

CONTRIBUCIÓN AL DESARROLLO DE COMPETENCIAS CLAVE DE SOSTENIBILIDAD DESDE LA CARRERA INGENIERÍA EN CIENCIAS INFORMÁTICAS

CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF KEY SUSTAINABILITY COMPETENCES FROM THE COMPUTER SCIENCE ENGINEERING PROGRAM

Yunia Reyes González^{1*}

E-mail: ylglez@uci.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7143-7080>

Natalia Martínez Sánchez¹

E-mail: natalia@uci.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2065-1746>

Juan Antonio Plasencia Soler¹

E-mail: juanps@uci.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0951-2403>

*Autor para correspondencia

¹Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Reyes González, Y., Martínez Sánchez, N., y. Plasencia Soler, J. A. (2024). Contribución al desarrollo de competencias clave de sostenibilidad desde la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas. *Revista Conrado*, 20(98), 436-449.

RESUMEN

Las universidades están llamadas a impulsar la Educación para el Desarrollo Sostenible, que ayude a los estudiantes y educadores a adquirir e implementar los conocimientos y las habilidades necesarias para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible aprobados como parte de la Agenda 2030. Constituye por ello, una necesidad trabajar de manera intencionada desde las asignaturas y disciplinas que componen los planes de estudio para tributar a la formación de capacidades en estudiantes y docentes en función de la educación para la sostenibilidad. El objetivo de esta investigación es analizar cómo es posible contribuir al desarrollo de competencias clave de la sostenibilidad en estudiantes de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas desde los núcleos de conocimientos de la inteligencia artificial. Se realizó un diagnóstico preliminar como punto de partida para determinar el estado actual de los alumnos respecto a esta temática, luego se diseñaron un conjunto de actividades docentes que propician, a partir del ejercicio de la profesión, el desarrollo de habilidades y valores como componentes de la didáctica orientada a las competencias en sostenibilidad. Entre los principales resultados alcanzados en el grupo de estudiantes que participó en el estudio se muestra un bajo nivel de conocimientos y competencias aún en desarrollo. Además, se evidencia que no solo es posible, sino que es necesario concebir desde las asignaturas y los planes de estudios acciones para el aprendizaje en sostenibilidad.

Palabras clave:

Competencias, sostenibilidad, educación superior, inteligencia artificial

ABSTRACT

Universities are called to promote Education for Sustainable Development, which helps students and educators to acquire and implement the knowledge and skills necessary to achieve the Sustainable Development Goals approved as part of the 2030 Agenda. Therefore, it is necessary to work intentionally from the subjects and disciplines that make up the curricula to contribute to the formation of skills in students and teachers in terms of education for sustainability. The objective of this research is to analyze how it is possible to contribute to the development of key competences of sustainability in students of Computer Science Engineering from the knowledge nuclei of artificial intelligence. A preliminary diagnosis was made as a starting point to determine the current state of the students with respect to this topic, then a set of teaching activities were designed to promote, from the exercise of the profession, the development of skills and values as components of the didactics oriented to the competences in sustainability. Among the main results achieved in the group of students who participated in the study, a low level of knowledge and competences still under development is shown. In addition, it is evident that it is not only possible but also necessary to conceive actions to sustainability learning from the subjects and curricula.

Keywords:

Competences, sustainability, higher education, artificial intelligence

INTRODUCCIÓN

La Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), adoptó en 2019, un nuevo marco mundial sobre la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) denominado “Educación para el desarrollo sostenible: hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)” o “EDS para 2030”. En este se enfatiza en promover la EDS como un elemento clave de la educación de calidad que posibilita de manera decisiva el logro de los ODS a través, por ejemplo, de la transformación de los entornos de aprendizaje. Entre las iniciativas más comunes utilizadas por las universidades en la Educación para los ODS (EODS) se encuentran la creación de conciencia en estudiantes y trabajadores, unidades introductorias interdisciplinarias, la integración en el currículo de la disciplina existente, las unidades orientadas a proyectos, las actividades co-curriculares, los programas de liderazgo, actividades lideradas por estudiantes, y cursos en línea masivos y abiertos. (SDSN, 2020).

La EDS pretende que los estudiantes adquieran una comprensión de los problemas relacionados con sus dimensiones ambientales, sociales y económicas; además de lograr una transformación individual en forma de fortalecimiento de las actitudes y los comportamientos hacia el desarrollo sostenible (Braßler y Sprenger, 2021). La incorporación de competencias de sostenibilidad en la Educación Superior es un tema ampliamente debatido en la comunidad internacional tal es el caso de las investigaciones de: (Tejedor et al., 2019; Quelhas et al., 2019; Brundiers et al., 2021; Lozano et al., 2022). Los resultados del análisis de 79 títulos de grado afines a la informática en España señalan la necesidad de aumentar la presencia de las competencias para la sostenibilidad en los planes de estudio de carreras vinculadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones (Bajo Sanjuán et al., 2022). En Redman et al. (2021) se realiza una revisión de la literatura que incluye 75 estudios relevantes de publicaciones hasta finales de 2019. En ese trabajo los autores detallan el uso de herramientas para evaluar las competencias de sostenibilidad en los estudiantes. Para ello describen las características principales, fortalezas y debilidades, así como las posibles mejoras de dichas herramientas, lo cual constituye un punto de partida importante para docentes e investigadores.

En Cuba, existen investigaciones dirigidas a la incorporación de los ODS en la formación de profesionales de la Educación Superior tal es el caso de los trabajos de (Noa, 2023; Santiago-Ávila y Aldana-Aldana, 2022), sin embargo el tratamiento de las competencias de la sostenibilidad es aún discreto. Debido a la importancia que

reviste esta temática desde la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se realizan acciones para dotar a los docentes y estudiantes de estas competencias a partir de su modelo de formación el cual favorece el ejercicio de la práctica profesional desde la vinculación a proyectos de software.

La UCI tiene la misión de contribuir a la transformación digital de la sociedad cubana, mediante la formación integral y continua de profesionales de las ciencias informáticas comprometidos con su Patria, así como la producción y comercialización de productos y servicios informáticos, aplicando ciencia e innovación, con proyección internacional y responsabilidad social para la sostenibilidad de la nación socialista. El modelo de formación se basa en la vinculación estudio - trabajo, lo que se logra mediante la incorporación de los estudiantes a proyectos reales de investigación y desarrollo. De esta forma, se estructura en dos ciclos muy bien definidos: un período básico de integración y otro de práctica profesional como eje central del currículo

En la actualidad, en la UCI se estudian tres carreras universitarias: Ingeniería en Ciencias Informáticas (ICI), Ingeniería en Bioinformática e Ingeniería en Ciberseguridad y el programa de ciclo corto de Administración de Redes y Seguridad Informática. Esta institución de educación superior tiene más de 3500 estudiantes matriculados en las modalidades de curso regular diurno y curso por encuentro y más de 300 profesores y 700 especialistas para el desarrollo de software. La carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas (ICI) establece un conjunto de disciplinas académicas que tienen como objetivo contribuir a la formación integral del estudiante. Las asignaturas Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático están contenidas dentro de la disciplina Inteligencia Computacional, la cual tiene un rol de importancia dentro del plan de estudio E de ICI (UCI, 2019). Puede afirmarse que aún existen reservas desde los contenidos de estas asignaturas que pueden ser aprovechadas en la formación de capacidades y habilidades en los estudiantes en función de la EDS.

El objetivo de este trabajo consiste en analizar cómo se tributa al desarrollo de competencias transversales clave de la sostenibilidad en estudiantes de Ingeniería en Ciencias Informáticas desde los contenidos de las asignaturas de inteligencia artificial (IA). Con este fin se presenta la metodología utilizada por los autores para conducir la investigación, se discuten los principales resultados y se presentan las conclusiones.

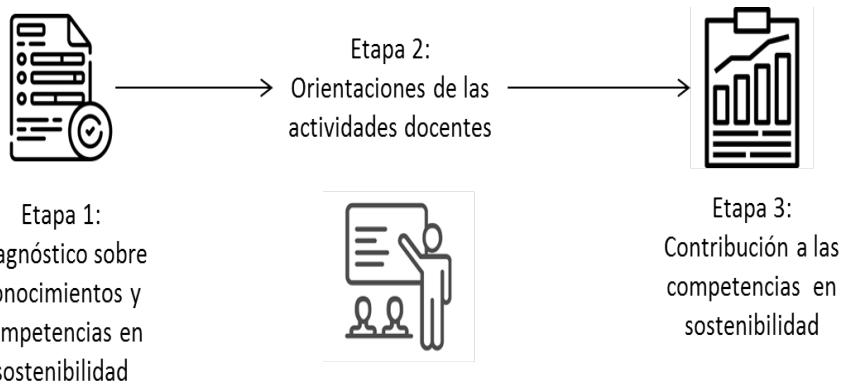
MATERIALES Y MÉTODOS

Para conducir la investigación se definieron tres etapas como se ilustra en la Figura 1.

Etapa 1: Diagnóstico sobre conocimientos y competencias en sostenibilidad

El principal objetivo de la primera etapa es comprobar el estado actual de conocimientos y competencias en sostenibilidad de los estudiantes por lo que es de vital importancia aplicar un instrumento que permita obtener información con este fin. Además, se debe seleccionar la muestra de alumnos para realizar el estudio considerando un equilibrio representativo de ambos sexos y decidir las asignaturas desde las cuales se pretenden desarrollar las actividades docentes identificando los núcleos de conocimientos a trabajar.

Figura 1. Esquema de las etapas que conducen la investigación

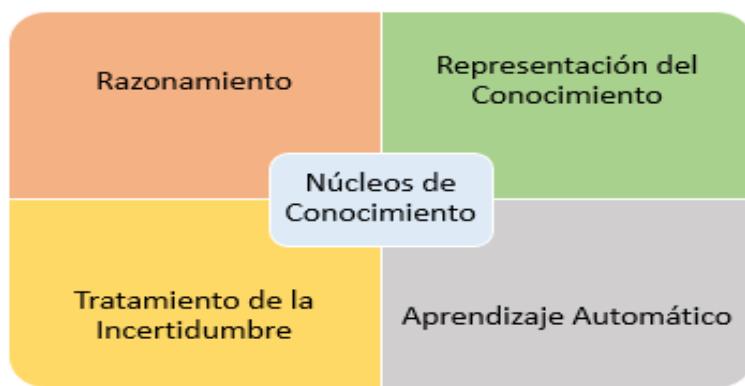


Fuente: Elaboración de autores

Etapa 2: Orientaciones de las actividades docentes

Una vez diseñado el instrumento para realizar el diagnóstico y teniendo la caracterización del grupo de estudiantes, se definen las orientaciones de las actividades docentes en función de los núcleos de conocimiento de la inteligencia artificial los cuales están relacionados con los métodos de razonamiento, representación de conocimiento, el tratamiento de la incertidumbre y el aprendizaje automático como ilustra la Figura 2.

Figura 2. Núcleos de conocimiento de la Inteligencia Artificial



Fuente: Elaboración de autores

Un aspecto medular, consiste en el enfoque hacia el desarrollo de habilidades que estén en correspondencia con las competencias clave para la sostenibilidad. En esta investigación se asumen las competencias definidas por Wiek et al. (2011), las cuales son:

- Competencia de pensamiento sistémico: comprende las habilidades para pensar en cómo los sistemas están integrados dentro de diferentes dominios y diferentes escalas y hacer frente a la incertidumbre en proyectos de sostenibilidad.
- Competencia anticipatoria: se refiere a las habilidades para evaluar las consecuencias de las acciones y los riesgos.
- Competencia normativa: se entiende como las habilidades para comprender y reflexionar sobre las normas y valores que subyacen en las propias acciones.
- Competencia estratégica: incluye las habilidades para desarrollar colectivamente acciones innovadoras que promuevan la sostenibilidad a nivel local.
- Competencia de colaboración: relacionada con las habilidades para aprender de otros, tratar con conflictos en un grupo y para facilitar la colaboración y resolución participativa de problemas de la sostenibilidad.
- Competencia de pensamiento crítico: constituye la capacidad de cuestionar las normas, prácticas y tomar una posición en el discurso de la sostenibilidad.
- Competencia de autoconciencia: es la capacidad de reflexionar sobre uno mismo y sobre el papel del individuo en la comunidad local y la sociedad.
- Competencia integrada de resolución de problemas: referida a la capacidad para aplicar diferentes marcos de resolución de problemas a problemas complejos de sostenibilidad.

Etapa 3: Contribución a las competencias en sostenibilidad

Durante esta etapa se realizan actividades dirigidas a determinar hasta dónde fue posible avanzar en contribución a las deficiencias identificadas en la etapa de diagnóstico. También es importante comprobar si se logró motivar a educandos y docentes en el estudio de las problemáticas actuales de la sostenibilidad y en qué medida se alcanza un nivel básico de conocimientos, así como identificar las necesidades de preparación y superación en la EDS. Por otra parte, es significativo destacar el aporte en cuanto a resultados desde el punto de vista académico y su valor en los ámbitos teórico y práctico, en particular a través de las herramientas y tecnologías propias de la profesión para conseguirlos. Como valor añadido y en función del desarrollo de las competencias para la sostenibilidad, los estudiantes deben ser capaces de proponer acciones que ellos consideren, contribuyan al logro de los ODS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el diagnóstico propuesto en la primera etapa de la investigación, se trabajó con una muestra de 32 estudiantes de cuarto año académico y 56 de quinto año académico de la carrera ICI. Los autores diseñaron un cuestionario con 10 preguntas (Tabla 1) como instrumento para realizar el diagnóstico inicial, el cual está basado en lo propuesto en Segalàs Coral y Sánchez Carracedo (2019) y el propósito es diagnosticar los conocimientos y competencias en sostenibilidad de los estudiantes. En este formulario se empleó una escala cuantitativa de 1 al 5 donde el 5 representa estar totalmente de acuerdo con las proposiciones.

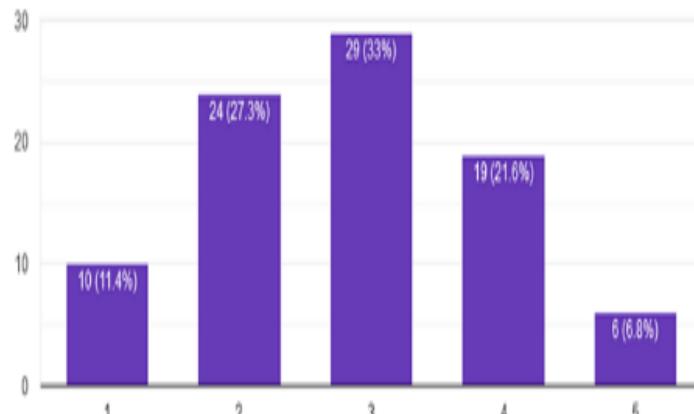
Tabla 1: Preguntas del cuestionario aplicado

Pregunta 1: Conozco qué es el Desarrollo Sostenible y de su importancia para el planeta.
Pregunta 2: Soy consciente de las principales problemáticas actuales asociadas al desarrollo sostenible.
Pregunta 3: Conozco la Agenda 2030, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas.
Pregunta 4: Sé valorar el impacto positivo o negativo de las TIC para la sostenibilidad del planeta y adoptar una postura propia sobre las acciones a desarrollar en el proyecto.
Pregunta 5: En la resolución de un problema relacionado con las TIC, soy capaz de aportar nuevas ideas y soluciones para hacer más sostenible un proyecto tecnológico.
Pregunta 6: En el desarrollo de un proyecto TIC, sé analizar la sostenibilidad desde la perspectiva holística a través de sus tres dimensiones: medioambiental, social y económica.
Pregunta 7: Soy capaz de realizar un análisis de factibilidad de mi solución TIC, evaluando los riesgos futuros en función de la sostenibilidad del proyecto.
Pregunta 8: Soy capaz de proponer y desarrollar proyectos TIC sostenibles, y evaluar el impacto de las mejoras de las soluciones tecnológicas.
Pregunta 9: Soy capaz de trabajar de manera colaborativa y en equipo en el desarrollo de un proyecto que aporta a la sostenibilidad.
Pregunta 10: Soy capaz de tomar decisiones sobre la base de normas éticas y los principios de la sostenibilidad en el desarrollo un proyecto tecnológico.

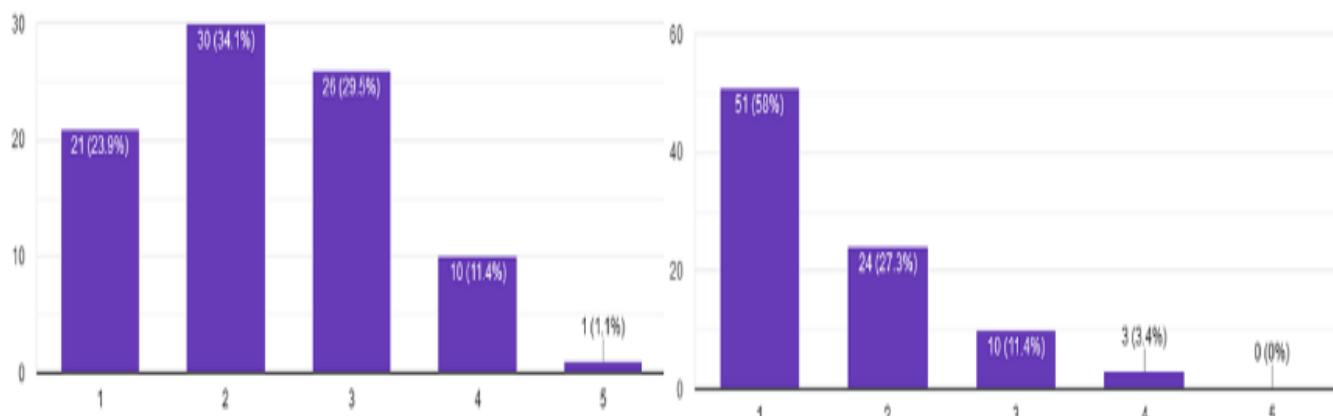
Fuente: Elaboración de autores

Las tres primeras preguntas del formulario están concebidas para determinar el nivel de conocimiento que los estudiantes consideran que poseen sobre los conceptos relacionados con el desarrollo sostenible. En las respuestas (Figura 3) se puede observar que los estudiantes, a partir de su autovaloración demuestran en su mayoría un bajo nivel de conocimientos sobre las problemáticas del desarrollo sostenible y en particular se registra el mayor “desacuerdo” en lo relativo a la Agenda 2030, los ODS y sus metas.

Figura 3: Resultados de las respuestas a las preguntas 1, 2 y 3



Conozco qué es el desarrollo sostenible y su importancia para el planeta (Pregunta 1)



Soy consciente de las principales problemáticas actuales asociadas al desarrollo sostenible (Pregunta 2)

Conozco la Agenda 2030, los ODS y sus metas (Pregunta 3)

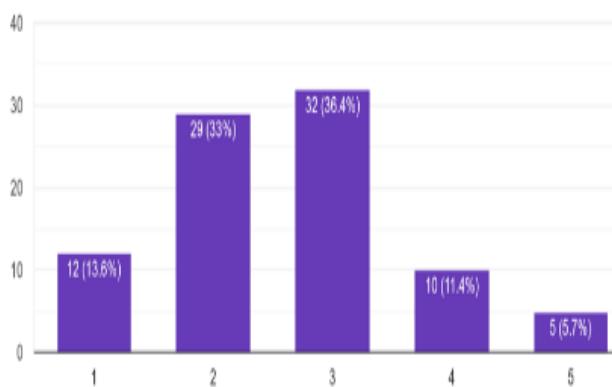
Fuente: Elaboración de autores

Las preguntas siguientes (desde la 4 hasta la 10) estuvieron dirigidas a indagar sobre cómo se auto valoran los estudiantes en relación a las competencias de sostenibilidad. El mayor porcentaje en las respuestas se concentra en los valores que denotan bajo nivel de adquisición de las competencias, lo cual justifica la necesidad de trabajar de manera inmediata en esta temática. La Figura 4 ilustra el comportamiento de las respuestas de los estudiantes con relación a las preguntas 4 y 5. Por otra parte, la Figura 5 muestra las gráficas de barra que evidencian el desacuerdo mayoritario con relación a las preguntas 6 y 7. Por último, en la Figura 6 se aprecia similar conducta en cuanto a las interrogantes 8, 9 y 10.

Figura 4: Respuestas a las preguntas 4 y 5

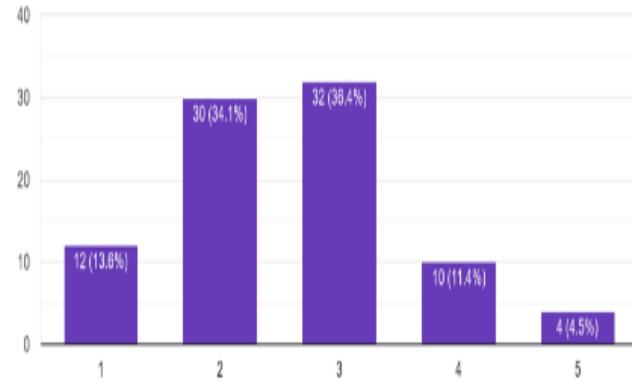
Sé valorar el impacto positivo o negativo de las TIC para la sostenibilidad del planeta y adoptar una postura propia sobre las acciones a desarrollar en el proyecto.

88 responses



En la resolución de un problema relacionado con las TIC, soy capaz de aportar nuevas ideas y soluciones para hacer más sostenible un proyecto tecnológico

88 responses

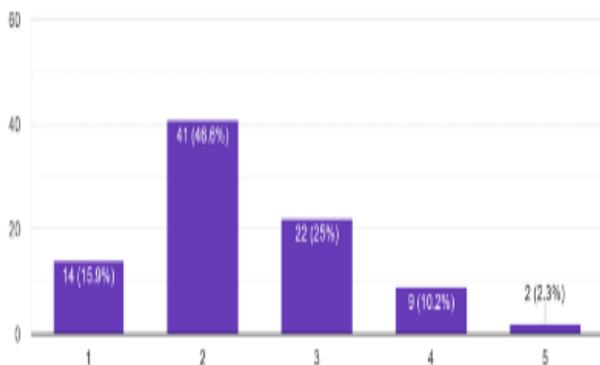


Fuente: Elaboración de autores

Figura 5: Respuestas a las preguntas 6 y 7

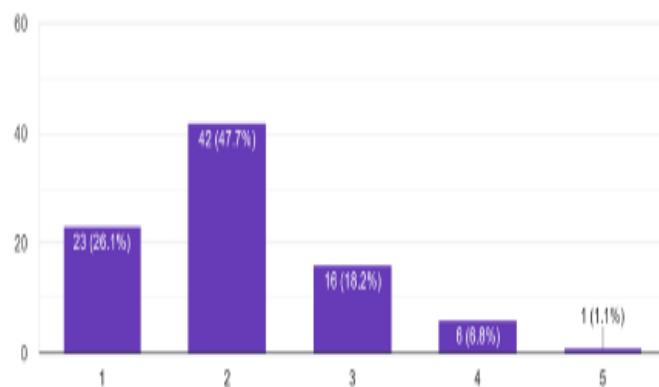
En el desarrollo de un proyecto TIC, sé analizar la sostenibilidad desde la perspectiva holística a través de sus tres dimensiones: medioambiental, social y económica

88 responses



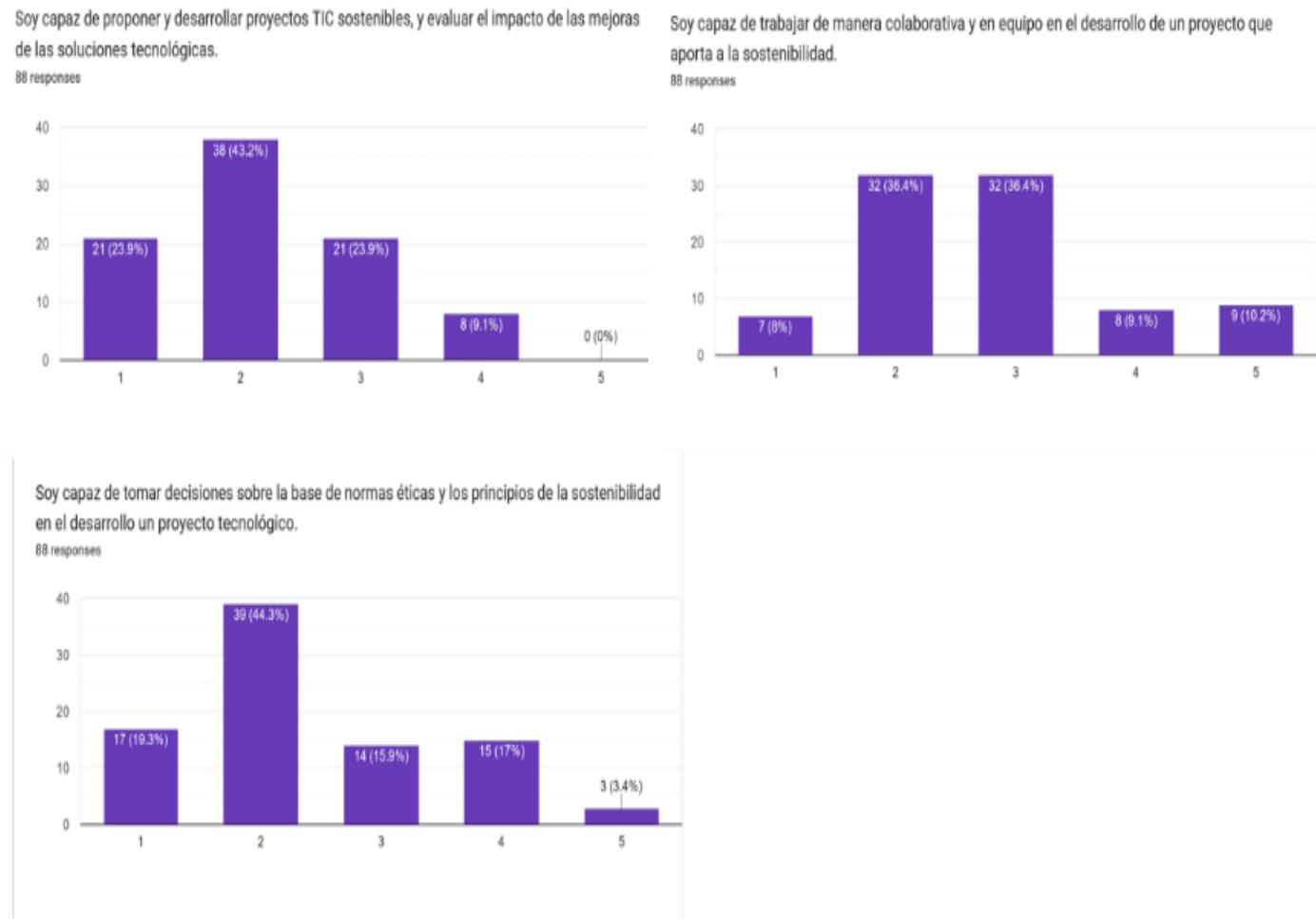
Soy capaz de realizar un análisis de factibilidad de mi solución TIC, evaluando los riesgos futuros en función de la sostenibilidad del proyecto.

88 responses



Fuente: Elaboración de autores

Figura 6: Respuestas a las preguntas 8, 9 y 10



Fuente: Elaboración de autores

Como parte de la segunda etapa se diseñaron orientaciones desde cuatro actividades docentes basadas en la experiencia de los autores en correspondencia con los núcleos de conocimiento de la inteligencia artificial.

Los contenidos relacionados con la IA se concentran en la asignatura Inteligencia Artificial y la asignatura Aprendizaje Automático que deben recibir los alumnos en el tercer año y cuarto año académicos en la carrera ICI según el Plan de Estudio E.

En Inteligencia Artificial se imparten los núcleos de conocimiento relacionados con el razonamiento a través del estudio de los métodos y algoritmos de búsqueda heurística como: Primero el Mejor, A*, Escalador de Colinas, los métodos de búsquedas con adversarios y los algoritmos genéticos; la representación del conocimiento se analiza a partir del diseño de redes semánticas, reglas de producción, sistemas basados en casos, ontologías y de la programación lógica con la utilización de listas y otras estructuras en lenguaje PROLOG. Además, se da tratamiento a la incertidumbre en los Sistemas basados en el conocimiento por medio de la resolución de ejercicios aplicando la lógica difusa. Como parte del sistema de evaluación se realizan dos trabajos de control parcial, un examen final y dos seminarios sobre aplicaciones de la Inteligencia Artificial. El texto de referencia en la bibliografía de la asignatura se titula: "Inteligencia Artificial. Un enfoque Moderno" (Russell y Norvig, 2010), basados en este se elaboran los materiales docentes.

En la asignatura Aprendizaje Automático se estudia el aprendizaje como otro núcleo de conocimiento importante, en sus variantes: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado y aprendizaje reforzado. Esta asignatura concluye con la realización de una tarea extra clase en la que el estudiante debe realizar un ejercicio práctico con un conjunto de datos de prueba donde aplique alguna de las técnicas para la extracción de conocimiento.

El análisis en torno a las características de ambas asignaturas, la actualidad de la disciplina inteligencia artificial y su vertiginoso crecimiento junto a las tecnologías de la industria 4.0, la urgencia de crear conciencia en las universidades sobre la necesidad de cumplir la Agenda 2030 y en especial las metas de los ODS, conducen a los autores a recomendar un conjunto de actividades docentes considerando estas particularidades, en los programas de ambas asignaturas. La pertinencia de la propuesta está sustentada en los siguientes elementos:

- Existe una sinergia natural entre Inteligencia Artificial y desarrollo sostenible, y un gran debate a nivel internacional sobre cómo puede esta puede contribuir al cumplimiento de los ODS (Vinuesa et al., 2020) we find that AI can enable the accomplishment of 134 targets across all the goals, but it may also inhibit 59 targets. However, current research foci overlook important aspects. The fast development of AI needs to be supported by the necessary regulatory insight and oversight for AI-based technologies to enable sustainable development. Failure to do so could result in gaps in transparency, safety, and ethical standards.", "container-title": "Nature Communications", "DOI": "10.1038/s41467-019-14108-y", "ISSN": "2041-1723", "issue": "1", "journalAbbreviation": "Nat Commun", "language": "en", "license": "2020 The Author(s); Montes et al., 2021).
- Se hace necesario la incorporación de un componente práctico en ambas asignaturas que demuestre la amplia aplicabilidad en diversas ramas del saber y en la solución de problemas reales, atemperado a las tendencias actuales del desarrollo de sistemas inteligentes.
- Ambas asignaturas se imparten en años superiores de la carrera ICI, en los últimos períodos docente donde el estudiante domina técnicas y lenguajes de programación y algorítmicas por lo que dispone de un amplio espectro de herramientas para dar solución a problemas del ejercicio de la profesión.
- Los productos de software de la red de centros de desarrollo de la UCI carecen de un valor agregado que con la incorporación de técnicas "inteligentes" elevan su calidad en contribución a la transformación digital y al desarrollo sostenible de la nación.
- Las dos asignaturas propician el desarrollo de la capacidad de pensamiento sistémico, de resolución de problemas y pueden ser utilizadas para el trabajo en equipo, totalmente alineada a las competencias clave en sostenibilidad y tributando así a los modos y esferas de actuación del ingeniero en ciencias informáticas.
- El sistema de evaluación puede ser aprovechado para medir resultados aplicados a proyectos reales, donde el estudiante aprecie su utilidad y disponga de herramientas para la toma de decisiones en la práctica.

Los autores son docentes de estas materias e investigan en temáticas afines, de ahí la selección y propuesta del contenido a abordar junto a las anteriores consideraciones.

La actividad docente 1 como se muestra en la Tabla 2, está orientada hacia el estudio de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas, así como las normativas que rigen la sostenibilidad. Incluye tareas que invitan a reflexionar sobre la necesidad de realizar acciones para el cumplimiento de los objetivos del milenio. Se indica a los alumnos revisar el estado del arte sobre los algoritmos de búsqueda heurística estudiados en clases, los cuales conforman el núcleo de conocimiento relacionado con el razonamiento.

Tabla 2. Actividad Docente 1: "Métodos de búsqueda heurística" (Razonamiento)

Orientaciones Actividad Docente 1	Competencia a la que contribuye
Estudie los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), sus metas y normativas que rigen la sostenibilidad.	Competencia Normativa
Reúnase en equipo y reflexione sobre la necesidad de realizar acciones hacia el cumplimiento de los mismos.	Competencia de Colaboración, Autoconciencia
Realice una revisión del estado del arte relacionado con aplicaciones de los Algoritmos de búsqueda heurística estudiados, en cualquiera de los ODS.	Pensamiento Sistémico, Pensamiento crítico
Elabore un informe donde usted valore críticamente cómo fueron aplicados los algoritmos anteriores relacionados con los ODS. Especifique y argumente con qué ODS se relaciona en cada caso.	Pensamiento crítico

Aporte su criterio sobre las aplicaciones estudiadas respecto a cómo impactan en las dimensiones medioambiental, social y económica de la sostenibilidad.	Pensamiento crítico
Exponga ideas sobre posibles soluciones desde otros métodos de búsqueda de la IA que pueden ser aplicados para hacer más sostenible el proyecto.	Competencia Anticipatoria, Competencia Estratégica, Resolución de problemas

Fuente: Elaboración de autores

Para abordar el tratamiento de la incertidumbre se propone realizar la actividad docente 2 según lo expresado en la Tabla 3. Para ello los alumnos deben proponer un proyecto basado en técnicas de IA que aporte a la sostenibilidad de su entorno. Además, se motiva a debatir y plantear acciones que favorezcan la toma de decisiones como forma de anticiparse para el cumplimiento de los ODS.

Tabla 3. Actividad Docente 2: “Tratamiento de la Incertidumbre”

Orientaciones Actividad Docente 2	Competencia a la que contribuye
Reúnase en equipo y proponga un proyecto basado en técnicas de Inteligencia artificial que usted considere aporte a la sostenibilidad de su comunidad.	Competencia de Colaboración, Competencia de Autoconciencia
Identifique a qué ODS corresponde la problemática abordada.	Pensamiento Sistémico
Realice una revisión del estado del arte relacionado con aplicaciones de los SBC en el ODS correspondiente que incluya su posición al respecto.	Pensamiento Crítico
Desarrolle un módulo inteligente en su proyecto que contemple el tratamiento de la incertidumbre y explique cómo fue concebida y los beneficios de considerar la incertidumbre.	Pensamiento Sistémico, Competencia Anticipatoria, Estratégica, Resolución de Problemas
Exprese su opinión sobre qué decisiones o acciones recomienda el sistema inteligente y su importancia para la toma de decisiones anticipadas en favor de alcanzar los ODS.	Competencia Anticipatoria, Competencia Estratégica, Pensamiento Crítico

Fuente: Elaboración de autores

Otro de los núcleos básicos de conocimiento de la IA es la representación del conocimiento. Como parte del programa académico se estudian varias formas de representación y con las acciones propuestas en la actividad docente 3 reflejadas en la Tabla 4, se pretende que este contenido se aplique en la temática de los ODS. De este modo, se estimulan las diferentes competencias transversales de la sostenibilidad planteadas en la literatura.

Tabla 4. Actividad Docente 3: “Representación del conocimiento”

Orientaciones Actividad Docente 3	Competencia a la que contribuye
Reúnase en equipo e identifique y formule un problema relacionado con uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que requiera ser resuelto con técnicas de IA.	Competencia de Colaboración, Pensamiento Sistémico, Resolución de Problemas
Realice una revisión del estado del arte que describa con qué técnicas de IA ha sido abordado ese problema hasta el momento. Adopte una posición al respecto.	Pensamiento Crítico
Elabore un informe describiendo cómo fueron aplicadas las técnicas de IA para la representación del conocimiento. Aporte su criterio sobre las aplicaciones estudiadas respecto a cómo impacta en los ODS.	Pensamiento Sistémico, Pensamiento Crítico Competencia de Autoconciencia
Describa qué técnica de IA aplicaría para dar solución al problema planteado. Explique qué forma de representación del conocimiento considera más adecuada.	Competencia Anticipatoria
Elabore un software utilizando técnicas de IA para dar solución a la problemática identificada.	Pensamiento Sistémico, Resolución de Problemas
Describa a qué conclusiones llegan como investigadores valorando el significado de los resultados más importantes obtenidos y comente qué acciones usted propone adoptar.	Competencia Estratégica

Fuente: Elaboración de autores

En la actividad docente 4, se invita a los alumnos a desarrollar en equipo, un proceso de descubrimiento de conocimiento tomando como referencia los datos estadísticos del informe anual sobre el comportamiento de los países en cada una de las metas de los ODS. Para lograrlo, deben aplicar diferentes técnicas y algoritmos de aprendizaje

automático estudiados en clases. Las orientaciones se especifican en la Tabla 5, así como su contribución a las diferentes competencias de la sostenibilidad.

Tabla 5. Actividad Docente 4: “Algoritmos de aprendizaje automático”

Orientaciones Actividad Docente 4	Competencia a la que contribuye
Trabaje de manera colaborativa (en equipo) en la identificación y formalización de un problema en torno al estudio de los ODS que pueda ser abordado con algoritmos de aprendizaje automático.	Competencia de Colaboración, Pensamiento Sistémico
Valore críticamente mediante una revisión del estado del arte que describa con qué técnicas de Aprendizaje automático ha sido abordado ese problema hasta el momento. Adopte una posición al respecto.	Pensamiento Crítico
Describa mediante un análisis exploratorio de los datos cómo se comportan las diferentes regiones en cuanto al cumplimiento de las metas de los ODS en las dimensiones medioambiental, social y económica. Enfatice en su región.	Competencia de Autoconciencia
Aplique el algoritmo correspondiente para resolver el problema formulado, y compare los resultados entre varios algoritmos.	Resolución de Problemas
Analice e interprete los resultados obtenidos, exponiendo qué acciones usted propone adoptar para hacer más sostenible el proyecto desarrollado por usted.	Competencia Estratégica, Pensamiento Crítico
Valore la calidad y aplicabilidad en otros contextos de los resultados obtenidos a partir de un análisis de factibilidad que tenga en cuenta los riesgos.	Competencia de Autoconciencia, Competencia Anticipatoria, Resolución de Problemas

Fuente: Elaboración de autores

Contribución a las competencias clave para la Sostenibilidad

Como resultado de la tercera etapa se comenta un ejemplo de uno de los proyectos realizados por estudiantes en la actividad docente 4 donde se utilizaron datos relativos al cumplimiento de las metas de los ODS por países y regiones según informe de referencia de las naciones unidas.

Se seleccionó la asignatura Aprendizaje Automático, que se impartió en quinto año de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas. Dentro de ella se trabaja con la actividad docente correspondiente a la tarea extra clase de la asignatura, la cual se orienta desde la semana 8 del período escolar. El objetivo de esta evaluación final consiste en: Desarrollar el flujo completo de un proceso de descubrimiento de conocimiento en base de datos sobre un conjunto de datos utilizando una plataforma para tareas de aprendizaje automático. La investigación se desarrolló tomando como muestra los dos grupos docentes de quinto año de la facultad 2 para una matrícula total de 56 estudiantes.

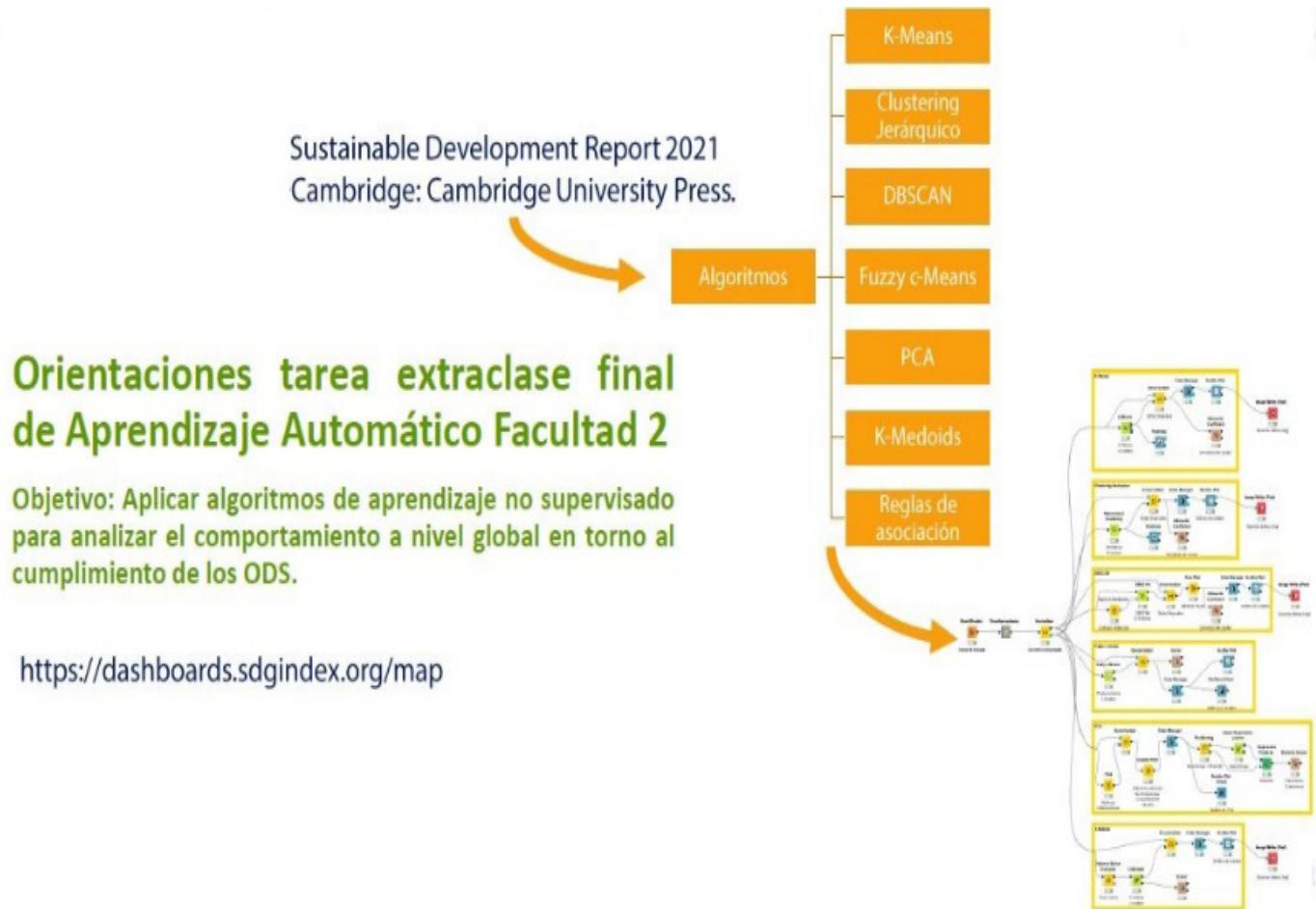
Se ofrecieron indicaciones sobre la manera de proceder para realizar la tarea extraclasses en el curso 2022. Se seleccionó el conjunto de datos “SDR 2021” (del inglés Sustainable Development Goal Report) que contiene información estadística sobre los países y el cumplimiento de los objetivos y sus metas. Se conformaron grupos de estudiantes a los cuales se asignaron algoritmos de aprendizaje automático supervisado y no supervisado. Adicionalmente se le pidió a cada equipo que abordara un ODS y en el caso de algunos equipos se les solicitó que realizaran el análisis por regiones de países, lo que permitió posteriormente comparar dos o más regiones. En la Figura 7 se ilustra un esquema general de las orientaciones de la tarea extra clase.

En correspondencia con los objetivos del año y de la asignatura y con los modos y esferas de actuación del profesional declarados en el Plan de Estudio, los estudiantes deben ser capaces de demostrar habilidades como:

- Identificar y formalizar el problema a resolver en torno al estudio de los ODS.
- Analizar los datos de manera exploratoria.
- Caracterizar el algoritmo de aprendizaje automático asignado.
- Explicar el procedimiento seguido para resolver el problema planteado.
- Aplicar el algoritmo correspondiente realizando las adecuaciones pertinentes.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos.
- Comparar los resultados entre varios algoritmos.

- Valorar la calidad y aplicabilidad en otros contextos de los resultados.

Figura 7. Esquema general de las orientaciones de la tarea extra-clase.



Fuente: Elaboración de autores

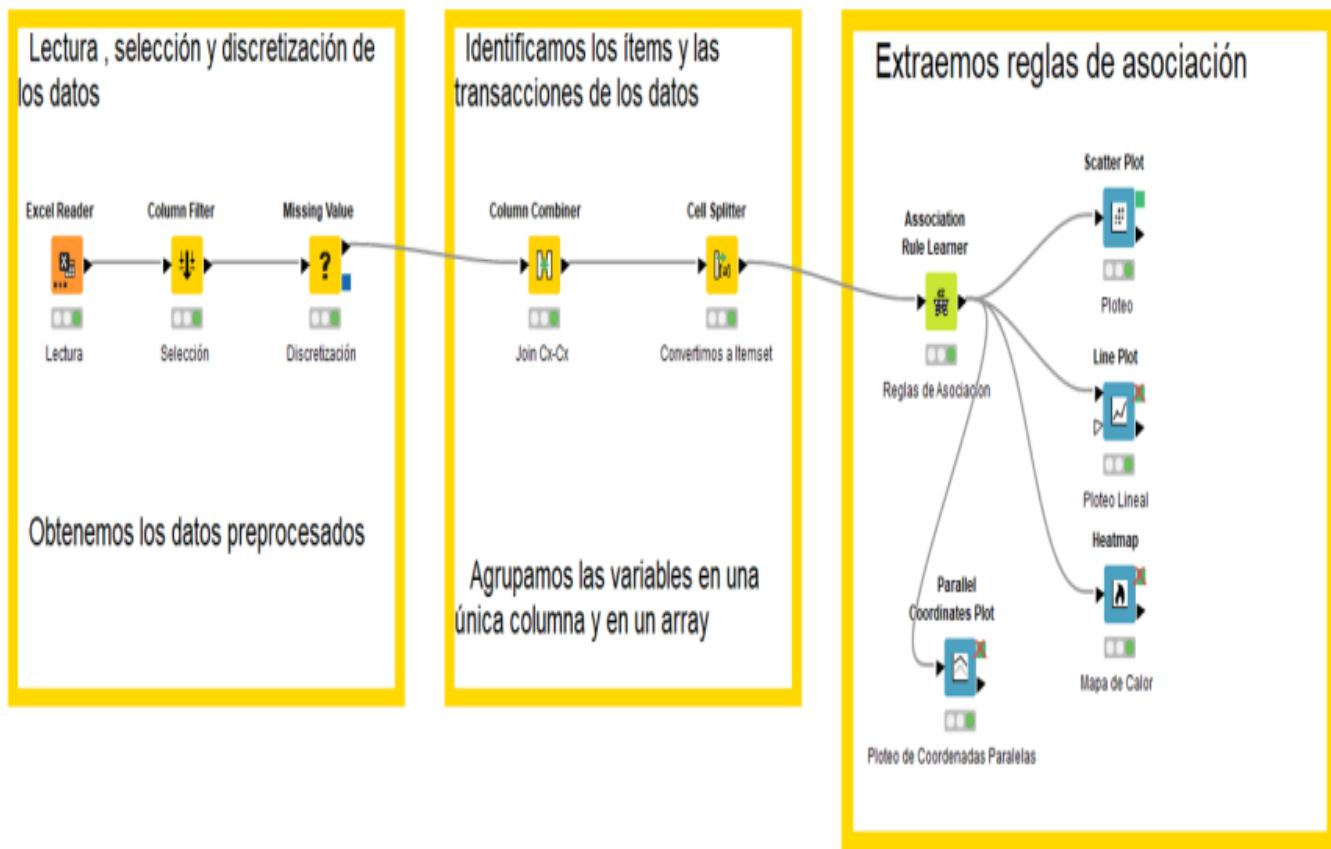
El conjunto de datos está conformado por 194 columnas que se corresponden con los países y 125 filas que representan el índice de cumplimiento de cada una de las metas de los ODS. Los algoritmos asignados para el estudio fueron en su mayoría de tipo no supervisado pues la base de datos no cuenta con datos etiquetados y se desea realizar un análisis sobre los mismos, aunque también se realizaron experimentaciones con algoritmos de tipo supervisado. Se seleccionó una muestra variada de algoritmos no supervisados que incluye aquellos de tipo particionales, jerárquicos y las variantes difusas.

Ejemplo que ilustra lo realizado por un equipo de estudiantes: Formulación de problema.

En el año 2021 se recogieron datos de distintas índoles, que afectan directamente a uno o varios objetivos del desarrollo sostenible, como parte de un proceso de monitoreo de la Agenda 2030. De ellos se conocen los países donde se registraron parámetros relacionados a la emisión de gases dañinos a la atmósfera y ciudades, como lo son el CO2 y el SO2. Con el objetivo de elaborar un plan de contingencia ante dichas situaciones, es necesario la implementación de un algoritmo que sea capaz de determinar los países que, bajo estos indicadores, se encuentren afectando en mayor medida al medioambiente y sus ecosistemas. Ello fomentaría el cumplimiento del objetivo 13: Acción por el clima.

En la Figura 8 se muestra como ejemplo, el flujo de trabajo del proceso de descubrimiento de conocimiento desarrollado por un equipo de estudiantes al realizar la actividad docente 4.

Figura 8: Esquema del flujo de un proceso de descubrimiento de conocimiento desarrollado por estudiantes



Fuente: Elaboración de autores

En el orden académico se obtienen resultados como: Se conformaron grupos de países con comportamiento similar, permitiendo realizar análisis sobre las regiones y naciones que avanzan o no en el cumplimiento de las metas de los ODS. Se obtuvieron los factores (y su grado de importancia) que realmente influyen en el comportamiento de los países. Se obtuvieron reglas de asociación que permiten establecer cuán relacionados se encuentran los indicadores y la detección de comportamientos atípicos de ciertos países. Como parte de este ejercicio los alumnos pudieron comparar algoritmos y analizar cuál obtiene los mejores resultados respecto al conjunto de datos. Todo ello, permitió que los estudiantes aportaran sus criterios, valoraciones y propuestas sobre qué decisiones o acciones recomendar para la toma de decisiones en favor de alcanzar los ODS. Se logró la concientización sobre las problemáticas del desarrollo sostenible, además se realizaron varias preguntas de comprobación durante las exposiciones orales donde se apreció un nivel superior de familiarización con la temática del desarrollo sostenible. A través de los proyectos presentados los estudiantes evidenciaron competencias que antes de iniciar la actividad docente no manifestaban.

Un importante resultado de la tercera etapa de la metodología propuesta, está relacionado con la contribución a las competencias para la sostenibilidad. Los autores estiman que, desde las habilidades adquiridas por los estudiantes durante la realización de las actividades docentes, se tributa al desarrollo de varias de las competencias clave de la sostenibilidad enunciadas anteriormente.

En la gráfica de la Figura 9 se muestran las competencias que los autores consideran que se potencian desde las tareas a realizar en cada una de las actividades docentes diseñadas.

Figura 9. Competencias más intencionadas desde las orientaciones docentes.



Fuente: Elaboración de autores

El análisis a priori se ilustra en las anteriores tablas de orientaciones de las actividades docentes, donde es posible apreciar el alto nivel de cubrimiento de las competencias transversales clave de la sostenibilidad a partir de las indicaciones dadas a los estudiantes. Por otra parte, se evidencia que las competencias de resolución de problemas, pensamiento sistémico y pensamiento crítico son las que más se propician como se ilustra en la Figura 9. Vale destacar que esta es una investigación en curso (actualmente se desarrollan las actividades docentes 1, 2 y 3) que, aunque ya arroja resultados preliminares (como los comentados en este apartado), debe concluirse a partir de la ejecución de todas las actividades y de la aplicación nuevamente del cuestionario de diagnóstico inicial para determinar en qué medida se logra contribuir al desarrollo de las competencias en sostenibilidad.

CONCLUSIONES

En este trabajo se proponen y analizan un conjunto de ideas y acciones sobre cómo contribuir al desarrollo de competencias clave de la sostenibilidad en estudiantes de la carrera Ingeniería en Ciencias Informáticas desde los núcleos de conocimientos de la inteligencia artificial. El diagnóstico realizado tomado como punto de partida en la investigación, arrojó bajos niveles de conocimiento y competencias aún en desarrollo en el grupo de alumnos participantes en el estudio. Para transformar favorablemente esta situación, los autores diseñaron un conjunto de actividades docentes con orientaciones dirigidas a adquirir habilidades, actitudes y valores en correspondencia con las competencias en sostenibilidad definidas en la literatura consultada.

Aunque esta es una investigación que aún no ha concluido, entre los resultados a priori más importantes se destaca el alto cubrimiento de las competencias transversales clave de la sostenibilidad desde la concepción de cada actividad docente. En particular, con las actividades

propuestas por los docentes, se favorece el desarrollo de competencias de resolución de problemas, pensamiento sistémico y pensamiento crítico con marcado énfasis en el aspecto de desarrollo sostenible. Además, se demuestra que desde las asignaturas es posible movilizar el pensamiento de los estudiantes y profesores en función de los ODS logrando un compromiso con la consecución de las metas globales.

Las líneas futuras de investigación deben estar relacionadas con la formación de competencias en los educadores para la sostenibilidad (lo que implica un cambio de paradigma en la enseñanza-aprendizaje situando al profesor como un facilitador del aprendizaje) y con la evaluación de dichas competencias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bajo Sanjuán, A., Plasencia Soler, J. A., y Ortega Larrea, A. L. (2022). Competencies for sustainability in Computer EngineeringDegrees in Spain: A contribution to EU Strategy for 2050. *Leveraging New Business Technology for a Sustainable Economic Recovery: XXXVI Congreso Anual AEDEM: 1 al 3 de Junio de 2022, Pozuelo de Alarcón, Madrid*, p. 159, 159. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8657825>

Braßler, M. y Sprenger, S. (2021). Fostering sustainability knowledge, attitudes, and behaviours through a tutor-supported interdisciplinary course in education for sustainable development. *Sustainability*, 13(6), 3494.

Brundiers, K., Barth, M., Cebrián, G., Cohen, M., Diaz, L., Doucette-Remington, S., Dripps, W., Habron, G., Harré, N., y Jarchow, M. (2021). Key competencies in sustainability in higher education—Toward an agreed-upon reference framework. *Sustainability Science*, 16, 13-29.

Lozano, R., Barreiro-Gen, M., Pietikäinen, J., Gago-Cortes, C., Favi, C., Jimenez Munguia, M. T., Monus, F., Simao, J., Benayas, J., y Desha, C. (2022). Adopting sustainability competence-based education in academic disciplines: Insights from 13 higher education institutions. *Sustainable Development*, 30(4), 620-635.

Montes, R., Melero, F. J., Palomares, I., Alonso, S., Chia-chio, J., Chiachio, M., Molina, D., Martínez-Cámarra, E., Tabik, S., y Herrera. (2021). *Inteligencia Artificial y Tecnologías Digitales para los ODS* (Publicación de la Real Academia de Ingeniería). <https://www.raing.es/libro/inteligencia-artificial-y-tecnologias-digitales-para-los-ods/>

Noa, A. T. (2023). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el profesional de Ciencias de la Información. *Ciencia & Futuro*, 13(3), Article 3.

Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Ludolf, N. V.-E., Meiriño, M. J., Abreu, C., Anholon, R., Vieira Neto, J., y Rodrigues, L. S. G. (2019). Engineering education and the development of competencies for sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(4), 614-629.

Redman, A., Wiek, A., y Barth, M. (2021). Current practice of assessing students' sustainability competencies: A review of tools. *Sustainability Science*, 16(1), 117-135. <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00855-1>

Russell, S. J. y Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence a modern approach* (Third Edition). London.

Santiago-Ávila, I. y Aldana-Aldana, Y. (2022). Los objetivos para el desarrollo sostenible en el proceso de formación en la carrera de Medicina. *Ciencia & Futuro*, 12(1), 144-154.

SDSN. (2020, septiembre 22). *Guía SDSN: Acelerando la educación para los ODS en las universidades. Redssdsn*. <https://reds-sdsn.es/accelerating-sdg-education/>

Segalàs Coral, J. y Sánchez Carracedo, F. (2019). El proyecto EDINSOST. Formación en las Universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1(1), 1204-1216.

Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P., y Hernández, A. (2019). Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. *Sustainability*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/su11072086>

UCI. (2019). *Plan de Estudios "E" Ingeniería en Ciencias Informáticas*. La Habana: Universidad de las Ciencias Informáticas–Ministerio de Educación Superior.

Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., y Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>

Wiek, A., Withycombe, L., y Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: A reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203-218. <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>