



Competencias para la sostenibilidad en la educación STEM

Miguel Adolfo Guerrero Forero

Sandra Milena Llanos Mejía

Juan Francisco Rodríguez Mahecha

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Sede Principal

Bogotá D.C. - Sede Principal

Maestría en Innovaciones Sociales en Educación

Noviembre de 2021

Competencias para la sostenibilidad en la educación STEM

Miguel Adolfo Guerrero Forero

Sandra Milena Llanos Mejía

Juan Francisco Rodríguez Mahecha

Tesis de Maestría presentado como requisito para optar al título de Magíster en
Innovaciones Sociales en Educación

Asesora

Yazmín Andrea Patiño Castañeda

Maestría en Desarrollo Educativo y Social

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Sede Principal

Bogotá D.C. - Sede Principal

Maestría en Innovaciones Sociales en Educación

noviembre de 2021

RESUMEN ANALÍTICO ESPECIALIZADO (RAE)	
Título	Competencias para la sostenibilidad en la educación STEM
Autor(es)	Miguel Adolfo Guerrero Forero, Sandra Milena Llanos Mejía y Juan Francisco Rodríguez Mahecha
Publicación	Bogotá, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2021. 146 páginas.
Unidad Patrocinada	Corporación Universitaria Minuto de Dios (UNIMINUTO).
Palabras Claves	Competencias para la sostenibilidad, educación STEM, educación para el desarrollo sostenible (EDS), competencia colaborativa, educación básica secundaria.
Descripción	La presente tesis de investigación es presentada como requisito para optar al título de Magíster en Innovaciones Sociales en Educación.
Fuentes	<p>Barth, M. & Timm, J. (2021). Making education for sustainable development happen in elementary schools: the role of teachers. <i>Environmental Education Research</i>. https://doi.org/10.1080 / 13504622.2020.1813256</p> <p>Berglund, T., Gericke, N. & Chang Rundgren, S.-N. (2014). The implementation of education for sustainable development in Sweden: investigating the sustainability consciousness among upper secondary students. <i>Research in Science and Technological Education</i>, 32(3), 318-339. https://doi.org/10.1080/02635143.2014.944493</p>

- Berglund, T. & Gericke, N. (2016). Separated and integrated perspectives on environmental, economic, and social dimensions – an investigation of student views on sustainable development. *Environmental Education Research*, 22(8), 1115-1138.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1063589>
- Blanco A., Sein-Echaluce, M. y García-Peñalvo, F. (2017). *Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria*. Revista iberoamericana de Informática educativa, enero-junio 2017.
https://www.researchgate.net/publication/317290203_Aprendizaje_Basado_en_Retos_en_una_asignatura_academica_universitaria.
- Boeve-de Pauw, J.; Gericke, N;Olsson, D; Berglund, T. (2015). *The Effectiveness of Education for Sustainable Development*.
<https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Bögeholz, S.; Barkmann, J.; Eggert, S. & Böhm, M. (2016). Evaluating Sustainable Development solutions quantitatively: Competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190–211.
<https://doi.org/10.1177/2047173417695274>

- Botero, J. (Prólogo de Sneider, C.). (2018). *STEM introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Agencia ISBN cámara del libro.
- Bybee, R. (2010). *What is STEM education?*. *Revista Science*, 329 (5), 995 - 996. <https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. (2013). *The case for STEM: education challenges and opportunities*. National Science Teachers Association press.
- Cebrián, G., Junyent, M., y Mulà, I. (2020). *Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments*. *Sustainability* 2020, 12, 579. <https://doi.org/10.3390/su12020579>
- Chambers, I., Roberts, J., Urbaniak, S., Gibson, D., Durant, G., Cerini, B., Maulloo, A., Kamudu, A., Nelson, C., Robson, H., Sangha, k., Russell-Smith, J., Flinto, K., Buckholz, J., Stafford, S., & Gordon, J. (2019). *Education for sustainable development: A study in adolescent perception changes towards sustainability following a strategic planning-based intervention-the young persons' plan for the planet program*. *Sustainability*, 11(20), 5817. <https://doi.org/10.3390/su11205817>
- Conde, M., Rodríguez, F., Fernández, C., Gonçalves J., Lima J. y García, F. (2020). *Fostering STEAM through challenge-based learning, robotics, and physical devices: A systematic mapping literature*

review. *Comput Appl Eng Educ.*, 2020, 1–20.

<https://doi.org/10.1002/cae.22354>

Cotton y Winter. (2010). *It's Not Just Bits of Paper and Light Bulbs: A Review of Sustainability Pedagogies and Their Potential for Use in Higher Education*. In Jones, P., Selby, D. & Sterling, S. (eds.). *Sustainability Education: Perspectives and Practice across Higher Education* (pp. 39–54). Oxford: Earthscan.

De Haan, G. (2010). The development of ESD-related competencies in supportive institutional frameworks. *International Review of Education*, 56 (2), 315–328. <https://doi.org/10.1007/s11159-010-9157-9>

Del Cerro, F. & Lozano, F. (2020). Education for Sustainable Development in STEM (Technical Drawing): Learning Approach and Method for SDG 11 in Classrooms. *Sustainability*, 12 (7), 2706. <http://dx.doi.org/10.3390/su12072706>.

Evans, T. (2019). Competencies and Pedagogies for Sustainability Education: A Roadmap for Sustainability Studies Program Development in Colleges and Universities. *Sustainability*. 11 (19), 5526. <https://doi.org/10.3390/su11195526>

Figuroa Vélez, J., Ruiz Vargas, V., Hoyos, L.M. & Prowse, A. (2018). Fostering Sustainable Communities and Resilient Cities Whilst

Supporting 'Life on Land' Through a Colombian School's Initiative. *World Sustainability Series*, 145-160.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-63007-6_9

Gomez, R. B. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Egoa. Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional.
<https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>

Gresch, H. & Bögeholz, S. (2013). Identifying Non-Sustainable Courses of Action: A Prerequisite for Decision-Making in Education for Sustainable Development. *Research in Science Education*, 43(2), 733-754. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-012-9287-0>

Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2012). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2587-2607.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>

Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2017). Enhancing Decision-Making in STSE Education by Inducing Reflection and Self-Regulated Learning. *Research in Science Education*, 47(1), 95-118. <https://doi.org/10.1007 / s11165-015-9491-9>

- Hasslöf, H., Lundegård, I. & Malmberg, C. (2016). Students' qualification in environmental and sustainability education—epistemic gaps or composites of critical thinking? *International Journal of Science Education*, 38(2), 259-275. [https://doi.org/10.1080 / 09500693.2016.1139756](https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1139756)
- Hepper, J. (2018). The influence of generation and experiencing daily routines on educators' training. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 20(2), 89-100. [https://doi.org/10.2478 / jtes-2018-0017](https://doi.org/10.2478/jtes-2018-0017)
- Jonnaert, P., Barrette, J., Masciotra, D. & Yaya M. (2008). *La competencia como organizadora de los programas de formación: hacia un desempeño competente. Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 12(3), 1-32. <http://www.ugr.es/~recfpro/rev123ART3.pdf>
- Kelley, T.R., Knowles, J.G. (2016). *A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education*, 3(11) . <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kowash, M. (2018). Resource Exploitation and Consumption in the Frame of Education for Sustainable Development in German Geography Textbooks. *RIGEO*, 7 (1), 48-79. Retrieved from

<http://www.rigeo.org/vol7no1/Number1Spring/RIGEO-V7-N1-3.pdf>

Maldonado, P. (2007). El trabajo colaborativo en el aula universitaria.

Laurus, 13 (23), 263-278.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76102314>

McNaughton, M.J. (2010). Educational drama in education for sustainable development: Ecopedagogy in action. *Pedagogy, Culture and Society*, 18(3), 289-308.

<https://doi.org/10.1080/14681366.2010.505460>

McNaughton, M.J. (2012). Implementing Education for Sustainable Development in schools: Learning from teachers' reflection. *Environmental Education Research*, 18(6), 765-782.

<https://doi.org/10.1080/13504622.2012.665850>

Ministerio de Educación Nacional MEN. (2005, agosto - septiembre). *Educación para el desarrollo sostenible*.

<https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-90893.html>

Mogensen, F.; Schnack, K. (2010). The action competence approach and the 'new' discourses of education for sustainable development, competence and quality criteria. *Environmental Education Research*, 16(1), 59-74.

<https://doi.org/10.1080/13504620903504032>

- Mora, W. (2009). *Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis planetaria: demandas a los procesos formativos del profesorado. Tecné Episteme y Didaxis TED. No. 26 pp. 7-35.* <https://doi.org/10.17227/ted.num26-416>
- Murga, M. A. (2015). *Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. Foro de Educación, 13(19), 55-83.* <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>
- Nguyen, T. P. , Nguyen, T. H. & Khiem, T. T. (2020). *STEM education in secondary schools: searchers' perspective towards sustainable development. Sustainability 2020, 12, 8865.* <https://doi.org/10.3390/su12218865>
- Nichols, M., Cator, K., & Torres, M. (2016). *Challenge Based Learner User Guide.* Redwood City, CA: Digital Promise. <https://www.challengebasedlearning.org/es/toolkit/>
- Olsson, D., Gericke, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2016). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools – assessing pupils’ sustainability consciousness. *Environmental Education Research, 22(2), 176-202.* <https://doi.org/10.1080 / 13504622.2015.1005057>

- Oulton, C., Day, V., Dillon J & Grace, M. (2004). *Controversial issues teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education, Oxford Review of Education, 30(4), 489-507.*
<https://doi.org/10.1080/0305498042000303973>
- Páez, M.; Aguilera D., Perales, J. & Vílchez, J.(2019) *What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. Science Education. 2019,1–24.*
<https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- PNUMA. (2021). *Carta de la directora ejecutiva: El PNUMA en 2020.*
<https://www.unep.org/es/resources/informe-anual/carta-de-la-directora-ejecutiva-el-pnuma-en-2020>
- Prabawa-Sear, K.; Dow, V. (2018). *Education for Sustainability in Western Australian Secondary Schools: Are We Doing It?*
<https://doi.org/10.1017/aee.2018.47>
- Rieckmann, M. (2012). *Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? Futures 44 (2012) 127–135.*
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rodríguez, M. (2019). *Nuestro planeta, nuestro futuro. Debate.*
- Rodríguez, M. & Vélez, M. (2018). *Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible. Universidad de los Andes.*

- Rudsberg, K. & Öhman, J. (2010). Pluralism in practice - experiences from Swedish evaluation, school development and research. *Environmental Education Research*, 16(1), 95-111.
<https://doi.org/10.1080/13504620903504073>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM education, STEMania. The technology teacher*. 68(4), 20–27.
https://www.researchgate.net/publication/237748408_STEM_STEM_education_STEMmania
- Schrüfer, G., Wrenger, K. & Lindemann, I. (2020). Reflectories for the promotion of competences in education for sustainable development using the example of climate change. *Voprosy Obrazovaniya*, 2020(2), 152-174. <https://doi.org/10.17323>
- Schumacher, E. (2011). *Lo pequeño es hermoso: economía como si la gente importara*. (Hoshiko Ed. Y trad.). Akal. (original publicado en 1973).
- Smith, C. & Watson, J. (2018). *Does the rise of STEM education mean the demise of sustainability education? Australian journal of environmental education*, 35, 1-11.
<https://doi.org/10.1017/aee.2018.51>
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström J.; Cornell, S.; Fetzer I.; Bennett E.; Biggs, R.; Carpenter, S.; Vries, W.; de Wit, C.;

Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G.; Persson, L.; Ramanathan, V.; Reyersy, B.; Sörlin, S. (2015). *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Vol. 347, Núm. 6223.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. y Depaepe, F. (2018). *Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education*. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>

Tobon, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Instituto Cife.ws.
<https://www.researchgate.net/publication/329440312>

Ull, M. A. (2014). *Competencias para la sostenibilidad y competencias en educación para la sostenibilidad en la educación superior*. *Uni-Pluriversidad*, 14(3), 46-58.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/21337>

UNESCO. 2014. *Formando el futuro que queremos. El Decenio de las Naciones Unidas de Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014) Informe final*. <http://unesdoc.unesco.org/>

images/0023/002301/230171e.pdf (consultado el 14 de junio de 2016)

UNESCO. (2017). *Educación para los objetivos de desarrollo sostenible, objetivos de aprendizaje*

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>

UNESCO. (2019). *¿La educación para el desarrollo sostenible?*

<https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/comprender-EDS>

UNESCO. (2020). *Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta.*

<https://unesdoc.unesco.org/search/7e32d4c1-e5ba-45fd-99ff-1048d465a802>

UNESCO. (s.f.). *La educación transforma vidas. Consultado el 13 de octubre de 2019.* <https://es.unesco.org/themes/education>.

UNICEF. (2021). *1.000 millones de niños están gravemente expuestos a los efectos de la crisis del clima. 19 Agosto 2021.*

<https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1000-millones-ninos-gravemente-expuestos-efectos-crisis-del-clima>

Vesterinen, V.-M., Tolppanen, S. & Aksela, M. (2016). Toward

citizenship science education: what students do to make the world a better place?. *Research in Science Education*, 45(3), 325-344.

<https://doi.org/10.1007 / s11165-014-9425-y>

	<p>Walshe, N. (2017) <i>An interdisciplinary approach to environmental and sustainability education: developing geography students' understandings of sustainable development using poetry</i>, <i>Environmental Education Research</i>, 23:8, 1130-1149. https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1221887</p> <p>Washington STEM Study Group. (s.f.). <i>Science, Technology, Engineering, & Mathematics (STEM)</i>. Consultado el 12 de noviembre de 2020. https://www.k12.wa.us/student-success/career-technical-education-cte/program-study-career-clusters-and-career-pathways/science-technology-engineering-mathematics-stem#2</p> <p>Wiek, A., Withycombe, L. & Redman, C. (2011). <i>Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development</i>. <i>Sustain. Sci.</i>, 6, 203–218. https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6</p> <p>oller, U. (2015). <i>Research-Based Transformative Science/STEM/STES/STESEP Education for “Sustainability Thinking”: From Teaching to “Know” to Learning to “Think”</i>. <i>Sustainability</i>, 7, 4474-4491. https://doi.org/10.3390/su7044474</p>
Contenidos	<p>La presente tesis de investigación es presentada como requisito para optar al título de Magíster en Innovaciones Sociales en Educación. Se presenta en el marco del proyecto STEM MD Robotics, desarrollado por la</p>

	<p>Universidad Minuto de Dios a través del Parque Científico de Innovación Social (PCIS). Con el fin de abordar la pregunta de investigación ¿Cómo la educación STEM MD contribuye al desarrollo de competencias para la sostenibilidad en los estudiantes de secundaria de los colegios Liceo Hacienda Casablanca y Villemar el Carmen IED?, que se intenta responder atendiendo los siguientes objetivos: identificar las declaraciones de STEM MD Robotics asociados al desarrollo de competencias para la sostenibilidad, analizar las potencialidades de STEM MD Robotics para el desarrollo de competencias para la sostenibilidad y finalmente reconocer las narrativas de los estudiantes que dan cuenta del desarrollo de competencias para la sostenibilidad.</p> <p>Se elaboró un marco de referencia atendiendo tres enfoques: La educación para el desarrollo sostenible, la educación STEM y la relación entre estas.</p>
Metodología	<p>Para el desarrollo de la siguiente investigación se optó por una metodología de enfoque cualitativo que abordó el diseño de una etnografía, entendiéndose como un proceso en el que se adentra un individuo en una cultura con el fin de describirla, orientar o adecuar los procesos de enseñanza aprendizaje (Torres, 1988). En el estudio participaron 121 estudiantes de dos instituciones educativas, de educación básica secundaria pertenecientes a los grados sexto, séptimo y octavo.</p> <p>Para el análisis de los datos se utilizó el software Atlas ti. Se hace la codificación de las entrevistas a líderes y grupos focales siguiendo criterios del análisis de datos cualitativos de Mayring (2000).</p>

Conclusiones	<p>Algunos elementos que se puede integrar a la educación STEM para permitir el desarrollo de competencias para la sostenibilidad son: el trabajo sobre problemáticas que integren de forma indivisa aspectos ambientales - sociales y económicos, permitir al estudiante crear estrategias para hacer frente a situaciones de insostenibilidad y acompañarlo en el proceso de implementación de dichas estrategias; abordar de forma transversal elementos motivacionales en la práctica educativa. Trabajo en equipo que involucre el uso de roles. Diseño de escenarios de futuro donde se cuestionen el uso de la tecnología.</p>
--------------	---

Tabla de contenido

RESUMEN ANALÍTICO ESPECIALIZADO (RAE).....	3
Resumen.....	20
Abstract.....	21
Introducción	22
Descripción del problema	24
Problema central	27
Pregunta de Investigación.....	28
Objetivo General:.....	28
Objetivos específicos:	28
Justificación	29
Antecedentes	31
Estado del arte.....	31
Competencias para la sostenibilidad.....	31
STEM en Colombia	37
Marco teórico	38
El desarrollo sostenible	38
Educación para el desarrollo sostenible.....	41
Competencias para el desarrollo sostenible	44
Educación STEM	52
La integración en STEM.....	53
El docente STEM.....	55
La educación STEM hacia lo social y ambiental.....	56
Convergencia hacia STEM - EDS	58
Aprendizaje basado en retos (ABR)	60
Aprendizaje cooperativo - colaborativo.....	63
Divergencia STEM - EDS	64
Metodología	67
Los participantes	68
Contexto de la práctica.....	69

Recolección de datos.....	72
Análisis de datos	72
Resultados y análisis.....	74
Objetivo 1. Declaraciones de los líderes STEM MD asociadas a las CPS.	74
Competencias desde el abordaje a problemáticas socio ambientales.	74
Competencias en STEM MD asociadas con CPS.....	80
Objetivo 2. Analizar las potencialidades de STEM MD Robotics para el desarrollo de competencias para la sostenibilidad.....	85
Correspondencia entre módulos y CPS.....	88
Análisis y resultados de las competencias	90
Objetivo 3. Reconocer las narrativas de los estudiantes que dan cuenta del desarrollo de competencias para la sostenibilidad.....	94
Aprendiendo a trabajar en equipo: voces de los estudiantes.....	98
Valorar la diferencia de opinión	106
¿Cómo se logró el desarrollo de competencias desde la virtualidad?.....	108
Dificultades de la investigación	109
Ideación creativa grupo experimental.....	110
Recomendaciones para STEM.....	112
Conclusiones.....	113
Referencias.....	115
Apéndices	127

Resumen

En la última década existe un creciente interés a nivel mundial por la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) como factor determinante de la educación de calidad y del desarrollo sostenible. En el plano actual de la educación colombiana, la educación STEM se promueve como una alternativa para mejorar la educación a través de la integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática. El objetivo de esta investigación es describir de qué manera la educación STEM permite contribuir al desarrollo de competencias para la sostenibilidad. El estudio se realizó en dos colegios de Cundinamarca, uno ubicado en la ciudad de Bogotá y otro en el municipio Madrid, en los cuales se implementó el programa de educación STEM MD Robotics de UNIMINUTO, durante el año 2019 y 2020. La investigación planteó una etnografía escolar, con la participación de 121 estudiantes de séptimo, octavo y noveno grado, a través de la cual se utilizaron técnicas e instrumentos como entrevistas, diarios de observación, grupos focales, análisis a guías de clase y análisis a los encuentros con los estudiantes. Los resultados evidencian cómo a través del análisis del contexto, proyección de escenarios del futuro, el trabajo en equipo, el manejo de roles y la solución de retos, se logra el desarrollo integrado de competencias para la sostenibilidad.

Palabras clave: Competencias para la sostenibilidad, educación STEM, educación para el desarrollo sostenible (EDS), competencia colaborativa, educación básica secundaria.

Abstract

During the last decade there has been a growing worldwide interest in Education for Sustainable Development (ESD) as a determining factor for quality education and sustainable development. At the current level of Colombian education, STEM education is promoted as an alternative to improve education through the integration of science, technology, engineering and mathematics. The objective of this research is to describe how STEM education contributes to the competencies development for sustainability. The study was carried out in two schools in Cundinamarca, one located in the city of Bogotá and the other in the Madrid municipality, in which the UNIMINUTO STEM MD Robotics education program was implemented, during 2019 and 2020. The research raised a school ethnography, with the participation of 121 students from seventh, eighth and ninth grades, through which techniques and instruments such as interviews, observation diaries, focus groups, analysis of class guides and analysis of meetings with students were used. The results show how through the analysis of the context, projection of future scenarios, teamwork, the management of roles and the solution of challenges, the integrated development of competencies for sustainability is achieved.

Keywords: Competencies for sustainability, STEM education, education for sustainable development (ESD), collaborative competition, basic secondary education.

Introducción

Desde el año de 1987 con el informe Brundtland, la UNESCO planteó un consenso para el desarrollo sostenible, lo que ha generado una avalancha de iniciativas y políticas para la transición de los pueblos hacia la sostenibilidad, con ello impulsar una búsqueda de estrategias para mejorar la comprensión y acción sobre problemas sociales y ambientales que aquejan el mundo actual. Resultado de esto, se encontró que la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) es de vital importancia para el desarrollo sostenible (DS), pues no es posible un verdadero desarrollo sin ciudadanos con una formación para tal fin (UNESCO, 2014).

De allí, la necesidad de una educación para la sostenibilidad con ciudadanías capacitadas en competencias, que permitan cambiar la manera de pensar y actuar en pro de un futuro sostenible en comunidad, UNESCO (2019). En concordancia, Colombia promueve la política de educación ambiental como desarrollo para la sostenibilidad a partir de dinámicas apoyadas en los proyectos ambientales escolares, que buscan la participación y la gestión de los estudiantes para desarrollar conocimientos, valores y actitudes acordes con las necesidades de su comunidad (MEN, 2005).

Por consiguiente, vincular la EDS en las instituciones cobra importancia en la medida que promueve la integración de competencias como el pensamiento crítico y sistémico, la capacidad colaborativa y de anticipación, el pensar a futuro sobre los recursos del planeta, lo multidisciplinar de los contextos, entre otros (Unesco, 2017; Wiek et al, 2011; Rieckmann, 2012; Murga, 2015).

La Educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) surge como una posibilidad didáctica en la integración de las áreas del conocimiento que permita a las nuevas generaciones, prepararse para afrontar las transformaciones que se avecinan y que

pondrán en juego las competencias de los ciudadanos en la solución de problemas donde se integre la ciencia y la tecnología.

Desde nuestra profesión docente y la participación en el proyecto STEM MD Robotics de UNIMINUTO, basado en un ambiente de aprendizaje STEM, se identificó el potencial que tienen este tipo de educación para ser considerada una verdadera EDS, que permita el desarrollo de competencias en las nuevas generaciones y propenda por el bien común de las comunidades y el equilibrio ambiental.

Descripción del problema

El mundo de hoy se caracteriza por problemas socio - ambientales como la contaminación del aire que anualmente provoca a 7 millones de personas la muerte prematura y que está vinculada a una mayor vulnerabilidad ante el COVID-19. A su vez, está contaminación producida por los millones de toneladas de gases efecto invernadero en sectores industriales como el transporte o la confección, han provocado el calentamiento global de la Tierra (PNUMA, 2021). De esta forma, dicha crisis ambiental y social a nivel global está repercutiendo en la capacidad que tienen unos 1000 millones de niños para sobrevivir (UNICEF, 2021). A esto, se suma el aumento de la deforestación, la constante pérdida de la biodiversidad, la contaminación de los océanos, entre otros. Todos estos problemas y amenazas que hoy enfrenta la humanidad permiten el planteamiento de un escenario donde se están rompiendo los límites bajo los cuales se puede mantener la vida tal como la conocemos (Steffen, 2015; Rodríguez, 2019).

Desde 1972, con el informe *“Los límites del crecimiento”* desarrollado por Meadows y sus colaboradores, se concluyó que la capacidad del planeta estaba siendo desbordada como consecuencia de la extracción masiva de los recursos naturales, propia del modelo mercantilista imperante a nivel global (Meadows, 1972). Sin embargo, las personas pretenden continuar con un modelo de vida caracterizado por el crecimiento tecnológico y económico que, como menciona Rodríguez (2019), ha permitido en el último siglo un avance sin precedentes en el bienestar de un amplio sector de la población, tal como muestran los indicadores de nutrición, acceso al agua potable o saneamiento. No obstante, buscar atender los problemas ambientales producto de haber alterado los ecosistemas hace necesario repensar dichos modelos, las relaciones de los seres humanos y de estos con el medio ambiente.

A su vez, las comunidades a nivel mundial reconocen la crisis socio ambiental y la necesidad de un desarrollo sostenible (DS) que respete los límites del planeta y mejore las condiciones de vida de los más vulnerables, asunto que quedó plasmado en el informe Brundtland (1987) y en la cumbre de la Tierra de Río de Janeiro (1992). Es evidente que se experimentan cambios drásticos en las condiciones medioambientales donde el ser humano es el principal responsable. También se hace evidente la premura de un desarrollo que facilite la realización de cambios rápidos y con gran alcance en todos los aspectos de la sociedad, lo cual no solo significa abordar las problemáticas ambientales, *“sino también examinar las cuestiones sociales y económicas, como la desigualdad, que están interrelacionadas con la causa y el impacto de estos problemas”* (UNESCO, 2020, p. 6).

En correspondencia, en el tránsito hacía la sostenibilidad se necesitan cambiar las prácticas y modos de vida cotidianos que han llevado a esta crisis (Rodríguez, 2018; UNESCO, 2020). Hacer frente a esta situación exige desarrollar conocimientos, habilidades, valores y actitudes a través de una educación que permita a cada individuo tomar decisiones justificadas tanto a nivel local como global (UNESCO, 2020). De la misma forma, es prioritario que los principios de la educación para el desarrollo sostenible (EDS) sean parte de todos los planes educativos como lo indica la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Así, la EDS se entiende como un factor integral de toda educación de calidad que fomenta el desarrollo de conocimientos y competencias para la sostenibilidad (Cebrian, 2020, UNESCO, 2017). Sin embargo, dichos conocimientos sobre sostenibilidad no son suficientes y hace falta una conexión con el conjunto de competencias para lograr los cambios deseados: la EDS requiere la implementación de acciones y no solo la orientación de un proceso para la adquisición de conocimientos (UNESCO, 2020). Varios autores en su revisión sobre prácticas de la EDS,

como Boeve y otros (2015) en Europa y Prabawa y Dow (2019) en Australia, muestran cómo los estudiantes que reciben instrucción en instituciones que imparten EDS mejoran sus conocimientos sobre sostenibilidad, pero no logran conectar este saber con dinámicas prácticas, como se esperaría.

Para el contexto colombiano la EDS denominada Educación Ambiental (EA) presenta hallazgos similares. Mora (2009) refiere que los proyectos en EA apenas llegan a la selección y clasificación de residuos sin llegar a priorizar una postura crítica -denominada por el autor “espíritu crítico”- y sistémica sobre la procedencia de los desechos sólidos o el manejo de los suelos. Rojas y Londoño (2015), reafirman este señalamiento y concluyen que la EA no genera impactos relevantes, pues no comprometen a la comunidad educativa desde las disciplinas alternas a las ciencias naturales. Esto refleja la necesidad de promover competencias que permitan el pensamiento a futuro con carácter sistémico, el desarrollo de pensamiento crítico y aquellas que son clave en la finalidad propuesta. (Wiek, 2011, Tilbury, 2011; Murga, 2015; Mora, 2009, UNESCO, 2017).

En resumen, la literatura evidencia la ausencia de estudios que presenten cómo es la implementación de estrategias que facilitan las competencias para la sostenibilidad (CPS) -en conjunto- y el cómo sirven en la transformación de los modelos de vida de los estudiantes, familias o comunidades (Cebrian, 2020). Además, es necesario que asignaturas diferentes a las ciencias naturales se apropien de las cuestiones de sostenibilidad dentro del plan de estudios.

Desde las prácticas pedagógicas desarrolladas en el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics, los docentes reconocen como esta práctica STEM brinda elementos como el trabajo en equipo en la solución de problemas ambientales y encuentran que es una oportunidad para poder vincular asignaturas diferentes a las ciencias naturales con la educación ambiental.

Debido a que las demás materias no se vinculan, es importante que otras áreas se hagan cargo de la educación ambiental con urgencia.

A su vez, las investigaciones y programas a nivel mundial relacionan la educación STEM con asuntos de sostenibilidad, porque las prácticas e iniciativas son de carácter multidisciplinar y privilegian el abordaje a problemáticas ambientales, como el calentamiento global o el manejo de energías alternativas (Nguyen, 2020; Chambers, 2019; SIEMENS, 2021). Sin embargo, aún dejan rezagado el cómo se están desarrollando las CPS en los estudiantes.

Problema central

La descripción anterior conecta con lo que sucede tanto en la institución educativa Liceo Hacienda Casablanca como en el Colegio Villemar el Carmen IED, ubicados en el municipio de Madrid (Cundinamarca) y la ciudad de Bogotá respectivamente. Si bien los estudiantes de las dos instituciones manifiestan tener conocimiento sobre las problemáticas ambientales, también es cierto que ellos mismos asumen que su consumo de agua, energía y plástico son desmedidos y a su vez expresan que la clasificación de residuos sólidos es esporádica.

La educación que se imparte en los Colegios Liceo Hacienda Casablanca y Villemar el Carmen IED prioriza el desarrollo de conocimientos sobre problemáticas de sostenibilidad, pero no atiende el desarrollo de CPS, lo que conlleva a que los estudiantes no estén preparados para afrontar con fundamento los problemas de insostenibilidad.

Pregunta de Investigación

¿Cómo la educación STEM contribuye al desarrollo de competencias para la sostenibilidad en los estudiantes de secundaria de los colegios Liceo Hacienda Casablanca y Villemar el Carmen IED?

Objetivo General:

Describir de qué manera podría contribuir la educación STEM al desarrollo de competencias para la sostenibilidad en estudiantes de los grados 6, 7 y 8.

Objetivos específicos:

- Identificar las declaraciones de STEM MD Robotics asociados al desarrollo de competencias para la sostenibilidad.
- Analizar las potencialidades de STEM MD Robotics para el desarrollo de competencias para la sostenibilidad.
- Reconocer las narrativas de los estudiantes que dan cuenta del desarrollo de competencias para la sostenibilidad.

Justificación

Hoy en día atender los problemas socio ambientales son una responsabilidad a nivel global, esto exige una transformación en los modos de vida y formas de proyectar el bienestar humano. En el cual se atiendan los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se configuran como los principales desafíos para que la humanidad pueda mantener las condiciones medioambientales que soportan la vida tal como la conocemos. La educación es un factor esencial de esa transformación y debe proveer a las personas de conocimientos, habilidades y actitudes que permitan transitar a un desarrollo.

Para hacer frente a la situación de insostenibilidad es primordial promover en la EDS el desarrollo de competencias como aporte esencial para actuar positivamente en las problemáticas ambientales, de vulnerabilidad y alcanzar los ODS (UNESCO, 2017). Sin embargo, esto no es una tarea fácil, pues la literatura es escasa en este aspecto y por ello se hace necesario generar investigaciones que permitan avances significativos en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad en los estudiantes de secundaria. La presente investigación permitirá abordar estas cuestiones.

Asimismo, es pertinente que la educación STEM se apropie del tema y realice aportes significativos, autores como Chambers (2019) sugieren consolidar propuestas que vinculen las competencias STEM y para la sostenibilidad en la creación de iniciativas con las comunidades. Así, el presente trabajo permitirá evidenciar los resultados de una estrategia de educación STEM con relación a la sostenibilidad, permitiendo aclarar los procesos de consolidación de las Competencias y mejorar estrategias de aula que sirvan de guía para docentes que desarrollen sus práctica en la enseñanza bajo la modalidad STEM, la cual toma fuerza rápidamente y se

proyecta como una alternativa importante para las transformaciones sociales que se necesitan en la búsqueda del equilibrio entre la humanidad y nuestro planeta.

Antecedentes

Estado del arte

La educación tiene el desafío de encontrar formas interesantes y significativas de ayudar a los estudiantes para desarrollar los conocimientos, las habilidades, las actitudes y los valores que se necesitan para participar activamente en la construcción de un futuro más sostenible. La UNESCO (2017), afirma que el desarrollo de las competencias en sostenibilidad debe hacer parte del proceso educativo. A continuación, se presenta un estado de los estudios que abordan estas consideraciones.

En la revisión de la literatura se abordó la EDS en la educación secundaria y las competencias para la sostenibilidad. Se seleccionaron los artículos desde la base de datos SCOPUS, para ser incluidos los estudios debían cumplir con los siguientes criterios: literatura publicada entre 2010 y 2020, artículos en inglés o español, estudios enfocados en EDS. Se excluyen publicaciones para la educación superior, libros, conferencias, publicaciones referidas a la revisión de políticas educativas y completamente teóricas. Los resultados de este estudio presentan la tendencia sobre cómo se ha abordado las competencias para el desarrollo sostenible en la educación secundaria.

Competencias para la sostenibilidad

Los estudios relacionan la importancia de promover competencias para la sostenibilidad (CpS), entre ellos, Heper (2018), indica que la persistencia de enfoques educativos en sostenibilidad basados en la adquisición de conocimientos y el seguimiento de instrucciones, obstaculiza el desarrollo de CpS en los estudiantes. No obstante, la actual implementación de

modelos de EDS más holísticos, centrados en el estudiante, que privilegian la participación y creatividad, dan una pauta para avanzar hacia el objetivo de desarrollar competencias.

Dentro de las investigaciones, la competencia en acción proveniente de la educación ambiental en Alemania, es la más mencionada. McNaughton (2010), la vincula con la práctica de dramatizados para la EDS. Logra a través del uso de escenarios ficticios de sostenibilidad, que los estudiantes muestren mayor sensibilidad con las personas en condición de vulnerabilidad fuera del ámbito de la escuela y se empoderen con el cuidado de aspectos locales. A su vez, encuentra como ésta competencia permite enfoques de resolución de problemas, sistémicos, participativos, que enriquecen las prácticas educativas llevadas a cabo por los docentes en formación post gradual. (McNaughton, 2012).

Los estudios de Vesterinen (2016), Berglund (2014, 2016), Olsson (2016) y Rudsberg (2010), reconocen el ideal medioambiental que entraña la competencia en acción y agregan la necesidad de ser vinculada en la educación con procesos democráticos desde lo planteado por Mogensen (2010), quienes la refieren como la capacidad que tiene el estudiante para actuar y enfrentar situaciones imprevistas, que involucran motivación por desempeñar un papel activo en la búsqueda de soluciones democráticas a problemas.

Así, Rudsberg (2010), deja ver cómo se potencia la comprensión comunicativa en los estudiantes, a través de estrategias de creación de significados implementadas por los docentes en las socializaciones. Vesterinen (2016) y colaboradores, identifican que la intención y la motivación es crucial para reconocer las acciones “*dirigidas a hacer del mundo un lugar mejor*” (p. 33). Presentan que los alumnos deben ser percibidos como ciudadanos activos y no como futuros ciudadanos. Encuentran que jóvenes de diferentes nacionalidades y académicamente sobresalientes en las áreas de ciencias, matemáticas y tecnología, manifiestan su intención por

mejorar las condiciones socio ambientales. A su vez, que de forma independiente se vinculan con comunidades que buscan solucionar las problemáticas a diferencia de quienes sin esa intención solo planean seguir una carrera académica. Sugieren que un enfoque en la motivación e intención por mejorar el mundo, puede llegar a ser utilizado con éxito en las aulas de ciencias, junto con los objetivos de cada asignatura.

Berglund (2014, 2016) y Olsson (2016), interesados en saber lo que logran los estudiantes en la EDS y en la competencia de acción, indican que medir la competencia desde cuestionarios es muy complejo. En consecuencia, lo hacen de forma indirecta al evaluar la conciencia en sostenibilidad (CS). Plantean la CS como la integración de conocimientos, actitudes y comportamientos junto con las dimensiones de la sostenibilidad y cómo ésta puede ser medida mediante cuestionarios. Así, con las pruebas aplicadas, encuentran que los estudiantes fortalecieron la conexión entre la dimensión ambiental y social, (relegando la económica), lo que sería reflejo de avances en la competencia de acción. Sin embargo, no detallan en qué aspectos ni logran dar conclusiones sobre este asunto.

El uso de métodos indirectos para dar cuenta de la competencia de acción también es considerado en Hasslof (2016), quien analiza el discurso de los maestros sobre las evaluaciones que se hacen dentro de la EDS. Así, cuando los docentes privilegian en su discurso las posturas reflexivas o de conflicto de intereses de sus estudiantes, se evidencia el avance de la competencia. Por su parte, Kowash (2017) argumenta que analizar los libros usados en clase conllevan a determinar entre otros los patrones de pensamientos, motivaciones políticas y conceptos morales que se transmiten a los alumnos. Encuentra en su análisis a los libros de geografía, que estos promueven la competencia de acción desde cuatro competencias: solidaridad y responsabilidad compartida, acuerdo y resolución de conflictos, capacidad para actuar de cara

al cambio climático y participación, y contribución activa. Reconoce que, aunque existen actividades orientadas a la acción, se requiere atención del cómo llevar dichas acciones a la vida diaria.

Ahora bien, Schrüfer (2020), plantea la conexión entre la competencia de acción y el marco unificado de competencias para la sostenibilidad hecho por UNESCO (2017). En su estudio busca mejorar la toma de decisiones sostenibles al promover las competencias sistémica, de evaluación y de acción. Propone a los estudiantes tomar decisiones sobre cuestiones de sostenibilidad en escenarios de ciudades reales y reflexionar sobre las consecuencias a las que lleva tal decisión. Los resultados indican avances en las tres competencias. Para la competencia sistémica esto se evidenció en el número de conexiones en los mapas conceptuales realizados por los participantes. Para la competencia de acción se identificó que después de la intervención, los estudiantes afirman que les gustaría aportar al cambio climático y contribuir a la solución de problemáticas a través de sus propias acciones. Asimismo, expresan que la toma de decisiones conlleva a consecuencias positivas y negativas, con las cuales es preciso aprender a lidiar de la mejor manera. Esto último, para los autores refleja el manejo de la competencia evaluativa y conllevan a mejorar la toma de decisiones reflexivas.

Al igual que Schrüfer (2020), varios estudios consideran importante abordar la toma de decisiones para la sostenibilidad como aspecto relevante a trabajar en la EDS, que se puede abordar con éxito desde el trabajo con contextos reales y la autorreflexión de los estudiantes (Gresch, 2012; Gresch, 2013; 2017; Zoller, 2015). A diferencia de Schrüfer (2020), consideran la toma de decisiones como una competencia para la sostenibilidad en sí misma. Para Zoller (2015), ésta competencia se integra con otras competencias para la sostenibilidad, como el pensamiento crítico, sistémico, para conformar lo que denomina pensamiento de sostenibilidad, con el cual los

ciudadanos podrán hacer frente a los problemas complejos actuales. Conseguir el desarrollo del pensamiento de sostenibilidad también implica que los estudiantes desarrollen habilidades cognitivas de orden superior (HCOS). Bögeholz (2016), indica que se hace necesario complementar la toma de decisiones con la competencia económica para la sostenibilidad, que conecte con lo social y regule los comportamientos de las personas respecto a los recursos naturales.

Aunque muchos de los estudios se interesan por alguna competencia en particular (Bögeholz, 2016; Berglund, 2014; Olsson, 2016; Figueroa, 2018; Gresch, 2013, 2017). Existe una tendencia que sugiere un trabajo en competencias de forma unificada (Schrüfer, 2020; Del Cerro, 2020; Chambers, 2019; Zoller, 2015). Los autores centran su interés por atender de forma unificada las competencias para la sostenibilidad, destacando que la conexión entre estas se hace necesaria para mejorar la comprensión sobre contextos de sostenibilidad. En Chambers (2019), se señala un valioso trabajo con una amplia cantidad de competencias consideradas para la sostenibilidad, como lo son la competencia global, el enfoque de sistemas (en ODS), habilidades STEM, planificación estratégica, aprendizaje basado en desafíos y mentalidad sostenible como competencias para la sostenibilidad. A su vez indican que los participantes reconocen cómo los diversos aspectos de estas competencias sirven de insumo para la concreción de sus proyectos. Por ejemplo, la competencia STEM desarrolló habilidades de investigación y diseño tecnológico que permitieron pasar de las opiniones a las acciones concretas como diseñar y entregar soluciones ajustadas a un contexto, relevantes y aplicables.

Por su parte del Cerro (2020), presenta la viabilidad de trabajar en el aula, desde áreas STEM, proyectos eco-urbanos siguiendo el modelo propuesto por la UNESCO (2017) en el cual se vinculan objetivos de aprendizajes específicos para los ODS y las ocho competencias clave.

Tanto Chambers (2019) como Del Cerro (2020) reconocen que integrar la educación STEM, los ODS y el desarrollo de competencias para la sostenibilidad (CpS) facilitan a los alumnos tomar acción en sus territorios y generar proyectos sostenibles que son reconocidos a nivel local y nacional.

Nguyen (2020) en su revisión a la literatura de educación STEM en relación con la sostenibilidad en secundaria, encuentra que se privilegia abordar problemas y conceptos de sostenibilidad. Esto lo corrobora su estudio con 635 profesores encuentran que más del 82% conecta la educación STEM con problemáticas medioambientales y que los proyectos desarrollados se basan en el diseño de soluciones tecnológicas para sus comunidades, en temas relacionados con seguridad alimentaria, reciclaje, producción y consumo sostenible. Asimismo, presenta la preocupación en docentes y directivos por promover en la educación STEM el desarrollo de competencias para la sostenibilidad, por ejemplo, la solución de problemas, colaboración, pensamiento crítico y creatividad. Señala que se debe brindar capacitación a los docentes de secundaria para mejorar el enfoque pedagógico que permitan el desarrollar dichas competencias.

Estas consideraciones sugieren que la integración de Educación STEM + ODS + CPS resulta ser una triada prometedora en cuanto a que logra movilizar a los estudiantes como ciudadanos activos que buscan tomar acción para la sostenibilidad en sus comunidades. A su vez, como presenta Nguyen (2020), el tratamiento de las CPS en la educación STEM es un asunto incipiente y de gran interés por parte de docentes que debe ser atendido para posibilitar entre otros un análisis crítico de la educación STEM en la transición a la sostenibilidad.

STEM en Colombia

En Colombia, la historia de la educación STEM surge a través de algunas iniciativas de instituciones educativas apoyadas del sector público y privado, que desarrollan proyectos que la impulsan. Un ejemplo de ello, es la experiencia implementada en el Parque Explora, con un Museo interactivo en la ciudad de Medellín, que vinculó instituciones educativas en el proyecto STEMMakers, con el objetivo de acercarse a un modelo real de educación STEM basado en educación por proyectos y el trabajo interdisciplinario.

Bogotá, mediante la Alcaldía Mayor, conforma la iniciativa 'Bogotá Territorio STEM', para permitir desarrollar experiencias de aprendizaje con enfoque STEM, que buscan transformaciones pedagógicas y posibiliten el desarrollo de nuevas habilidades y competencias en los estudiantes, para que puedan enfrentar eficazmente los desafíos del siglo XXI.

Este tipo de iniciativas STEM, se vienen vinculando desde los últimos años en universidades como EAFIT, Los Andes con el proyecto Pequeños Científicos y la Universidad Minuto de Dios con el programa educativo que involucra el desarrollo de esta investigación, denominado: proyecto STEM MD Robotics, que logró vincular a más de 190 profesores quienes fueron capacitados en Educación STEM, buscando fortalecer procesos de enseñanza-aprendizaje en matemáticas, ciencia y tecnología, así como el desarrollo de las competencias ciudadanas globales (UNIMINUTO, 2020).

Marco teórico

En esta sección se relacionan los referentes teóricos a tener en cuenta para el estudio, los cuales corresponden a tres enfoques: educación para el desarrollo sostenible (DS), competencias para el DS, educación STEM y elementos asociados entre la educación STEM y la EDS.

Desde mediados del siglo pasado se han recrudecido problemas complejos como el calentamiento global, la contaminación de océanos o la deforestación de la selva amazónica. La causa principal de estas situaciones es la actividad extractivista fomentada por el hombre en toda la Tierra, que ha conducido a sobrepasar límites planetarios que ponen en peligro las condiciones de vida tal como las conocemos. Este panorama global se ha venido abordando desde finales del siglo XX por organismos internacionales como la ONU y la UNESCO. Llevando a priorizar en sus agendas planes para la conservación del medio ambiente, que tiendan a mitigar el daño causado y el desarrollo de comunidades sostenibles.

El desarrollo sostenible

A partir de 2012 con la Conferencia de las Naciones Unidas, Río+20, que reunió más de 178 países, se concretó un nuevo marco que permitiera direccionar el planeta hacia un camino sostenible. Como resultado se acordó una agenda mundial para 2030, centrada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales describen los principales desafíos del Desarrollo Sostenible (DS). Entendiendo el DS como “desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”. (Informe Brundtland, citado en UNESCO, 2020, p. 61). Emprender esta agenda, lleva consigo una transformación profunda en la forma de pensar y actuar, pues implica

idear e ir construyendo un nuevo mundo, donde los individuos se convierten en agentes de cambio a nivel social, económico y ambiental. (UNESCO, 2017).

La transformación social mencionada, implica lograr en las personas una comprensión de la situación crítica por la que atraviesan los territorios. Reconozcan que no se tiene por derecho la explotación y destrucción indiscriminada de ríos, mares o selvas. Identifiquen que los sistemas en los que se fundamentan las economías y políticas extractivistas son inadecuados y conllevan a una crisis globalizada donde aumenta la desigualdad. Un cambio social donde el ser humano comprenda su interdependencia con el planeta. A su vez, que, en este punto de la historia, el antropoceno, es la especie trascendental para la preservación de la vida sobre la Tierra tal como se conoce. Es un nuevo direccionamiento que nos pone en la tarea de atender considerables riesgos ambientales sin dejar de lado reducir la vulnerabilidad en la que viven los más desfavorecidos.

Este cambio debe orientar a los sujetos a pensarse asimismo y en la consecuencia de sus acciones, para reconsiderar su posición en el ecosistema del mundo. Donde lo interpersonal promueva a que todas las capacidades humanas confluyan, para hacer surgir un orden territorial esperanzador y renovador de conciencias. Comunidades que piensen y actúen con sentido crítico para gestionar soluciones sostenibles que evalúen modelos a nivel local y global (Rodríguez, 2019).

En esta transformación las personas deben sentir gusto por resolver la crisis de su contexto, trabajar e impulsar constantemente obras socio ambientales y creer que el cambio es posible y ser forjadoras del mismo. Para llegar a este objetivo, los sujetos tendrán que integrar conocimientos, valores y comportamientos que demanda la sostenibilidad. Lo anterior, será posible si los ciudadanos ponen en juego competencias clave, las cuales no se dan de forma

espontánea ni inmediata, sino que son fruto de un proceso en el que se han puesto en juego, explorado y entrenado para alcanzar un desempeño idóneo ante situaciones complejas.

Aquí el papel de la educación es crucial, pues de ella va a depender que los sujetos tengan acceso al desarrollo de estas habilidades. Plantará la esperanza y la firme creencia de lograr sociedades justas y amigables con el medio ambiente. Será el espacio idóneo para que los individuos imaginen escenarios sostenibles, decidan hacerlos realidad y adquieran los valores para perseverar en su cuidado a corto, mediano y largo plazo.

La Educación así planteada ha sido uno de los pilares para la transición hacia la sostenibilidad, pues como indica Schumacher (2011), es un elemento creador de conciencia y conocimiento, que posibilita cambiar la historia con relación al manejo del medio ambiente y su cuidado, con el fin de garantizar su preservación. La UNESCO (2019), sostiene que la educación para el desarrollo sostenible (EDS) permite el acceso a la cultura y debe ser un componente que integre la educación de calidad, que permita aprender a vivir juntos de manera sostenible y a su vez entender que aquello que hacemos hoy tendrá implicaciones en la vida de las demás personas y del planeta a futuro. Es una educación integral y transversal que procura a nivel colectivo e individual la formación de valores, con el propósito de forjar sociedades respetuosas con sus semejantes y la naturaleza.

La EDS propone empoderar a los sujetos para que cambien su manera de pensar y actuar hacia un futuro y con ello se puedan dar condiciones de vida digna, integridad del medio ambiente y viabilidad económica. Comprende incluir en el proceso enseñanza aprendizaje temas como cambio climático, biodiversidad, producción y consumo sostenibles, reducción de desastres, entre otros, que animen a los individuos a ser actores protagónicos, ciudadanos de la

sostenibilidad, que resuelven desafíos contextualizados, respeten la diversidad cultural y contribuyan a crear un mundo más sostenible.

Posibilitar esta transformación social, requiere de un proceso por el cual los educandos vayan desarrollando en todos los niveles las competencias y conciencia para la sostenibilidad, que los lleve a la transformación de sí mismos, a la formación de un criterio fundamentado en la sostenibilidad para la toma decisiones, prácticas cotidianas y emprendimientos que los convierta en los ciudadanos de la sostenibilidad. Dichas prácticas llevarán a transitar hacia nuevas economías y sociedades más ecológicas, a adoptar estilos de vida sostenibles, que involucren participación a nivel global y local. Así la EDS desempeña un papel crucial hacia un mundo más equitativo, justo, seguro para el ser humano y los demás seres que cohabitan este planeta.

A su vez, esto lleva consigo una pedagogía y entornos de aprendizaje centrado en el estudiante, que posibiliten la exploración de problemáticas en contexto, lleve a la acción, permita aprendizaje transformativo, tomar decisiones responsables para la integridad ambiental y la viabilidad económica. Por ello, se deben repensar los entornos de aprendizaje, tanto los espacios físicos como virtuales que activen en sus integrantes el deseo por intervenir a favor de la sostenibilidad (UNESCO, 2017).

Educación para el desarrollo sostenible

Walshe (2017), desde el análisis a varios autores, sugiere que hay dos objetivos clave de la EDS que contribuyen al desarrollo sostenible, el primero promover activamente en la EDS las actitudes positivas y el comportamiento proambiental, los cuales son requisitos para el desarrollo sostenible. El segundo objetivo es desarrollar la comprensión crítica de los estudiantes sobre el

desarrollo y temas de sostenibilidad. Así, la EDS debería orientar procesos de enseñanza aprendizaje que aborden temas de sostenibilidad de forma crítica que logren generar acciones proambientales de los sujetos (Smith, 2018).

La integración de la sostenibilidad en la educación aparte de requerir plantearse objetivos necesita de cambios significativos en el pensamiento y la práctica realizada por el profesor. Cotton (2010) sugieren enfoques pedagógicos para la EDS que han surgido en la educación ambiental, plantean desde autores como Sterling (2004), una serie de transiciones que debe asumir la educación para integrar la sostenibilidad; entre estos se encuentra pasar de:

- Aprendizaje transmisivo a aprendizaje a través del descubrimiento.
- Enfoque centrado en el maestro a enfoque centrado en el estudiante.
- Aprendizaje individual a aprendizaje colaborativo.
- Aprendizaje dominado por la teoría, a teoría de vínculos de aprendizaje orientada a la praxis y experiencia.
- Centrarse en acumular conocimientos y una orientación al contenido a centrarse en el aprendizaje autorregulado y orientación a problemas reales.
- Énfasis únicamente en objetivos cognitivos a objetivos cognitivos, afectivos y relacionados con las habilidades.
- Lo institucional, basado únicamente en la persona enseñanza/aprendizaje al aprender con y de agentes externos.
- Aprendizaje cognitivo de bajo nivel a aprendizaje cognitivo de nivel superior.

A su vez, como indican Oulton (2004) y Cotton (2010), se deben incorporar estrategias de enseñanza en la EDS que incluyen juegos de roles y simulación, discusión en grupo planteando controversia, estudios de caso, planificación del desarrollo personal, actividades de

estímulo (como ver vídeos, mirar fotos) que permitan iniciar una reflexión o discusión, lectura y escritura crítica, aprendizaje basado en problemas, modelado de buenas prácticas, entre otros.

La UNESCO (1997) recomienda abordar la sostenibilidad desde un enfoque holístico e interdisciplinario, que a su vez integre diferentes instituciones conservando sus distintas identidades. La implementación de enseñanza interdisciplinaria, como lo indica Chambers, et., al. (2019), expone a los alumnos de manera más explícita al abordaje de los distintos ODS, les permite desarrollar sus propias perspectivas sobre la sostenibilidad. Por otro lado, se puede utilizar como un estímulo para participar críticamente con las ideas de sostenibilidad dentro de un contexto específico, como lo plantea Walshe (2017) en lecciones de geografía con poesía y elaboración de dibujos.

Los tipos de educación que permiten la EDS deben impulsar la educación de calidad en todos los niveles escolares, asumir la responsabilidad de promover el desarrollo de competencias para la sostenibilidad. Así, la EDS ofrecerá una educación realmente relevante para todos los estudiantes a la luz de los desafíos actuales (Wiek, 2011; Murga, 2015). Además, reconocer que las competencias describen los atributos específicos que los individuos necesitan para la acción y la autonomía en contextos y situaciones complejas, donde se incluyen elementos cognitivos, afectivos y motivacionales. Por tanto, son una interacción entre conocimiento, capacidades, intereses y disposición afectiva (UNESCO, 2017), basadas en la reflexión de las acciones, que involucran impactos sociales, culturales, económicos y ambientales actuales y futuros, desde una perspectiva local y global (Cebrian, 2020), consiguiendo representar lo que los ciudadanos de la sostenibilidad necesitan para afrontar los problemas complejos que aquejan nuestra realidad actual.

Así, la EDS no solo involucra temas de aprendizaje, sino también contextos de enseñanza aprendizaje interactivos centrados en el estudiante, pedagogías transformadoras y orientadas a la acción, enfoques interdisciplinarios que aportan a los ODS. A su vez, conlleva a los sujetos a la toma de decisiones que integren como factores lo social, económico y político, apuntando al desarrollo de competencias para la sostenibilidad. Con esto, la EDS encamina un trabajo conjunto entre los objetivos cognitivos, socioemocionales, conductuales, pedagogías, estrategias y competencias clave (UNESCO, 2017).

Competencias para el desarrollo sostenible

La educación debe encaminar a la toma de decisiones conscientes y responsables. Esto implica desarrollar en las personas competencias que impulsen una continua reflexión sobre sus acciones, donde se aborde las repercusiones que se tendrán en lo social, cultural, económico, ambiental, a nivel local y global. Esto, implica asumir nuevos direccionamientos y participación de los sujetos, con el fin de que sus comunidades transiten hacia un desarrollo sostenible (UNESCO, 2017).

En concordancia con lo anterior, asumir competencias que abarquen este cúmulo de elementos y sus relaciones lleva consigo un enfoque holístico y sistémico, que da prioridad a la formación integral de las personas, donde se vincula lo ético, la autorrealización y el tejido social, basada en el desarrollo a escala humana, el aprender a aprender y el emprendimiento (Tobón, 2008). Con ello, en un enfoque basado en competencias, el alumno gana el protagonismo junto con el contexto que adquiere también una importancia relevante, ya que las competencias asumen la capacidad para enfrentarse con garantías de éxito a tareas en un contexto determinado (Jonnaert et al., 2008). Así, la competencia implica procesos de índole

complejo que atiende un desempeño idóneo en un contexto determinado, que integra diversos saberes (saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir) para realizar actividades o resolver problemas con el fin de contribuir al desarrollo personal, a la construcción de tejido social, al desarrollo económico sostenible y cuidado del medio ambiente y sus especies. (Tobón, 2008, p. 5)

En esta línea, abordar las competencias para la sostenibilidad en la educación tiene un sentido amplio y reflexivo, que implica un proyecto ético en la vida de las personas, un sentido del ser humano en la sociedad, que lleva a formar ciudadanos de la sostenibilidad. Con esto, las competencias clave describen los atributos específicos que los individuos necesitan para la acción y la autonomía en contextos y situaciones complejas que involucran el abordaje e integración de lo social, ambiental y económico. Pueden ser entendidas como transversales y multifuncionales “no reemplazan las competencias específicas necesarias para actuar de manera exitosa en algunas situaciones y contextos; pero las comprenden y tienen un alcance más amplio” (Weinert, 2001, citado en UNESCO, 2017, p. 10).

A continuación, se relacionan las competencias en sostenibilidad con su definición, a partir del marco propuesto por la UNESCO en 2017, ver (Tabla 1), el cual apuesta por la unificación de las competencias estudiadas por varios autores como Wiek (2011), de Hann (2012) y Rieckmann (2012). En la primera columna de la izquierda se relaciona cada una de las competencias, en la segunda se recoge la definición dada por la UNESCO (2017) y finalmente, en la tercera columna aparecen ejemplos de habilidades para cada competencia.

Tabla 1*Competencias en Sostenibilidad y Características*

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia de pensamiento sistémico	Las habilidades para reconocer y comprender las relaciones; para analizar los sistemas complejos; para pensar cómo están integrados los sistemas dentro de los distintos dominios y escalas; y para lidiar con la incertidumbre.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer dinámicas de causa efecto. - Establecer variables relevantes y poco relevantes. - Establecer relaciones entre las partes (social, ambiental, económico). - Relacionar y conectar contextos globales – locales. - Visualizar escenarios generales y particulares / total-parcial. - Establecer que las verdades no son absolutas. - Atender una situación con los recursos disponibles. - Visualizar fenómenos en cascada. - Sensibilidad al contexto. - Identificar y contextualizar elementos y características de los sistemas. - Evaluar los potenciales efectos de las tecnologías sobre los sistemas socio ecológicos.

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia de anticipación	Las habilidades para comprender y evaluar múltiples escenarios	<ul style="list-style-type: none"> - Visionar imágenes del futuro. - Evaluar imágenes del futuro. - Simular (Elabora) eventos posibles.

<p>futuros – el posible; el probable y el deseable; para crear visiones propias de futuro; para aplicar el principio de precaución; para evaluar las consecuencias de las acciones; y para lidiar con los riesgos y los cambios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar escenarios (imágenes) del pasado - presente - futuro. - Diseñar estructuras para la sostenibilidad. - Planear a corto, mediano y largo plazo. - Identificar la dependencia e independencia de cosas, fenómenos, eventos, etc. - Manejar la consistencia, riesgo, equidad y precaución. - Visualizar esperanza en un futuro mejor. - Establecer con claridad los temores. - Interconectar pasado - presente - futuro.
--	--

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia Normativa	Las habilidades para comprender y reflexionar sobre las normas y valores que subyacen en nuestras acciones; y para negociar los valores, principios, objetivos y metas de sostenibilidad en un contexto de conflictos de intereses y concesiones mutuas, conocimiento incierto y contradicciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la sostenibilidad de los estados actuales y / o futuros. - Crear o elaborar visiones de sostenibilidad a nivel social-ambiental. - Reconocer y analizar conceptos que orientan la normatividad de los sistemas como justicia, equidad, integridad, socio ecológica y ética. - Calcular y trabajar visiones de la sostenibilidad. - Analizar el riesgo desde lo económico, social y ambiental. - Comprender problemas complejos en la situación actual y su resolución.

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia estratégica	Las habilidades para desarrollar e implementar de forma colectiva acciones innovadoras que fomenten la sostenibilidad a nivel local y más allá	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar propuestas para generar cambios que ayuden a su comunidad. - Diseñar estrategias de transición hacia la sostenibilidad. - Implementar intervenciones de transición hacia la sostenibilidad. - Involucrar diferentes actores (familia, compañeros, docentes, vecinos, etc.) en sus propuestas. - Manejar el tiempo y los recursos. - Tomar decisiones sostenibles. - Actuar con intencionalidad sostenible. - Apreciar diferentes perspectivas. - Familiarizar situaciones y relaciones del mundo real. - Reunir múltiples esfuerzos para el cumplimiento de un objetivo. - Tomar iniciativas

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia de colaboración	Las habilidades para aprender de otros; para comprender y respetar las necesidades, perspectivas y acciones de otros (empatía); para comprender, identificarse	<ul style="list-style-type: none"> - Respetar y valorar las ideas de los demás. - Reconocer el trabajo de los demás como parte esencial para solucionar los problemas. - Promover la participación de diferentes actores. - Valorar posturas y preferencias.

<p>y ser sensibles con otros (liderazgo empático); para abordar conflictos en grupo; y para facilitar la resolución de problemas colaborativa y participativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aportar elementos para el logro de objetivos en equipo. - Llegar a acuerdos con los demás participantes. - Desarrollar actividades con diferentes integrantes. (no los mismos). - Resolver actividades considerando las diferencias como aspectos positivos que enriquecen y mejoran el aprendizaje. - Aceptar y reafirmar las decisiones del grupo. - Establecer vínculos de trabajo que fortalezcan relaciones interpersonales. - Reconocer que la responsabilidad individual es esencial para el alcance de metas colectivas.
--	--

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
<p>Competencia de pensamiento crítico</p>	<p>La habilidad para cuestionar normas, prácticas y opiniones; para reflexionar sobre los valores, percepciones y acciones propias; y para adoptar una postura en el discurso de la sostenibilidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar argumentos de forma razonada sobre la sostenibilidad. - Plantear posturas ambientales, económicas y sociales para diversas alternativas que mejoran una situación. - Defender puntos de vista con argumentos sustentados desde lo ambiental, económico y social. - Realizar cuestionamientos sobre el entorno.

-
- Identificar las implicaciones éticas de los problemas locales y globales.
 - Reconocer y valorar los argumentos y comportamientos del otro.
 - Argumentar la toma de decisiones desde dimensiones de la sostenibilidad.
-

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia de autoconciencia	La habilidad para reflexionar sobre el rol que cada uno tiene en la comunidad local y en la sociedad (mundial); de evaluar de forma constante e impulsar las acciones que uno mismo realiza; y de lidiar con los sentimientos y deseos personales.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer la labor e importancia que tienen los demás. - Expresar solidaridad y preocupación por el futuro de los seres humanos y la naturaleza como tareas comunes y sociales. - Reflexionar sobre sus propios procesos de aprendizaje en el contexto de la sostenibilidad. - Describir las motivaciones que se tienen al participar en un proceso. - Describir estilos de vida de personas y sociedades que fomentan o no la sostenibilidad. - Reconocer las condiciones de vida de otras personas y seres vivos. - Promover cambios a partir de la reflexión profunda.

Competencia	Definición (UNESCO, 2017)	Características
Competencia integrada de resolución de problemas	La habilidad general para aplicar distintos marcos de resolución de problemas a problemas de sostenibilidad complejos e idear opciones de solución equitativa que fomenten el desarrollo sostenible, integrando las competencias antes mencionadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Plantear múltiples situaciones para evaluar posibles soluciones sostenibles. - Considerar esencial el contexto sobre el cual se plantea un problema. - Describir problemáticas locales sobre sostenibilidad y realizar conexiones con situaciones similares. - Usar múltiples áreas de conocimiento para comprender un problema. - Concretar una acción (sostenible) para resolver un problema. - Integrar habilidades de las demás competencias en la solución de una actividad. - Comunicar resultados de forma eficaz. - Especificar y articular los componentes necesarios para direccionar una solución sostenible. - Aprender de la comunidad para solucionar problemas. - Evalúa e integra conocimientos y prácticas desde múltiples disciplinas.

En la anterior tabla, se encuentra que cada una de las competencias contiene aspectos sobre conocimientos que relacionan a los contextos con la integración de saberes; valores que promueven el respeto y la sana convivencia. Por último, acciones que llevan a la participación, solución problemas y a resaltar las habilidades que tienen los demás.

El conjunto de habilidades presentado en la tercera columna, en una u otra medida, se encuentran en las distintas competencias. Se han asignado en cada caso teniendo en cuenta su relevancia. Por otra parte, no se pretende que estas sean los únicos conocimientos, habilidades o actitudes que se pueden enmarcar para estas competencias.

Todas estas competencias se encuentran estrechamente relacionadas. Es decir, que ante un comportamiento sostenible que realiza un individuo se ponen en evidencia varias de estas competencias. Por ejemplo, en la competencia de pensamiento anticipatorio, el crear con éxito escenarios de futuro, se necesita establecer los elementos relevantes de un contexto específico, identificar estrategias que permitan la creación de dichos escenarios, lo cual pone en juego la competencia sistémica y estratégica. Así, el desarrollo de una de estas competencias estará en relación directa con el desarrollo de las otras. Por ello, se recomienda un trabajo en conjunto más que de forma fragmentada.

Dado que la solución a problemas complejos requiere de sujetos con estas competencias, es necesario que la educación en todos los niveles ofrezca a los estudiantes formación en competencias para la sostenibilidad de forma integrada, para llegar a tener en todos los ámbitos, ciudadanos que enfrenten los problemas de insostenibilidad con los que se encontrarán a lo largo de sus vidas (Ull, 2014).

Educación STEM

Como lo menciona Botero (2018) es adecuado considerar STEM como una nueva forma de ver la realidad tecnológica, porque los avances obtenidos en este sentido son de tal magnitud que no se alcanzan a establecer sus implicaciones e impacto en la sociedad. Por ello, se hace necesario un cambio en cómo percibimos nuestra realidad, que oriente el camino que debe tomar

la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas para la toma de decisiones adecuadas en el mundo de hoy y con ello la respectiva formación. La educación STEM aún no tiene una conceptualización, ni definición exacta (Páez, 2019). Sin embargo, es claro su propósito de ver y entender el funcionamiento del mundo a través de cuatro áreas, ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), para trascender en lo social, económico y ambiental (Washington STEM Study Group, s.f.; Bybee, 2010), donde la ingeniería juega un papel de contexto integrador. La educación STEM surge como necesidad para mejorar las competencias en ciencias duras de los profesionales en Estados Unidos y así mantener competitividad económica. Los estudios y revisiones a la literatura como Bybee (2013); Thibaut et al. (2018) establecen cómo desde sus inicios la educación STEM plantea un enfoque de integración para solución de problemas del mundo real, permitiendo cerrar la brecha en la educación entre teoría y práctica, abordando la necesidad de que los estudiantes puedan conectar contenido con habilidades y desarrollen representaciones del mundo real, lo cual no se puede abarcar desde enfoques mono-disciplinarios.

La integración en STEM

El cómo se logra la conexión en STEM resulta ser un asunto primordial (Sanders, 2009). Bybee (2013) plantea que STEM puede ser visto como tratar las disciplinas individualmente o como una integración y coordinación de las disciplinas, para lo cual, las disciplinas y sus contenidos no se pueden tratar de forma aislada, son indivisos (Paez, 2019). La educación STEM obedece más a esta segunda línea de integración, enmarcada en lo interdisciplinar y centrada en la resolución de problemas (Bybee, 2013). A su vez, se ve enriquecida y mejorada con la inclusión de otros materiales de ámbitos académicos como las artes, el lenguaje, las

ciencias sociales, entre otros (Sanders, 2009). Con ello, la integración lleva consigo hablar de un conocimiento que se produce de forma interdisciplinar, para Boix Mansilla, Miller y Gardner (2000, citado en Páez, 2019) esto sería:

Capacidad de integrar el conocimiento y los modos de pensamiento de dos o más disciplinas para producir un desarrollo cognitivo, como explicar un fenómeno, resolver un problema o crear un producto de una manera que hubiera sido improbable a través de una de las disciplinas involucradas. (p. 4)

La integración en STEM puede presentarse de diferentes maneras, Páez (2019) plantea que esto puede obedecer a las siguientes conceptualizaciones:

- STEM integrado, se presenta como diferentes combinaciones de las disciplinas STEM a incluirse, donde una disciplina se enfatiza sobre otras.
- Transdisciplinariedad, integración de elementos para que el conocimiento pueda ser llevado a la solución de problemas sociales.
- Interdisciplinariedad, capacidad para resolver situaciones problemáticas que requieren la implementación de múltiples disciplinas.
- Supradisciplinariedad, conlleva involucrar varias disciplinas para saber cuáles de ellas son más relevantes y cuáles no.
- Multidisciplinariedad, cada una de las disciplinas, por separado, aborda la solución a un mismo problema, tratando de lograr objetivos disciplinares.

Con estas consideraciones el ideal de la integración no solo corresponde a incluir contenidos, procedimientos de las disciplinas, sino también lleva consigo desarrollar la capacidad de realizar las conexiones que existen entre estas disciplinas, es concebir que el producto final de la integración es mucho más que la unión de sus partes (Páez, 2019). Así, una

alfabetización en STEM orienta la integración en la educación, que conlleva a aplicar y conectar conceptos entre las disciplinas para alcanzar la comprensión y solución de problemas complejos del mundo real y lograr que el estudiante comprenda cómo mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales a nivel local y global (Washington STEM Study Group, s.f.).

El docente STEM

El docente es quien lidera en el aula la integración que promueve la educación STEM. De aquí, que su trabajo tenga como eje de acción el manejo de la multidisciplinariedad, que lo lleva a desarrollar destrezas para concretar conexiones entre los currículos de las diversas áreas. Kelley y Knowles (2016) mencionan, que la labor va más allá de integrar temas. Se debe alcanzar una estructura estratégica de mayor nivel, que consiste en lograr la conexión con el contexto y desarrollar competencias para el siglo XXI, junto con la competencia emocional. Sumado a esto, para Sanders (2009), estos enfoques integradores que brinda el profesor, donde se explora la enseñanza aprendizaje entre una área STEM y otras áreas, son la base bajo la cual los estudiantes aprenden que el mundo real es interdisciplinario y que demanda de las personas utilizar todos los conocimientos de los que dispongan para la búsqueda de soluciones a los problemas que se presenten.

En esta integración, el maestro a través de constantes desafíos mantiene la curiosidad activa del estudiante, proporciona estrategias para que movilicen sus saberes previos y la aplicación de conocimientos y habilidades de las áreas STEM (Sanders, 2012). Donde las teorías, conceptos y principios de la ciencia entren en función de otras áreas y la experimentación del mundo real. La instrucción en tecnología permite el análisis a través del tiempo de los ambientes artificiales, sus ventajas - desventajas y consecuencias. La ingeniería se vincula en la solución de

problemas, procesos de diseño e integración de la matemática junto con la ciencia. A su vez, potenciar la aplicación de las matemáticas y la argumentación basada en datos fruto de la práctica, para mejorar la comprensión de los problemas y la viabilidad de las soluciones (Botero, 2018).

La educación STEM posiciona al maestro como un facilitador del aprendizaje de los estudiantes. La movilización de conocimientos y habilidades de las áreas STEM lleva al docente a proponer experiencias de aprendizaje que involucre a los estudiantes en un constante descubrimiento y a dar sentido a sus observaciones. Para ello, el proceso de enseñanza aprendizaje se enriquece a través de preguntas que despierten la curiosidad y permitan a los estudiantes salir solos de sus dificultades y avanzar por su propia cuenta (Botero, 2018). Para Brand (2020), en este avance, el estudiante adquiere su propio ritmo y aunque exista la preocupación, por parte del profesor, de que pudiera quedarse corto en aprender, debe confiar en el proceso y asumir la pérdida del control para dejarse sorprender con los logros.

La educación STEM hacia lo social y ambiental

Usualmente cuando se habla de STEM, se hace referencia a tratar algo innovador y emocionante (Kelley & Knowles, 2016; Nguyen, 2020). Entre otros aspectos, STEM posibilita diversas formas de integración de las áreas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas, convirtiéndose en una metadisciplina (Kennedy y Odell, 2014). Esto permite a los estudiantes explorar y desarrollar soluciones a problemas reales de cualquier contexto. A su vez, se considera un sistema educativo que brinda herramientas poderosas y productivas para impulsar el crecimiento económico en sociedades basadas en ciencia y tecnología (Smith & Watson, 2018).

De allí, que esté asociado a propuestas políticas que fomentan mejorar la competencia económica en las regiones (Kelley & Knowles, 2016; Sanders, 2009; Smith & Watson, 2018).

Más allá de un propósito económico, la educación STEM lleva consigo una meta más importante: atender problemas globales de insostenibilidad y mejorar las condiciones del mundo actual. Entre estos se encuentra proveer de alimentos y agua potable a pueblos marginados, abordar temáticas como cuidado del agua, preservación de la diversidad, calentamiento global o métodos alternativos para utilizar recursos naturales (Bybee, 2013; Botero, 2018; Chambers, 2019). Asimismo, propender para que la tecnología avance sin destruir los ecosistemas y encaminar los pueblos a modelos de vida más responsables (Smith, 2018).

Una educación STEM planeada y conducida para dichos objetivos, permite un cambio de mentalidad. En la que los estudiantes pasan de sentirse abrumados, por la crisis mundial que se vive, a empoderarse de los problemas y considerarse parte clave para la transformación sostenible de sus comunidades. Del mismo modo, conlleva a ser parte activa en estrategias de sostenibilidad con comunidades locales e internacionales. Una educación STEM bajo este horizonte aportará en el desarrollo del conocimiento y conciencia necesarios para llevar adelante acciones que construyan ciudades más sostenibles (Chambers, et al., 2019).

Los problemas que se buscan atender obedecen a un carácter complejo, por ende los estudiantes deben desarrollar habilidades en la toma de decisiones económicas, políticas y culturales, al adquirir conocimientos y habilidades del siglo XXI como resolución de problemas no rutinarios de su entorno, habilidades sociales, comunicación asertiva, adaptación, pensamiento sistémico, que les permita tener la capacidad de tomar con criterio decisiones sobre salud, eficiencia energética, calidad ambiental (Bybee, 2010). Por ello, la educación STEM apunta a unas habilidades prácticas, que posibilita a los sujetos conectar y direccionar teoría con

práctica en desafíos donde se concreten diseños que permitan desarrollar soluciones a problemas del mundo real (Sanders, 2009). Esto requiere que la alfabetización STEM integre un plan de acción donde se privilegie la actividad grupal en laboratorios, proyectos, investigaciones (Bybee, 2010), que vayan dando la posibilidad al estudiante de relacionarse con personas y contextos, a la par de permitir la exploración con los mismos. Así, se puede acceder al desarrollo de habilidades colaborativas a través del trabajo en equipo.

Convergencia hacia STEM - EDS

Ante las profundas estructuras insostenibles que gobiernan las regiones, cada vez más se hace relevante la necesidad de la EDS, que entre otras pueda hacer frente “a la ilusión de que las tecnologías son capaces de resolver la mayoría de los problemas relacionados con la sostenibilidad” (UNESCO, 2020). Toda educación, incluyendo la educación STEM, debe apuntar a esta necesidad y ofrecer a los estudiantes una serie de competencias, conocimientos, habilidades y actitudes, que promuevan la ciudadanía para la sostenibilidad (Murga, 2015; Smith & Watson, 2018). Modelar, evaluar y reflexionar cuantitativamente sobre diferentes alternativas en lo económico, ambiental y social, son aspectos urgentes para abordar los desafíos que enfrenta la sociedad (Bögeholz, 2016). Así, la educación en las áreas STEM resulta ser esencial para preparar a los niños, niñas y jóvenes en este reto.

La educación STEM y EDS sostienen en su discurso que el planeta se ve abocado a grandes cambios provocados por el ser humano y el desarrollo de tecnologías, donde sus consecuencias han deteriorado el bienestar de las personas (Nguyen, 2020). Por ende, un primer elemento en común es su interés en la solución a problemas relacionados con la sostenibilidad como pobreza, contaminación, calentamiento global entre otros. (Botero, 2018; Nguyen, 2020).

Un segundo elemento, es abordar en la educación problemáticas contextualizadas, caracterizadas por la complejidad, que implica entre otros aspectos, apreciar diferentes puntos de vista y decidir entre múltiples alternativas con el fin de optar por una solución.

Otro elemento derivado de lo anterior, es que los desafíos de hoy tanto a nivel local y global no se pueden resolver dentro de una sola disciplina, de allí la pertinencia de enfoques educativos multidisciplinares, que como STEM, brinden conocimiento integrado, para lograr que la educación forme sujetos con experiencia multidisciplinar y con el apoyo de la tecnología desarrollen habilidades que permitan conectar y crear nuevo conocimiento en contexto, que posibilite abordar diversas problemáticas socio ambientales como las orientadas por los ODS. Y un cuarto elemento, privilegiar una educación donde el estudiante sea el centro del proceso, con la capacidad de crear puentes entre el conocimiento escolar y los problemas de su contexto, como base de una educación de calidad (UNESCO 2017; 2020; Sanders, 2009), Bybee (2010).

Nguyen, et al. (2020), presenta algunas concepciones del enfoque integrado STEM que promueven la educación en el desarrollo sostenible, entre ellos encuentra:

- (i) La integración de las disciplinas en la educación STEM adelanta procesos de enseñanza que plantean alternativas de integración, como, por ejemplo, agroecología, biología química y/o física, que implica discutir sobre el desarrollo sostenible en cada uno los campos y tienda a mejorar la conciencia de los estudiantes sobre su papel en el logro de los ODS. Sumado a esto, Sanders (2009), plantea que la exploración de los diversos tipos de integración STEM abre la oportunidad para determinar elementos en el proceso de enseñanza aprendizaje que permiten a los estudiantes lograr la conexión entre diversas disciplinas y el contexto.

- (ii) Investigación basada en el contexto del mundo real, este enfoque donde los conocimientos científicos van unidos a problemas reales, lleva consigo que los estudiantes logren conectar su contexto con conceptos aprendidos y ayuda a que puedan encontrar la relevancia de la ciencia en su vida cotidiana.
- (iii) Enfoque de aprendizaje basado en problemas (ABP), permite el desarrollo de habilidades como pensamiento crítico, resolución de problemas, colaboración y trabajo en equipo, adaptación a nuevas circunstancias, basadas en la comunicación, reflexión y aplicación de teoría en la práctica.
- (iv) Enfoque de aprendizaje basado en el diseño (APD), con el de diseño de ingeniería, se promueve el planear antes de actuar, considerando diversas opciones. Permite al estudiante planificar y promover la investigación, razonamiento, creatividad y construcción. Además, tiene como núcleo central la multidisciplinariedad.

Además, el predominio en la elección y tratamiento de problemáticas sobre sostenibilidad en los proyectos propuestos por docentes STEM, muestra gran sensibilidad y compromiso de estos con el DS. Esta influencia, puede lograr que STEM aporte y enriquezca las nuevas representaciones internas y comprensión del contexto en que viven los estudiantes, que posibilite transformar sus actitudes hacia la protección del medio ambiente (Nguyen, 2020).

Aprendizaje basado en retos (ABR)

Aprendizaje basado en retos (ABR), así como el ABP y el ABPr, presentan conexión con la EDS el ABR que se viene impulsando desde la educación STEM, también permite poner en juego contextos reales y más aún como lo expresa Nichols (2016), pretende que los estudiantes

desarrollen comprensión sobre el cómo abordar desafíos para la sostenibilidad, desde sus propias perspectivas.

Para el Observatorio de innovación educativa del Tecnológico de Monterrey (OIETM, 2015) el ABR “es una estrategia metodológica que involucra activamente al estudiante en una situación problemática real, relevante y de vinculación con el entorno, la cual implica la definición de un reto y la implementación de una solución” (OIETM, 2015, p. 5), que aprovecha el interés de los estudiantes porque da un significado práctico a la educación, mientras se desarrollan competencias transversales como trabajo colaborativo y multidisciplinario, toma de decisiones, liderazgo, entre otras. De ahí, que sea un enfoque pedagógico que se viene incorporando en las áreas STEM (Conde, 2020).

El reto es una actividad que estimula al estudiante y lo desafía a hacerla. El ABR promueve una formación centrada en el estudiante, donde este último, con las experiencias propuestas para el aprendizaje recrea vivencias de un lugar de trabajo. Es similar al aprendizaje basado en proyectos, pero a diferencia de éste que presenta un problema específico a resolver, el ABR ofrece al estudiante una problemática abierta, sobre la cual los estudiantes determinarán el reto que abordarán. Sin embargo, Nichols, (2016), indica que el ABPr cada vez más ofrece al estudiante la libertad de escoger las problemáticas a tratar, con lo cual estos dos enfoques ABR y ABPr son cada vez son más similares. Algunas características del ABR según Blanco, (2017) y Nichols, (2016) son:

- Abordar el aprendizaje a partir de una idea motivadora, un tema genérico, dentro del cual el estudiante pueda movilizarse y plantear diversos retos, relacionados con el tema, seleccionar uno y solucionarlo.

- Inspirar en la búsqueda de soluciones a grandes desafíos globales y originados en contextos reales.
- El estudiante debe identificar contenidos y conceptos, que luego dará a conocer a sus compañeros cuando comparta su experiencia.
- Seguir una metodología basada en la colaboración entre los miembros de la comunidad educativa y expertos sobre aquellos temas a tratar.

Para esta última característica, el trabajo colaborativo al desarrollar capacidades de colaboración en la escuela se difunde y mantiene el rol de la educación en la sociedad. Como indica Chambers (2019) y Nguyen (2020) al utilizar estas habilidades en las prácticas STEM los estudiantes desarrollarán actitudes y comportamientos sostenibles.

Sin embargo, cómo comenta Nguyen (2020) y Thibaut (2018) en las prácticas STEM en la educación secundaria prevalece el trabajo en equipo orientado al aprendizaje cooperativo, al demostrar ser un método de instrucción eficaz que proporciona una amplia variedad de logros académicos. Por ejemplo, estudiantes con desempeño bajo obtienen mejores resultados, debido a la motivación que genera el autoaprendizaje y el enseñar a sus compañeros de grupo. Para Nguyen (2020) esto conlleva aspectos como animar y ayudar a los compañeros para generar una cohesión social que se interese por asegurar que todos los miembros aprendan. Esta interacción trae consigo el desarrollo de actitudes y comportamientos positivos que incentiva a querer trabajar junto a otros por el desarrollo sostenible de sus regiones, en contextos distintos al de la escuela, lo cual contribuye al logro de los ODS, la responsabilidad social y la democracia.

Desde este punto de vista, las prácticas que se orientan por el aprendizaje colaborativo y cooperativo permiten el desarrollo de habilidades para la sostenibilidad. Sumado a esto, como lo menciona Thibaut (2018) en la mayoría de prácticas de educación STEM en secundaria es

esencial el trabajo en equipo, con el cual se aborda el aprendizaje colaborativo y cooperativo, pero sin llegar a establecer una diferencia notable entre estos, salvo por la mayor o menor participación del docente en la organización de los equipos.

Aprendizaje cooperativo - colaborativo

Estas dos metodologías se diferencian en que el aprendizaje cooperativo privilegia los conocimientos básicos, disciplinares y memorísticos, mientras que el colaborativo se inclina más por aquellos que involucran cuestionamientos y razonamientos sobre un objetivo común, de forma que la interacción entre los estudiantes permite hacer aporte desde la experiencia y conocimientos propios, permitiendo sumar esfuerzos en la búsqueda de un bien común.

Como lo menciona Maldonado (2007) dependiendo del tipo de conocimiento que se desee promover en las prácticas educativas se puede plantear el tipo de trabajo colaborativo o cooperativo apropiado en la construcción del aprendizaje esperado. Algunas características que permiten diferenciar el trabajo colaborativo y cooperativo se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

Características del trabajo colaborativo y trabajo cooperativo

Características	Trabajo colaborativo	Trabajo cooperativo
El papel del profesor	Acompaña, es un mediador	Estructura el trabajo que realizará cada grupo y sus integrantes
Asignación de tareas	Definido por los miembros del grupo	Según criterio del profesor
Responsabilidad por la tarea	Individual y grupal	Cada miembro del grupo se responsabiliza por una parte de la

		tarea
Desarrollo de sub-tareas	Entrelazadas, requieren trabajo conjunto	Independientes
Resultado del proceso	La articulación en conjunto es mucho más que la suma de los esfuerzos individuales	Juntando las partes realizadas por cada miembro. Sumatoria de sub tareas realizadas individualmente
Responsabilidad por el aprendizaje	Miembros del grupo con el acompañamiento del profesor	Asumida por el profesor al estructurar el trabajo.
Tipos de conocimiento	No fundamental, requiere razonamiento, cuestionamiento y decisión	Básico. Fundamental. Privilegia la memorización y en pocas ocasiones tendrá cabida el cuestionamiento.

Adaptado de Maldonado (2007)

De acuerdo con estas características establecidas el trabajo colaborativo que se orienta al desarrollo de la autonomía del estudiante, al establecimiento y negociación de normas con el ideal de generar una estructura de trabajo que oriente conocimientos transversales para el logro de un objetivo en común más que conocimientos disciplinares, se orienta más a las características de gobernanza deseadas desde el marco del DS.

Divergencia STEM - EDS

Se hace notable encontrar que el objetivo primordial para mejorar la educación STEM en muchos países, es preparar una fuerza laboral, especialmente en el campo tecnológico, que mejore las economías nacionales y permita mantener o avanzar hacia el liderazgo dentro de la

economía globalizada, que tiende a un constante cambio y expansión (Kelley & Knowles, 2016).

Según Smith y Watson (2018), la economía que vivimos en el siglo XXI, movida por un ideal de eterno crecimiento y agotamiento de recursos finitos, prospera a través de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y matemáticas (STEM). Varios autores se vinculan a esto afirmando que, para seguir siendo competitivo en una economía global en crecimiento, es imperativo que aumentemos el rendimiento de los estudiantes en las materias STEM (Wang, Moore, Roehrig y Park, 2011, citado en Kelley, 2016). La educación STEM, motivada por ese afán de liderazgo económico, está alentando a promover de muchas maneras un negocio a futuro insostenible. Sanders (2009), resalta este aspecto, indicando que cuando se promociona la educación STEM como algo nuevo y emocionante, se debe ser escéptico, para no llegar a convertirla en parte de un negocio, como han resultado ser otras educaciones en EEUU.

La experiencia australiana muestra cómo la educación STEM está cobrando gran impulso como pilar para el crecimiento económico empresarial, mientras que la educación para la sostenibilidad (EDS) empieza a desdibujarse, por lo menos desde los presupuestos, ya que las partidas nacionales para tal fin se han desvanecido poniéndolas a la orden de la educación STEM, amenazando así con debilitar el progreso que la EDS ha construido (Smith y Watson, 2018). Estas medidas parecen ir en dirección opuesta a la agenda mundial de educación 2030, donde se espera fortalecer la EDS mediante la generación de planes de acción claros en los sistemas educativos, como factor clave para lograr los ODS (UNESCO, 2020).

De otro lado, se reconoce que la educación STEM puede involucrarse como educación pensada para la sostenibilidad de las comunidades (Chambers, et al., 2019), siempre y cuando asuma entre otros un carácter crítico frente a la producción y utilización de la tecnología, que

lleve al análisis de cómo las soluciones tecnológicas que se impulsan pueden resultar inadecuadas para asegurar la sostenibilidad. (Zoller, 2015; Smith, 2018; UNESCO 2020). Sumado a lo anterior, debe promover que los estudiantes indaguen sobre las causas de los problemas, para lograr conectar con otros saberes, que ponen en juego un abanico de soluciones más amplio, permitiendo así, que en la educación STEM se piensen otros posibles futuros, junto al del futuro brillante del tecno-optimismo (Smith, 2018).

Lo anterior abre una gran oportunidad con el avance de la educación STEM, pues una educación que apueste a la integración facilitará a los individuos comprender mejor lo multidisciplinar de las dinámicas de su entorno, porque se puede generar una educación que se distancie de la EDS y acentúe el modelo económico actual en crisis. Sin embargo, depende de los objetivos, planeaciones y prácticas que logremos en las instituciones que se materialice una educación STEM más humana, social, ambiental, que logre plantearse un camino que transforme el modelo tecno-economicista vigente que ha llevado a las actuales condiciones de insostenibilidad.

Metodología

En consecuencia, con lo expuesto por Cebrián (2020), se hace necesaria la elaboración de estudios que orienten la educación en competencias para la sostenibilidad y, en específico, que presenten lo que sucede al interior del aula con las mismas. En ese sentido, se requiere de análisis e integración de múltiples factores, escenarios y momentos que reflejan su existencia. Kater (2019) y Shrüfer (2020) mediante sus estudios cualitativos indican que es posible dar cuenta de las competencias en estudiantes desde lo que dicen y hacen en las clases. A partir de lo anterior, se plantea una investigación cualitativa de tipo etnográfico educativo, que permita reconocer los elementos asociados a CpS en la práctica pedagógica.

Por su parte, la etnografía se entiende como un proceso en el que se adentra un individuo (investigador) en una cultura con el fin de describirla y así, proporcionar determinada información que se encuentra relacionada con el contexto. Dicho investigador contrasta todo aquello que se dice, se hace y lo que se debería hacer (Restrepo, 2016). Ahora bien, la institución educativa es un escenario cultural que impregna una forma común de vida, donde convergen idiosincrasias, relaciones de compañerismo, ideales de igualdad o justicia; entre muchas otras. Así, la etnografía educativa es la interpretación de estos aspectos culturales que buscan explicar, orientar o adecuar los procesos de enseñanza aprendizaje. De la misma forma, la intervención etnográfica se centra en descubrir lo que sucede en las aulas, con el fin de aportar datos significativos de forma determinante. Sin embargo, cada uno de estos resultados no deben quedarse solo en su dimensión descriptiva, sino también llegar a sugerir alternativas teóricas y/o prácticas, que conlleven a una mejor intervención pedagógica, fundamentada en la evidencia de la investigación (Torres, 1988).

Los participantes

En el proceso de recolección y análisis de datos, se hizo el estudio con la participación de dos instituciones educativas: el colegio Liceo Hacienda Casablanca, ubicado en el municipio de Madrid, que cuenta con aproximadamente 34 docentes y 600 estudiantes de estrato socioeconómico tres y cuatro. La mayoría de los educandos son procedentes del mismo municipio; predominan núcleos familiares conformados por padre y madre, quienes cuentan con formación profesional. A su vez, se evidencia el apoyo, principalmente el de la madre, en el proceso escolar de los hijos. En este colegio se lideran proyectos de formación en valores, prevención del riesgo escolar, comunicaciones, líderes y responsabilidad social escolar impulsados desde las aulas y orientados por los docentes.

La otra institución es el Colegio Villemar el Carmen IED del sector público, ubicada al occidente de Bogotá del D.C. Atiende una población de 3.326 estudiantes de estratos uno, dos y tres principalmente y allí trabajan 147 docentes. Es un colegio donde el 80% de las familias son mononucleares y los estudiantes tienen poco seguimiento a sus actividades académicas, toda vez que existe una conformación de familia mayoritariamente mononuclear y en donde la figura de la madre es cabeza de familia. El colegio busca una formación basada en la sensibilidad ética y social; con sentido crítico y con seres capaces de transformar su entorno. En consecuencia, promueve desde un modelo pedagógico dialogante reconocer las diversas dimensiones humanas y el potencial de su desarrollo ético.

En estas instituciones se implementó el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics con estudiantes entre los 11 y 16 años, que pertenecen a cuatro cursos de secundaria: dos de grado séptimo, uno de octavo y uno de grado noveno. Las sesiones de clase se llevaron a cabo entre

octubre de 2019 y octubre de 2020 y se adelantaron semanalmente en el espacio de matemáticas, tecnología o ciencias.

Contexto de la práctica

La propuesta tiene como objetivo abordar el reto “*reducir la producción de residuos sólidos, mejorar su recolección y administración en diferentes zonas de Bogotá*” (PICS-UNIMINUTO, 2020), manteniendo una ruta de aprendizaje dividida en cuatro desafíos:

1. Recolección de residuos sólidos en zonas residenciales de difícil acceso, en el barrio la Macarena.
2. Recolección de residuos sólidos en lugares con alta afluencia de personas en eventos: casó Plaza de Bolívar.
3. Gestión (recolección, disposición y tratamiento) de residuos sólidos en instituciones educativas.
4. Recuperación de la zona de influencia del relleno sanitario Doña Juana, en cuanto a la gestión de residuos sólidos que llegan de Bogotá.

A su vez, cada desafío se conforma por cuatro guías y cada una de ellas tiene una duración de 4 a 5 sesiones. Las guías que estructuran el desarrollo de las sesiones fueron elaboradas por el equipo STEM MD Robotics adscrito al Parque Científico de Innovación Social (PCIS), de la Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO, Colombia. Con referencias a esta estructura, los investigadores hacen parte del estudio desde el rol de docente, teniendo la libertad de hacer las adaptaciones que consideren necesarias. Es de resaltar que, debido a las circunstancias provocadas por la pandemia, la implementación solo alcanza el

primer desafío y, en consecuencia, los resultados aquí presentados hacen referencia a lo encontrado hasta este punto.

Las sesiones de clase en el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics buscan la integración de las áreas de matemáticas, tecnología, ciencias e ingeniería siendo las matemáticas la asignatura que lidera el proceso. Durante la implementación del ambiente, los estudiantes son introducidos en el reto mediante una serie de misiones encaminadas al manejo de residuos sólidos; lo que les permite, a través del trabajo en equipo, aplicar soluciones tecnológicas en un contexto específico. Para las soluciones tecnológicas del primer desafío se usa un modelo robótico como instrumento que permite conectar los diversos contenidos tratados. La organización de las sesiones se hace de acuerdo con los siguientes momentos propuestos en las guías de aprendizaje:

Momento 1. *Diagnóstico cognitivo:* es donde se hace la presentación de la guía; se indica a los estudiantes los conocimientos previos de las sesiones anteriores que se abordarán y, cuáles son las actividades que se relacionan con la misión (recolección de residuos sólidos). Adicionalmente, se explica la estructura y los elementos a tener en cuenta para desarrollar la guía que aportará en el cumplimiento de la misión.

Momento 2. *Herramientas conceptuales:* Se plantea el fortalecimiento de elementos conceptuales sobre matemáticas, tecnología, clasificación de residuos y programación; con la intención de que luego sean utilizados por el estudiante en el desarrollo de la misión. Para esto, se aborda la explicación de los conceptos centrales planteados en cada guía que, posteriormente, el estudiante reforzará al solucionar algunos ejercicios o al relacionarlos en diferentes situaciones que se proponen.

Momento 3. Empleo del conocimiento: Aquí los estudiantes abordan y dan solución a la misión planteada en la guía. Para esto, se conforman equipos de trabajo con 3 o 4 integrantes, los cuales van rotando en el transcurso de las sesiones y, donde cada estudiante asume uno de los siguientes roles que son, a su vez, rotativos:

- gestor: es quien administra los tiempos y recursos
- desarrollador: es el encargado de cifrar el código para la programación
- registrador: Se encarga de llevar los apuntes con la información encontrada.
- mediador: coordina y verifica que cada instrucción se cumpla para resolver el desafío.

Luego, se hace uso de la estrategia CDIO (concebir, diseñar, implementar y operar), utilizada para el aprendizaje en ingeniería. Aquí, se espera que los estudiantes articulen los conocimientos adquiridos y organicen su plan de acción que los lleve a la solución de la misión. Finalmente, para resolver la misión se emplea un robot para que realice la trayectoria propuesta en la guía. Debido a las circunstancias durante la pandemia, se implementó el uso de los simuladores Virtual Robotics Toolking para LEGO EV3 y Vexcode VR de la plataforma VEX Robotics logrando que los estudiantes desarrollen la programación de forma remota y la compartan en sus grupos de estudio.

Momento 4. Análisis de resultados: Con el registro que los estudiantes hacen en las bitácoras, se genera una socialización donde se comparten los logros y oportunidades de mejora que presentó cada equipo durante el desarrollo de la misión. Esto va acompañado, de identificar cuáles conocimientos de las áreas STEM se vincularon y la retroalimentación del proceso.

Recolección de datos

Para la recolección de información se usaron varios instrumentos, como los videos y materiales de clase, diarios de campo y, entrevistas semiestructuradas a líderes educativos y a grupos focales de estudiantes en cada institución; lo cual permite hacer una descripción amplia de lo observado, de manera reflexiva y teniendo en cuenta las circunstancias del confinamiento en el que se recogieron los datos. Con el fin de identificar las posturas del programa STEM MD Robotics respecto a cuestiones sobre competencias en educación STEM y sostenibilidad, se realizaron entrevistas a cuatro profesionales líderes del programa, bajo un modelo entrevista semiestructurada (**Ver apéndice 1**).

Las sesiones de clase documentadas durante el estudio, al igual que los diversos instrumentos, fueron aplicadas durante el confinamiento de la pandemia COVID-19, de allí que los registros obtenidos son de tipo digital. Cabe anotar, que la recolección de datos contó con la aprobación de las instituciones, de los padres y de los alumnos implicados. Se realizaron cuatro entrevistas semi-estructuradas a líderes educativos pertenecientes al Parque Científico de Innovación Social de la UNIMINUTO, cuatro entrevistas focales a grupos de estudiantes de los dos colegios entre los grados séptimo, octavo y noveno, y tres diarios de campo de los docentes que implementaron el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics,

Análisis de datos

Para el análisis de los datos se utilizó el software **Atlas ti**. Se hace la codificación de las entrevistas a líderes y grupos focales siguiendo criterios del análisis de datos cualitativos de Mayring (2000). Así, se generan códigos a partir de los datos emergentes, los cuales se reducen

en un 50% después de relacionarlos y ajustar los criterios de agrupación. De otro lado, se generan categorías deductivas, a partir del marco teórico planteado en CpS.

En el caso de los diarios de campo, se estudiaron los correspondientes a la guía número 3: Posicionamiento por coordenadas, porque para entonces los estudiantes ya habían adaptado dinámicas del ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics y para los investigadores fue un punto clave en el desarrollo de la propuesta. Puesto que para este momento un grupo de estudiantes propone y gestiona su servicio social motivado por lo desarrollado en este ambiente.

Para la fiabilidad del estudio, la validación de los hallazgos se realiza con la triangulación de las distintas fuentes. Lo cual consiste en contrastar la información de un resultado obtenido a través de diferentes momentos del trabajo de campo y desde distintos participantes.

Resultados y análisis

En este capítulo se presentan los resultados y análisis de la investigación que permiten dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente. El análisis se dio a partir de la codificación y categorización obtenida en Atlas.ti. Se pudo evidenciar ampliamente mediante nube de palabras y gráfico de redes, las competencias para la sostenibilidad que surgieron en la implementación del ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics.

Objetivo 1. Declaraciones de los líderes STEM MD asociadas a las CPS.

En el marco de este objetivo se presentan los resultados asociados a aquellas declaraciones encontradas en las entrevistas de los líderes STEM MD Robotics, relacionadas con competencias para la sostenibilidad. Este análisis fue organizado bajo la siguiente estructura:

- a. Competencias desde el abordaje a problemáticas socioambientales
- b. Competencias para la sostenibilidad.
- c. El trabajo en equipo

Competencias desde el abordaje a problemáticas socio ambientales.

En las declaraciones de los diferentes líderes, se reconoce la urgencia por dar solución a problemas como la insuficiencia alimentaria, contaminación, producción de residuos, entre otros, que afectan las sociedades tanto a nivel local como global. A su vez, mencionan que, aunque la educación STEM puede abordar una amplia gama de problemas, el programa STEM MD Robotics se interesó por atender aquellos de carácter socio ambiental, porque son determinantes en las condiciones de vida actuales y a futuro de los niños. Así, plantean una propuesta para ser llevada al aula con el compromiso de aportar a estos problemas, un aporte que tiene que ver con

lograr que los sujetos dentro de un contexto específico tengan las herramientas necesarias para analizar la relevancia de los problemas y lleven a cabo estrategias que permitan mejorar las condiciones de sus comunidades.

L3: Entonces, decidimos unirnos a esa problemática de lo ambiental, de tratar todo lo ambiental, aportándole algo a la ciudad, de una problemática que nos concierne a todos, desde los pequeñines, los grandes, los abuelos, todos tenemos esa problemática encima.

L1: ¿Qué tamiza al problema? pues qué tan importante va a ser para los niños en el presente y en el futuro. Pero ¿cómo lo preparamos? y ¿Cómo se prepara esta sociedad? ...en general todos los temas de medio ambiente, de alimentos ...la educación STEM está trabajando y llevando a las aulas para que los niños empiecen a pensarse el futuro.

L4: las personas puedan diseñar soluciones al contexto real, que pueda ayudar a otras personas ...buscamos eso, es que esas soluciones se integren a las comunidades y también beneficien a ellos.

Se aprecia una la intención en el programa por conectar al sujeto con su contexto, con las condiciones de vida que se exponen allí, más aún con el descubrimiento de la vulnerabilidad que se puede presentar y las apuestas por mejorar dichas condiciones. Esta conexión: sujeto, contexto, problemática y soluciones; se presenta como elemento esencial en la propuesta que permite el desarrollo de sentido social en los sujetos. A su vez, el reflejo de este desarrollo se aprecia en la medida que las soluciones planteadas estén encaminadas al bienestar de la comunidad. Este sentido social da a entender cómo se demanda con insistencia esta conexión.

Para que los diferentes actores se involucren e interioricen la problemática, se hace uso del reto y el manejo de un escenario de futuro. En el caso del reto, esta es una estrategia didáctica

que se articula a lo largo de toda la propuesta, denominada: reducir la producción de residuos sólidos, mejorar su recolección y administración en diferentes zonas de Bogotá. El reto se contextualiza desde varias zonas de la ciudad de Bogotá, promoviendo la observación y análisis de los factores asociados a la problemática de las basuras. Las declaraciones también indican que el reto es un elemento especialmente aprovechado para motivar la acción:

L3: ...nosotros teníamos estructurada ya las guías ...y pues llega el tema del reto, ¿en qué vamos a centrar el reto? Entonces, realmente fue un estudio, nos pusimos a mirar todas las problemáticas que tenía Bogotá y sus alrededores

L4: ...para que realmente aprendan a gestionar y a dar uso a esos residuos, entonces una vez planteamos esto (reto) dijimos, bueno estamos en la ciudad de Bogotá, cuáles son esos escenarios que podrían llegar a ser valiosos dentro del proceso, entonces aparece la Macarena... ¿Cómo estamos gestionando esos residuos desde nuestras casas? Luego aparece el colegio también como un escenario próximo a los niños, aparece también el escenario de los rellenos sanitarios

L1: ...y si seguimos así pues un día y en las analogías que están en las guías de ¿cuántas casas y cuánta basura producimos al día como ciudad? pues si no lo trabajamos hoy va a ser el problema que nos cuenta Frank en las guías, que un día todo eso puede explotar.

El uso transversal del reto tiene la cualidad de presentar y orientar dinámicas bajo el objetivo de brindar una educación STEM pensada para resolver asuntos medioambientales y sociales. Por lo que la implementación del reto abre un espacio privilegiado en STEM MD para el análisis de estas cuestiones, como lo sugiere Bybee (2011), una educación STEM para ayudar a la crisis ambiental. A su vez, -el reto- es un elemento que permitirá conectar lo teórico y lo

práctico -motivaciones reales-, que permita a los estudiantes usar un conjunto de conocimientos de las distintas áreas e integrarlos para llevar a cabo una misión propuesta, que ostenta mejorar la situación de las basuras.

Sin embargo, a pesar que el reto es un elemento esencial de la propuesta y que permite el análisis del contexto, en las declaraciones no se identificó una línea mediante la cual el estudiante pueda movilizarse bajo la creación, validación y reconfiguración de sus propios retos como lo sugiere Blanco (2017) y Nichols (2016) para fortalecer las comprensiones que se tienen sobre la situación estudiada.

El segundo elemento que se conecta con el reto, es un escenario de futuro no sostenible y una narrativa desde la cual, los niños pueden reconocer las posibles consecuencias de los comportamientos actuales y tomar medidas antes de llegar a esos escenarios insostenibles. Para lograr esto, se integra a Frank, un personaje que viene del año 2150 y que presenta cómo la contaminación es abrumadora en ese tiempo, entre otros, por la gran cantidad de basura generada a diario.

L4: ...surge Frank en un papel como de niño, de estudiante, que no parece tanto porque está envejecido por la contaminación que hay, por allá en Bogofuture 2150 ...pero es llevarlos también a pensarse, bueno estamos en este momento, pero no estamos pensando en los efectos que estamos causando al futuro, entonces surge esa historia de estos personajes.

Figura 1.

Frank del futuro. La imagen presenta los personajes de las guías, a la izquierda el deteriorado físico de Frank a causa de la contaminación del futuro.



Fuente PISC 2020 – guía 0

Este abordaje es fundamental para el desarrollo de las guías, pues de allí se desprende la problemática ambiental, que va a impregnar el trabajo a lo largo de las guías. A su vez, la situación que revela este viajero del tiempo dará sentido para que los estudiantes se integren a la narrativa cómo un equipo de súper agentes que ayudan a Frank en su misión.

L4: también se buscó que la narrativa... fuera muy al estilo ... de los superhéroes, entonces dijimos: no pues ya que estamos en el auge de esto, hagamos superhéroes... que ellos van a ser los agentes STEM Work y de allí surgen los roles, el mediador, el registrador, bueno, los roles.

Frank es quien prende la chispa y sirve de puente entre la reflexión y la acción, poniendo en juego el pensamiento de futuro como elemento reflexivo, que vincula los diversos componentes del contexto para determinar qué tan próspero puede ser el futuro. Ésto basado en el análisis de los comportamientos actuales y sus consecuencias. Este es un elemento que demanda mucha atención en los líderes, le ven potencial y por ello mencionan que dedicaron bastante tiempo a esta narrativa.

L3: La intencionalidad era decir: Mire, alguien vino del futuro y nos dijo -Sigan ustedes haciendo las cosas como las están haciendo y no van a llegar muy lejos. Entonces tomen, metan manos a la obra desde ahora, para que no llegemos a esta situación tan desesperante, de que no tengamos ni cómo vivir.

L4: surge la idea para acercar más a los niños a la problemática y mostrarles la magnitud... fue un trabajo súper duro que tuvimos que hacer con ese material para sacar la narrativa y cómo poder darles el contexto a los niños.

Las anteriores declaraciones dan cuenta del cómo STEM MD se piensa iniciar un proceso educativo, llegar al estudiante, invitando, motivando a adentrarse en las problemáticas, a reflexionar, a ser alguien que actúa y aporta como ciudadano activo, antes de buscar que los estudiantes adquieran conceptos, que logren ser conscientes de sus acciones ambientales o de cómo su comportamiento tiene un efecto a nivel ambiental y social, que pueden llegar a generar cambios en la sociedad, al pretender pasar del rol de espectador al de protagonista en la transformación de su futuro próximo.

Aquí el desarrollo del escenario con todos los matices que se comentan, buscan recrear en la mente del lector imágenes ricas de la situación que vive el viajero, las consideraciones de tiempo, incertidumbre, anhelos, búsqueda de asociaciones con actores que puedan cambiar ese futuro no sostenible, plantea una línea clara por adentrarse en el desarrollo de habilidades que permitan a los sujetos asumir y sensibilizarse desde la perspectiva de otros actores ante posibles escenarios insostenibles. Esto sienta unas bases sólidas sobre las cuales se puede avanzar en el desarrollo no solo de la competencia anticipatoria, sino también de la competencia de autoconciencia y normativa al dar pie para que sea posible llegar a acuerdos con los equipos sobre el futuro que se quiere.

Estas declaraciones muestran como la propuesta sugiere situaciones como las sugeridas por Rieckmann, (2015) que permitan abordar escenarios que presente esperanzas y miedos como elementos que orientan el desarrollo de la competencia anticipatoria. Así Frank, con su viaje al pasado es una mezcla interesante de estas características que potencia el reconocimiento de realidades en el presente.

Competencias en STEM MD asociadas con CPS.

Al preguntar sobre las competencias para la sostenibilidad que debe tener un ciudadano y las competencias que se promueven en STEM para la sostenibilidad, se encontró que las declaraciones relacionan estas competencias con las habilidades para el siglo XXI, y mencionan algunas como la competencia colaborativa o trabajo en equipo, la competencia creativa, analítica, de liderazgo, de análisis de información, pensamiento computacional, de respeto, de tolerancia.

L1: Toda la lista de habilidades del Siglo XXI, ...trabajo en equipo, liderazgo, comunicación ...Creo que son número uno. Las dos, digamos que deben ser competentes en poder entender cómo la ciencia y la tecnología se ponen a disposición para la solución de problemas del contexto y problemas en general ...y la tercera es el análisis de la información y el contexto; y creo que tenemos que enseñarles a buscar a los chicos información real, verídica, entender las fuentes, a relacionar eso con conceptos.

L4: ...para nosotros si digamos es un poco más obligatorio, son las habilidades del siglo XXI, trabajo en equipo, el pensamiento computacional, el pensamiento creativo, el pensamiento analítico, todas esas habilidades para nosotros viene siendo también cómo esos ejes de partida para poder organizar los aprendizajes.

L4: En el material no se abordan todas las habilidades al mismo tiempo ...la que sí es bien transversal a todas es la de trabajo en equipo, ese si se va a ver en todas.

Aunque, no todos los líderes hacen referencia a las mismas competencias, si existe coincidencia en todos en que el trabajo en equipo es el eje transversal del ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics, al referirse a esta competencia como un tipo de interacción que propicia la convivencia, la colaboración y que promueve dinámicas diferentes a las tradicionales; para solucionar problemas, potenciando las diversas capacidades de los integrantes y facilitando procesos de diálogo y discusión. Además, indican que el trabajo en equipo es de fácil reconocimiento, porque esto sucede cuando las niñas y los niños participan, comparten o aprenden con los otros. A esto se suma la estrategia de conformar equipos aleatorios, que promueve en los integrantes el dejar las diferencias de lado, para unirse como parte integral en los logros del equipo, lo que ha llevado a limar asperezas en las relaciones, a empatizar con

quién no conoce y en general, aportar a la solución de conflictos en el aula. Esto se potencia, si cuenta con una disposición especial en el aula, por ejemplo, la ubicación de las sillas.

L1: ...como pilares ...está el desarrollo de ciudadanos íntegros, ... que son capaces de trabajar en equipo, los retos que nos pone esa nueva realidad y un mundo cambiante, es personas que saben trabajar en equipo, que pueden escuchar, líderes, ...eso es algo muy importante, unos chicos que pueda liderar procesos y que no les dé miedo afrontarlos y juntarse.

L2: desde el comienzo fue difícil pero ya en la tercera sesión, segunda sesión ya esos niños sabían lo que tenían que hacer ...y ver a los niños participar ...niños que no se hablaban, pero en el grupo se hablan porque tienen que solucionar algo y cuando solucionaban se daban la mano y después salían como amigos y uno decía wau;

L4: ...entonces hablamos de que la disposición del aula, por ejemplo, en las sillas, les permita a los niños tener esas interacciones sociales entre pares y a medida que se van desarrollando los procesos pedagógicos se permitan también los procesos dialógicos.

STEM MD propone la conformación de equipos con cuatro estudiantes, cada uno con tareas específicas según su rol: registrador, desarrollador, gestor y mediador, que fomenta el desarrollo tareas como registro de la información, gestión del tiempo, manejo de recursos, desarrollo de la programación, entre otras. Propiciando que se valoren los puntos de vista, formas de proceder y liderar en el equipo. Asimismo, se promueve responsabilidad en el cumplimiento de los compromisos asumidos. Sumado a esto la connotación de héroe fortalece el protagonismo, participación y comunicación de cada agente durante la solución del reto.

L2: había esa forma de decir, bueno este man es el que sabe y después, yo me hago con él. Pero usted, no se podía hacer con él, porque había un proceso de selección de grupos y sabían que no podían hacerse con el mismo y aparte cambiaba de rol, entonces tú conocías otro rol, tu no te quedaste con el mismo rol, entonces eso hace que uno genere, ese auto conocimiento, de que yo puedo potencializarme.

L2: ...si yo como registrador no tomaba los apuntes, pues el programador no tenía la forma de este, si yo como líder no coordinaba los otros, pues no podía participar, ...el eje fundamental de la guía era eso, permitir a los chicos involucrarse en un equipo, donde ellos fueran partícipes y puedan dar una solución.

Con esto, se ve que la educación que se promueve en esta propuesta busca abrir espacios de participación donde todos los integrantes se asumen como valiosos en el proceso de construcción de las soluciones y dotando al trabajo en equipo como la fuente que posibilita el alcance de las metas propuestas. De forma abierta estas declaraciones asociadas al trabajo colaborativo muestran el valor de la participación en las construcciones sociales que se orientan por resolver los retos del mundo de hoy, a reconocer y aprender de los diferentes modos en que se expresa unos con otros y en la posibilidad de asumir diferentes roles, que no tienen el interés por establecer estructuras de poder sino más bien un trato entre iguales con diversas capacidades.

L1: Él tenía [el profesor] problemas porque en su salón de clase tenía niños hijos de mineros, niños hijos de personas que habían sido desmovilizadas y niños que él sabía que pertenecían a algún grupo armado ...el profe dijo: Desde que llegó STEM eso se eliminó porque, como los roles los obligaba a unirse como equipo y la carrera del robot, entonces

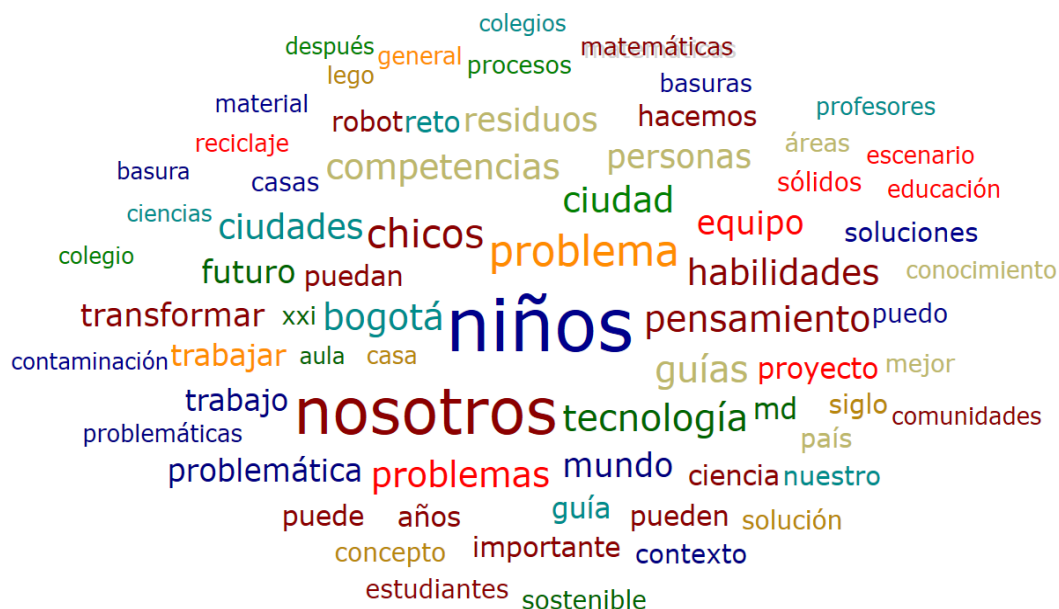
ya no importaba si en mi grupo estaba quién estaba, sino que encontraron que son compañeros.

El trabajo en equipo se nutre de una serie de características propias de la competencia colaborativa para la sostenibilidad, estas características según los líderes se ven potenciadas con las dinámicas que imponen los roles. Lo que determina una estructura establecida que da cuenta de la creación de relaciones interpersonales positivas para la convivencia de los grupos. Esto al estar relacionado en la dinámica de reto que promueve lo socio ambiental, habla de una competencia de colaboración para sostenibilidad, que se desarrolla en los estudiantes al cabo de la segunda o tercera guía de trabajo y que está propiciando un ambiente para que la diversidad de habilidades entre en juego, se comparta, se escuche y se aprenda con otros.

Derivado del análisis de las declaraciones de los líderes STEM MD Robotics, se presenta una nube de palabras que reflejan el sentido del discurso, alrededor de la conversación que se genera sobre educación para el desarrollo sostenible y la educación STEM, como se puede apreciar el centro de la propuesta está en los niños, también problemáticas que tiene una orientación para ser abordadas desde un equipo, iniciando por adquirir una serie de competencias para problemáticas como los residuos sólidos y la contaminación. En esos contextos se debe actuar desde las asignaturas como un organismo integral, que permite impulsar los estudiantes a emprender acciones transformadoras de sostenibilidad a partir de conocimientos que se presentan de manera interconectada entre disciplinas, contextos y problemáticas, promoviendo ciudadanos para una sociedad transformadora.

Figura 2.

Nube de palabras de las declaraciones de los líderes STEM. Elaborado en Atlas.ti.



Fuente propia.

Cambios estructurales que permiten prestar atención a las causas profundas de los problemas que nos han llevado como sociedad a este desequilibrio ambiental, son necesarios para analizar cómo la tecnología juega un papel fundamental en este cambio con sentido crítico, nuevos desafíos surgen en la educación y la educación STEM, así como el DS debe aumentar las acciones sobre cada una de los problemas, en contextos educativos que permitirán ciudadanos que impacten la construcción de un futuro sostenible.

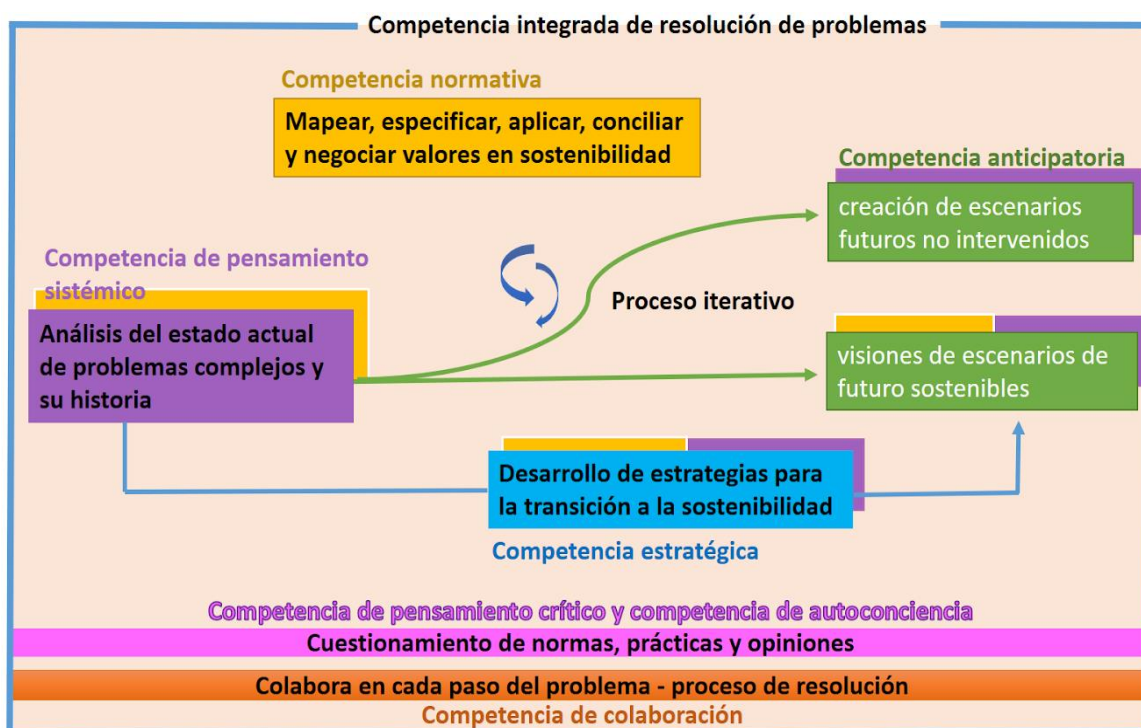
Objetivo 2. Analizar las potencialidades de STEM MD Robotics para el desarrollo de competencias para la sostenibilidad.

Para dar cuenta de este objetivo se diseñó un instrumento para el análisis de las guías STEM MD. Este instrumento, también se configura como un resultado de la presente investigación. Reconociendo que el desarrollo de las competencias se debe hacer de forma

integrada, para este análisis se adopta el marco unificador para la investigación de competencias para la sostenibilidad (MISRP) desarrollado por Wiek (2011), atendiendo las modificaciones realizadas en el estudio de Bart (2021). Se utiliza este marco debido a su versatilidad y porque permite organizar, describir e integrar las ocho competencias clave recomendadas por la UNESCO (2017), a saber: competencia de pensamiento sistémico, competencia de anticipación, competencia normativa, competencia estratégica, competencia de colaboración, competencia de pensamiento crítico, competencia de autoconciencia, competencia integrada de resolución de problemas. (Ver figura 3).

Figura 3.

Marco de investigación de la sostenibilidad y resolución de problemas



Adaptado de Wiek (2011); Barth (2021).

Este marco se estructura en siete módulos

- Análisis del estado actual de problemas complejos y su historia;
- creación de escenarios futuros no intervenidos;
- visiones de escenarios de futuro sostenibles;
- desarrollo de estrategias para la transición a la sostenibilidad y;
- Mapear, especificar, aplicar, conciliar y negociar valores, “deseos”, metas, objetivos en sostenibilidad.
- Cuestionamiento de normas, prácticas y opiniones
- Colabora en cada paso del problema

Como se muestra en el diagrama, a cada competencia le corresponde un módulo. Sin embargo, la competencia anticipatoria tiene dos: creación de escenarios futuros no intervenidos y visiones de escenarios de futuro sostenibles. A su vez, la competencia crítica y de autoconciencia se relacionan en un solo módulo: cuestionamiento de normas, prácticas y opiniones.

Para el análisis de las guías, como sugiere Kowash (2017), en su estudio a textos sobre CPS, se deben identificar aquellos módulos de los textos que relacionan asuntos de sostenibilidad y las tareas propuestas en dichos módulos que orientan el desarrollo de la competencia. Para este estudio dichos módulos se corresponden con los presentados en el MISRP.

Para el análisis de las tareas que se proponen en cada una de las guías se realizó la codificación de acuerdo con las características tomadas de los estudios de Wiek (2011), Rieckman (2021), Murga (2015), de Hann (2010) y Evans (2019) sobre CPS. Para determinar la correcta correspondencia de estas características con la tarea, se realiza consenso y validación entre los tres investigadores.

En correspondencia con el MISRP, el análisis de la competencia integrada en resolución de problemas, se hace tomando como característica relevante: la integración de las diferentes características asociadas a las demás competencias.

A su vez, se presenta un informe sobre la correspondencia de cada módulo con su respectiva CPS. Por último, el análisis de la codificación emergente arrojó una categoría inductiva, siendo denominada “competencia de detalle” y según análisis preliminares corresponde a una sub competencia de la competencia estratégica.

Ahora bien, los resultados presentados aquí corresponden al análisis de las 5 guías que aborda el desafío número 1. Los resultados obedecen a cada una de las CPS y al grado de correspondencia entre módulos y la competencia asociada.

Correspondencia entre módulos y CPS

Para este resultado se hizo la correlación entre el módulo y la competencia asociada. Se espera, que ante la presencia de un módulo (ejemplo, desarrollo de estrategias), también se presente la competencia asociada (estratégica).

Los resultados de la codificación mostraron la existencia en las guías de cada uno de los módulos y actividades asociadas con las competencias del MISRP. Lo que indica que dentro del diseño de las guías se promueve el abordaje a las competencias de forma integral. La correlación entre estos módulos y su respectiva competencia se presenta en la tabla 2.

Tabla 2*Presencia de módulos y tareas que orientan una CpS*

Módulo MISRP	Presencia del módulo Fr.	Competencia	Presencia de la “competencia” Fr.
Desarrollo de estrategias para la transición a la sostenibilidad	31%	Estratégica	6%
Análisis del estado actual de problemas complejos y su historia	27%	Pensamiento sistémico	23%
Colabora en cada paso del problema	19%	Colaborativa	28%
Creación de escenarios futuros no intervenidos	7%		
Visiones de escenarios de futuro sostenibles	6%	Anticipatoria	7%
Mapear, especificar, aplicar, conciliar y negociar valores, deseos, metas, objetivos en sostenibilidad.	4%	Normativa	9%
Cuestionamiento de normas, prácticas y opiniones	6%	Pensamiento crítico	6%
		Autoconciencia	21%

Fuente propia

Como se aprecia, en las guías prevalecen las actividades que se orientan al desarrollo de las competencias de pensamiento sistémico, de colaboración y de autoconciencia. En general, se espera que, ante una alta presencia de uno de los módulos, la promoción de la competencia asociada también lo sea y no al revés. Con esta consideración, se pueden resaltar 2 grupos para el análisis.

Grupo A. Módulos con mayor presencia que la competencia asociada. En este grupo se encuentran la competencia estratégica y pensamiento anticipatorio.

Grupo B. Competencias con mayor presencia a la del módulo asociado. En este grupo se encuentra la competencia colaborativa, normativa y de autoconciencia. Este segundo resultado indica que las actividades propuestas en las guías se orientan a desarrollar el conjunto de competencias presentado en el grupo B.

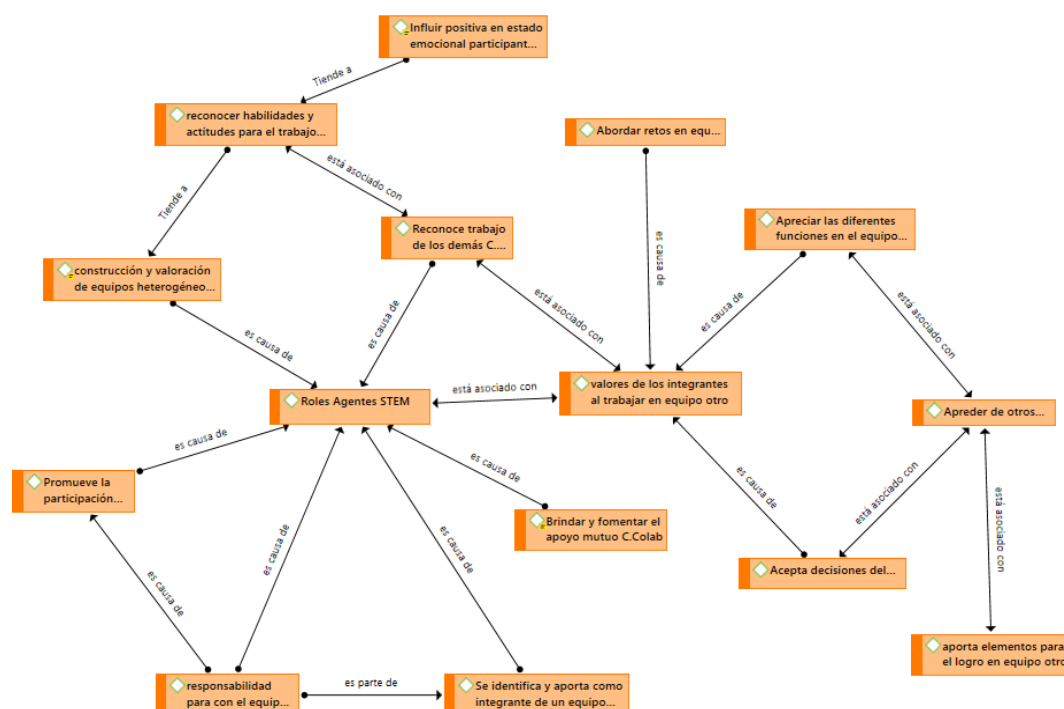
Análisis y resultados de las competencias

Los resultados para cada una de las competencias se presentan en una red generada a partir del análisis de asociación entre códigos y citas. La configuración de cada una de las redes obedece a las relaciones asociadas entre cada una de las tareas. De allí que se presenten configuraciones con elementos en red o aislados. Las redes que presentan un número mayor de nodos, son aquellas donde las actividades asociadas orientan un mayor número de características de la competencia relacionada. Este es el caso de la competencia colaborativa, sistémica y de autoconciencia (Ver apéndice 2). A su vez, como deja ver Hassloff (2016). Las redes que presentan bucles (polígonos) y un mayor número de interconexiones entre sus elementos, son configuraciones que conllevan un diseño de actividades más funcional para el desarrollo de la competencia, que aquellas donde los elementos están aislados o presentan sólo una conexión.

Con estas consideraciones, se observa que los elementos de las redes con más conexiones corresponden a la competencia colaborativa. (Ver figura 4), por lo cual se abordará el análisis de esta red. En la competencia colaborativa, se observa como los elementos se articulan en polígonos que presentan diagonales, lo cual indicaría una articulación muy funcional, donde las actividades de roles y aquellas que orientan reconocer los valores al trabajar en equipo, son los nodos de la propuesta que permiten consolidar las actividades que apuestan por el desarrollo de la competencia colaborativa. Otro de los elementos que se destaca son las actividades orientadas a reconocer el trabajo de los demás.

Figura 4.

Competencia colaborativa. Elaborado en ATLAS.ti



Fuente propia

Para la competencia integrada de resolución de problemas se encuentra cómo las diversas competencias generan conexiones entre ellas, remarcando conexiones por subgrupos de competencias como la sistémica y estratégica; anticipatoria, autoconciencia y crítica. La conexión entre estos subgrupos se da a través de la competencia anticipatoria y colaborativa.

A su vez, al relacionar cada una de las características de una competencia con su respectivo módulo se encuentra que en la mayoría de los casos hay una coocurrencia marcada entre estas, en especial en la competencia colaborativa. Se resalta la concurrencia de competencia sistémica y módulos de pensamiento de futuro, dos características de la competencia sistémica arrojan un alto porcentaje de coocurrencia 39% (establecer cadena de eventos causa efecto en problemas de sostenibilidad en especial sobre residuos sólidos) y van de la mano otra 64% (identifica elementos dentro de una constelación de problemas de sostenibilidad). Lo que indicaría como menciona Evans (2019) que estas dos competencias se complementan.

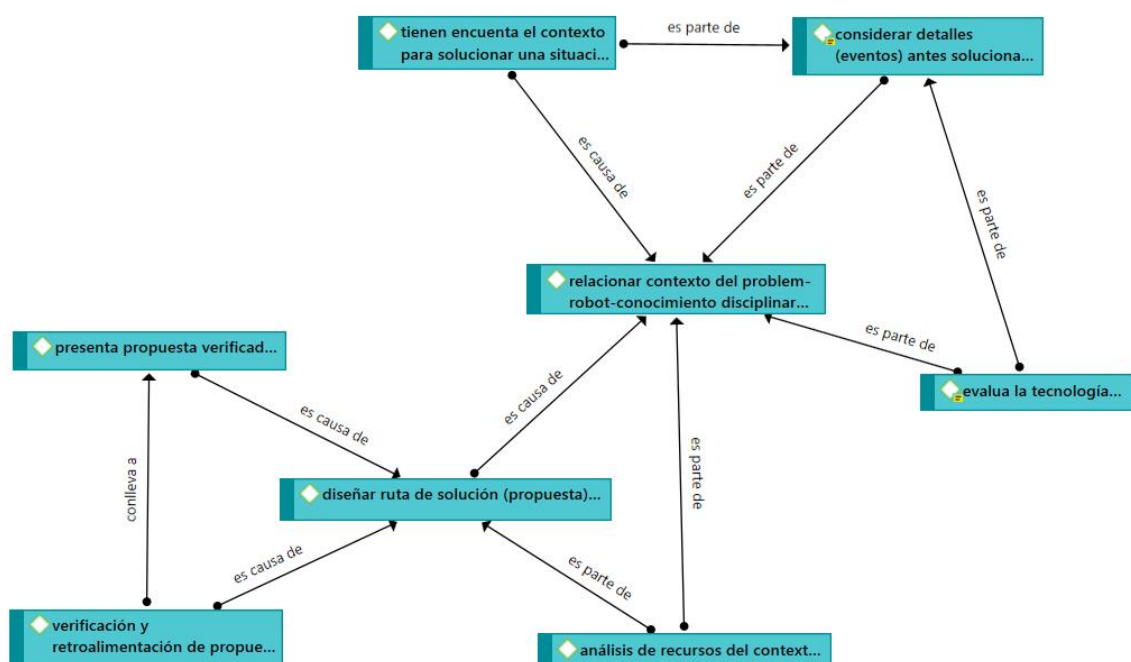
De otro lado, se resalta la poca coocurrencia entre la competencia estratégica y el módulo de desarrollo de estrategias para la sostenibilidad, al igual que la competencia anticipatoria y sus respectivos módulos, escenarios de futuros sostenible y escenarios de futuro no intervenidos, para estos dos casos la mayor coocurrencia es del 6%. Las tareas que orientan competencia anticipatoria no se vincularon al módulo respectivo sino a análisis de problemas, colaborativo y desarrollo de estrategias. La competencia de autoconciencia se relacionó con todos los módulos en especial con análisis de problemas y colaborativo. El pensamiento crítico se relacionó con todas, sobre todo con análisis de problemas y cuestionamiento de normas, mapear y negociar valores. Aunque, cabe resaltar que es una de las competencias con menor presencia dentro de las

guías (6%). Al igual que la anterior la competencia normativa se vinculó con todos los demás módulos, en especial con análisis de problemas.

Por otra parte, resultado de la codificación emergente, se induce una subcompetencia, la cual se denominó competencia de detalle, debido a que se refiere a los diversos elementos, recursos o eventos a tener en cuenta, momentos antes de implementar una estrategia puntual en la solución de un problema sobre sostenibilidad. Esta competencia, plantea la evaluación de soluciones, a partir de la conexión entre conocimiento del contexto, tecnología utilizada y conocimientos disciplinares que poseen los integrantes. (Ver figura 5). Cabe resaltar, que las tareas que se orientan hacia esta competencia de detalle se presentan en su mayoría en el momento 3 de las guías.

Figura 5.

Competencia de detalle. Elaborado en ATLAS.ti



Fuente propia

Del análisis a lo que aporta la dinámica STEM MD Robotics a las competencias y la intención de acción de la EDS: se encuentra que busca orientar para que las soluciones lleguen a una competencia de detalle en la cual se establecen elementos puntuales que permitirán concretar las soluciones. De allí, que se aborden actividades como saber sobre las medidas de un recinto, rotaciones que realiza una rueda, espacios que se van a utilizar, cantidad de recursos, el tipo de tecnología, el número de personas que van a trabajar, costos específicos, entre otros que darán cuenta en detalle del gasto en la implementación de una solución.

Objetivo 3. Reconocer las narrativas de los estudiantes que dan cuenta del desarrollo de competencias para la sostenibilidad.

A partir del ejercicio de reflexión desarrollado en los grupos focales sobre los hallazgos alcanzados con el desarrollo del ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics, se encuentra que los estudiantes expresan características asociadas a las CPS, en especial enmarcan sus aprendizajes con relación al trabajo en equipo, que a su vez es un componente determinante sobre el cual se realiza el análisis de este capítulo.

Los estudiantes después de recordar los aprendizajes logrados con el ambiente STEM MD, mencionan a STEM MD como ese espacio donde se conectan diversos saberes, se plantean relaciones entre diversos elementos de un contexto. Destacan que se logra un conocimiento multidisciplinar encaminado a solucionar problemáticas del mundo real, en especial problemas socio ambientales, como el calentamiento climático o el tema de basuras, este último es el más remarcado.

F1:53 STEM es la aplicación de... pues de todas estas materias que dicen pues las siglas y todo esto, en nuestra vida cotidiana y para hacer un cambio general o sea,

medioambiental o tecnológico o científico o para algún tipo más, o sea, del proyecto cosas a futuro y pues a la, en la aplicación de estos conocimientos en nuestros problemas cotidianos, a los problemas reales, por decirlo así, en las vidas de las personas, generar un cambio muy significativo ... ser conscientes de la problemática que tenemos en todo el mundo, que ya sabemos que es el calentamiento global, que las personas se ... no reciclan

F3:51 no sólo habla del medio ambiente, sino que también utiliza la tecnología, utiliza las matemáticas

Se hace notar la motivación para aportar a la situación medio ambiental que nos aqueja. Asimismo, comentan dos maneras de solucionar estos problemas. La primera, es promover el cambio de pensamiento en las personas para que estas se pongan en acción, sean solidarios, se comprometan o se concienticen. Por otra parte, están las opiniones de quienes creen que la tecnología será la que provea las soluciones en un futuro.

F1:53 tendríamos que pensar en hacer un cambio de pensamiento a las demás personas, porque pues por decir, yo entiendo que hay un problema en el mundo, pero pues no hago nada por él.

F2:5 deberías aplicarlo a ti mismo, decir bueno, tengo que aprender a ser un poquito más ciudadano, un poco más humano y decir bueno voy a recoger mi papel y lo voy a botar en alguna basura, sí, por lo menos, que sea la incorrecta, pero por lo menos lo aplique

F1:14 unos arquitectos, estaban trabajando con la parte tecnológica y medio ambiental, en la que, en un futuro, están haciendo como un proyecto en el que un barrio, van a tomarlo desde una perspectiva como desde un barrio pequeño, ya las casas y todo esto van a estar eh... juntos, de la mano con el medio ambiente

Al considerar estas soluciones es usual que los estudiantes se imaginen un escenario de futuro y describan las características que contienen y luego evalúe. Es de resaltar como algunos estudiantes en esa valoración de escenarios expresan temores, lo que indica que se conectan con esas posibles realidades no sólo con el pensamiento sino también con las emociones.

F1:12 porque van a ser como tipo... o sea, no como las ciudades que decían que con carros que volaban y cosas así, no, sino que va a ir todo junto, de la mano con el medio ambiente y de que prácticamente los edificios iban a tener mucho verde o sea todo iba a ser mucho verde, las ciudades iban a ser verdes, entonces pues ahí, si se hace eso de la mano.

F2:7 sí, sabemos a dónde vamos a llegar ya, en el punto en que estamos, sabemos a dónde vamos a llegar y por lo que vamos a tener que pasar, entonces muchas personas creen que no tiene sentido hacer algo por eso, y no debería de ser así, porque pues sea como sea, de todas maneras, al hacer algo, no solo por el planeta en sí, sino lo haces por ti, por lo que tú eres como persona.

F3:76 digamos uno de mis miedos más grandes, es que se mueran las abejitas, porque las abejitas nos dan la vida, en general, entonces si no cuidamos a las abejas, pues nos podemos morir porque ellas también hacen parte de la polinización entonces más que todo es cierto que si no cuidamos y no hacemos mal, entre más daño hagamos al planeta más daño nos hacemos a nosotros.

Se puede apreciar que en algunas narraciones se explican con más detalles y más aún que se establece una correspondencia entre el presente y un posible futuro, lo que da cuenta de la riqueza en la constelación de problemas que se maneja. Por otro lado, se muestran escenarios positivos, a la par de escenarios con una mirada desesperanzadora, la presencia de ambos

escenarios es necesaria en el ejercicio de desarrollar la competencia de anticipación. También entra en juego el pensamiento de autoconciencia, al presentarse una reflexión sobre el porqué se tiene que continuar la senda de escenarios insostenibles cuando se sabe que las especies están siendo afectadas.

F3:122: (...) de por sí la ciudad de Bogotá ya es demasiado sucia, si no hacemos algo para mejorarlo, estaríamos caminando entre basura todo el tiempo, ni siquiera podríamos respirar bien con tapabocas o sin él. El aire sería gris, negro y las ciudades costeras, los países en las costas o islas se inundarían por completo al derretirse los polos. Y sin hablar del del daño que le estaríamos haciendo a la naturaleza, como los animales silvestres y así.

FY:73: (...) al final ya no va a quedar nada para nadie, no no es que no va a quedar vida, aunque en general, todos los sistemas se reconstruirían si nosotros no existiéramos, si dejáramos de existir ellos podrían volver a renacer, pero en vez de eso, podríamos simplemente mejorar y intentar ayudarlos en equidad para que cada uno ehh pueda ayudarse, ¿si? los animales no nos van a decir que se están muriendo, pero están muriendo y están están acabándose, su forma más evidente es yendo a nuestras zonas, yendo a nuestras costas, muchas muchos animales nos están dando la la prueba de que ellos están sufriendo y no estamos haciendo nada, entonces como que en general, sí ya esas representaciones están viéndose, cómo será si no hacemos nada.

Las narraciones también muestran cómo cuestionan el modelo de vida del ser humano y la inacción que se presenta a nivel global. Sumado a esto, reconocen que el trabajo realizado en STEM MD ha servido para analizar estas cuestiones.

FY3:65: yo me acuerdo que teníamos que dar una idea sobre algún medio ambiente, yo recuerdo que en algún punto yo di la idea... a no creo que era como algo para mejorar el crimen o algo así sí, entonces como que a raíz de ... Ah no mentira, ya me acorde, el problema eran como problemas de Bogotá y una de mis propuestas era como eh que se pudieran ayudar a los perritos de la calle, para eh disminuir la cantidad de animales que están en la calle y así muchas basuras y eh como bolsas y contenedores no fue, no serían como dañados por animalitos que están buscando comida, entonces como que un problema ayudaba al otro y al otro. Entonces, si eso es lo que digo como una hipótesis, si algo así o sea como que un problema más o menos lo desarrollamos y dimos con la solución.

Como se puede apreciar las narraciones presentan elementos con los cuales se manifiesta características asociadas el desarrollo de las CPS, y su directa relación con la educación STEM MD. Ahora bien, del análisis a estas narrativas se encuentra, que aquellas que hacen referencia a la competencia colaborativa, no solo exhiben características de esta competencia, sino que además dejan ver pasos que fueron construyendo los estudiantes durante el desarrollo la competencia, los cuales se presentan a continuación.

Aprendiendo a trabajar en equipo: voces de los estudiantes.

Para los estudiantes, el hecho de aprender a trabajar en equipo fue el aspecto más importante de lo aprendido en STEM MD. En el desarrollo de este aprendizaje algunos destacan que esto se dio porque evidencian cambios en su comportamiento, en sus posturas de querer hacer las actividades en grupo y, no tanto de forma individual como lo solían hacer. Además, al

trabajar en grupo, las actividades de clase ya no se hacen solo por una nota: hay una motivación extra, el sentimiento sentirse incluido y hacer que los demás se sientan igual; el hecho de pertenecer a un grupo y; la sensación de sentir que son importantes. Los estudiantes reconocen la necesidad de aprender a trabajar en equipo porque es algo que no surge espontáneamente, surge de las interrelaciones humanas y suele tornarse complicado. Es un proceso en el cual se avanza con el tiempo, permitiendo evidenciar cambios de los cuáles son conscientes al desarrollar esta competencia:

FW1:9: creo que lo que más aprendimos fue a trabajar en grupo porque es una de las mayores dificultades.

FK2:68: yo era antes alguien muy cerrado, por decirlo así. Yo no era, ay yo no trabajo con usted, porque no me gusta, no voy a trabajar, prefiero trabajar solo y hacerlo todo solo. Que a mi cargo quede -mmm- nada. Pero en STEM ya era como trabajo en equipo para sacar una nota y no para sacar solo una nota, sino como para decir, no pues hagamos esto, hagamos esto; -eh- ayudémonos, compartamos información y era como acogedor. Por decirlo así: tener un grupo de trabajo, era bonito de vez en cuando. Pues decir: pues me siento como: incluido en el trabajo y pues, que las demás personas se sintieran así. Entonces yo creo que, dentro de lo que aprendí en STEM, fundamentalmente fue ese cuento del trabajo en equipo y el compañerismo.

F4:27: Al comienzo cuando nos tocaba hacer esto, había muchos problemas porque tú nos asignabas los grupos, entonces habían problemas porque éste me caía mal (...) Pero luego ya fue pasando el tiempo de hacer esto y así nos tocará con cualquiera, pues cada uno se dividía el trabajo para eso y ya todo salía bien.

F2:74: Fue duro en momentos cuando tocaba compartir en equipo, porque como no nos poníamos de acuerdo, pues se ha complicado. Pero también, viéndole el lado positivo, aprendí a conocer más a algunos del curso, un ejemplo, conocí a W a N y cuando estábamos en presencial yo (...) ay, ese niño ¿qué es? ¿Él es de este curso? Ja, ja. Y, pues gracias a la virtualidad y a STEM, pues empezamos a hacer grupitos y así, y después nos volvimos panas (empuña su mano y la mueve hacía el corazón) y así. Fue chévere. Buenas experiencias.

El desarrollo de este aprendizaje, como lo expresan los estudiantes, no fue fácil. Esto requiere superar prejuicios; conocer a sus compañeros de curso, a los que antes, no percibía que estaban allí. Pasar a las dinámicas de clase virtuales no fue un impedimento para seguir desarrollando relaciones interpersonales pues se logran construir lazos de amistad que ellos exaltan. Elementos como promover la rotación de integrantes en la conformación de grupos resultan ser esenciales para potenciar este aprendizaje, en la medida que los estudiantes llegan a darse cuenta que puede contar con la ayuda de cualquier compañero para hacer actividades de diferente índole. Con este panorama se puede decir que los estudiantes conciben el trabajo en equipo como aquel donde todos pueden aportar y son bienvenidos.

F4:46: Uno siempre necesita la ayuda de alguien a pesar de que uno sepa, también necesita eso (...).

FN2:20: Pues, para mí, pues -eh-, una cosa pues que yo tenía mi grupo ya como hecho entonces todas las clases nos hacíamos casi como iguales. Pues, lo que más me gustó, pues de las reuniones de STEM, es que el profesor como que nos ponía otros integrantes, para saber cómo ellos (...) porque nosotros la teníamos como un poquito más clara, entonces ya con ellos nos podríamos ayudar a (...). O sea, al punto que quiero llegar, es el

compañerismo que teníamos en cada sesión, en cada sesión con los trabajos que nos ponía el profesor, fuera con lo de las basuras o lo de mover el robot o que cada uno se encarga de los pseudo - códigos o de diferentes cosas que hay.

A medida que se realizan las diferentes actividades de la clase, los estudiantes encuentran que el compañerismo va adquiriendo mayor valor. Asimismo, ellos reconocen que no es fácil lograr la armonía en el trabajo en equipo, ya que en el proceso hay conflictos. Por ejemplo, se tiene que lidiar con integrantes que aportan mucho o poco, pero consideran que al final vale la pena. Esto permite apreciar la capacidad que tienen de comprenderse mutuamente y responder a las necesidades de sus compañeros y, de la misma forma, estas características dan cuenta de una competencia colaborativa para la sostenibilidad en acción.

A este proceso de aprendizaje se suma otro componente como la solidaridad del equipo. Esta última se manifiesta al dejar ver que los estudiantes están listos para brindar apoyo debido a que están pendientes de los avances y comprensiones de los demás y, de forma recíproca, ellos sienten ese respaldo en el desarrollo de las actividades. Por otra parte, encuentran el trabajo en grupo como una actividad que les permite equilibrar esfuerzos, aunque no todos tengan el mismo rol. Reconocen que siempre hay alguien que asume el papel de líder que sea comprometido y aporte a la par con los otros integrantes.

F1:30: Pues de eso trata el trabajo grupal, sí. Si estamos entre todos, trabajemos en equipo; si alguno se quedó o alguno no entendió o necesitan ayuda pues, apoyarnos.

F1:27: Sí estoy de acuerdo, digamos lo que dice O. Eh, si uno tenía mucha dificultad con sus roles el otro lo acompañaba. Digamos, T a mí me ayudó mucho (...) entonces es bueno también tener roles porque se organizan las cosas y no queda muy recargado.

FW3:58: Pues ahí, uno aprende del trabajo en equipo lo que sería el liderazgo, no como el jefe. O sea, y también nos enseñó qué es jefe y qué es líder. Ahí entonces, uno va tomando el cargo de líder, como digamos, el líder tiene que apoyar a todos sus compañeros; todo eso y no como el jefe, que nada más el jefe se queda mirando y estar pendiente que ellos hagan y no hacen. Eso fue también una cosa que también aprendí ahí.

FF2:27: Respecto a lo de los compañeros, no me gustaba tanto hacerme con gente de otro curso que no conociera, porque en muchos casos ellos no... como que no iban al ritmo del uno y había veces, o momentos en los que no hacían nada y era incómodo, porque uno tenía que tener más autoridad hacia ellos. O, a veces, uno tenía que terminar haciéndolo todo. Entonces, pues era complicado; pero era, fueron buenos momentos.

FF2:71: Siento que las cosas en equipo van mejor. O sea, uno está como más rápido; eh, le quedan mejor a uno las cosas.

FJ2:72: O sea, si fue importante el trabajo en equipo, porque si una persona no sabía algo, pues posiblemente otro compañero si lo sabía; lo podía hacer. Entonces, que entre todos nos complementábamos y pues se hacía como que mejor las cosas, por decirse así y, pues, ya.

La comunicación es parte fundamental en el proceso del trabajo en equipo: saber expresarse para que todos puedan aportar y permitir el desarrollo de los ejercicios; también sirve para saber qué se quiere hacer, para saber con qué recursos se cuenta y, cómo organizarse para lo que se quiere hacer.

F1:21: Profe, saberse expresar, y lo que dice T: trabajar en grupo. Porque si uno no trabaja en grupo, no: las cosas no van a funcionar. Entonces, eso fue lo que más aprendí.

FE4:28: Era más como la comunicación que uno tenía que saber llevar con su equipo para lograr eso que todos queríamos; eso que nos reunía y teníamos en común.

El desarrollo de la misión durante el reto presenta para algunos estudiantes un matiz de competencia con el otro y también, de trabajo en equipo, de aporte para que el equipo, por ejemplo, logre desplazar el robot hacía el objetivo y llegue al cumplimiento de la misión. Además, conecta con emociones que sienten y expresan en ese momento: la alegría y la ansiedad.

Los estudiantes reconocen que, durante esta dinámica de competir para ser el primero en lograr la misión, podría pensarse que el ganador es un rival, pero que con las dinámicas de STEM MD sucede lo contrario: los “ganadores” son considerados como aquellas personas que van y ayudan a los demás grupos. Aunque, a la hora de solucionar la misión, se genera un afán por ser el primero en cumplir con el objetivo. A esto le sigue un momento -no explícito en las guías o en alguna orientación de los líderes-, que se configura de forma natural en los grupos, el cual podría denominarse “misión ayuda”, en la que los equipos más adelantados colaboran a los demás equipos a cumplir la misión.

E:23: Y no sólo eso, porque una vez recuerdo que el otro grupo de sexto nos ganó a nosotros y, nosotros en vez de tomarlo como una ofensa y decir: “Ay¡ perdimos, los odio” Ellos nos explicaron cómo era y en qué nos habíamos equivocado. Porque recuerdo que no había volteado bien el robot y ellos nos ayudaron, entraron a nuestro salón y nos ayudaron a programarlo mejor.

F1:7: Bueno, siento que esto también, en parte, nos educó un poquito. Sí, nos ayudó a ser un poquito más productivos y también siento que hubo competencia porque éramos diferentes grupos.

Las emociones en el instante de haber cumplido la misión parecen animar a que los demás ayuden a otros a que sientan esa satisfacción. Se destaca el mencionar situaciones en las que acuden a ayudarlos de forma desinteresada, aunque no los conozcan. Un elemento relevante para que se logre este aprendizaje del trabajar en equipo, lo conforma la asignación de roles. Estos roles, según ellos, les ha permitido establecer responsabilidades para que funcione el equipo porque permite el trabajo organizado y estratégico; que cada uno atienda un conjunto de tareas, pero a su vez esté pendiente de todo el proceso; donde el trabajo en equipo es más que la suma de las partes. Para que esto se genere, se considera que las responsabilidades de cada rol deben estar bien definidas, aunque en la guía haya una serie de instrucciones al respecto. Los estudiantes las entienden como un linde, no como un límite que no se puede sobrepasar; por el contrario, son asignaciones que dadas las condiciones se pueden ajustar o compartir.

Otro aspecto relevante es que cada rol cobra un papel protagónico en diferentes momentos dentro del proceso y van cediendo el protagonismo. Se piensa cómo será el trabajo en equipo en entornos laborales y cuáles son esos recursos que necesitan para llevarlos a buen cauce, entre los que incluyen/destacan solucionar conflictos en el equipo.

E:38: Sí porque ponía un orden; no todos íbamos a hacer lo mismo como coger el computador o regular el tiempo o armar el robot (...). ¡No! sino que ya cada uno tenía su orden y de todas maneras se ayudaba demasiado y se trabajaba mucho por ese objetivo.

F1:24: Pues es más fácil, por decirlo así, que cada quien adquiere un rol y se concentre mucho en ese papel, pero, pues, que también todos se ayuden como equipo. Si tú eras la desarrolladora, pues tú te encargas de ciertas cosas y entonces, pues será más fácil manejar todo como en equipo y todo con un sistema (...) para no desorganizarse, por decir así; entonces siento que sí ayuda mucho.

F1:31: También me parece que tener un rol es algo muy importante, pues por lo que dice L, para que digamos, bueno (...) un rol y comunicación ya que pues, si digamos, yo no tengo un rol y no tengo comunicación con mis compañeros, puede que ellos estén haciendo la misma cosa que yo o lo estén haciendo de manera diferente y pues, es algo muy importante para que no pase eso, cada uno aportar (...) digamos que su granito de arena hasta así llegar a algo concreto.

F2:86: (...) los diferentes personajes cumplían sus roles dentro del grupo. O sea, cada uno tenía que hacer un trabajo. Ninguno se quedaba quieto, hasta el, digamos el temporizador, -el que tenía que ver en tiempo-. Él no se podía quedar quieto porque tenía que estar atento de los tiempos y decir, “bueno, esta actividad se acaba a tal hora” y se acaba e iniciamos otra o ya acabábamos y vamos para la clase, así.

F1:25: Pues mira que a pesar de que cada uno tenía su rol, nos ayudamos en nuestros roles y digamos si (...) a uno le tocaba ser desarrollador y al otro gestionar y si, nos ayudamos entre nosotros; si a pesar de que cada uno le correspondía su rol y tenía que desarrollar en la actividad o bueno, analizar el problema -lo que tuviéramos que hacer siempre-, ayudábamos en nuestros roles y trabajábamos en equipo. Entonces sí, siento que tener un rol en un proyecto es fundamental.

F2:78: Ya que los van a poner en diferentes trabajos y tienen que trabajar sí o sí. Si no trabajan juntos, pues obviamente van sacar una mala nota, pero así trabajen juntos tienen que, tienen que llevarse bien: buscar información; hablar por privado. O sea, digamos, con una gente, con una persona que nunca había hablado todo el año y le toque hacer un trabajo. Pues ahí le va a tocar; pedir un contacto más privado para hablar, solucionar los trabajos, solucionar las dudas; o sea.

Valorar la diferencia de opinión

Los estudiantes manifiestan que un logro significativo que perciben es el poder aprender de otros, haciendo énfasis en el respeto a los diferentes puntos de vista. Esto se alcanza después de compartir con los demás y hacer un proceso de reflexión. Se puede considerar que lo expresado corresponde a una característica de mayor nivel, que pasa por reconocer al compañero, identificar las diferentes habilidades, escuchar y valorar el aporte a lo largo de las sesiones. Además, reconocen un fenómeno al que no logran darle nombre y que se presenta cuando se contradicen o se toman distintas opiniones: es un resultado de haber fortalecido otras habilidades en STEM como el respeto y la tolerancia. Ese componente al que en adelante se llamará ‘valorar la diferencia de opiniones’, resulta ser un componente importante, difícil de lograr porque implica que todos reconozcan y valoren el pensar distinto, donde todos ceden, superan el conflicto y van a la esencia de las ideas.

FP1:7: Siento que hubieron varias ideas que como (...) contradecirse, algo así, que también había como un enfoque y bueno también hablamos de diferentes actividades y habilidades y siento que eso es muy importante, sí, porque gracias a STEM adquirimos varias habilidades. Siento que trabajar en grupo es algo complicado para todos porque lo que decía y, no todos pensamos igual, y siempre habrá una persona como T, que piensa diferente. Él siempre tiene una opinión diferente a cualquier tema, entonces, siento que eso es importante.

FJE1:4: Sí, todo es (...) aprender a (...) como a tomar no sé si decisiones, sino distintas opiniones con respecto a un tema que estemos viendo y eso, y a respetar también la opinión de los demás porque cada quien tiene una forma muy distinta de pensar.

F1:19: Yo, recalco otra vez lo de trabajar en grupo, ya que pues (...) generalmente, mis pensamientos son muy distintos a la de (...) a los de mis compañeras. Entonces, pues sí, aprendí bastante; a digamos que tolerarlos más y a comprenderlos un poquito más también.

F1:14: (...) También lo mismo y en general, cuando hacemos actividades en grupo, en los que todos en general teníamos que participar, eran muy dinámicas, porque entre todos, pues, entendíamos las distintas opiniones que cada uno tenía y empezamos a charlar sobre eso y no discutir; si no pues, a platicar sobre todo, pues todo lo que cada uno tenía que opinar y me parecía muy chévere porque pues algunos a veces salen con -por lo menos-, con unas ideas que uno dice “¡uish!” pero pues muy chévere que piensen así. A mí no se me hubieran ocurrido cosas así, en general ese tipo de actividades.

F1:3: Compartimos mucho en el sentido de que aprendimos a trabajar en grupo. ¿No?, eso es muy importante y aprendimos a tomar diferentes ideas de todos y tener un pensamiento crítico ante cualquier idea de cualquier compañero.

FY3:61: O sea, que cada vez que adquiríamos información, siento que no solo la persona que la desarrollaba, se la quedaba; sino que en el momento que cada uno quería dar su opinión yo, que aprendimos algo del otro. Por más que uno tenía que hacer un trabajo, un rol, yo siento que sí pudimos aprender en general cuando el otro da una opinión distinta; porque tú aprendes de alguien, de algo distinto que ya no ves, porque digamos, tú puedes desarrollar una idea que ya tienes. Pero si alguien más, pues, te muestra otro punto distinto, adquieres por más que no sea tu punto, un punto distinto. Entonces, pues no es que a veces siempre estemos como en discusión y que no tengamos la razón; sino que a veces, podíamos cómo dar ideas y en general, de eso salía como una idea en resultado.

No todo el mundo se desenvolvía igual: si aprendimos un poco de cómo pensaba el otro - y como un punto distinto-, que alguien más puede tener. Entonces como que sí siento que aprendemos. También, por más que tengamos que investigar, a veces solos, también aprendemos de los otros al momento de dar opiniones.

FL3:62: Yo también creo lo mismo. Porque digamos, uno puede aprender de la otra persona, saber cómo piensa y en algunas ocasiones pues es diferente a lo que uno piensa. ¿Sí? Entonces, pues ahí. Y otros puntos de vista que le ayudan.

FJA3:63: Como que todo lo que teníamos que hacer entre todos, al final siempre, eh, había un solo resultado. Ah, entonces todo eso se unía y todos los conocimientos se unían y llegábamos hasta un punto final; que todos habíamos aprendido de una forma diversa y de mí también aprendieron los demás.

Los distintos registros indican que ‘valorar la diferencia de opiniones’ permite cambiar las ideas: aprender un poco del cómo piensa el otro, valorar el conocimiento que tiene el otro como cuando valoramos la información que nos presenta una consulta o una investigación. Es desarrollar el pensamiento crítico, bajar la guardia y reconocer que hay cosas que no se sabe. Indican también, que al final todo se hace entre todos: en STEM todos los conocimientos se unían, se terminaban todas las actividades, pero todos terminan aprendiendo de forma diversa.

¿Cómo se logró el desarrollo de competencias desde la virtualidad?

A través de un trabajo pro ambiental en paralelo a la instrucción dada por STEM MD Robotics al involucrar estudiantes desde el inicio de la práctica pedagógica con un rol de agente activo y comprometido, mediante una narrativa que los lleva a ser parte de la solución para el mejoramiento de las condiciones medioambientales. Se desarrollan competencias en la medida

que el estudiante es consciente de las habilidades que adquiere y le permiten alcanzar un objetivo propuesto orientado a la sostenibilidad.

Por ejemplo, para el caso de la competencia colaborativa, los estudiantes reconocen que la dinámica del trabajo en grupo se privilegia y resulta vital para abordar las misiones sobre manejo de residuos sólidos. Esta situación corresponde con lo expuesto en Chambers (2019), quien indica que los estudiantes reconocen en sus declaraciones que en su proceso de formación en el aula se privilegió desarrollar habilidades de la competencia sistémica y estratégica, lo que facilitó diseñar con detalle propuestas de sostenibilidad destacadas en sus territorios con un reto final, un proyecto, una intención sostenible que lleva a la acción.

Proponer una estructura que promueva el cuidado medio ambiental, direccionó a los participantes del estudio a la reflexión en torno a sus comportamientos diarios, sumado a esto, las actividades los orientó a compartir y valorar las ideas de sus compañeros. También la práctica docente animó a reconocer las carencias del otro y fomentar el apoyo para que éstas sean superadas. Lo anterior, se logra vinculando elementos de compromiso y motivación, como los roles de agentes STEM que desempeñaban dentro de sus equipos de trabajo, con el manejo del robot, con la presentación de frases o vídeos que los alentaban a mejorar sus acciones y finalmente el cumplimiento de una misión.

Dificultades de la investigación

Los estudiantes en la virtualidad reconocen las dificultades que se presentan en cada uno de sus hogares, pues algunos expresan no tener dispositivos electrónicos o servicio de internet, lo cual complejiza el acompañamiento docente y a su vez enriquece el trabajo en grupo, pues los estudiantes aprenden a manejar recursos y establecer estrategias que nutren su proceso. Así

mismo, en las sesiones virtuales disminuyó la participación de los estudiantes, debido a que para todos fue un reto la nueva modalidad que nos impuso la pandemia Covid 19.

La posibilidad de continuar educando durante la pandemia a través de ambientes virtuales, constituyen un reto que aceleró la adaptación a este tipo de enseñanza, trayendo consigo que se volcaran todos los contenidos académicos a esta forma de comunicación. En este contexto los estudiantes necesitaron que las instituciones replantearan la duración e intensidad de estos encuentros virtuales. Para el desarrollo de la investigación esta situación trajo nuevos retos en la búsqueda de permitir las condiciones necesarias para el desarrollo de competencias, pues como lo indica Maldonado (2007) la importancia de facilitar que:

el desarrollo de habilidades sociales y la concientización de los procesos conversacionales, se hace indispensable, tanto para los docentes como para los estudiantes, comprender que la actividad colaborativa sólo se logrará cuando es asumida conscientemente por los actores como un discurso, generado en la interrelación. (p. 15)

Ideación creativa grupo experimental

Durante el análisis y la reflexión en el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics, se identificó un potencial en la motivación de los estudiantes para querer actuar en temas socio ambientales en su comunidad, pero persiste un vacío similar a lo que manifiesta Smith (2018) ,quien indica que STEM se queda en el inicio de lo que podría ser un gran logro para la EDS debido a que solo motiva y no ejecuta la acción en la comunidad. Situación que dio lugar a generar en un grupo de estudiantes, la posibilidad de ejecutar una acción a partir de sus motivaciones y avances en la implementación del ambiente de aprendizaje, una oportunidad para

pensar cómo ayudar a su comunidad. Para esto, los docentes investigadores diseñan un ejercicio de ideación creativa y pensamiento de diseño que permita a los estudiantes analizar los contextos y presentar propuestas en la solución o mitigación de necesidades reales.

Figura 6.

Ideación creativa – grupo experimental



Trabajo en Jamboard en la sesión de ideación creativa por los estudiantes. Fuente propia

Los estudiantes identifican situaciones en las que se pueden generar propuestas en la solución de problemas socio ambientales, que no siempre pasan por el recurso o manifestación tecnológica, aunque les queda la duda si ésta característica es propia de los ambientes STEM. El resultado es un equipo de estudiantes que se autodenominó “STEM Villemar”, quienes idearon un proyecto en el cual se aceptarán diferentes ejercicios donde todos se caracterizarán por aportar en la transformación positiva del entorno. Para materializar este ejercicio buscan visualizar las

propuestas a través de una página web denominada “Andando por el planeta” que en un formato de galería exponen los resultados de varias de las iniciativas validadas en el ejercicio.

Recomendaciones para STEM

La educación STEM tiene la capacidad para generar ideas que impactan positivamente las comunidades, sin embargo, se debe abrir el espacio y las condiciones para que los mismos estudiantes puedan proponer soluciones a las problemáticas locales, estructuradas desde las dimensiones de la sostenibilidad. Este tipo de experiencias cobran mayor significado cuando los estudiantes tienen la oportunidad de diseñar sus propios escenarios de futuro, visualizar apuestas en sostenibilidad, además de tener la posibilidad de socializar o analizar sus posibilidades de éxito.

También se debe impulsar a que los estudiantes identifiquen y evalúen las consecuencias en el uso de la tecnología para la solución de problemas socio ambientales. Además, promover espacios de reflexión respecto a las implicaciones de la tecnología durante todas sus etapas de desarrollo: diseño, fabricación, transporte, consumo y finalización de su vida útil, entre otras.

El orientador de estos ambientes de aprendizaje debe cuidar los lazos de amistad generados en las actividades grupales para que así perduren y sean valoradas, fortalecidas y reconocidas como un elemento importante en las nuevas formas de enseñanza aprendizaje. Y por último, se debe integrar los anteriores conceptos a los procesos de capacitación docente que se implementan en el impulso de las metodologías STEM.

Conclusiones

Una competencia clave para la sostenibilidad, es aquella que se construye en la medida que aparece poco a poco, habilidades con las cuales se forja la conciencia, aumenta las motivaciones, se ejecutan acciones responsables que tienden a ser sostenibles, se empieza a influenciar a otros actores, se crea iniciativas y un deseo por liderar causas socio ambientales en su entorno más cercano. Todas estas particularidades del proceso, son posibles apreciarlas debido a que el ambiente de aprendizaje STEM MD permite el desarrollo de la competencia colaborativa y establece unas pautas para que los integrantes sean conscientes del proceso.

Algunos elementos que se puede integrar a la educación STEM para permitir el desarrollo de competencias para la sostenibilidad son: el trabajo sobre problemáticas que integren de forma indivisa aspectos ambientales, sociales y económicos, permitir al estudiante crear estrategias para hacer frente a situaciones de insostenibilidad y acompañarlo en el proceso de implementación de dichas estrategias; abordar de forma transversal elementos motivacionales en la práctica educativa.

A partir de las voces de los estudiantes, uno de los elementos emergentes es la posibilidad que brindan los escenarios de futuro en el cuestionamiento del uso de la tecnología, lo cual amplía la posibilidad de relacionar sus saberes, sus intereses con la forma de entender el mundo y esto incide en la disposición para que el trabajo en equipo se reconozcan sus diversidades, las diferentes actuaciones, se tributa el desarrollo de competencias no sólo individuales sino colectivas, dando alcance a la configuración de sujetos críticos, que piensa la ciudadanía de una manera distinta.

El papel del docente dentro de estas dinámicas de la educación STEM es vital, pues de él dependerá el abordaje de las problemáticas que se trabajen en clase y a su vez del énfasis que se

quiere dar a la tecnología. La conexión entre educación STEM y EDS será cada vez más fuerte en la medida que las prácticas en la educación STEM aborden el desarrollo de competencias para la sostenibilidad y la EDS se preocupe por la alfabetización tecnológica que requieren los ciudadanos de la sostenibilidad.

Referencias

- Barth, M. & Timm, J. (2021). Making education for sustainable development happen in elementary schools: the role of teachers. *Environmental Education Research*.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1813256>
- Berglund, T., Gericke, N. & Chang Rundgren, S.-N. (2014). The implementation of education for sustainable development in Sweden: investigating the sustainability consciousness among upper secondary students. *Research in Science and Technological Education*, 32(3), 318-339. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.944493>
- Berglund, T. & Gericke, N. (2016). Separated and integrated perspectives on environmental, economic, and social dimensions – an investigation of student views on sustainable development. *Environmental Education Research*, 22(8), 1115-1138.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1063589>
- Blanco A., Sein-Echaluce, M. y García-Peñalvo, F. (2017). *Aprendizaje Basado en Retos en una asignatura académica universitaria*. Revista iberoamericana de Informática educativa, enero-junio 2017.
https://www.researchgate.net/publication/317290203_Aprendizaje_Basado_en_Retos_en_una_asignatura_academica_universitaria.
- Boeve-de Pauw, J.; Gericke, N.; Olsson, D.; Berglund, T. (2015). *The Effectiveness of Education for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.3390/su71115693>
- Bögeholz, S.; Barkmann, J.; Eggert, S. & Böhm, M. (2016). Evaluating Sustainable Development solutions quantitatively: Competence modelling for GCE and ESD. *Citizenship, Social and Economics Education*, 15(3), 190–211.
<https://doi.org/10.1177%2F2047173417695274>

- Botero, J. (Prólogo de Sneider, C.). (2018). *STEM introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Agencia ISBN cámara del libro.
- Bybee, R. (2010). *What is STEM education?*. *Revista Science*, 329 (5), 995 - 996.
<https://doi.org/10.1126/science.1194998>
- Bybee, R. (2013). *The case for STEM: education challenges and opportunities*. National Science Teachers Association press.
- Cebrián, G., Junyent, M., y Mulà, I. (2020). *Competencies in Education for Sustainable Development: Emerging Teaching and Research Developments*. *Sustainability* 2020, 12, 579. <https://doi.org/10.3390/su12020579>
- Chambers, I., Roberts, J., Urbaniak, S., Gibson, D., Durant, G., Cerini, B., Maulloo, A., Kamudu, A., Nelson, C., Robson, H., Sangha, k., Russell-Smith, J., Flinto, K., Buckholz, J., Stafford, S., & Gordon, J. (2019). *Education for sustainable development: A study in adolescent perception changes towards sustainability following a strategic planning-based intervention-the young persons' plan for the planet program*. *Sustainability*, 11(20), 5817. <https://doi.org/10.3390/su11205817>
- Conde, M., Rodríguez, F., Fernández, C., Gonçalves J., Lima J. y García, F. (2020). *Fostering STEAM through challenge-based learning, robotics, and physical devices: A systematic mapping literature review*. *Comput Appl Eng Educ.*, 2020, 1–20.
<https://doi.org/10.1002/cae.22354>
- Cotton y Winter. (2010). *It's Not Just Bits of Paper and Light Bulbs: A Review of Sustainability Pedagogies and Their Potential for Use in Higher Education*. In Jones, P., Selby, D. & Sterling, S. (eds.). *Sustainability Education: Perspectives and Practice across Higher Education* (pp. 39–54). Oxford: Earthscan.

- De Haan, G. (2010). The development of ESD-related competencies in supportive institutional frameworks. *International Review of Education*, 56 (2), 315–328.
<https://doi.org/10.1007/s11159-010-9157-9>
- Del Cerro, F. & Lozano, F. (2020). Education for Sustainable Development in STEM (Technical Drawing): Learning Approach and Method for SDG 11 in Classrooms. *Sustainability*, 12 (7), 2706. <http://dx.doi.org/10.3390/su12072706>.
- Evans, T. (2019). Competencies and Pedagogies for Sustainability Education: A Roadmap for Sustainability Studies Program Development in Colleges and Universities. *Sustainability*, 11 (19), 5526. <https://doi.org/10.3390/su11195526>
- Figuerola Vélez, J., Ruiz Vargas, V., Hoyos, L.M. & Prowse, A. (2018). Fostering Sustainable Communities and Resilient Cities Whilst Supporting ‘Life on Land’ Through a Colombian School’s Initiative. *World Sustainability Series*, 145-160.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-63007-6_9
- Gomez, R. B. (2014). *Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis*. Egoa. Instituto de Estudios sobre Desarrollo y Cooperación Internacional.
<https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>
- Gresch, H. & Bögeholz, S. (2013). Identifying Non-Sustainable Courses of Action: A Prerequisite for Decision-Making in Education for Sustainable Development. *Research in Science Education*, 43(2), 733-754. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-012-9287-0>
- Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2012). Training in Decision-making Strategies: An approach to enhance students' competence to deal with socio-scientific issues.

- International Journal of Science Education*, 35(15), 2587-2607.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.617789>
- Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2017). Enhancing Decision-Making in STSE Education by Inducing Reflection and Self-Regulated Learning. *Research in Science Education*, 47(1), 95-118. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9491-9>
- Hasslöf, H., Lundegård, I. & Malmberg, C. (2016). Students' qualification in environmental and sustainability education—epistemic gaps or composites of critical thinking? *International Journal of Science Education*, 38(2), 259-275. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1139756>
- Hepper, J. (2018). The influence of generation and experiencing daily routines on educators' training. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 20(2), 89-100.
<https://doi.org/10.2478/jtes-2018-0017>
- Jonnaert, P., Barrette, J., Masciotra, D. & Yaya M. (2008). *La competencia como organizadora de los programas de formación: hacia un desempeño competente. Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado*, 12(3), 1-32. <http://www.ugr.es/~recfpro/rev123ART3.pdf>
- Kelley, T.R., Knowles, J.G. (2016). *A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education*, 3(11) . <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Kowash, M. (2018). Resource Exploitation and Consumption in the Frame of Education for Sustainable Development in German Geography Textbooks. *RIGEO*, 7 (1), 48-79.
Retrieved from <http://www.rigeo.org/vol7no1/Number1Spring/RIGEO-V7-N1-3.pdf>

Maldonado, P. (2007). El trabajo colaborativo en el aula universitaria. *Laurus*, 13 (23), 263-278.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76102314>

McNaughton, M.J. (2010). Educational drama in education for sustainable development:

Ecopedagogy in action. *Pedagogy, Culture and Society*, 18(3), 289-308.

<https://doi.org/10.1080/14681366.2010.505460>

McNaughton, M.J. (2012). Implementing Education for Sustainable Development in schools:

Learning from teachers' reflection. *Environmental Education Research*, 18(6), 765-782.

<https://doi.org/10.1080/13504622.2012.665850>

Ministerio de Educación Nacional MEN. (2005, agosto - septiembre). *Educación para el desarrollo*

sostenible. <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-90893.html>

Mogensen, F.; Schnack, K. (2010). The action competence approach and the 'new' discourses of

education for sustainable development, competence and quality criteria. *Environmental*

Education Research, 16(1), 59-74. <https://doi.org/10.1080/13504620903504032>

Mora, W. (2009). *Educación ambiental y educación para el desarrollo sostenible ante la crisis*

planetaria: demandas a los procesos formativos del profesorado. *Tecné Episteme y*

Didaxis TED. No. 26 pp. 7-35. <https://doi.org/10.17227/ted.num26-416>

Murga, M. A. (2015). *Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y*

valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de*

Educación, 13(19), 55-83. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>

Nguyen, T. P. , Nguyen, T. H. & Khiet, T. T. (2020). *STEM education in secondary schools:*

searchers' perspective towards sustainable development. *Sustainability* 2020, 12, 8865.

<https://doi.org/10.3390/su12218865>

- Nichols, M., Cator, K., & Torres, M. (2016). *Challenge Based Learner User Guide*. Redwood City, CA: Digital Promise. <https://www.challengebasedlearning.org/es/toolkit/>
- Olsson, D., Gericke, N., & Chang Rundgren, S.-N. (2016). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools – assessing pupils’ sustainability consciousness. *Environmental Education Research*, 22(2), 176-202. <https://doi.org/10.1080/13504622.2015.1005057>
- Oulton, C., Day, V., Dillon J & Grace, M. (2004). *Controversial issues teachers' attitudes and practices in the context of citizenship education*, *Oxford Review of Education*, 30(4), 489-507. <https://doi.org/10.1080/0305498042000303973>
- Páez, M.; Aguilera D., Perales, J. & Vílchez, J.(2019) *What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature*. *Science Education*. 2019,1–24. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- PNUMA. (2021). *Carta de la directora ejecutiva: El PNUMA en 2020*. <https://www.unep.org/es/resources/informe-anual/carta-de-la-directora-ejecutiva-el-pnuma-en-2020>
- Prabawa-Sear, K.; Dow, V. (2018). *Education for Sustainability in Western Australian Secondary Schools: Are We Doing It?* <https://doi.org/10.1017/aee.2018.47>
- Rieckmann, M. (2012). *Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?* *Futures* 44 (2012) 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rodríguez, M. (2019). *Nuestro planeta, nuestro futuro*. *Debate*.
- Rodríguez, M. & Vélez, M. (2018). *Gobernanza y gerencia del desarrollo sostenible*. *Universidad de los Andes*.

- Rudsberg, K. & Öhman, J. (2010). Pluralism in practice - experiences from Swedish evaluation, school development and research. *Environmental Education Research*, 16(1), 95-111.
<https://doi.org/10.1080/13504620903504073>
- Sanders, M. (2009). *STEM, STEM education, STEMania. The technology teacher*. 68(4), 20–27.
https://www.researchgate.net/publication/237748408_STEM_STEM_education_STEMmania
- Schrüfer, G., Wrenger, K. & Lindemann, I. (2020). Reflectories for the promotion of competences in education for sustainable development using the example of climate change. *Voprosy Obrazovaniya*, 2020(2), 152-174. <https://doi.org/10.17323>
- Schumacher, E. (2011). *Lo pequeño es hermoso: economía como si la gente importara*. (Hoshiko Ed. Y trad.). Akal. (original publicado en 1973).
- Smith, C. & Watson, J. (2018). *Does the rise of STEM education mean the demise of sustainability education? Australian journal of environmental education*, 35, 1-11.
<https://doi.org/10.1017/aee.2018.51>
- Steffen, W.; Richardson, K.; Rockström J.; Cornell, S.; Fetzer I.; Bennett E.; Biggs, R.; Carpenter, S.; Vries, W.; de Wit, C.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G.; Persson, L.; Ramanathan, V.; Reyersy, B.; Sörlin, S. (2015). *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Vol. 347, Núm. 6223.
<https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. y Depaepe, F. (2018). *Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary*

- Education. European Journal of STEM Education*, 3(1), 02.
<https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Tobon, S. (2008). *La formación basada en competencias en la educación superior: el enfoque complejo*. Instituto Cife.ws. <https://www.researchgate.net/publication/329440312>
- Ull, M. A. (2014). *Competencias para la sostenibilidad y competencias en educación para la sostenibilidad en la educación superior. Uni-Pluriversidad*, 14(3), 46-58.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/21337>
- UNESCO. 2014. *Formando el futuro que queremos. El Decenio de las Naciones Unidas de Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014) Informe final*.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002301/230171e.pdf> (consultado el 14 de junio de 2016)
- UNESCO. (2017). *Educación para los objetivos de desarrollo sostenible, objetivos de aprendizaje* <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000252423>
- UNESCO. (2019). *¿La educación para el desarrollo sostenible?*
<https://es.unesco.org/themes/educacion-desarrollo-sostenible/comprender-EDS>
- UNESCO. (2020). *Educación para el desarrollo sostenible: hoja de ruta*.
<https://unesdoc.unesco.org/search/7e32d4c1-e5ba-45fd-99ff-1048d465a802>
- UNESCO. (s.f.). *La educación transforma vidas. Consultado el 13 de octubre de 2019*.
<https://es.unesco.org/themes/education>.
- UNICEF. (2021). *1.000 millones de niños están gravemente expuestos a los efectos de la crisis del clima. 19 Agosto 2021*. <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1000-millones-ninos-gravemente-expuestos-efectos-tesis-del-clima>

- Vesterinen, V.-M., Tolppanen, S. & Aksela, M. (2016). Toward citizenship science education: what students do to make the world a better place?. *Research in Science Education*, 45(3), 325-344. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9425-y>
- Walshe, N. (2017) *An interdisciplinary approach to environmental and sustainability education: developing geography students' understandings of sustainable development using poetry*, *Environmental Education Research*, 23:8, 1130-1149.
<https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1221887>
- Washington STEM Study Group. (s.f.). *Science, Technology, Engineering, & Mathematics (STEM)*. Consultado el 12 de noviembre de 2020. <https://www.k12.wa.us/student-success/career-technical-education-cte/program-study-career-clusters-and-career-pathways/science-technology-engineering-mathematics-stem#2>
- Wiek, A., Withycombe, L. & Redman, C. (2011). *Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development*. *Sustain. Sci.*, 6, 203–218.
<https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- Zoller, U. (2015). *Research-Based Transformative Science/STEM/STES/STESSEP Education for “Sustainability Thinking”: From Teaching to “Know” to Learning to “Think”*. *Sustainability*, 7, 4474-4491. <https://doi.org/10.3390/su7044474>

Apéndice 1

Entrevista a equipo pedagógico Programa STEM MD Robotics UNIMINUTO

Presentación

Mi nombre es Juan Francisco Rodríguez Mahecha, soy docente de matemáticas del Colegio Villemar el Carmen IED, actualmente soy estudiante de la Maestría en Innovaciones Sociales en educación de la Universidad Uniminuto, del programa de becas, esta entrevista se realiza en el marco de la investigación de manera conjunta con Milena Llanos y Miguel Guerrero, nuestro tema de estudio se enfoca en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad en el marco del proyecto STEM MD Robotics.

El objetivo de la entrevista es poder indagar la experiencia a través de las voces de diferentes actores que han participado a través del proyecto y ustedes son una referente para nosotros desde su experiencia pedagógica.

Permiso

Dado que este insumo será usado para la investigación queremos contar con su aval para la realización de la grabación, les agradecemos nos indiquen si están de acuerdo en participar en esta actividad y dar inicio a esta grabación.

Lo que grabemos será confidencial. Sus respuestas solo serán conocidas por nuestro equipo de investigación, cualquier referencia que se realice a lo que ustedes digan será incluida de manera anónima.

Inicio

Para iniciar nos gustaría que nos cuenten cuál es su perfil, su rol y la experiencia que han tenido en el programa STEM MD Robotics, (de que se encargó, cuáles fueron los insumos para lo que ellas hizo).

1. Reconstrucción de la propuesta y significados

1.1. Desde su experiencia en el marco de STEM ¿Qué consideran que hace distinto el proyecto STEM MD Robotics de otras iniciativas STEM? *Cuéntanos ¿Qué es un ambiente de aprendizaje?* ¿Cuál fue el objetivo de este proyecto STEM MD?

1.2. ¿Cuáles eran las expectativas del proyecto desde el ambiente de aprendizaje STEM MD? *¿Qué características tiene este ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics?*

2. Logros, desafíos

2.1.¿Cuáles consideran que fueron los logros que han sido más significativos del proyecto?

2.2.¿Qué transformaciones se han evidenciado a partir de la implementación del programa en las instituciones educativas? ¿Cómo se explica que el ambiente de aprendizaje STEM MD haya contribuido en estas transformaciones?

2.3.¿Cuáles fueron los principales desafíos que afrontó el programa en su implementación?

2.4.Si tuvieran la oportunidad de una segunda versión del proyecto ¿Qué le cambiarían o le agregarían?

3. Componente pedagógico del programa

- 3.1. ¿Qué es una competencia para el ambiente de aprendizaje STEM MD Robotics?
- 3.2. ¿Por qué los estudiantes que participan en AASMDR pueden desarrollar estas competencias?
- 3.3. ¿Qué importancia tienen las guías en AASMDR?
- 3.4. ¿Cómo espera AASMDR que se evidencien las competencias del S. XXI en los estudiantes?
- 3.5. ¿Cómo se comprende la evaluación en STEM MD y su relación con desarrollo de competencias?
- 3.6. ¿Qué desafíos han encontrado desde la forma de evaluación en AASMDR?

4. Medio ambiente y sostenibilidad

- 4.1. ¿Por qué las ciudades sostenibles como marco para el diseño de esta propuesta?
Para el programa STEM MD ¿cómo se comprende la ciudad sostenible? O
Asumieron una postura sobre ciudad sostenible desde AASMDR ¿cómo se evidencia esta postura en la propuesta? ¿los ODS fueron un marco de referencia?
- 4.2. ¿Qué relación se puede establecer entre las competencias que propone el AASMDR, con la formación de ciudadanos sostenibles? ¿Qué papel desempeña la tecnología /matemática /ciencias / ingeniería en formación de ciudadanos sostenibles?
- 4.3. Sabemos que el medio ambiente es un asunto sumamente importante en el mundo de hoy, por diversos fenómenos que se vienen presentando cómo el calentamiento global, la pérdida de la biodiversidad, aumento en la contaminación del aire, me puedes indicar

- 4.4. ¿Qué aspectos se tuvieron en cuenta al incluir la categoría del medio ambiente en la propuesta? ¿Por qué se centraron en el tema de las basuras?
- 4.5. ¿Por qué se incluye a Frank en AASMDR? ¿Cómo fue la construcción de este personaje? ¿Qué se esperaba lograr en los estudiantes a través de un personaje como este?
- 4.6. ¿Considera que desde el AASMDR se puede contribuir a una educación para la sostenibilidad? ¿Por qué?

Por último, teniendo en cuenta que el objetivo de nuestra investigación es describir cómo STEM puede desarrollar competencias para una ciudadanía sostenible --- que aspectos nos puedes sugerir tener en consideración para nuestra investigación, teniendo tu experiencia con este ambiente de aprendizaje.

Apéndice 2

Entrevista a directora programa STEM MD Robotics

Presentación

En primer lugar, quiero agradecerle haber aceptado esta invitación y abrir un espacio en su agenda para llevar a cabo esta entrevista. A través de ella buscaremos comprender el significado que ha tenido esta experiencia STEM para el PCIS.

Somos estudiantes de la maestría de Innovaciones Sociales en Educación de la Uniminuto, mi nombre Milena Llanos, docente del colegio Liceo Hacienda Casablanca y mis compañeros de tesis Juan Francisco Rodriguez y Miguel Guerrero, docentes del Colegio Villemar el Carmen.

Esta entrevista se realiza en el marco de nuestra investigación que se enfoca en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad en el ámbito del programa STEM MD Robotics.

El objetivo de la entrevista es poder indagar la experiencia a través de las voces de diferentes actores que han participado en el proyecto. Usted, es un referente muy importante para nosotros desde su experiencia como gestora y directora de la unidad especializada STEM.

Permiso

Esta entrevista tiene una duración aproximada de 1 hora. Quiero pedir su autorización para grabar esta sesión de trabajo, pues es importante poder contar con ella para nuestro estudio. Lo que grabemos será confidencial. Sus respuestas solo serán conocidas por mi equipo de investigación de tesis de la maestría y cualquier referencia que se realice a lo que usted diga será incluida de manera anónima.

En caso de que usted considere no responder alguna de las preguntas por favor no duden en manifestarlo. ¿Tiene alguna pregunta o inquietud acerca de lo que le acabo de explicar?

¿Tenemos el tiempo suficiente para llevar a cabo esta entrevista?

Para contar con su aval, solicitamos nos indique su aceptación de la grabación de esta actividad.

Inicio

para iniciar me gustaría que nos comente, ¿Quién es usted? ¿Qué labor desempeña en el parque científico? ¿Qué labor desempeña en el proyecto STEM MD? ¿Cuál es su función?

1. Formulación e intencionalidad del proyecto

- 1.1. ¿Cómo fue el proceso de formulación del proyecto STEM MD Robotics? ¿Qué la impulsó a hacer este proyecto?
- 1.2. ¿De qué trata el programa STEM MD-R?
- 1.3. ¿Qué es lo más importante para STEM MD Robotics? ¿Cuáles son los pilares que sustentan el programa STEM MD?
- 1.4. ¿Cuándo estaban diseñando la propuesta STEM MD_R que esperaban lograr en los estudiantes? ¿Cuáles fueron los objetivos del proyecto?
- 1.5. ¿Cuáles son los logros alcanzados con el programa STEM MD?
- 1.6. ¿Se cumplieron estas expectativas? ¿Por qué?
- 1.7. ¿Cuál es la visión/misión de STEM MD?
- 1.8. Desde su experiencia en el marco de STEM MD Robotics ¿Qué considera que hace distinto el proyecto STEM MD Robotics de otras iniciativas STEM?

- 1.9. ¿Por qué seleccionar la educación STEM para la propuesta?
- 1.10. ¿Cuál es el papel que desempeñan las guías en el Ambiente de Aprendizaje STEM MD_R?
- 1.11. Cuéntanos, el hecho de no lograr la implementación de todas las guías ¿Qué implicaciones tiene para los objetivos del “proyecto”?

2. Comprensiones alrededor de las competencias que promueve STEM MD y su relación con competencias para la sostenibilidad

- 2.1. Ciudades y ciudadanos para la sostenibilidad (Dimensiones).
- 2.2. ¿Cuál es el valor que le agrega STEM MD a la educación STEM “en Colombia”?
- 2.3. ¿Cuáles son los aportes de STEM MD a la educación STEM en Colombia?
- 2.4. ¿Por qué el tema que se seleccionó en las guías está relacionado con ciudades sostenibles?
- 2.5. Y a parte de la categoría del medio ambiente, ¿qué otras -categorías- se tuvieron en cuenta para tratar la temática de ciudades sostenibles?
- 2.6. Sabemos que el medio ambiente es un asunto sumamente importante en el mundo de hoy, por diversos fenómenos que se vienen presentando como el calentamiento global, la pérdida de la biodiversidad, aumento en la contaminación del aire, entre otros. ¿Por qué se seleccionó la temática de residuos sólidos?
- 2.7. ¿Qué tipo de ciudadanos se quiere promover con el programa STEM MD_R en los estudiantes participantes?

- 2.8. Este tipo de ciudadanos que busca promover STEM MD_R, ¿se asemeja a las características de un ciudadano sostenible? ¿por qué?
- 2.9. ¿Se tuvieron en cuenta los objetivos de Desarrollo Sostenible para el diseño de la propuesta?, ¿por qué no/de qué manera?, ¿considera que hubiera sido pertinente incluirlos como referente para el programa?

3. Competencias para la sostenibilidad

- 3.1. ¿Por qué STEM MD Robotics propone el desarrollo de competencias?
- 3.2. ¿Cómo se entiende la idea de competencia en STEM MD Robotics?
- 3.3. ¿Cómo evidencia el programa, STEM MD Robotics, que los niños desarrollan estas competencias?
- 3.4. ¿Cuáles competencias considera que hacen parte de un ciudadano sostenible?
- 3.5. ¿Consideran que las competencias que propone STEM MD se relacionan con las competencias de un ciudadano sostenible? ¿por qué?
- 3.6. ¿Por qué los niños y las niñas que participan en STEM MD Robotics podrían desarrollar competencias de un ciudadano sostenible?
- 3.7. ¿Cuáles / Qué cambios o transformaciones has percibido en los estudiantes del proyecto STEM MD?
- 3.8. A partir de su cargo como directora, ¿ha visto que las instituciones se transforman con STEM MD? ¿De qué manera?

4. Conexión de participantes

- 4.1. ¿Cuál era el objetivo con los retos propuestos a los estudiantes?

- 4.2. ¿Qué papel desempeñan los roles, de agente STEM WORK, en el logro de este objetivo?
- 4.3. ¿Por qué apuntar al trabajo en equipo como elemento primordial en el desarrollo de las actividades?
- 4.4. ¿Qué sentido tenían los perfiles de los personajes de la historia? ¿Qué papel desempeñan los diferentes personajes de la historia (el viajero, la ingeniera STEM), en el logro de los objetivos de la propuesta?
- 4.5. Aparte de la robótica, ¿Qué otros elementos motivaron a los estudiantes?
- 4.6. ¿Por qué vincular la robótica con asuntos medioambientales y sociales?

Apéndice 3

Guía de entrevista grupal a profesionales líderes del proyecto STEM MD Robotics

Presentación

En primer lugar, quiero agradecerle haber aceptado esta invitación y abrir un espacio en su agenda para llevar a cabo esta entrevista. A través de ella buscaremos comprender el significado que ha tenido esta experiencia STEM para el PCIS.

Nosotros somos estudiantes de la maestría de Innovaciones Sociales en Educación de la Uniminuto, Mi nombre Milena Llanos, docente del colegio Liceo Hacienda Casablanca y mis compañeros de tesis Juan Francisco Rodriguez y Miguel Guerrero, docentes del Colegio Villemar el Carmen.

Esta entrevista se realiza en el marco de nuestra investigación que se enfoca en el desarrollo de competencias para la sostenibilidad en el ámbito del programa STEM MD Robotics. El objetivo de la entrevista es poder indagar la experiencia a través de las voces de diferentes actores que han participado en el proyecto. Usted, Francisco es un referente para nosotros desde su experiencia como profesional STEM.

Permiso

Esta entrevista tiene una duración aproximada de 1 hora. Quiero pedir su autorización para grabar esta sesión de trabajo, esto porque si bien estaremos tomando notas de sus opiniones, es importante poder contar con ellas tal y como son expresadas por usted. Lo que grabemos será confidencial. Sus respuestas solo serán conocidas por mi equipo de investigación de tesis de la

maestría y cualquier referencia que se realice a lo que usted diga será incluida de manera anónima. En caso de que usted considere no responder alguna de las preguntas planteadas por favor no duden en manifestarlo.

¿Tiene alguna pregunta o inquietud acerca de lo que le acabo de explicar? ¿Tenemos el tiempo suficiente para llevar a cabo esta entrevista? Para contar con su aval, solicitamos nos indique su aceptación de la grabación de esta actividad.

Inicio

Para iniciar me gustaría q nos comente ¿quién es usted?, ¿Cuál es su rol dentro del equipo STEM? ¿Tiempo dentro de la unidad STEM MD? ¿Qué haces en el parque científico?

1. Formulación e intencionalidad del proyecto

- 1.1. ¿Cómo fue el proceso de formulación del proyecto STEM MD Robotics?
- 1.2. ¿Cómo surgió la propuesta de STEM MD Robotics?
- 1.3. ¿STEM MD Robotics es un proyecto o es un programa? ¿Por qué en algunos textos hablan de programa y en otros de proyecto?
- 1.4. ¿quienes participaron en la formulación del proyecto?
- 1.5. ¿Cuáles fueron los objetivos del proyecto?
- 1.6. ¿Cuáles han sido las expectativas del proyecto? o en el desarrollo?
- 1.7. ¿Por qué el tema que se seleccionó en las guías está relacionado con ciudades sostenibles? ¿Se tuvieron en cuenta los ODS? ¿por qué no/de qué manera?
- 1.8. Conociendo la diversidad de problemáticas ambientales en Bogotá ¿Por qué se seleccionó la temática de residuos sólidos?

1.9. ¿Qué sentido tenían los perfiles de los personajes de la historia? ¿Qué tipo de ciudadanos se quiere promover en los estudiantes?

2. Relación con el medio ambiente

2.1. ¿Por qué se involucró la categoría del medio ambiente en el diseño de las guías?

2.2. A través de los acompañamientos, ¿vivieron alguna experiencia que los sorprendiera con respecto a las actitudes o acciones amigables de los estudiantes con el medio ambiente? ¿cuáles?

2.3. ¿Consideras que desde la categoría de medio ambiente que se aborda en las guías, existe relación con la formación de ciudadanos sostenibles?

3. Competencias

3.1. Comprensiones alrededor de las competencias que promueve STEM MD y su relación con competencias para la sostenibilidad

3.2. ¿Por qué STEM MD Robotics propone el desarrollo de competencias?

3.3. ¿Cómo se entiende la idea de competencia en STEM MD Robotics?

3.4. ¿Cómo evidencian el programa, STEM MD Robotics, que los niños desarrollen estas competencias?

3.5. ¿Consideran que las competencias que propone STEM MD se relacionan con las competencias de un ciudadano sostenible? ¿por qué?

3.6. ¿Por qué los niños y las niñas que participan en STEM MD Robotics podrían desarrollar estas competencias (de sostenibilidad)?

3.7. ¿Cómo definirían un ciudadano con competencias para la sostenibilidad?

3.8. ¿Qué cambios o transformaciones has percibido en los estudiantes del proyecto STEM MD?

Profe _____, muy enriquecedor para nosotros haber compartido con usted este espacio. Agradezco inmensamente su colaboración, esperamos seguir compartiendo en otra oportunidad.

Apéndice 4

Guía grupo focal a estudiante del proyecto STEM MD Robotics

Presentación

Buen día, mi nombre es “ _____ ” les agradecemos estar participando del presente encuentro, para nosotros es muy importante escuchar sus opiniones y experiencia en el proyecto STEM MD Robotics.

En este encuentro vamos a estar conversando a partir de preguntas que se les realizará, donde todos tendrán la oportunidad de contestar sobre lo referente a su participación en el proyecto STEM MD Robotics. Esta entrevista tiene una duración aproximada de 1 hora. Esta actividad es confidencial. Sus respuestas solo serán usadas para fines de la investigación y cualquier referencia que se realice quedará registrada de forma anónima. Lo que grabemos será confidencial. Sus respuestas solo serán conocidas por mi equipo de investigación y cualquier referencia que se realice a lo que ustedes digan será incluida de manera anónima.

En caso de que ustedes consideren no responder a alguna de las preguntas planteadas por favor no duden en manifestarlo. ¿Tienen alguna pregunta o inquietud acerca de lo que acabo de explicar?

Permiso

En este instante, quiero pedir su autorización para grabar la sesión. Con el fin de contar con su aval para la realización del grupo focal, les solicité en este momento que indiquen en voz

alta su aceptación de la actividad que vamos a realizar, lo cual permite formalizar su participación en la misma. ... Muchas gracias.

Inicio

Para comenzar esta actividad, quisiera que por favor cada uno de ustedes se presente diciendo su nombre, el curso al que pertenece y su edad.

1. Reconstrucción del proceso de formación en STEM

- 1.1. Haciendo memoria de la experiencia vivida en STEM MD Robotics, el año pasado ¿Qué recuerdan de las clases desarrolladas en el ambiente de aprendizaje STEM MD?
- 1.2. ¿Qué caracterizaban los encuentros STEM MD?
- 1.3. ¿Recuerdan las temáticas que se abordaron? ¿Alguna de ellas fue más importante para ustedes? ¿por qué?
- 1.4. Durante el trabajo a lo largo de las clases suelen presentarse momentos especiales, que lo llenan de felicidad, orgullo o que lo conmueven ¿Cuáles fueron esos momentos o actividades más significativas durante las clases STEM MD?
- 1.5. ¿Consideran que participar en esta experiencia les permitió alcanzar nuevos aprendizajes? ¿podrían mencionar algunos ejemplos? ¿Consideran que esos aprendizajes son importantes para ustedes? ¿por qué?
- 1.6. Consideran que con lo aprendido en STEM MD Robotics ¿Han cambiado alguna actitud o comportamiento de su diario vivir? ¿Por qué? Indagar algunos ejemplos
- 1.7. ¿Qué es STEM para ustedes?

1.8. ¿Qué experiencia le gustaría retomar (darle continuidad) de lo presentado en STEM?

2. Trabajo colaborativo y solución del reto

2.1. ¿Cómo les pareció la actividad de los retos con el robot?

2.2. ¿Cómo lograron resolver cada reto? ¿Qué aprendizaje les dejaron estas actividades de los retos?

2.3. ¿La estrategia de las bitácoras les permitió reflexionar en el proceso del aprendizaje? ¿por qué?

2.4. ¿Consideran que durante las actividades de STEM, el trabajo en equipo aportó en la comprensión y solución de los problemas? ¿Por qué?

2.5. ¿Los roles propuestos en STEM, de mediador, desarrollador, gestor y registrador favorecieron a que ustedes se entendieran como equipo? ¿por qué?

3. Educación para el desarrollo sostenibilidad:

3.1. Sabemos que el medio ambiente es un asunto sumamente importante en el mundo de hoy, por diversos fenómenos que se vienen presentando como el calentamiento global, la pérdida de la biodiversidad, aumento en la contaminación del aire, entre otros. ¿Consideran que en STEM MD Robotics es posible atender estas problemáticas? ¿Por qué?

3.2. ¿Por qué creen que se propone el tema de residuos sólidos desde el proyecto STEM MD?

3.3. ¿Qué otras problemáticas se abordan?

- 3.4. Desde lo que aprendieron en STEM MD R ¿consideran que ustedes pueden aportar a la solución de dichas problemáticas? ¿Por qué?
- 3.5. ¿Por qué decidieron proponer STEM como opción para su servicio social?
- 3.6. Después de lo vivido en STEM MD R ¿Consideran que sus prácticas diarias son más amigables con el cuidado del medio ambiente? ¿por qué? ¿Sus prácticas con respecto al manejo de residuos sólidos se han modificado? ¿Consideran que están cumpliendo con el compromiso de dar un uso adecuado a los residuos sólidos? ¿Por qué?
- 3.7. ¿Qué esperan lograr con lo desarrollado del proyecto en su servicio social?
- 3.8. Para ustedes ¿Cómo serán las ciudades si no mejoramos? ¿Se parecerá a la ciudad que nos advirtió el viajero del futuro, Frank? ¿Cómo sería una ciudad sostenible o ideal para ustedes? ¿Cómo se relacionan sus prácticas diarias con esta ciudad ideal?
- 3.9. ¿Cómo se imaginan que debería ser la clasificación de los residuos sólidos en esta ciudad que proponen?
- 3.10. ¿Creen que al solucionar el problema de las basuras se logra esta ciudad ideal/sostenible?
- 3.11. ¿Pueden y les gustaría ser ciudadanos sostenibles? ¿por qué? ¿esta ciudad propuesta verdaderamente es una ciudad sostenible?
- 3.12. ¿Qué propone para lograr esta ciudad sostenible?
- 3.13. ¿De qué forma STEM Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática se relacionan con una ciudad sostenible?

3.14. Si fueran los diseñadores de una segunda fase de STEM MD, ¿qué harían para mejorarla? ¿le agregaría o le quitaría algo?

Apéndice 5

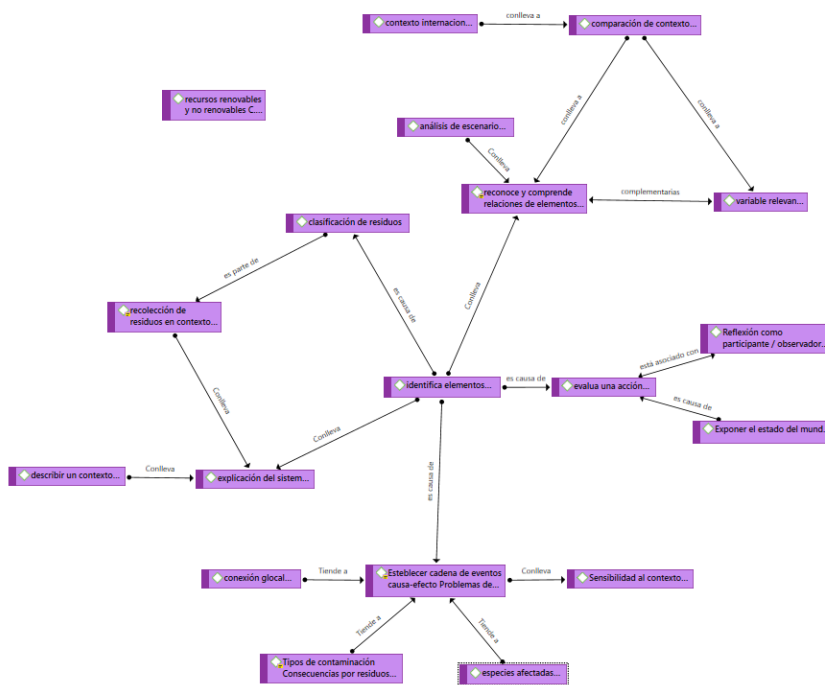
Formato diario de campo

DIARIO DE CAMPO	
Actividad	Fecha:
Investigador/Observador	
Objetivo/pregunta	
Situación	
Lugar-espacio	
Técnica aplicada	
Personajes que intervienen	
Descripción de actividades, relaciones y situaciones	Consideraciones interpretativas/Analíticas con respecto al objetivo o pregunta de investigación
Observaciones	

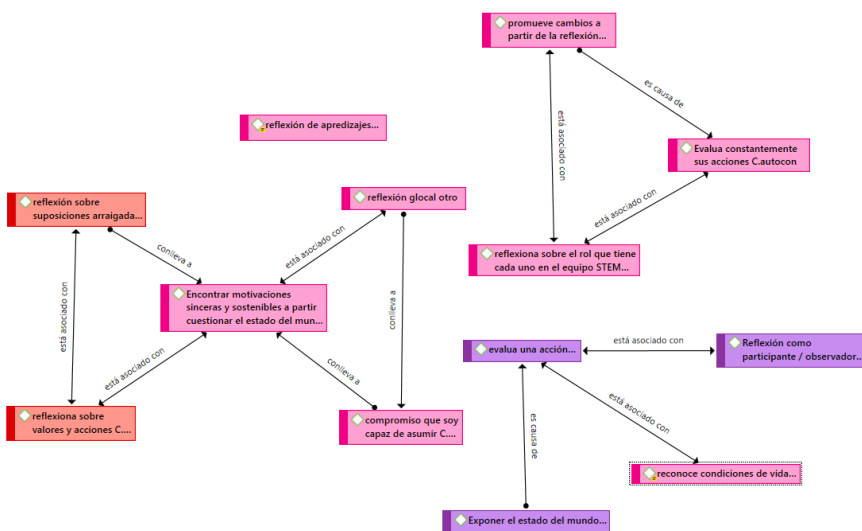
Apéndice 6

Redes asociadas a las CPS

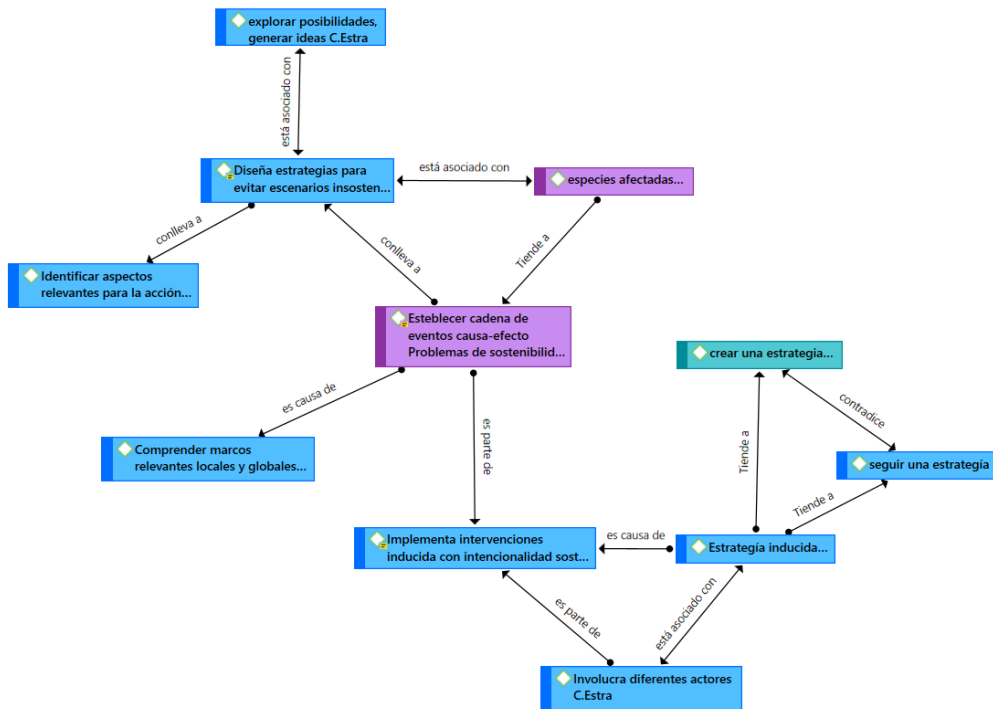
Competencia sistémica



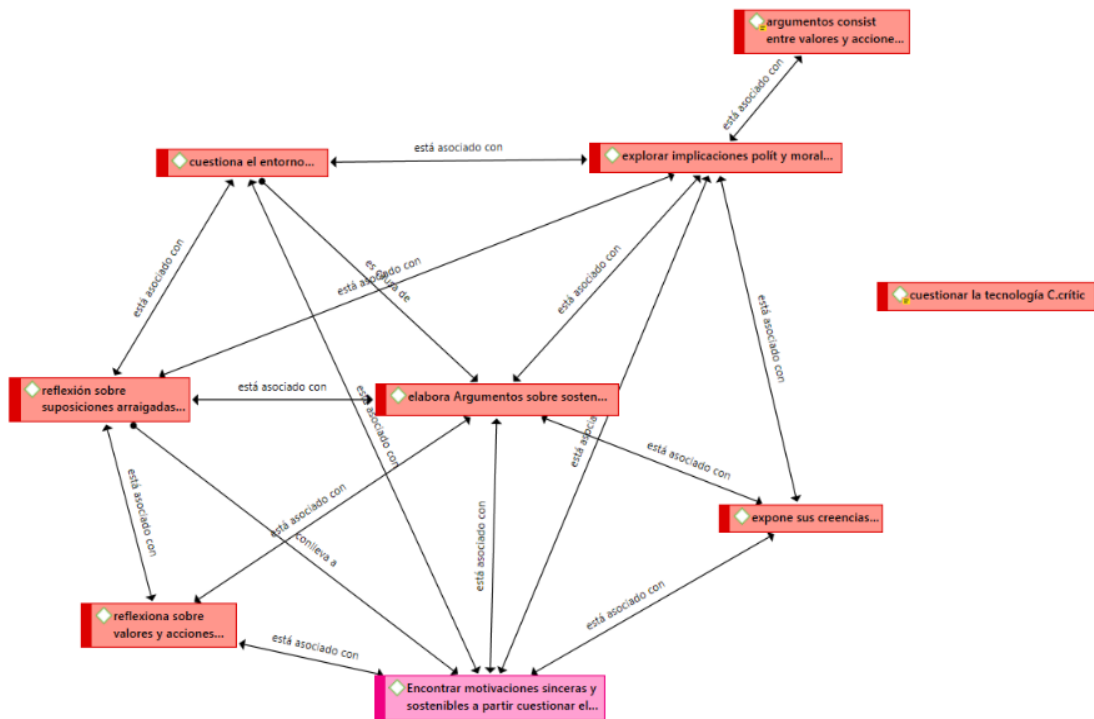
Competencia de autoconciencia



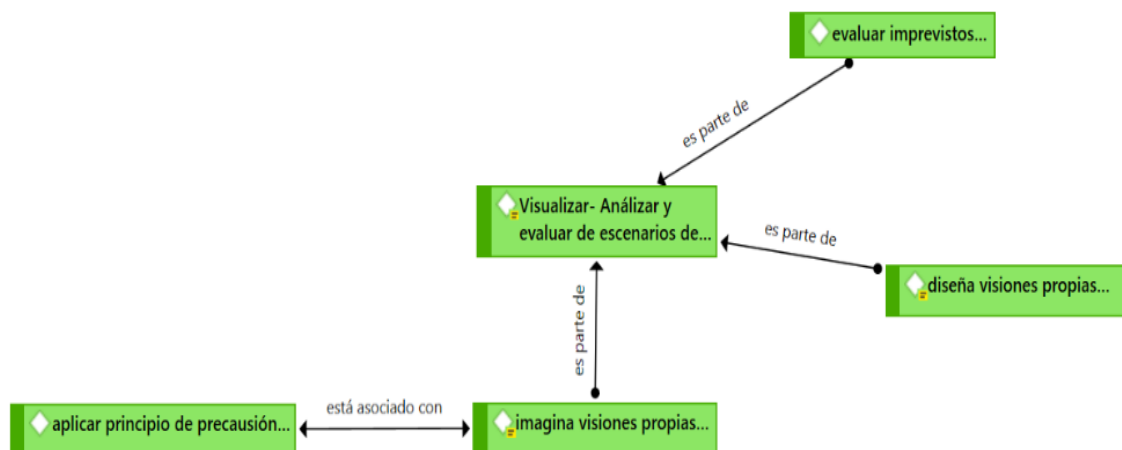
Competencia estratégica



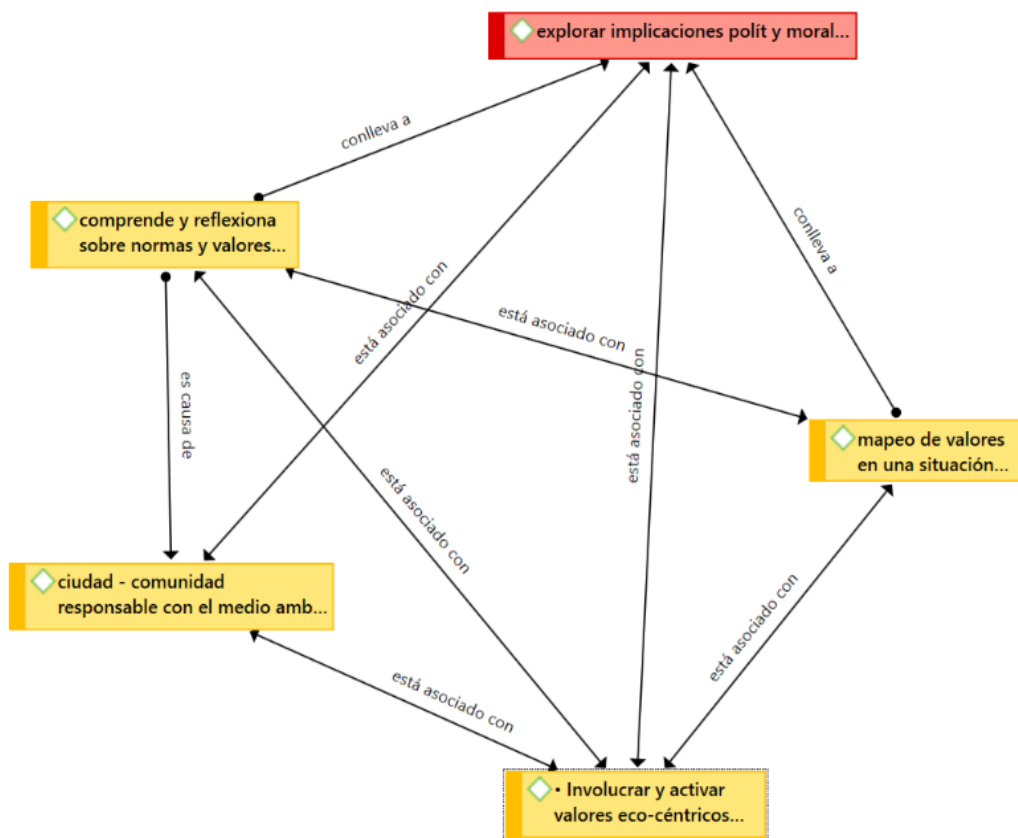
Competencia crítica



Competencia anticipatoria



Competencia normativa



Competencia integrada de resolución de problemas

