


Aprendizaje de los ODS en Protección Radiológica en estudios de Máster


SDGs Learning in Radiological Protection in Master Degree

J.F. Villanuevaa, M. Sáezb, S. Carlosc y S. Martorelld

aDept. de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, jovillo0@iqn.upv.es, 

bLaboratorio de Radiactividad Ambiental, Universitat Politècnica de València masaemu0@etsii.upv.es, 

cDept. de Ingeniería Química y Nuclear, Universitat Politècnica de València, scarlos@iqn.upv.es,  y

dDept. de Ingeniería Química y Nuclear y Laboratorio de Radiactividad Ambiental, Universitat Politècnica de València, smartore@iqn.upv.es, 

How to cite: J.F. Villanueva, M. Sáez, S. Carlos y S. Martorell. 2023. *Aprendizaje de los ODS en Protección Radiológica en estudios de Máster*. En libro de actas: *IX Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 13 - 14 de julio de 2023. Doi: <https://doi.org/10.4995/INRED2023.2023.16642>

Abstract

Radiological protection is a multidisciplinary activity aimed at protecting people and the environment against the harmful effects of exposure to ionizing radiation (CSN,2023). This activity is related to several of the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda, such as SDG 3 (health and well-being), SDG 7 (affordable and clean energy), SDG 9 (industry, innovation and infrastructure) and SDG 13 (climate action)(IAEA 2023). In this context, it is important that the students of the Master's Degree in Nuclear Security and Radiological Protection of the Universitat Politècnica de València, acquire the necessary skills to contribute to the fulfillment of the SDGs from their professional field. This paper presents the experience that is being carried out in the assignment of Radiological Protection in Radiological and Nuclear Facilities, of the aforementioned master's degree, in which an active methodology has been used to propose a series of practical cases and projects also addressing some of the SDGs. The objectives, design, evaluation as well as the results obtained, and the difficulties encountered are described. It is concluded that this experience has been positive both for the learning of the students and for the development of their social and environmental awareness.

Keywords: *SDG, master's degree, radiation protection*

Resumen

La protección radiológica es una actividad multidisciplinar que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos de la exposición a radiaciones ionizantes (CSN 2023). Esta actividad está relacionada con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, como el ODS 3 (salud y

bienestar), el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), el ODS 9 (industria, innovación e infraestructura) y el ODS 13 (acción por el clima) (IAEA 2023). En este contexto, es importante que el estudiantado del Máster Universitario en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica de la Universitat Politècnica de València, adquiera las competencias necesarias para contribuir al cumplimiento de los ODS desde su ámbito profesional. En esta ponencia se presenta la experiencia que se está llevando a cabo en la asignatura de Protección Radiológica en Instalaciones Radiactivas y Nucleares, del citado máster, en la que se ha utilizado una metodología activa para plantear una serie de casos prácticos y proyectos abordando también alguno de los ODS. Se describen los objetivos, el diseño, evaluación, así como los resultados obtenidos y las dificultades encontradas. Se concluye que esta experiencia ha sido positiva tanto para el aprendizaje del estudiantado como para el desarrollo de su conciencia social y ambiental.

Palabras clave: ODS, máster, protección radiológica.

1 Introducción

El Organismo Internacional de la Energía Atómica (OIEA) está, desde hace varios años, plenamente involucrado en alcanzar las metas propuestas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Así, en la publicación de su boletín de marzo de 2016 [IAEA 2016] se hace una revisión de cómo la tecnología nuclear, abarcando todos sus ámbitos como la seguridad nuclear, la protección radiológica y otras aplicaciones, puede ayudar a alcanzar diferentes ODS, en ámbitos como la industria, la salud y la protección del medio ambiente. En este sentido el OIEA presenta en esta publicación distintos ejemplos de proyectos internacionales en los que este organismo está ayudando a la mejora de uno o varios ODS. Además, en la publicación *Átomos para la paz y el desarrollo: hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible* [IAEA 2018], la OIEA muestra una serie de proyectos internacionales desarrollados en diferentes países con la finalidad de ayudar a conseguir las metas propuestas por los ODS en diferentes ámbitos como por ejemplo la agricultura, la generación de energía, la salud, etc.

Dentro de estos ámbitos de utilización de radiaciones ionizantes, el objetivo de la protección radiológica es evitar o minimizar los daños que pueden causar estas radiaciones [CSN 2023] a las personas y al medio ambiente. Esta actividad se vincula, por tanto, con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, como el ODS 3 (salud y bienestar), el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), el ODS 9 (industria, innovación e infraestructura), el ODS 13 (acción por el clima) y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) (IAEA 2023). En este marco, es relevante que el alumnado del Máster Universitario en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica de la Universitat Politècnica de València, desarrolle las competencias necesarias para contribuir al logro de los ODS desde su ámbito profesional.

2 Objetivos

En esta ponencia como objetivo general, se presenta la innovación que se está llevando a cabo en la asignatura de Protección Radiológica en Instalaciones Radiactivas y Nucleares, del citado máster, en la que se ha utilizado una metodología para diseñar una serie de casos prácticos y proyectos abordando también alguno de los ODS. Como objetivos específicos de la innovación se plantearon:

- Que el alumnado relacione el contenido de la asignatura con los ODS.
- Definir los ODS vinculados o que se pueden trabajar dentro de la asignatura.
- Describir como se pueden trabajar de una forma clara y precisa.

Se espera que el alumnado sea consciente que su formación en protección radiológica no es algo limitado y cerrado en un determinado contexto, si no que, al trabajar en esos aspectos, está contribuyendo a solucionar problemas contemporáneos y específicos que afectan a la sociedad en general, relacionando que sus esfuerzos en una determinada dirección, tienen consecuencias y pueden acelerar o frenar determinados aspectos. La innovación se centra en hacer explícitas esas relaciones y que en el desarrollo de las actividades se vea patente.

Para ello se ha seguido el siguiente plan de acción:

- Describir los ODS vinculados con la asignatura.
- Definir la vinculación dentro de la planificación curricular y temporal de la asignatura.
- Diseñar actividades que permitan integrar los ODS dentro de la práctica profesional.
- Diseñar la evaluación de las actividades anteriores que permitan comprobar la integración de los ODS con la actividad.

A continuación, se describe cómo se han abordado cada uno de estos objetivos específicos de la innovación, dentro del objetivo general de presentación de esta ponencia.

3 Desarrollo de la innovación

3.1 Contexto de la asignatura

Protección Radiológica en Instalaciones Radiactivas y Nucleares es una asignatura obligatoria del Máster Universitario en Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial (ETSII) de la Universitat Politècnica de València (UPV), con una dotación de 4.5 créditos totales distribuidos en 2.45 de teoría y 2.10 de prácticas. Esta asignatura también se oferta en las titulaciones de Máster en Ingeniería Industrial y Máster en Ingeniería Química como asignaturas optativas de la titulación.

Durante los últimos años, esta asignatura ha contado con una media entre 5-10 alumnos, lo que facilita claramente cualquier tipo de incorporación. Son alumnos de entre 24-28 años y existe una clara paridad respecto al género entre los mismos. El 100% proviene de grados que podríamos denominar científico-técnicos.

La asignatura presenta las bases de la protección radiológica aplicada a instalaciones radiactivas industriales, nucleares y otros aspectos de la protección radiológica relacionados con la radiactividad natural. Se presenta la legislación y los requisitos administrativos relativos a la radiación ionizante, la aplicación de los principios de la protección radiológica con ejemplos reales, prácticas y visitas a diferentes dependencias radiactivas. Con el desarrollo de la asignatura se pretende que el alumno adquiera los conocimientos y capacidades mínimas exigibles a un supervisor u operador de instalación radiactiva y sepa planificar la protección radiológica en dichas instalaciones radiactivas y en otras empresas convencionales con presencia de fuentes naturales de radiación. En concreto la asignatura se divide en los siguientes bloques didácticos:

- Conceptos básicos (fuentes de radiación, magnitudes, riesgos y efectos)

- Medición de la radiación (equipos de medida y detección)
- Legislación y Normativa
- Protección Radiológica (principios, protección radiológica ocupacional, individual y blindajes, fuentes naturales)
- Gestión de residuos y emergencias

A partir de las publicaciones del OIEA sobre los ODS que aplican en diferentes aspectos de la tecnología nuclear, y considerando los bloques didácticos en las que se ha dividido la asignatura, se han seleccionado para ser trabajados en la asignatura los ODS 3, 6 y 15 (Fig. 1).

El primero de ellos, el ODS 3 (Salud y bienestar) en tanto que ayuda a mejorar el uso seguro de las radiaciones y los radioisótopos, en especial los empleados en medicina de diagnóstico y medicina nuclear (Metas 3.4, 3.9 y 3.d). El segundo de ellos, el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), porque en la asignatura se evalúa la posible presencia de radionucleidos en las aguas de consumo y la dosis que produciría a los consumidores (Metas 6a y 6b). Por otro lado, el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), en cuanto a que ayuda a la identificación de isótopos presentes en muestras ambientales, con el objetivo de medir su concentración (Metas 15.1 y 15.5).



Fig. 1. ODS a trabajar en la asignatura

Habría otros ODS, como los mencionados en la introducción, ODS 7, 9 y 13, que podrían ser vinculados dentro de la asignatura, pero que se han postergado en aras de centrarnos en los más relevantes y de más clara relación según el enfoque que ya se estaba llevando dentro de la asignatura, un enfoque más centrado en la protección radiológica de los profesionales expuestos y de los pacientes, y en la protección del medioambiente ante emergencias.

3.2 Diseño de la innovación

Una vez identificados los ODS vinculados y las metas a los que se puede aportar dentro de esta asignatura, se proyectó en qué lugar de la planificación curricular y temporal de la asignatura tendría cabida trabajar estos ODS (Fig. 2).

Como se puede apreciar, el ODS 3 estaría vinculado con todos los bloques didácticos, mientras que el ODS 15 es más evidente en los bloques de conceptos básicos, medición de la radiación y gestión de los residuos y emergencias. En el caso del ODS 6 se pone de manifiesto también en los bloques de normativa, medición

de la radiación y finalmente la evaluación de la protección radiológica del público que consume esa agua. En la Fig. 3 se muestra la vinculación de dichos ODS con los bloques temáticos.

Establecida la vinculación se procedió en una primera fase a adaptar las actividades que ya se estaban realizando para incorporar dichas relaciones de la forma más natural posible. Esto ya se había observado posible, ya que los ODS se encontraban implícitos con anterioridad en el desarrollo de la asignatura y sólo era necesario mostrarlos explícitamente.

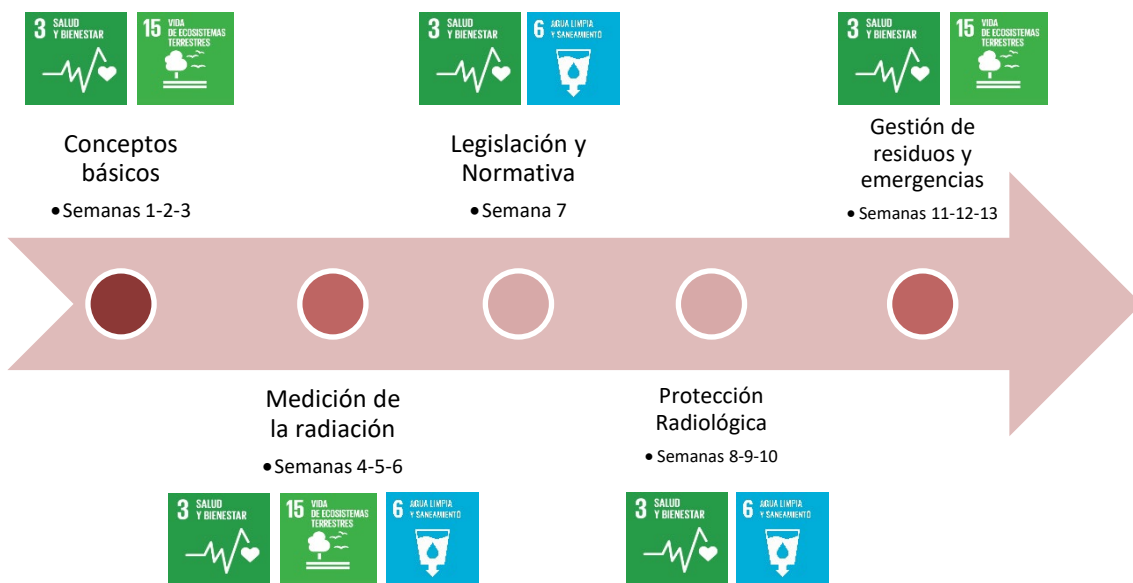


Fig. 2. Planificación Curricular y temporal por bloques temáticos y ODS vinculados



Fig. 3. Vinculación con los ODS 3, 6 y 15

Para llevarlo a cabo se adaptaron algunas de las actividades que ya se estaban ejecutando a la fecha:

- Presentación de la asignatura e introducción de cada bloque didáctico.
- Visitas a instalaciones de la UPV y prácticas de laboratorio y campo de monitores, detectores de centelleo, detectores de termoluminiscencia (TLD) y descontaminación de superficies.
- Debate sobre Normativa y Legislación.
- Proyecto sobre Blindajes y Protección Radiológica Operacional.

A continuación, se detalla la modificación planteada en cada caso.

3.2.1 Presentación de la asignatura e introducción a cada bloque didáctico

En la presentación de la asignatura el primer día de clase (además de en la guía docente), se explicita claramente la vinculación y en que contribuye a ayudar alcanzar las metas comentadas en el apartado 3.1 de los ODS 3, 6 y 15.

Respecto al ODS 3, tras explicar las ventajas y la utilidad que tiene el uso de las radiaciones en los campos de generación de energía, industriales y médicos, se señala que esta asignatura ayuda a mejorar el uso seguro de las radiaciones y los radioisótopos, en especial los empleados en medicina de diagnóstico y medicina nuclear. El uso de estas radiaciones y radioisótopos son básicos para asegurar la expansión de una salud universal en todo tipo de países y regiones, y un uso seguro y fiable ayuda a una implantación más rápida y duradera.

Respecto al ODS 6, se introduce la problemática de la contaminación de aguas por efluentes radiactivos. Esta asignatura contribuye a su detección y gestión a nivel local y colaborativo en países en desarrollo.

Respecto al ODS 15, uno de los riesgos mayores al medioambiente está relacionado con la contaminación, los accidentes y las emergencias radiológicas. Esta asignatura contribuye a la gestión y detección en dichas situaciones y cómo protegerse individual, colectiva y medioambientalmente frente a las exposiciones laborales o accidentales.

Por otro lado, en cada uno de los bloques temáticos además de su propia contextualización se explicita con más detalle como contribuyen a los respectivos ODS (Fig. 3).

3.2.2 Visitas instalaciones

Habitualmente se llevan a cabo 4 visitas a instalaciones de la propia universidad relacionadas con las radiaciones, donde además de explorar los distintos usos de las radiaciones que se pueden hacer, se comprueba prácticamente, distintos aspectos relacionados con la Protección Radiológica Operacional (PRO).

En concreto se visitan:

- Laboratorio RX del Instituto de Restauración del Patrimonio
- Laboratorio VSC-ESA
- Laboratorio Nanofotónica
- Laboratorios Servicio de Radiaciones y Laboratorio de Radiactividad Ambiental

Todos estos laboratorios de una u otra forma, contribuyen al avance de la ciencia y a la preservación del patrimonio de la humanidad. El uso de radiaciones en sus proyectos se encuentra en el día a día de su funcionamiento y la asignatura de Protección Radiológica contribuye al uso seguro de esas radiaciones y evitar los accidentes radiológicos y/o de contaminación.

Adicionalmente, el Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universitat Politècnica de València es uno de los laboratorios nacionales colaboradores con las administraciones públicas para la vigilancia radiológica ambiental de la atmósfera y el medio terrestre, llevando a cabo el análisis de diferentes tipos de matrices ambientales.

Explicar su funcionamiento y cómo la Protección Radiológica contribuye a la detección y gestión de las radiaciones, ayuda a vincularlo con los ODS 3, 6 y 15.

3.2.3 Prácticas de Laboratorio/Campo

En estas prácticas, se han reformulado sus aplicaciones y casos prácticos para alinearlas con situaciones reales y vincularlas con alguna de las metas de los ODS 3, 6 y 15. En particular se les ha planteado un caso realista donde su uso sea explícito. A continuación, se muestra un resumen de dichas aplicaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Aplicaciones prácticas vinculadas a ODS

Prácticas Laboratorio/Campo	Caso	ODS
Monitores / detección	Monitorización de área de un laboratorio de rayos X de radiodiagnóstico/ Pérdida y localización de una fuente radiactiva en un hospital	3, 6 y 15
Centelleo / TLD	Control de profesionales expuestos y pacientes de radioterapia	3
Descontaminación de aguas	Descontaminación de aguas en un depósito tras un accidente de contaminación no detectado	3, 6 y 15

A continuación, se detallan dos de dichas prácticas.

3.2.3.1 Determinación de Isótopos

Dentro del bloque temático de medida de la radiación se describe el funcionamiento de varios detectores de radiación y se propone la puesta en funcionamiento y la medida de fuentes conocidas para, posteriormente, analizar una muestra y determinar el isótopo que contiene, de forma que se puedan establecer las medidas oportunas para la protección de los profesionales (ODS3). Además, se plantea el análisis de una muestra ambiental para identificar los radioisótopos que contiene y la posible contaminación del medio (ODS15). En la Fig. 4 muestra a los alumnos en el proceso de identificación.

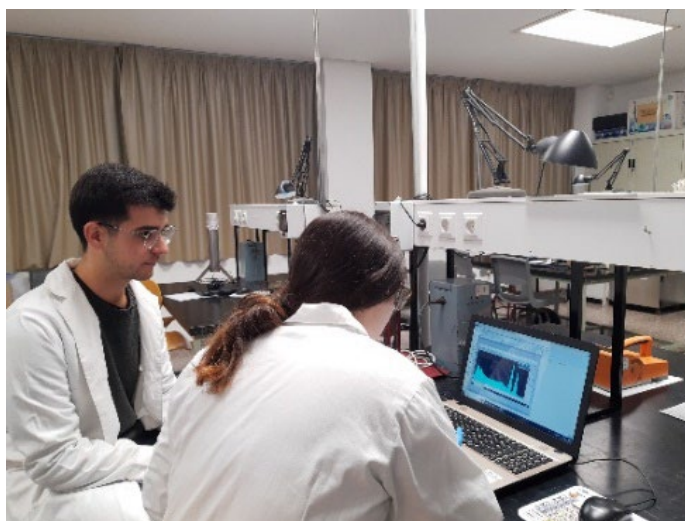


Fig. 4. Identificación de isótopos

3.2.3.2 Práctica sobre la Caracterización radiológica de aguas de consumo humano

En relación a las fuentes naturales de radiación, se lleva a cabo una práctica de caracterización radiológica de las aguas de consumo humano (Fig. 5). Para ello se presenta la normativa de aplicación para asegurar el cumplimiento de los ODS 6 y 3, es decir, asegurar un agua de consumo limpia que garantice la salud y bienestar de las personas. A continuación, se presentan varios ejemplos de medidas de radiactividad en aguas de consumo reales y los alumnos llevan a cabo la evaluación de las dosis internas que recibiría el público por ingestión de dichas aguas. Los alumnos han de justificar que las aguas son aptas para el consumo desde el punto de vista radiológico comparando los niveles de dosis obtenidos con respecto a los límites de la normativa.

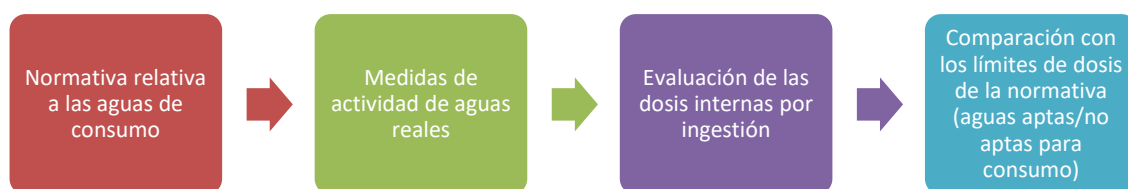


Fig. 5. Esquema de la práctica de caracterización radiológica de aguas de consumo.

3.2.4 Debate Normativa

En la exposición de la normativa y legislaciones vigentes a nivel nacional e internacional, se plantea el debate del porqué de dicha legislación, como por ejemplo la justificación de los límites de dosis y su relación con los efectos deterministas, estocásticos, con los profesionales expuestos y miembros del público. En este debate se les pide también que indiquen qué aspectos de la normativa están ayudando a la consecución de los ODS 3, 6 y 15

3.2.5 Proyecto Blindajes y Protección Radiológica Operacional

Finalmente se les propone un proyecto de protección radiológica operacional y cálculo de blindajes, donde para esta ocasión, se les plantea una situación realista de salas de radiodiagnóstico de un hospital

odontológico, en el cual han de plantear todas las medidas de protección y seguridad operacionales (clasificación de zonas, de personal, cartelería, monitores, detectores, controles médicos, etc.), incluidos blindajes físicos necesarios para cumplir con la normativa al respecto de limitación de dosis de cada sala y asegurar así un uso seguro de las radiaciones y protección de todo el personal presente.

Para ello se les proporcionan, planos, dimensiones, orientaciones, y usos de las distintas salas. Datos técnicos de la instrumentación utilizada y una estimación de las intervenciones que se pueden llevar a cabo en una semana tipo.

3.3 Evaluación y Resultados

Como se puede observar, durante las primeras fases (presentación, introducciones y visitas, coincidiendo también con las primeras semanas de carga lectiva), la vinculación y el trabajo con los ODS se realiza a nivel meramente expositivo y en gran parte realizado por el profesorado de la asignatura, mientras que en una segunda fase (prácticas, debate y proyecto, últimas semanas de la programación curricular), es el alumnado el que relaciona y asocia las competencias que está desarrollando con dichos ODS.

Aunque la evaluación sobre los ODS no es obligatoria, en nuestro caso se ha decidido tenerla en cuenta en la evaluación de la actividad como uno de los apartados a tener en consideración en el conjunto de la evaluación, en relación con si el alumnado establece relaciones o no.

La evaluación se realiza en la segunda fase donde es el alumnado el que muestra dichas vinculaciones (Tabla 2). Para ello se tiene en cuenta una rúbrica sencilla de tipo Likert de 4 niveles (Tabla 3).

Tabla 2. Aplicaciones prácticas vinculadas a ODS

Actividades	Evaluación	Herramienta
Presentación/Introducción	No aplica	
Visitas	No aplica	
Prácticas	Memoria prácticas: en la contextualización se les pide expresamente la vinculación	Rúbrica
Normativa y Legislación	Observación	Rúbrica
Proyecto	Memoria proyecto: en la contextualización y conclusiones se les pide expresamente la vinculación	Rúbrica

Tabla 3. Rúbrica evaluación ODS

Item	Nada	Poco	Bastante	Mucho
¿Se establece vinculación con el ODS X?	No establece ningún tipo de vinculación	Establece algun tipo de vinculación con mínima argumentación	Relaciona y argumenta adecuadamente pero no con metas	Relaciona con buenos argumentos con el ODS y sus metas

Los resultados observados en este primer año muestran que se pueden obtener evidencias concretas del trabajo con dichos ODS al solicitarlo y evaluarlo explícitamente, con lo que nos aseguramos un proceso de análisis en mayor o menor grado que antes no se podía confirmar.

De esta primera experiencia también se observa que, en su totalidad, el alumnado trabajó bastante (66,6%) o mucho (33,3%) dichos ODS, de forma más precisa en las últimas actividades (la vinculación con las metas es más clara), y en menor medida en el debate (la vinculación fue más con los ODS y aspectos generales y menos concretos). El resumen por ODS se muestra en la Fig. 6.

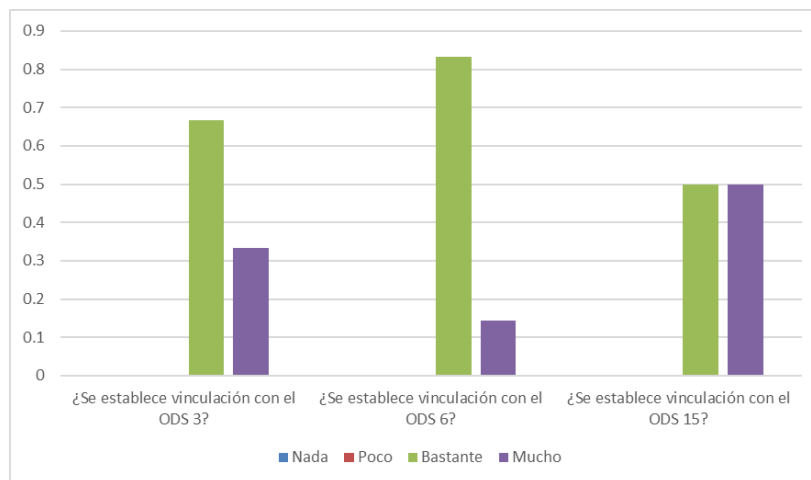


Fig. 6. Resumen por ODS

En relación con la evaluación, reseñar que el objetivo no es evaluar el trabajo sobre los ODS en sí, sino si el alumnado está estableciendo las conexiones de la asignatura con los ODS, no si se trabajan en mayor o menor medida, ya que no es el objetivo de la asignatura, siguiendo la línea que se está marcando en estos momentos por la UPV respecto al tratamiento y evaluación de las Competencias Transversales. Por ello también la sencillez de la rúbrica empleada.

4 Conclusiones

Del desarrollo de la innovación y de los resultados obtenidos se han concluido los siguientes puntos:

- Los ODS 3, 6 y 15 se encontraban implícitos en el contexto de la asignatura por lo que gran parte de la innovación ha sido plasmarlos explícitamente durante las actividades de ésta.
- Se ha descrito su vinculación con la asignatura y se ha plasmado en la planificación curricular y temporal.
- Aunque no ha requerido de grandes modificaciones en las actividades que ya se hacían, éstas se han reformulado para explicitar su vinculación.
- Se ha observado que el trabajo de los ODS de forma paulatina y creciente (primero un trabajo más pasivo y finalmente más activo) mejora la incorporación de las relaciones en las actividades.
- Aunque no es obligatoria la evaluación, ésta se ha incorporado en la evaluación de la actividad como un apartado dentro de la evaluación general, lo que ha permitido valorar por primera vez la vinculación de los ODS con la asignatura, mostrando resultados satisfactorios.

Finalmente se ha llegado a una reflexión del grupo de trabajo donde se observa que podemos encontrarnos con muchas asignaturas en situación semejante donde los ODS pueden expresarse explícitamente fácilmente con pequeñas modificaciones en las actividades que ya se viene realizando.

5 Agradecimientos

Los autores agradecen la financiación de este trabajo por parte del Vicerrectorado de Estudios, Calidad y Acreditación de la Universitat Politècnica de València (UPV), a través del proyecto “Innovación y mejora educativa aplicada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la ETSII” (PIME/21-22/281).

6 Referencias

CSN 2023, *Protección radiológica - CSN*. <https://www.csn.es/proteccion-radiologica>. Con acceso 30/3/2023.

IAEA 2023, *Protección radiológica de los pacientes | OIEA*. <https://www.iaea.org/es/temas/proteccion-radiologica/pacientes>. Con acceso 30/3/2023.

IAEA 2016, *Nuclear technology for the sustainable development goals. September 2016*, <https://www.iaea.org/bulletin>. Con acceso 30/3/2023.

IAEA 2018, *Átomos para la paz y el desarrollo: Hacia el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Marzo 2018*, <https://www.iaea.org/sites/default/files/bull591mar2018corr.pdf>. Con acceso 30/3/2023.