

# ***Ontologies4SDGs: un repositorio abierto de recursos didácticos para la enseñanza de inteligencia artificial simbólica alineando objetivos docentes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030***

Natalia Díaz-Rodríguez\*, I.J. Pérez\*,  
Juan Gómez-Romero\* & J.L. Castro

Dept. of Computer Science and Artificial Intelligence, \*DaSCI  
Andalusian Institute in Data Science and Computational Intelligence,  
University of Granada, Spain  
nataliadiaz@ugr.es

Isabelle Bloch

Sorbonne Université, CNRS, LIP6,  
Paris and LTCI, Télécom Paris  
Institut Polytechnique de Paris  
France

## **Resumen**

La iniciativa TeachSDGs.org fomenta la necesidad de implantar la concienciación de la sociedad para trabajar hacia un desarrollo sostenible, dentro de la agenda para el 2030 de las Naciones Unidas, junto con su programa de objetivos de desarrollo sostenible (ODS, SDGs en inglés). Por otro lado, las nuevas agendas de financiación en investigación y desarrollo en ciencias de la computación e inteligencia artificial están rápidamente adaptándose a la regulación europea en torno al marco de las directivas éticas para una IA confiable. El diseño, desarrollo y uso de modelos de inteligencia artificial que cada vez es más ubicuo en nuestras vidas, precisa de principios éticos y derechos fundamentales listados en tales directivas. Un ejemplo son las directivas detalladas por el grupo de expertos de alto nivel en IA (High-Level Expert Group on Artificial Intelligence) de la Unión Europea. El proyecto de innovación docente *Ontologies4SDGs* pretende transferir conocimiento adquirido en el Institut Polytechnique de Paris, y la adopción de prácticas de TeachSDGs en asignaturas equivalentes. Para ello, publicamos un repositorio abierto con recursos didácticos y de utilidad tanto para docentes como alumnos de Ingeniería del Conocimiento, basada en el diseño de ontologías aplicadas a alcanzar los ODS.

## **Abstract**

The TeachSDGs.org initiative promotes the need to raise society's awareness to work towards sustainable development within the United Nations' 2030 agenda, along with its program of sustainable development goals (SDGs). On the other hand, the new funding agendas for research and development in compu-

ter science and artificial intelligence are rapidly adapting to European regulation regarding the ethical framework for reliable AI. The design, development, and use of AI models, which are increasingly ubiquitous in our lives, require ethical principles and fundamental rights listed in such directives. An example are the European Union High-Level Expert Group Guidelines for trustworthy Artificial Intelligence. The *Ontologies4SDGs* educational innovation project is aligned with these guidelines and aims to transfer knowledge acquired at the Institut Polytechnique de Paris and the adoption of TeachSDGs practices to equivalent courses. To this end, we have published an open repository with didactic and useful resources for both teachers and students of Knowledge Engineering, based on ontology design applied to achieve the SDGs.

## **Palabras clave**

Ontologías, ODS de la ONU, Lógica descriptiva

## **1. Introducción**

Con el objetivo de proporcionar una visión transformadora para un futuro sostenible para nuestro planeta [9], la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible promueve la necesidad de implementar la conciencia social para trabajar hacia el desarrollo sostenible, junto con su programa de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Por otro lado, las nuevas agendas de financiación en investigación y desarrollo en informática e inteligencia artificial (IA) se están adaptando rápidamente a la normativa europea en torno al marco de directivas éticas para la IA de confianza. El diseño, desarrollo y uso de

modelos de inteligencia artificial, cada vez más omnipresentes en nuestras vidas, requieren principios éticos y derechos fundamentales recogidos en dichas directivas. Un ejemplo son las Directrices Éticas para una IA Responsable detalladas por el Grupo de Expertos de Alto Nivel sobre Inteligencia Artificial de la Unión Europea o el próximo reglamento sobre IA, The AI Act.

La velocidad a la que el desarrollo tecnológico se está produciendo e impactando en nuestro mundo, entre otros factores, ha motivado la necesidad de alinear la consecución de los últimos avances en IA con los ODS de Naciones Unidas [10, 12] para asegurar un impacto positivo en nuestro futuro.

El proyecto *Ontologies4SDGs* pretende transferir el conocimiento adquirido en el Instituto Politécnico de París (ENSTA París y Télécom París), para la adopción de prácticas similares a las de la iniciativa *TeachSDGs* en asignaturas equivalentes. Para ello, el objetivo es publicar un repositorio con recursos didácticos y útiles tanto para profesores como para alumnos de Ingeniería del Conocimiento basados en ontologías aplicadas a la consecución de los ODS. Por tanto, este proyecto aún diversos intereses con el objetivo común de actualizar las actividades docentes dirigidas a los alumnos e implicar al equipo docente en la consecución de los ODS: Inculcar las necesidades de adaptar los temarios y guías docentes a los problemas urgentes de la sociedad y educar en la concienciación de los problemas de impacto social, para una mejor educación y mayor implicación social del alumnado en el aprendizaje de las tecnologías exigidas por las últimas normativas de la UE sobre IA ética y fiable [1].



Figura 1: Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU).

## 2. Enseñando inteligencia artificial simbólica y diseño de ontologías para alcanzar los ODS

Este proyecto se inició durante un curso sobre lógica e inteligencia artificial simbólica, impartido a ni-

vel de máster en Télécom Paris<sup>1</sup>. Este curso reúne a estudiantes de Télécom París, ENSTA París y varios programas de Master del Instituto Politécnico de París (alrededor de 100 estudiantes cada año). El curso abarca diferentes temas, entre ellos los fundamentos de la lógica (proposicional, de predicados, de primer orden, modal, de descripción, lógica difusa), problemas de razonamiento típicos de la IA (revisión, fusión, abducción, razonamiento espacial), aprendizaje simbólico (árboles de decisión, reglas de asociación, análisis formal de conceptos) y ontologías. Es un complemento importante, muy apreciado por los estudiantes, de otros cursos sobre otros dominios de la inteligencia artificial, en particular las redes neuronales. Las lecciones logran un buen equilibrio entre las bases de la inteligencia artificial simbólica y algunos temas avanzados seleccionados. Permite a los alumnos adquirir destrezas para comprender distintos tipos de familias lógicas, formular razonamientos en dichos lenguajes formales y manipular herramientas de representación del conocimiento mediante el uso de OWL y Protégé. Además de las lecciones teóricas sobre ontologías, esta parte del curso incluye un pequeño proyecto que los estudiantes tienen que realizar para construir su propia ontología. Este es el tema central de este artículo.

Para ayudar a alcanzar los ODS de la ONU y los esfuerzos de las Naciones Unidas dentro de las aulas K-12, la organización TeachSDGs contribuye a la Agenda 2030 conectando con educadores globales dedicados a responder a una llamada a la acción dentro de la educación para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible. También apunta a recursos abiertos y accesibles, planes de lecciones y proyectos globales directamente alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y avanza el trabajo de las Naciones Unidas en relación con la educación a través de la promoción y divulgación para informar a las partes interesadas de la educación K-12 y superior, definidas como educadores, estudiantes, padres y miembros de la comunidad. Como embajadores de TeachSDGs, hemos puesto en marcha esta iniciativa fijando como objetivo que los estudiantes aprendan a elaborar ontologías teniendo en mente una clara aplicación en el mundo real que resuelva uno de los ODS.

## 3. El repositorio *Ontologies4SDGs*

En esta sección, presentamos el nuevo repositorio de código abierto de métodos formales de Representación del Conocimiento basados en ingeniería de ontologías y casos prácticos de uso en el desarrollo de ontologías para SDGs.

<sup>1</sup><https://perso.telecom-paristech.fr/bloch/OptionIA/Logics-SymbolicAI.html>

Díaz-Rodríguez *et al.*: *Ontologies4SDGs*: un repositorio abierto de recursos didácticos para la enseñanza de inteligencia artificial simbólica alineando objetivos docentes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030

El material producido sirve como tutorial prácticos en cursos de Lógica, Ingeniería del Conocimiento, IA Explicable (XAI) [3] o Ingeniería de Ontologías dentro del paradigma de la IA simbólica. Las ontologías se consideran métodos formales, dentro de modelos de representación del conocimiento y pueden servir para elaborar enfoques *explainable by design* o híbridos como los *modelos explicables de caja gris* [4], para guiar modelos de deep learning [2, 7] y en aplicaciones industriales (sistemas de recomendación [5], vida asistida [6], etc.).

Por ello destacamos la relevancia de la asignatura que pretende impartir un módulo introductorio al modelado semántico de representación del conocimiento con ontologías). Los objetivos de *Ontologies4SDGs* son por tanto:

- Establecer un repositorio público común colaborativo y "vivo"<sup>2</sup> con ontologías ejemplares realizadas por estudiantes, que incluye directrices prácticas para diseñar y construir ontologías utilizando la herramienta Protégé y documentarlas con los estándares del sector W3C.
- Dar a conocer el portal *TeachSDGs* como una comunidad docente para diferentes niveles educativos para discutir buenas prácticas y estrategias de enseñanza. La idea es mostrar un ejemplo de cómo aplicar el tema de los ODS en sus prácticas docentes cotidianas.
- Dotar a los cursos de un sentido práctico, dando una visión industrial y realista de las metodologías formales -como las ontologías- a los estudiantes, basándose en los ODS de la ONU, para inspirar futuras investigaciones y/o desarrollos, por ejemplo, en el desarrollo de metodologías neurosimbólicas.

Para cada ontología contribuida al repositorio, se indica:

- La temática de la ontología.
- N° del ODS que aborda.
- Problema específico dentro del ODS que aborda.
- Estadísticas de la ontología: Número de clases, propiedades de datos, propiedades de objetos, individuos y problemas de inferencia que demuestran cómo funciona el razonamiento automático en OWL), métricas OQUARE [8] y *patologías OOPS!* (Ontology Pitfall Scanner!<sup>3</sup>) corregidas.
- Fuente de datos que inspiró o se utilizó para crear la ontología y aplicación o servicio para el que podría utilizarse esta ontología.
- Calificación por el diseño de la ontología.

<sup>2</sup>Cada nueva entrada en la base de datos debe ser moderada por un miembro docente responsable de asignatura (mediante *pull request*).

<sup>3</sup><https://oops.linkeddata.es/>

La evaluación de las ontologías se basa en: el n° de hechos MIRO reportados, n° de axiomas, clases y propiedades definidas en la ontología y otras métricas de la ontología, cuántos de los conceptos y relaciones anteriores son consistentes, y la cobertura del problema de dominio particular abordado. El desarrollo de las ontologías se realiza en Protégé, un IDE de ontologías útil para gestionar grandes ontologías y descubrir las existentes. Permite editar, visualizar y validar KBs<sup>4</sup>.

Durante el curso se actualizó constantemente en directo un documento de preguntas frecuentes (FAQ), en el que los alumnos pueden añadir nuevas preguntas como comentarios, para que sus respuestas se integren en esta wiki.

## 4. Conclusión

Como resultados docentes, 30 ontologías fueron publicadas en el repositorio *Ontologies4SDGs* con sus correspondientes estadísticas. Los alumnos mostraron creatividad diseñando, modelando y representando conocimiento para una potencial base de datos semántica que pueda responder a consultas comunes relacionadas con un ODS. Para ello, coleccionaron fuentes principales de información para representar el dominio de conocimiento, y en equipos seleccionaron principales entidades, propiedades de datos y de objeto a modelar. Finalmente modelaron la ontología en Protégé para demostrar la capacidad de razonamiento automático de la misma. Entre las ontologías creadas, se mapearon las necesidades docentes y el personal educativo en países en desarrollo, se mostraron dependencias y vulnerabilidad de especies amenazadas para conservar la biodiversidad en Amazonas, se modeló la planificación de la construcción evitando áreas propensas a desastres naturales, y se diseñó una base de datos para gestionar zonas potables y su relación con el estado del entorno a escala global, o para modelar efectos adversos de transfusiones de sangre, causas, síntomas y tratamientos.

La actividad generó mayor implicación en los alumnos con respecto a cursos anteriores (estos tenían dificultades acotando el problema, al no tener un objetivo definido a modelar).

Alineados con la misión de la *SDGs Interface Ontology (SDGIO)* de la FAO<sup>5</sup> de hacer datos más trazables y descubribles, hemos hecho público el repositorio colaborativo, *Ontologies4SDGs*, que queda abierto a contribuciones<sup>6</sup>. Alberga una base de datos didácti-

<sup>4</sup>Descargable en <https://protege.stanford.edu/>

<sup>5</sup><https://aims.fao.org/news/sustainable-development-goals-interface-ontology-sdgio-support-united-nations>

<sup>6</sup>*Ontologies4SDGs Repository*: <https://github.com/nataliadiaz/ontologies4sdgs>

ca de un curso de nivel de Master sobre IA Simbólica. Este repositorio complementa el material docente relativo a un módulo sobre lógicas de descripción e ingeniería del conocimiento y las mejores prácticas en este paradigma con ejemplos ilustrativos utilizando una mentalidad práctica alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU. La razón fundamental para usar aprendizaje basado en ejemplos la motivan y avalan las teorías de psicología [11]. En consonancia con esta teoría, los alumnos valoraron positivamente tener ejemplos en clase con respecto a otros años en que estos no fueron provistos y podemos afirmar que la wiki (FAQ) en google docs ayudó indudablemente a los estudiantes durante los años. Así, esperamos este recurso sea inspirador para educadores y estudiantes, no sólo en cuanto al estudio de la representación del conocimiento, sino también como parte del progreso del desarrollo de la IA.

## Agradecimientos

Agradecemos a los estudiantes del Curso IA301 en Paris Télécom y ENSTA Paris contribuidores a este repositorio, el Programa *TeachSDGs* y el Proyecto de Innovación y buenas prácticas docentes 2022-23 (Codigo 22-32, Plan FIDO, Universidad de Granada).

## Referencias

- [1] Sajid Ali, Tamer Abuhmed, Shaker El-Sappagh, Khan Muhammad, Jose M Alonso-Moral, Roberto Confalonieri, Riccardo Guidotti, Javier Del Ser, Natalia Díaz-Rodríguez, y Francisco Herrera. Explainable Artificial Intelligence (XAI): What we know and what is left to attain Trustworthy Artificial Intelligence. *Information Fusion*, p. 101805, 2023.
- [2] Fernando Amodeo, Fernando Caballero, Natalia Díaz-Rodríguez, y Luis Merino. OG-SGG: Ontology-Guided Scene Graph Generation—A Case Study in Transfer Learning for Telepresence Robotics. *IEEE Access*, 10:132564–132583, 2022.
- [3] Alejandro Barredo Arrieta, Natalia Díaz-Rodríguez, Javier Del Ser, Adrien Bénéttot, Siham Tabik, Alberto Barbado, Salvador García, Sergio Gil-López, Daniel Molina, Richard Benjamins, Raja Chatila, y Francisco Herrera. Explainable Artificial Intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information fusion*, 58:82–115, 2020.
- [4] Adrien Bénéttot, Gianni Franchi, Javier Del Ser, Raja Chatila, y Natalia Díaz-Rodríguez. Grey-box XAI: a Neural-Symbolic learning framework to produce interpretable predictions for image classification. *Knowledge-Based Systems*, 258:109947, 2022.
- [5] Kurt Bollacker, Natalia Díaz-Rodríguez, y Xian Li. *Extending Knowledge Graphs with Subjective Influence Networks for Personalized Fashion*, pp. 203–233. Springer International Publishing, Cham, 2019.
- [6] Natalia Díaz-Rodríguez, Stefan Grönroos, Frank Wickström, Johan Lilius, Henk Eertink, Andreas Braun, Paul Dillen, James Crowley, y Jan Alexandersson. An ontology for wearables data interoperability and ambient assisted living application development. En *Recent Developments and the New Direction in Soft-Computing Foundations and Applications*, pp. 1–10. Springer, 2018.
- [7] Natalia Díaz-Rodríguez, Alberto Lamas, Jules Sanchez, Gianni Franchi, Ivan Donadello, Siham Tabik, David Filliat, Policarpo Cruz, Rosana Montes, y Francisco Herrera. EXplainable Neural-Symbolic Learning (X-NeSyL) methodology to fuse deep learning representations with expert knowledge graphs: the MonuMAI cultural heritage use case. *Information Fusion*, 79:58–83, 2021.
- [8] Astrid Duque-Ramos, Manuel Quesada-Martínez, Miguela Iniesta-Moreno, Jesualdo Fernandez-Breis, y Robert Stevens. Supporting the analysis of ontology evolution processes through the combination of static and dynamic scaling functions in OQuARE. *Journal of Biomedical Semantics*, 7, 10 2016.
- [9] Cf: ODDS. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. *United Nations: New York, NY, USA*, 2015.
- [10] Iván Palomares, Eugenio Martínez-Cámara, Rosana Montes, Pablo García-Moral, Manuel Chiachio, Juan Chiachio, Sergio Alonso, Francisco J Melero, Daniel Molina, Bárbara Fernández, Cristina Moral, Rosario Marchena, Javier Pérez de Vargas, y Francisco Herrera. A panoramic view and swot analysis of artificial intelligence for achieving the sustainable development goals by 2030: progress and prospects. *Applied Intelligence*, 51:6497–6527, 2021.
- [11] Patrick Shafto, Noah D Goodman, y Thomas L Griffiths. A rational account of pedagogical reasoning: Teaching by, and learning from, examples. *Cognitive psychology*, 71:55–89, 2014.
- [12] José Luis Verdegay. *Computational Intelligence Methodologies Applied to Sustainable Development Goals*, volumen 1036. Springer Nature, 2022.