

HACIA LA INCORPORACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA: REFLEXIÓN SOBRE LAS BARRERAS A NIVEL CURRICULAR.

Grecia Alarcon-Pereira, Universidad Católica del Norte, galarcon@ucn.cl
Izabela Simon Rampasso, Universidad Católica del Norte, izabela.rampasso@ucn.cl
Constanza Cruz, Universidad Católica del Norte, constanza.cruz@ucn.cl
Carolina Rojas, Universidad Católica del Norte, carojas@ucn.cl

RESUMEN

En la búsqueda por contribuir al desarrollo sostenible, las instituciones de educación superior y en particular los programas de ingeniería hacen esfuerzos por desarrollar capacidades en los futuros profesionales que les permitan enfrentar los problemas asociados a la sostenibilidad. Sin embargo, son pocas las instituciones que han sido exitosas en esta labor. Por esta razón, el propósito de esta investigación es identificar las principales barreras curriculares asociadas a los esfuerzos de incorporar la sostenibilidad en los procesos formativos de la educación en ingeniería y reflexionar sobre sus implicancias. Para esto se ha llevado a cabo una revisión sistemática de literatura basada en cinco pasos: (1) definición de protocolos de revisión, (2) búsqueda de literatura en artículos científicos, (3) selección y evaluación de artículos, (4) análisis y síntesis, (5) reporte y conclusiones. El resultado de la revisión permitió identificar 7 barreras recopiladas de 46 artículos. A partir del análisis, se extrajo las principales implicancias para los programas de estudio, dentro de las cuales se pueden mencionar la rigidez de currículo y la falta de lineamientos institucionales. Esta investigación puede ser utilizada como guía para futuras investigaciones e información útil para instituciones de educación superior y académicos del área de ingeniería.

PALABRAS CLAVES: Educación en ingeniería, Educación superior, Desarrollo sostenible, Barreras

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en enero de 2015 adoptó la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 que incluye 17 metas (UN, 2015). El desarrollo sostenible ha sido definido como aquel “que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (UN, 1987). En 2022 el escenario de crisis global en diversos aspectos - pandemia, crisis climática, conflictos entre países - hace vislumbrar que el logro de las metas se encuentra en riesgo y que la urgencia por acelerar los esfuerzos y sus resultados es necesaria (UN, 2022). Los esfuerzos que se requieren deben ser sistémicos e interdisciplinarios para abordar las crisis en todas sus aristas (France, J. et al., 2021). Dentro de este escenario, las instituciones de educación superior desempeñan un rol significativo, no solo a través del diseño curricular, sino que por medio de todo su quehacer (Sonetti, G., et al., 2021). Un cierto número de instituciones han sido exitosas en la inserción de sostenibilidad, sin embargo, muchas aún enfrentan desafíos (Menon, S. & Suresh, M., 2020)

La implementación de sostenibilidad en educación en ingeniería es un tema que se ha insertado en el debate científico en los últimos años (Fenner, R.A., et al., 2005). En la literatura se utilizan distintos términos para hacer referencia a la implementación de sostenibilidad en educación en ingeniería como *insertar* (Rampasso, I.S., et al., 2018), *incorporar* (Brown, S., et al., 2015)

enclavar (Fenner, R.A., et al., 2005), *implementar* (Zwolinska, K. et al., 2022), *adoptar* (Splitt, F.G., 2002). Se hace evidente la necesidad de educar a los ingenieros para que tengan las capacidades de resolver problemas complejos asociados a la sostenibilidad (Guerra, A., 2017) y que esto sea un principio que lidere los procesos de transformación curricular en educación en ingeniería (Byrne, E.P. & Mullally, G., 2014). La educación en ingeniería para el desarrollo sostenible (EIDS) emerge como un objetivo a alcanzar por instituciones educativas, sin embargo, el camino para lograrlo es poco claro (Beagon, et al., 2022). Algunos autores reflexionan sobre las dificultades existentes en la educación en ingeniería para promover la sostenibilidad social y económica (France, et al., 2021).

Estudios previos han identificado desafíos asociados a la educación para la sostenibilidad en ingeniería (Ashford, N.A., 2004; Rampasso, I.S., et al., 2018; Rampasso, I.S., et al., 2019) y otros elementos para el aprendizaje del desarrollo sostenible (SDLEs por sus siglas en inglés) (Li, X. & Wang, C., 2020), tales como la interdisciplinariedad (Richter, D.M. & Paretti, M.C., 2009), las capacidades de diseño (Varadarajan, S., 2022), las metodologías de aprendizaje basadas en proyecto (Guerra, A., 2017), entre otros. Sin embargo, los autores plantean la necesidad de continuar el debate en torno a estas temáticas que permita la construcción de modelos de inserción (Rampasso, I.S., et al., 2018) y programas de ingeniería que contribuyan a la sostenibilidad en todos sus ámbitos (Nikolić, V.M. & Vukić, T.M., 2020).

Por lo anterior, este trabajo de investigación busca ampliar la comprensión de las barreras curriculares asociadas a la inserción de sostenibilidad en ingeniería, respondiendo a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales barreras curriculares asociadas a la inserción de sostenibilidad en los programas de ingeniería?

En consecuencia, este estudio consistirá en llevar a cabo una revisión de literatura que permita identificar las barreras desde el debate científico, y sentar las bases para la validación de las mismas en el contexto de la educación superior chilena, de manera tal que permita a instituciones y educadores evaluar su quehacer y emprender acciones de mejora que tomen en cuenta los impactos asociados.

Esta investigación es relevante porque contribuye a una mayor comprensión de los desafíos que la comunidad universitaria de ingeniería enfrenta en torno a la sostenibilidad y genera las bases para proponer rutas de aprendizaje, de implementación y evaluación hacia el desarrollo sostenible y el alcance de las metas.

DESARROLLO

La investigación llevada a cabo consiste en una revisión sistemática de la literatura. El procedimiento utilizado consiste en cinco pasos adaptados de la metodología utilizada por Williams Jr. et al. (2020), que se muestra en la Fig. 1.

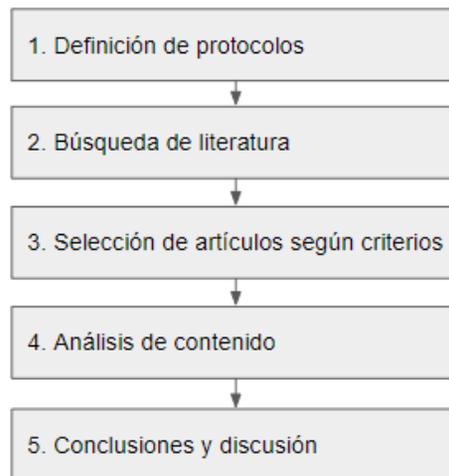


Figura N° 1. Metodología de revisión bibliográfica adaptada de Williams Jr. et al. (2020)

Un sondeo preliminar fue llevado a cabo con objetivo de lograr mayor familiaridad con la terminología y para la definición de protocolos. Se identificaron palabras claves fuertemente relacionadas con la temática y se definieron criterios de búsqueda. Para recopilar la mayor cantidad de barreras, se decidió considerar todos los artículos generados por la búsqueda, sin hacer un filtro inicial por períodos. La relevancia está dada por la decisión de seleccionar solo artículos de revista o revisiones de literatura y excluir publicaciones en conferencias. Además, se tomaron en cuenta solo revisiones de literatura escrita en idioma inglés, lo cual quedó plasmado en la cadena de búsqueda. Además, se decidió recopilar artículos desde los motores de búsqueda Web of Science y Scopus, lo cual asegura un grado de calidad del contenido del artículo debido a que es sometido a revisión por pares y son publicados en revistas científicas prestigiosas. En este contexto, las cadenas de búsquedas empleadas fueron las siguientes: SCOPUS: TITLE-ABS-KEY(("engineering education" OR "engineer education" OR "education in engineering") AND (sustainability OR "sustainable development") AND (difficult* OR barrie* OR challeng* OR obstacl*)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"re")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English")), WOS: ((TS ="engineering education" OR "engineer education" OR "education in engineering") AND TS= (sustainability OR "sustainable development") AND TS=(difficult* OR barrie* OR challeng* OR obstacl*) AND DT=(Article OR Review)) NOT DT=(Proceedings Paper)) AND LA=(English).

En ambas búsquedas resultaron 453 artículos en total. Un proceso de identificación, examinación y elegibilidad fue llevado a cabo, que incluyó revisión de duplicados, análisis de títulos y resumen, y finalmente análisis de contenido. Durante el proceso se utilizó como criterio de inclusión la declaración de barreras o desafíos de la implementación de sostenibilidad en programas de ingeniería descritos en el contenido y conclusiones del artículo. Se observó que la mayoría de las barreras estaban acompañadas de términos como: falta, déficit, desafío, problema, obstáculo, carencia, poco, dificultad, "gap", entre otros. En función de lo anterior, la muestra se redujo a 68 artículos, como se muestra en la Fig. 2.

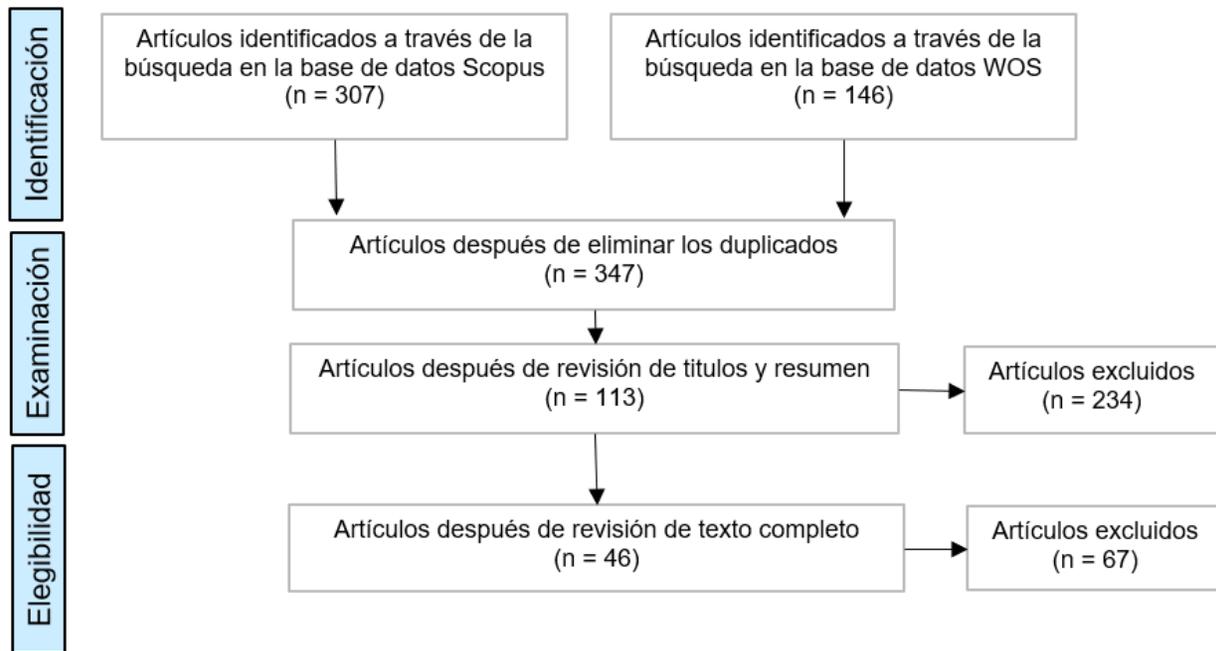


Figura N° 2. Resultados de la examinación y elegibilidad

RESULTADOS

Los 46 artículos seleccionados son una muestra relevante para el análisis de esta investigación, los cuales han sido publicados principalmente en seis revistas. Del total de artículos de la muestra, un 20,4% fueron publicados en la revista “International Journal of Sustainability in Higher Education”, como muestra la Tabla 1.

Tabla 1. Revistas con la mayor cantidad de documentos publicados.

Revista	Número de documentos	Porcentaje
International Journal of Sustainability in Higher Education	10	20,41%
Journal of Cleaner Production	6	12,24%
International Journal of Technology and Design Education	3	6,12%
European Journal of Engineering Education	3	6,12%
Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice	3	6,12%
International Journal of Technology and Design Education	3	6,12%

El análisis de contenido inductivo se desarrolló en tres pasos: (1) Preparación, (2) Organización y (3) Reporte. La preparación consistió en la identificación y levantamiento de sentencias asociadas a dificultades de la inserción a nivel curricular. Luego, la organización consistió en la clasificación de las sentencias según similitud y su relación entre ellas. Lo anterior se validó mediante una revisión cruzada entre los participantes de la investigación, que facilitó el análisis y discusión en torno a las barreras seleccionadas. Lo anterior generó como resultado 7 barreras curriculares asociadas a la inserción de sostenibilidad en la educación en ingeniería, que se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Barreras asociadas con la inserción de sostenibilidad en la educación en ingeniería, recopiladas desde la literatura.

Código	Barreras	Referencias
B1	Dificultad para balancear la enseñanza técnica disciplinar de la ingeniería con los contenidos de sostenibilidad	(Abd-Elwahed, M.S. & Al-Bahi A.M., 2021)(Pérez-Foguet, A., Lazzarini, B., 2019)(Nazir, S., et al., 2020)(Crofton, F.S., 2000)(Missimer, M. & Connell, T., 2012)(Thürer, M., et al, 2018)(Rampasso, I.S., et al., 2019)(Chau, K.W., 2007)(Mintz, K. & Tal, T., 2013)(Zwolinska, K. et al., 2022)
B2	Dificultad para entender los conceptos asociados al desarrollo sostenible y definir resultados de aprendizaje debido a la complejidad de la temática	(Sonetti, G., et al., 2021)(Takala, A. & Korhonen-Yrjänheikki K., 2013)(Chiong, KS., et al., 2017)(Desha, C., et al., 2019)(Fenner, R.A., et al., 2005)(Jamison, A., 2013)(Menon, S. & Suresh, M., 2020)(Mulder, K., et al., 2013)(Shields, D., et al., 2014)(Thürer, M., et al., 2018)(Van den Beemt, A., et al., 2020)(France, J., et al., 2021)(Haase, S., 2013)(Rosano, M. & Biswas W.K., 2015)(Crofton, F.S., 2000)(Kastenhofer, K., et al., 2010)(Sheehan, M., et al., 2012)(Mulder, K.F., 2017)(Mintz, K. & Tal, T., 2013)(Abd-Elwahed, M.S. & Al-Bahi A.M., 2021)(Zwolinska, K., et al., 2022)(Atstaja, D., et al., 2017)
B3	Dificultad para implementar actividades, cursos o proyectos con enfoque interdisciplinario que son fundamentales para la incorporación de sustentabilidad en educación en ingeniería	(Abd-Elwahed, M.S. & Al-Bahi, A.M., 2021)(Brown, S., et al., 2015)(Pérez-Foguet, A., Lazzarini, B., 2019)(Varadarajan, S., 2022)(Ashford, N.A., 2004)(Bertel, LB. et al., 2020)(Fenner, R.A., et al., 2005)(France, J., et al., 2021)(Palacin-Silva, M.V., et al., 2018)(Rampasso, I.S., et al., 2018)(Van den Beemt, A. et al., 2020)(Menon, S. & Suresh, M., 2020)
B4	Dificultad para actualizar el currículo con la misma velocidad que se actualizan los conceptos asociados al desarrollo sostenible	(Fenner, R.A., et al., 2005)(Crofton, F.S., 2000) (Kastenhofer K., et al., 2010)
B5	Dificultad para considerar la dimensión socio-económica de la sostenibilidad, con una clara distinción de los conceptos y su relación con los programas de ingeniería	(France, J., et al., 2021)(Takala, A., Korhonen-Yrjänheikki, K., 2013)(Azapagic, A., et al., 2005)(Perpignanm, C., et al., 2020)(Atstaja, D, et al., 2017)(Rampasso, I.S., et al., 2018)(Fitzpatrick, J.J., 2017)(Rampasso, I.S., et al., 2019)(Sonetti, G., et al., 2021)(Björnberg, K.E., et al., 2015)(Chiang, T., 2021)(Ngo, T.T. & Chase, B., 2021)(Crofton, F.S., 2000)(Kastenhofer, K., et al., 2010)
B6	Dificultad para utilizar métodos de enseñanza y actividades extracurriculares que balanceen los resultados de aprendizaje relativos a la disciplina y a la sostenibilidad	(Varadarajan, S., 2022)(Richter, D.M. & Paretto, M.C., 2009)(Desha, C., et al., 2019)(Enelund, M., et al., 2013)(France, J. et al., 2021)(Pavlova, M., 2013)(Thürer, M., et al., 2018) (Sheehan, M., et al., 2012)(Nazir, S., et al., 2020)(Burke, R.D., et al., 2018)(Lascano, S.L. et al., 2015)(Pérez-Foguet, A. & Lazzarini, B., 2019)(Fenner, R.A., et al., 2005)(Guerra, A., 2017)(Mintz, K. & Tal, T., 2013)(Rajabifard, A. et al., 2021)
B7	Dificultad para acceder a material didáctico apropiado para la enseñanza de todas las dimensiones de sostenibilidad en los cursos de ingeniería	(Rampasso, I.S., et al., 2018)(Pérez-Foguet, A. & Lazzarini B., 2019)

Las barreras identificadas hacen referencia a diferentes aspectos del currículo. Primeramente, se encuentra la dificultad de comprender la noción de sostenibilidad (Nazir S., et al., 2020; Sonetti, G. et al., 2021) y de cómo relacionarlo con las diversas disciplinas ingenieriles (France, J. et al., 2021) (Sonetti, G. et al., 2021). Además, se considera que la definición de desarrollo sostenible cambia constantemente y a un paso rápido (Fenner R.A., et al., 2005) lo que dificulta su inserción progresiva. Otro aspecto del currículum son los métodos de enseñanza. Existen dificultades

asociadas a esta categoría, inicialmente para seleccionar la metodología más adecuada dentro de una variedad de opciones (Nazir S., et al., 2020; Desha, C., et al., 2019) y luego para implementar algunas que se encuentran más desarrolladas, como enseñanza basada en proyecto (Pérez-Foguet A. & Lazzarini B., 2019; Varadarajan S., 2022) y metodologías asociadas al diseño e innovación para la solución de problemas de sostenibilidad (Varadarajan, S., 2022; France, J. et al., 2021). Otro de los aspectos que destaca como barrera es la dificultad de implementar actividades interdisciplinarias en el marco de la enseñanza de sostenibilidad (Abd-Elwahed, M.S. & Al-Bahi, A.M., 2021).

Las referencias bibliográficas abarcan entre los años 2000 a 2022 dando cuenta de que las dificultades para implementar la sostenibilidad de manera exitosa en las instituciones de educación superior y en particular en la educación en ingeniería aún persisten (Menon, S. & Suresh, M., 2020).

CONCLUSIONES

La investigación desarrollada verifica la existencia de barreras curriculares asociadas a la implementación de la sostenibilidad en la educación en ingeniería. Se aplicó un procedimiento de cinco pasos para la revisión sistemática de literatura a través del cual se logró identificar 46 artículos relevantes para desarrollar un análisis de contenido. Por medio de este último, fue posible identificar 7 barreras curriculares, siendo la más referenciada de ellas, la dificultad para entender los conceptos asociados al desarrollo sostenible y definir resultados de aprendizaje debido a la complejidad de la temática. Dificultades asociadas a esta y otras barreras persisten en la actualidad, lo que tiene implicancias en la preparación que los ingenieros e ingenieras poseen para afrontar los desafíos actuales.

La necesidad por comprender la sostenibilidad y sus conceptos asociados persiste. Los nuevos desafíos ambientales, sociales y económicos que enfrenta nuestra sociedad generan nuevas problemáticas a resolver antes no consideradas. Esto genera incertidumbre y dificultad para emprender acciones concretas hacia la sostenibilidad. En este sentido, la mayor contribución de esta investigación es aportar a una mayor comprensión de las dificultades que se experimentan a nivel global para lograr la inserción de sostenibilidad en la educación en ingeniería, lo cual tiene implicancias positivas para las instituciones que estén recién emprendiendo en ese sentido, permitiendo la creación de estrategias ad hoc para enfrentarlas y superarlas. Las 17 metas para el desarrollo sostenible permanecen vigentes y es necesario que los programas de educación en ingeniería generen la capacidad para abordarlas todas. Por otra parte, hay implicancias científicas como la contribución al cuerpo del conocimiento en cuanto a los desafíos vinculados a la educación en ingeniería para el desarrollo sostenible, principalmente resaltando las barreras asociadas al diseño e implementación del currículo.

Este estudio se acotó a identificar solo barreras asociadas al currículo lo que puede representar una limitación. Además, solo se recurrió a motores de búsqueda Web of Science y Scopus. Futuras investigaciones podrían estar orientadas a ampliar la identificación de barreras y analizar cómo otros problemas asociados a la sostenibilidad influyen en éstas, tales como equidad de género, pobreza o dificultad para acceder a la tecnología.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Católica del Norte - proyecto FDPD (Fondo de Desarrollo de Proyectos Docentes de Pregrado 2022).

REFERENCIAS

Abd-Elwahed, M.S. & Al-Bahi, A.M. (2021). Sustainability awareness in engineering curriculum through a proposed teaching and assessment framework. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 633–651.

Ashford, N. (2004). Major challenges to engineering education for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 5(3), 239-250.

Atstaja, D., et al. (2017). The Role of Economics in Education for Sustainable Development: The Baltic States' Experience. *International Journal of Economic Sciences*, 6(2), 1-29.

Azapagic, A., et al. (2005). How much do engineering students know about sustainable development? The findings of an international survey and possible implications for the engineering curriculum. *European Journal of Engineering Education*, 30(1), 1-19.

Beagon, U., et al. (2022). Preparing engineering students for the challenges of the SDGs: what competencies are required?. *European Journal of Engineering Education, Ahead-of-print*, 1(23).

Bertel, L.B., et al. (2022). Framing and facilitating complex problem-solving competences in Interdisciplinary megaprojects: an institutional strategy to educate for sustainable development. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(5), 1173-1191.

Björnberg, K.E., et al. (2015). Integrating social sustainability in engineering education at the KTH Royal Institute of Technology. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(5), 639-649.

Brown, S., et al. (2015). Civil Engineering Faculty Incorporation of Sustainability in Courses and Relation to Sustainability Beliefs. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 141(2), C4014005.

Burke, R., et al. (2018). Faculty Perspectives on Sustainability Integration in Undergraduate Civil and Environmental Engineering Curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 144(3).

Byrne, E.P. & Mullally, G. (2014). Educating engineers to embrace complexity and context. *Proceedings of the institution of civil engineers-engineering sustainability*, 167(6), 241-248.

Chau, K.W. (2007). Incorporation of Sustainability Concepts into a Civil Engineering Curriculum. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 133(3), 188-191. 10.1061/(ASCE)1052-3928(2007)133:3(188)

Chiang, T., (2021). A Fuzzy-Based Hybrid Approach for Estimating Interdisciplinary Learning Efficiency. *IEEE Access*, 9, 143275-143283.

Chiong, K.S., et al. (2017). Factors encouraging sustainability integration into institutions of higher education. *International journal of environmental science and technology*, 14(4), 911–922.

Crofton, F.S., (2000). Educating for sustainability: opportunities in undergraduate engineering. *Journal of Cleaner Production*, 8(5), 397-405.

Desha, C., et al. (2019). A review of progress and opportunities to foster development of sustainability-related competencies in engineering education, *Australasian Journal of Engineering Education*, 24(2), 61-73.

Enelund, M., et al. (2013) Integration of Education for Sustainable Development in the Mechanical Engineering Curriculum. *Australasian Journal of Engineering Education*, 19(1), 51-62.

Fenner, R.A., et al. (2005), Embedding sustainable development at Cambridge University Engineering Department. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 6(3), 229-241.

Fitzpatrick, J.J. (2017) Does engineering education need to engage more with the economic and social aspects of sustainability?. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 916-926.

France, J., et al. (2022). Engineering students' agency beliefs and career goals to engage in sustainable development: differences between first-year students and seniors, *International journal of sustainability in higher education*. Ahead-of-print.

Guerra, A. (2017). Integration of sustainability in engineering education: Why is PBL an answer?. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(3), 436 - 454.

Haase, S. (2013). An Engineering Dilemma: Sustainability in the Eyes of Future Technology Professionals. *Science and Engineering Ethics*, 19(3), 893–911.

Jamison, A. (2013). The Making of Green Engineers: Sustainable Development and the Hybrid Imagination. *Synthesis Lectures on Engineering*, 20, 1-18.

Kastenhofer, K., et al. (2010). The Contribution of University Curricula to Engineering Education for Sustainable Development. *GAIA - Ecological Perspectives on Science and Society*, 19(1), 44-51.

Lascano, S. K., et al. (2015). A Case Study Approach for Teaching Students Sustainability From a Global Perspective. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 10(3), 109-118.

Li X. & Wang C. (2020). 2017 P.V. Danckwerts Memorial Lecture special issue editorial: Advances in emerging technologies of chemical engineering towards sustainable energy and environment: Solar and biomass. *Chemical Engineering Science*, 215, 115384.

Menon, S. & Suresh, M. (2020), Synergizing education, research, campus operations, and community engagements towards sustainability in higher education: a literature review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(5), 1015-1051.

Mintz, K.& Tal, T. (2013). Education for sustainability in higher education: a multiple-case study of three courses. *Journal of Biological Education*, 47(3), 140-149.

Missimer, M. & Connell, T. (2012). Pedagogical Approaches and Design Aspects To Enable Leadership for Sustainable Development. *Sustainability: The Journal of Record*, 5(3), 172-181.

Mulder, K., et al. (2013). Sustainable Development as a Meta-Context for Engineering Education. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 1(4), 304-310.

Mulder, K.F. (2017) Strategic competences for concrete action towards sustainability: An oxymoron? Engineering education for a sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 1106-1111.

Nazir, S., et al. (2020). Sustainable Software Engineering: A Perspective of Individual Sustainability. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10(2), 676-683.

Nikolic, V. & Vukić, T. (2020). Sustainable development as a challenge of engineering education. *Thermal Science*, 25, 304-304.

Ngo, T.T. & Chase, B. (2021). Students' attitude toward sustainability and humanitarian engineering education using project-based and international field learning pedagogies. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(2), 254-273.

Palacin-Silva, M.V., et al. (2018). Infusing sustainability into software engineering education: Lessons learned from capstone projects. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4338-4347.

Pavlova, M. (2013). Teaching and learning for sustainable development: ESD research in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 23(3), 733-748.

Pérez-Foguet, A. & Lazzarini, B. (2019). Continuing professional education in engineering faculties: Transversal integration of sustainable human development in basic engineering sciences courses. *Journal of Cleaner Production*, 218, 772-781.

Perpignan, C., et al. (2020). Identification of contribution and lacks of the ecodesign education to the achievement of sustainability issues by analyzing the French education system. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 34(1), 4-16.

Rajabifard, A., et al. (2021). Applying SDGs as a systematic approach for incorporating sustainability in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(6), 1266-1284.

Rampasso I.S., et al. (2018). An analysis of the difficulties associated to sustainability insertion in engineering education: Examples from HEIs in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 193, 363-371.

Rampasso I. S., et al. (2019). Some of the challenges in implementing Education for Sustainable Development: perspectives from Brazilian engineering students. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(4), 367-376.

Richter, D.M. & Paretti, M.C. (2009). Identifying barriers to and outcomes of interdisciplinarity in the engineering classroom. *European Journal of Engineering Education*, 34(1), 29-45.

Rosano, M., & Biswas, W.K. (2015). De-constructing the sustainability challenge for engineering education- An industrial ecology approach. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 9(1), 82-95.

Sheehan, M., et al. (2012). Implementing a systematic process for rapidly embedding sustainability within chemical engineering education: a case study of James Cook University, Australia. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 112-119.

Shields, D., et al. (2014). Incorporating sustainability in engineering education: Adapting current practices to mining and petroleum engineering education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 15(4), 390-403.

Sonetti, G., et al. (2021). Conceptualization of sustainability among students, administrative and teaching staff of a university community: An exploratory study in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 316, 128292.

Splitt, F. (2002). Environmentally Smart Engineering Education: A Brief on a Paradigm in Progress. *Journal of Engineering Education*, 91(4).

Takala, A. & Korhonen-Yrjänheikki, K. (2013). A National Collaboration Process: Finnish Engineering Education for the Benefit of People and Environment. *Science and Engineering Ethics*, 19(4), 1557–1569.

Thürer M., et al. (2018). A systematic review of the literature on integrating sustainability into engineering curricula, *Journal of Cleaner Production*, 181, 608-617.

UN. (1987). *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza

UN. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Disponible en: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (acceso 9 junio 2022)

UN. (2022). *Progress towards the Sustainable Development Goals 2022*. Disponible en: <https://sdgs.un.org/goals#history> (acceso 9 junio 2022)

Van den Beemt, A. et al. (2020). Interdisciplinary engineering education: A review of vision, teaching, and support. *Journal of engineering education*, 109, 508–555.

Varadarajan, S. (2022). Contradictions and paradoxes in design-centric engineering education: a complex responsive processes perspective. *International Journal of Technology and Design Education*. h

Zwolinska, K., et al. (2022). Sustainable Development in Education from Students' Perspective—Implementation of Sustainable Development in Curricula. *Sustainability*, 14(6), 3398.