



Inclusión de las ODS y aplicación de la metodología de Trabajo en Equipo-Logro individual en la preparación de almidón termoplástico en el laboratorio de la asignatura “Materiales Ecoeficientes”

Inclusion of the SDGs and application of the Student Team-Achievement Division methodology in the preparation of thermoplastic starch in the laboratory of the subject "Eco-efficient Materials"

Cristina Pavón^a, Miguel Aldas^b, Marina Patricia Arrieta^{c,d} y Juan López-Martínez^a

^a Instituto de Tecnología de Materiales, Universitat Politècnica de València (UPV), 03801 Alcoy-Alicante, España, crispavonv@gmail.com (C.P.) ; jlopezm@mcm.upv.es (J.L.-M.) , ^bDepartamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito 170525, Ecuador, miguel.aldas@epn.edu.ec (M.A.)  y ^c Departamento de Ingeniería Química Industrial y del Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid (ETSII-UPM), Calle José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid, Spain y ^dGrupo de Investigación: Polímeros, Caracterización y Aplicaciones (POLCA), 28006 Madrid, España, m.arrieta@upm.es 

How to cite: Nombre Autor, Nombre Autor y Nombre Autor. 2022. Título de la Comunicación. En libro de actas: *VIII Congreso de Innovación Educativa y Docencia en Red*. Valencia, 6 - 8 de julio de 2022. <https://doi.org/10.4995/INRED2022.2022.15911>

Abstract

In the present work, the inclusion of the Sustainable Development Goals (SDG) was carried out in the laboratory practices of “Eco-efficient materials”. At the same time, the teaching methodology of the Student Team-Achievement Division (STAD) was implemented for the development of a laboratory practice. On the one hand, it was determined that the SDGs related to the subject are SDG 6 (clean water and sanitation), SDG 11 (sustainable cities and communities) and SDG 12 (responsible production and consumption). Through an evaluation it was observed that the students have a good understanding of the ODS and a high capacity to relate the activities of the subject with the contribution to the fulfillment of each objective, however, a continuing education that provides knowledge and skills is not considered important. to support sustainable development. On the other hand, the implementation of the STAD methodology showed a high level of acceptance by the students and proved to be efficient in increasing motivation and individual improvement. However, it is considered important to continue applying the technique to determine the long-term effect and obtain more accurate conclusions.

Keywords: *eco-efficient materials, Sustainable Development Goals, methodology, Student Team-Achievement Division, evaluation*

Resumen

En el presente trabajo se realizó la inclusión de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) en las prácticas del laboratorio de la asignatura de “Materiales Ecoeficientes” y al mismo tiempo se implementó la metodología de enseñanza de trabajo en equipo-logro individual (TELI) para el desarrollo de una práctica de laboratorio. Por un lado, se determinó que las ODS relacionadas con la asignatura son el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 12 (producción y consumo responsable) y mediante una evaluación se observó que los estudiantes tienen un buen entendimiento de las ODS y una alta capacidad de relación entre las actividades de la asignatura con el aporte al cumplimiento de cada objetivo, no obstante se considera importante una educación continua que proporcione conocimientos y habilidades para apoyar al desarrollo sostenible. Por el otro lado, la implementación de la metodología TELI mostró un alto nivel de aceptación por parte de los estudiantes y demostró ser eficiente para aumentar la motivación y superación individual. Sin embargo, se considera importante continuar con la aplicación de la técnica para determinar el efecto a largo plazo y obtener conclusiones más certeras.

Palabras clave: *materiales ecoeficientes, Objetivos Desarrollo Sostenible, metodología, Trabajo en Equipo-Logro Individual, evaluación.*

1. Introducción

La industria de los materiales plásticos (productores de materias primas plásticas, transformadores de plásticos, recicladores de plásticos y fabricantes de maquinaria de procesamiento de plásticos) desempeña un papel fundamental para la economía de Europa ya que constituyen una cadena de valor que proporciona empleo a más de 1,5 millones de personas en Europa [1]. Existe cada vez una mayor preocupación por el medioambiente y es por ello que las empresas apuestan por el desarrollo de materiales plásticos ecoeficientes como pueden ser los polímeros biobasados, biodegradables y/o reciclables ([2]). La producción mundial de plásticos incrementa cada año, alcanzando en el año 2019 una producción de 368 millones de toneladas [1]. De manera similar, si bien los bioplásticos todavía representan menos del uno por ciento de los plásticos que se producen anualmente, la producción de bioplásticos va incrementando continuamente alcanzando una producción de alrededor de 2,42 millones de toneladas en el año 2021 ([3]). Este incremento en la producción de bioplásticos ha sido impulsado por parte de la sociedad que es cada vez más consciente de la necesidad de reducir el consumo de plásticos tradicionales, en combinación con el continuo desarrollo de nuevos materiales basados en biopolímeros que, en la actualidad, presentan propiedades mejoradas y, por lo tanto, representan una alternativa a los plásticos tradicionales utilizados en diversas aplicaciones industriales [4]. De esta manera, en los últimos años los materiales poliméricos biobasados y biodegradables han cobrado gran interés en el sector industrial de procesamiento de materiales plásticos. Es por ello que en la asignatura de **Materiales Ecoeficientes** del segundo año del **Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales**, de la **Universidad Politécnica de Valencia**, se introduce a los alumnos en el mundo de los polímeros biobasados y biodegradables, proporcionando a los estudiantes clases teóricas y prácticas en esta área del conocimiento. La asignatura permite trabajar algunos aspectos de la aplicación de los materiales poliméricos con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) ya que trata temas con el desarrollo de nuevos materiales con propiedades diferentes y con aplicaciones en diversos sectores como el agroalimentario (ODS2: poner fin al hambre,

lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible), salud y biomédico (ODS3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades), gestión eficiente del agua (ODS6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos), fuentes de energía sostenibles (ODS7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos), favoreciendo la innovación con impacto directo en la industrialización inclusiva y sostenible (ODS9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.), desarrollar materiales que permitan desarrollar ciudades inclusivas, seguras, duraderas y sostenibles (ODS11: Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles), promoviendo el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos (ODS8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos) y garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles (ODS 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles).

Por otra parte, se ha demostrado que en el Espacio Europeo de Educación Superior, para alcanzar el desarrollo de competencias, una de las principales medidas que han resultado efectivas es el uso de métodos docentes donde el profesor pasa a tener un rol secundario en el proceso de enseñanza-aprendizaje actuando como guía y el alumno se convierte en el protagonista en este proceso [5]. Por otra parte, se ha observado que los alumnos retienen más conocimiento si los conceptos aprendidos en las clases teóricas magistrales son además implementados en experiencias prácticas de laboratorio [6], [7]. Por lo tanto, durante el curso 2020/2021 en la asignatura **Materiales Ecoeficientes** del segundo año del **Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales**, impartido en la **Escuela Politécnica Superior de Alcoy (EPSA)** de la **UPV**, se propuso el uso del método Trabajo en Equipo-Logro individual (TELI) en el desarrollo de una práctica de laboratorio sobre la obtención de materiales plásticos basados en almidón termoplástico con un total de 12 alumnos matriculados durante el curso 2020/2021. Se ha optado por la implementación de esta metodología para que los alumnos adquieran un rol activo en el cual puedan desarrollar una cultura de trabajo en equipo, muy necesaria en el ámbito laboral. Esta metodología no sólo fomenta un proceso de enseñanza-aprendizaje autónomo (autoaprendizaje), sino que promueve un proceso de enseñanza-aprendizaje en equipo tanto entre el profesor y los alumnos así como también entre los alumnos que permite adquirir nuevas competencias en un entorno similar al laboral y, en el cual los alumnos se responsabilizan de los resultados obtenidos [8]. El objetivo de la práctica fue el de obtener un material ecoeficiente, formulado a partir del almidón y mezclado con un aditivo natural. Para ello, se les entregó a los alumnos los materiales de partida, y ellos fueron los encargados de formular, dosificar y obtener una mezcla inicial. Luego, procesaron el material y obtuvieron probetas para ensayos de caracterización. Asimismo, caracterizaron el material mediante propiedades mecánicas, para poder establecer en que aplicaciones pueden utilizarse los materiales desarrollados y en que productos podrían suplantar a los materiales poliméricos derivados del petróleo. Cabe mencionar que el docente tuvo un rol secundario, siendo los alumnos los partícipes activos durante la práctica de laboratorio. Finalmente, con la finalidad de introducir el concepto de los ODS a la práctica de laboratorio, se estableció de manera innovadora una metodología para que los alumnos establezcan la relación existente de la asignatura con los ODS.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Aplicar la metodología de Trabajo en Equipo-logro individual en una práctica de laboratorio con el uso de materiales ecoeficientes y a%l mismo tiempo educar en cuanto a los ODS.

2.2 Objetivos específicos

- Relacionar los conocimientos de la asignatura de Materiales Ecoeficientes con los objetivos del desarrollo sostenible
- Realizar una práctica de laboratorio en el que se puedan incluir conceptos teóricos de la asignatura de Materiales Ecoeficientes y reconocer su aplicabilidad en los objetivos del desarrollo sostenible
- Usar un método docente donde los alumnos aprendan a analizar los resultados obtenidos y encontrar aplicaciones reales de los materiales desarrollados, teniendo en cuenta su impacto en el medio ambiente.

3 Desarrollo de la innovación

La innovación consistió en aplicar el método Trabajo en Equipo-Logro individual (TELI) para realizar prácticas de laboratorio en la materia de Materiales Ecoeficientes del segundo año del Máster Universitario en Ingeniería, Procesado y Caracterización de Materiales, en la Universitat Politècnica de València. El grupo de estudiantes era heterogéneo, con 12 alumnos de entre 22 a 25 años. Para que el proceso de enseñanza-aprendizaje se lleve de mejor manera, se encontró necesario buscar una metodología adecuada y se consensuó con los alumnos, se les propuso el desarrollo de un trabajo individual u otro tipo de evaluación a lo que ellos prefirieron trabajo en grupos, por lo que se utilizó el método Trabajo en Equipo-Logro individual (TELI). La práctica de laboratorio consistió en preparar almidón termoplástico (TPS, de sus siglas en inglés thermoplastic Starch), que es un material biodegradable proveniente de fuentes renovables. Además, para mejorar las propiedades del material se emplearon diferentes aditivos naturales (oligómeros y/o plastificantes) y se determinó su efecto en el comportamiento del TPS mediante una caracterización mecánica. De esta manera la práctica de laboratorio permitió, por un lado, que los estudiantes entren en contacto con instrumentos de procesado y caracterización de materiales de una forma directa y que puedan procesar y obtener materiales ecoeficientes. Por otro lado, ayudó a que los estudiantes aprendan más de cerca sobre los ODS, los cuales no solo representan un eje importante en el desarrollo de la asignatura, sino que es de suma importancia que los estudiantes tengan presentes estos objetivos en la aplicación de su trabajo, para el futuro ambiental del planeta. Para la aplicación de la metodología TELI, se siguieron los pasos detallados a continuación [9]:

- i) Creación de equipos heterogéneos de 4 alumnos por equipo.
- ii) Planificación de las clases
 - Clase 1: Presentación de los contenidos teóricos y prácticos a cubrir en las prácticas. Esto incluye la teoría de los bioplásticos, la explicación de la relación de los ODS con la asignatura, la información de las tareas a realizarse en las actividades prácticas y las técnicas de procesamiento de plásticos a emplearse para obtener el material biodegradable a partir de almidón.

- Clase 2: primera sesión práctica, donde se formuló el material ecoeficiente y se utilizaron equipos de procesamiento a escala de laboratorio que simulan los procesos industriales, para obtener muestras de material a ser posteriormente caracterizadas.
 - Clase 3: segunda sesión práctica, donde se emplearon diversas técnicas de caracterización a los materiales obtenidos en la clase 2.
 - Clase 4: Evaluación de la metodología TELI utilizada durante la práctica.
- iii) Desarrollo de las clases y realización de la práctica (donde hubo una supervisión del docente para verificar el comportamiento del estudiante frente a los retos propuestos - procesar y obtener un material biodegradable - y la capacidad de los estudiantes para realizar la práctica). En cada una de las sesiones de laboratorio, cada grupo de estudiantes manipuló de manera directa los equipos de procesamiento y de caracterización de los materiales, bajo la supervisión del profesor, pero sin mayor intervención de éste, con el fin de que sean los estudiantes quienes puedan enfrentarse al reto de procesar materiales utilizando equipos que se emplean en la industria [9], [10].
- iv) Evaluación de un cuestionario individual al final de la práctica (calificado): El cuestionario fue diseñado para verificar el nivel de aprovechamiento de los conocimientos impartidos en el día de la práctica. Se comunicó a los estudiantes que debían estudiar en equipos para apoyarse en la construcción de conocimiento entre todos los miembros de grupo, y que aunque el estudio se realizaría de forma grupal, la resolución del cuestionario sería individual, de manera que la calificación obtenida fue responsabilidad de cada alumno. Después se sumaron los puntos individuales y se determinó la calificación de grupo para otorgar un “premio”.

El detalle de la metodología seguida se presenta a continuación:

3.1. Creación de equipos homogéneos de 4 estudiantes

Los grupos se dividieron tomando en cuenta la nota media obtenida en el primer año del máster, aportada por los alumnos. Los tres alumnos con mayor nota media fueron distribuidos en grupos diferentes, y los alumnos con nota media menor se distribuyeron de manera equilibrada, para que el nivel de desempeño de los equipos sea similar. En total se formaron 3 equipos [11].

3.2. Propuesta para el desarrollo de las clases

3.2.1. Clase 1: Clase magistral

Se impartieron clases acerca de la teoría de los biopolímeros y los métodos de procesamiento de estos materiales biobasados y/o biodegradables, la materia prima utilizada (matriz polimérica y aditivos), la formulación de los materiales y las técnicas de caracterización de éstos. También, se realizó una actividad tipo taller, con los equipos de estudiantes previamente formados, donde los estudiantes identificaron los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que se relacionan con la asignatura de materiales ecoeficientes y en particular como los biopolímeros contribuyen a los ODS y focalizando especialmente con la práctica a realizar.

3.2.2. Clase 2: Primera sesión práctica

En esta clase, cada equipo debía obtener probetas del material biodegradables para ser caracterizadas en la siguiente sesión. Para ello, se entregaron los materiales de partida, los alumnos calcularon las cantidades de los distintos aditivos para obtener las formulaciones deseadas y mezclaron el material. Luego, con los

equipos de procesamiento obtuvieron los materiales y las probetas necesarias para realizarla caracterización.

3.2.3. Clase 3: Segunda sesión práctica

La sesión fue dividida en dos. La primera mitad de la clase fue dedicada a caracterizar los materiales obtenidos mediante técnicas de caracterización mecánica: ensayo de tracción, ensayo de flexión, ensayo de impacto y ensayo de dureza. En la segunda mitad de la clase se realizó la evaluación de conocimientos.

3.3. Evaluación

En la segunda mitad de la clase se realizó una evaluación, donde se valoró el conocimiento sobre los biopolímeros, el procesamiento del TPS y las técnicas de caracterización empleadas. Además, para motivar el estudio de los ODS se añadió una sección para que los estudiantes determinen las metas que tienen relación con la práctica a realizar dentro de cada ODS. Los estudiantes seleccionaron 3 ODS como los más relacionados con la práctica: ODS6, ODS11 y ODS12. Por lo tanto, se trabajó con esos ODSs. Un ejemplo de esta sección de la evaluación se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Cuestionario de ODS

Seleccionar las metas de los objetivos del desarrollo sostenible que se relacionan con los conocimientos de la asignatura de Materiales Ecoeficientes		
Marque con una X las metas de las ODS que tienen relación con la práctica realizada		
ODS 6: Agua limpia y saneamiento		
<input type="radio"/> 6.1. Acceso al agua potable	<input type="radio"/> 6.2. Accesos a servicios de saneamiento e higiene	<input type="radio"/> 6.3. Calidad de agua. Contaminación y aguas residuales
<input type="radio"/> 6.4. Uso eficiente de recursos hídricos	<input type="radio"/> 6.5. Gestión integral de recursos hídricos	<input type="radio"/> 6.6. Ecosistemas relacionados con agua
<input type="radio"/> 6.a. Creación de capacidades de gestión	<input type="radio"/> 6.b. Participación de las comunidades locales	
ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles		
<input type="radio"/> 11.1. Acceso a la vivienda	<input type="radio"/> 11.2. Transporte público	<input type="radio"/> 11.3. Urbanización inclusiva y sostenible
<input type="radio"/> 11.4. Patrimonio cultural y natural	<input type="radio"/> 11.5. Desastres y reducción de vulnerabilidad	<input type="radio"/> 11.6. Desechos y contaminación en ciudades
<input type="radio"/> 11.7. Acceso a zonas verdes y espacios públicos seguros	<input type="radio"/> 11.a. Vínculos zonas urbanas, periurbanas y rurales	<input type="radio"/> 11.b. Reducción de riesgos de desastres en ciudades
<input type="radio"/> 11.c. Edificios sostenibles y resilientes en países menos adelantados		
ODS 12: Producción y consumo responsables		
<input type="radio"/> 12.1. Planes de consumo y producción responsable	<input type="radio"/> 12.2. Uso eficiente de recursos naturales	<input type="radio"/> 12.3. Desperdicios de alimentos
<input type="radio"/> 12.4. Gestión de desechos y productos químicos	<input type="radio"/> 12.5. Prevención, reducción, reciclado y reutilización de desechos	<input type="radio"/> 12.6. Empresas e informes sobre sostenibilidad
<input type="radio"/> 12.7. Adquisiciones públicas sostenibles	<input type="radio"/> 12.8. Educación para el desarrollo sostenible	<input type="radio"/> 12.a. Ciencia y tecnología para sostenibilidad
<input type="radio"/> 12.b. Turismo sostenible	<input type="radio"/> 12.c. Regulación de subsidios a combustibles fósiles	

La valoración de la evaluación se realizó de acuerdo con la metodología TELI [11], que establece que la calificación de los estudiantes debe realizarse relacionando su desempeño en cuestionarios anteriores, en este caso respecto a su desempeño en el año anterior (en el cual la nota media obtenida representa el puntaje

base). Cada estudiante obtiene puntos basándose en el grado de superación sobre su puntaje base (puntos por superación). De este modo, a partir de los resultados obtenidos en la evaluación se calcularon los puntos por superación individual de acuerdo con la nota media obtenida durante el primer curso de master y que se recoge en el esquema de la Tabla 2.

Tabla 2. Puntos por superación relacionado con el puntaje base

Puntaje de la evaluación	Puntos por superación
Más de 10 puntos por debajo del puntaje base	5
Entre 10 puntos y 0 puntos por debajo del puntaje base	10
Entre el puntaje base y 10 puntos por encima del puntaje base	20
Más de 10 puntos sobre el puntaje base	30
Evaluación perfecta	30

La calificación del grupo se determinó sumando los puntos por superación de cada integrante del equipo y dividiendo para el número de integrantes. Al equipo con mayor puntaje promedio se le otorgó una recompensa, la cual consistió en 10/100 puntos extras en su calificación del curso [10], [11].

3.4. Evaluación de la metodología TELI por parte de los estudiantes

Al finalizar todas las sesiones destinadas a la presente actividad (las sesiones teóricas de clases magistrales y las sesiones prácticas) los estudiantes realizaron una encuesta para verificar su satisfacción con la metodología utilizada y el aporte de esta en el proceso de enseñanza-aprendizaje. La encuesta consistió en 10 preguntas de Si o No. Las preguntas presentadas se listan en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido de la encuesta para evaluar el uso de la metodología Trabajo en Equipo – Logro Individual (TELI)

Nº de pregunta	Pregunta formulada	Respuesta válida	
		Si	No
1	¿Los conocimientos impartidos en la primera clase (clase magistral) le ayudaron para el desarrollo de la práctica de laboratorio?		
2	¿La metodología utilizada fomenta el auto aprendizaje de la asignatura?		
3	¿La metodología utilizada le ayudó a dar lo mejor de sí durante las clases?		
4	¿La metodología utilizada le motivó a involucrarse más en el trabajo de grupo?		
5	¿Le gustaría aplicar esta metodología a las prácticas siguientes de la misma asignatura?		
6	¿Le gustaría usar esta metodología en otras asignaturas?		
7	¿Los recursos (materiales y equipos) usados le ayudaron en su proceso de aprendizaje?		
8	¿El tiempo destinado en cada sesión fue suficiente para las actividades a realizarse?		
9	¿El tiempo destinado en cada sesión fue suficiente para ayudar en el proceso de aprendizaje?		
10	¿Recomendaría aplicar esta metodología con otros estudiantes en los cursos siguientes?		

4 Resultados

4.1 Creación de equipos heterogéneos de 4 estudiantes

Los equipos de trabajo se formaron tomando como referencia la nota media obtenida en el primer año del Máster, aportada por los alumnos. Para que los grupos sean homogéneos los alumnos fueron distribuidos de manera que los alumnos en todos los grupos existan alumnos de alto rendimiento y de rendimiento medio, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. División de los equipos de trabajo de acuerdo con su puntaje base (puntaje del primer año de máster)

	Clasificación	Puntaje Base / 100	Equipo
Alumnos de alto rendimiento	Estudiante 1	95	A
	Estudiante 2	95	B
	Estudiante 3	93	C
	Estudiante 4	92	C
	Estudiante 5	90	B
Alumnos de rendimiento medio	Estudiante 6	85	A
	Estudiante 7	73	A
	Estudiante 8	70	B
	Estudiante 9	68	C
	Estudiante 10	65	C
	Estudiante 11	63	B
	Estudiante 12	63	A

4.2 Desarrollo de las clases

4.2.1 Identificación de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) que tienen relación con la práctica

En la clase magistral los alumnos identificaron los objetivos del desarrollo sostenible que consideraron que tienen mayor relación con la asignatura de Materiales Ecoeficientes. Los materiales ecoeficientes son aquellos que contribuyen a eliminar o reducir el impacto en el medio ambiente en las diferentes etapas de su producción. En este sentido se identificaron tres ODS, que son la ODS 6, ODS 11 y ODS 12, dentro de las cuales se encuentran metas que tienen que ver con el uso eficiente de recursos, la sostenibilidad, y la ecoeficiencia. Los objetivos se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Objetivos de la ODS que tienen relación con la asignatura de Materiales Ecoeficientes

ODS	 <p>6 AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO</p>	 <p>11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES</p>	 <p>12 PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES</p>
	ODS6: Agua limpia y saneamiento	ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	ODS 12: producción y consumo responsables
Objetivo	Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos	Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles

Fuente: [12]

4.2.2 Desarrollo de las clases prácticas

Durante las clases prácticas se desarrollaron los materiales ecoeficientes de TPS a partir de almidón y otros aditivos (oligómeros y plastificantes) de acuerdo al esquema que se muestra en la Fig. 1.

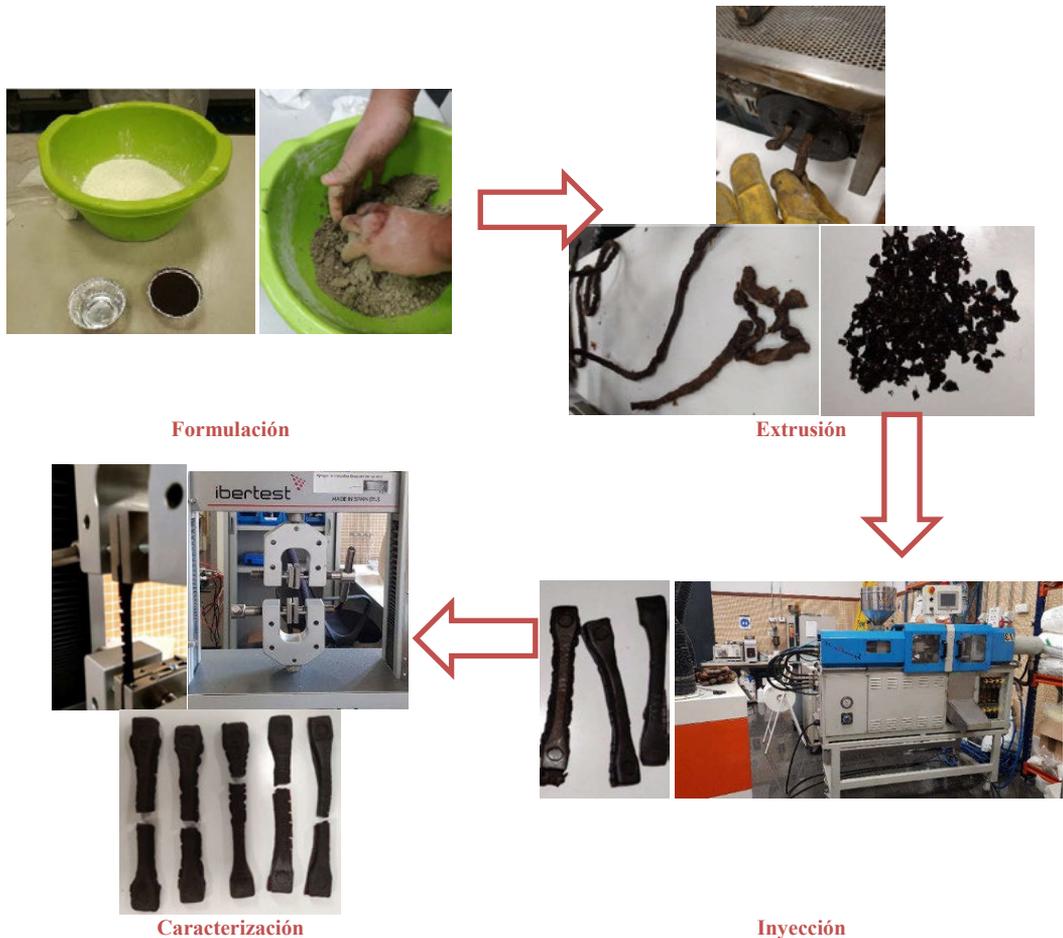


Fig. 1. Esquema del desarrollo de las clases prácticas para la preparación y caracterización del almidón termoplástico (TPS)

Las condiciones de procesamiento se basaron en la información recibida en las clases magistrales y en la bibliografía recomendada para obtener los parámetros óptimos. Los estudiantes prepararon formulaciones

Inclusión de las ODS y aplicación de la metodología de Trabajo en Equipo-Logro individual en la preparación de almidón termoplástico en el laboratorio de la asignatura “Materiales Ecoeficientes”

de TPS con aditivo en un porcentaje de 10 % en peso, después lo procesaron mediante extrusión con el perfil de temperatura que cada grupo seleccionó. El material obtenido se trituró y se procesó mediante inyección, y se obtuvieron probetas para la caracterización mecánica que se ensayaron mediante ensayos de tracción. En todos los procesos los estudiantes fueron los responsables de buscar la información para el procesamiento del TPS y se encargaron de operar el equipo, mientras que el profesor actuó como un guía sin una intervención constante, permitiendo que los problemas y dudas que surgían se solucionen mediante el diálogo entre los compañeros de equipo [9].

4.3 Evaluación

4.3.1 Evaluación ODS

En la Fig. 2 se presentan los resultados de la evaluación sobre ODS. Las metas que se identifican con relación a la asignatura de materiales ecoeficientes son: En la ODS 6, meta 6.3, ODS 11, meta 11.6 y ODS 12, meta 12.2, 12.5, 12.6 y 12.8. Por otra parte, en la Tabla 6 se describen dichas metas.

Se puede ver que en el ODS 6, 10 alumnos identifican la meta 6.3 con la asignatura de materiales ecoeficientes. No obstante, también hay estudiantes que señalan la meta 6.6 que tienen que ver con restablecer ecosistemas relacionados con el agua y que no tiene directamente que ver con la asignatura, lo que indica que hace falta profundizar en la explicación de los ODS diferenciando la importancia del uso de los materiales biopoliméricos como membranas de filtración para la prevención de contaminación de aguas con la potabilización del agua. También hay un número pequeño de alumnos que señalan las metas 6.1 y 6.4 (dos y un alumno respectivamente).

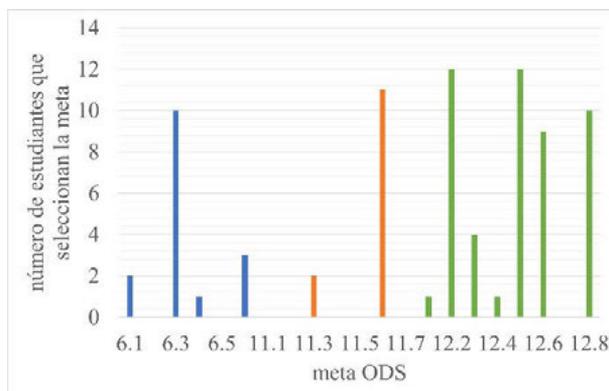


Fig. 2. Resultados de la identificación de las metas de la ODS que tienen relación con la asignatura de Materiales Ecoeficientes

En la ODS 11, se puede ver que 11 alumnos identifican la meta que se relaciona con la asignatura de materiales ecoeficientes. Sin embargo, 2 alumnos señalan la meta 11.3 como respuesta, lo que puede deberse que esta meta habla sobre sostenibilidad y pudo confundir a los estudiantes.

En la ODS 12, que es la que presentan un mayor número de metas que se relacionan con la asignatura, se puede ver que todos los alumnos relacionan la meta 12.2 y 12.5 con la asignatura, ya que estas metas tienen palabras claves que permiten relacionarla con la asignatura, por ejemplo: uso de recursos renovables y reciclado y reutilización de desechos. Por otro lado, en la meta 11.6, solamente 9 alumnos la identifican, lo que muestra una falta de profundización en el tema ya que la implementación de prácticas sostenibles está directamente relacionada con la asignatura. Finalmente, 10 estudiantes identifican la meta 12.8 que es la educación para el desarrollo sostenible.

En general se observa un buen entendimiento de las metas de la ODS y una alta capacidad de identificación de las actividades que se pueden realizar para aportar al cumplimiento de cada uno de estos objetivos. No obstante, es necesario profundizar con la enseñanza de este tema para mejorar el entendimiento de los ODS y para lograr su implementación en diferentes áreas.

Tabla 6. Descripción de las metas de los ODSs que los estudiantes consideran que tienen relación con la asignatura de Materiales Ecoeficientes ([12])

ODS	Meta	Descripción
ODS 6	6.1	Para 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable, a un precio asequible para todos.
	6.3	Para 2030, mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar y un aumento sustancial del reciclado y la reutilización en condiciones de seguridad a nivel mundial.
	6.4	Para 2030, aumentar sustancialmente la utilización eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce, con el objetivo de hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren de escasez de agua.
	6.6	Para 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, (bosques, montañas, humedales, ríos, acuíferos y lagos).
ODS 11	11.3	Para 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países
	11.6	Para 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo
ODS 12	12.1	Aplicar el Marco Decenal de Programas sobre Modalidades de Consumo y Producción Sostenibles, con la participación de todos los países y bajo el liderazgo de los países desarrollados, teniendo en cuenta el grado de desarrollo y las capacidades de los países en desarrollo.
	12.2	Para 2030, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.
	12.3	Para 2030, reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha.
	12.4	Para 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente
	12.5	Para 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización
	12.6	Alentar a las empresas, en especial las grandes empresas y las empresas transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes
	12.8	Para 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza

4.3.2 Evaluación de la práctica mediante TELI

Las evaluaciones de las clases prácticas se realizaron usando la metodología TELI. En la Tabla 7 se presenta el puntaje de la evaluación y los puntos de superación obtenidos por cada estudiante. Se observa que la

Inclusión de las ODS y aplicación de la metodología de Trabajo en Equipo-Logro individual en la preparación de almidón termoplástico en el laboratorio de la asignatura “Materiales Ecoeficientes”

calificación mediante puntos de superación premia el esfuerzo individual de los estudiantes, comparando sus resultados con ellos mismos, por ejemplo, el estudiante 11, que tenía un puntaje base de 63, muestra que su propio esfuerzo y el apoyo del grupo durante el estudio le permitieron superarse y obtener una calificación 10 puntos mayor a su calificación base (un 15.9 % superior). Estos resultados pueden ser motivadores y favorecer el interés y el rendimiento de los estudiantes en las clases, ya que obtienen un resultado notablemente superior por su esfuerzo.

Tabla 7. Puntaje de evaluación mediante TELI

	Equipo	Puntaje base / 100	Puntaje de prueba / 100	Puntos de superación
Estudiante 1	A	95	95	10
Estudiante 2	B	95	100	30
Estudiante 3	C	93	90	10
Estudiante 4	C	92	85	10
Estudiante 5	B	90	90	10
Estudiante 6	A	85	90	20
Estudiante 7	A	73	80	20
Estudiante 8	B	70	75	20
Estudiante 9	C	68	70	20
Estudiante 10	C	65	80	30
Estudiante 11	B	63	75	30
Estudiante 12	A	63	50	5

Posteriormente se calculó el puntaje de los equipos a partir de los puntajes individuales y los resultados que se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. Puntaje de los equipos

	Equipo A		Equipo B		Equipo C	
Integrantes	Estudiante 1	10	Estudiante 2	30	Estudiante 3	10
	Estudiante 6	20	Estudiante 5	10	Estudiante 4	10
	Estudiante 7	20	Estudiante 8	20	Estudiante 9	20
	Estudiante 12	5	Estudiante 11	30	Estudiante 10	30
Puntaje del equipo	55		90		70	
Puntaje promedio del equipo	13.75		22.50		17.50	
Recompensa	-		✓		-	

Se puede ver que el aporte de cada miembro del equipo y se observa que todos los estudiantes contribuyen para la calificación final del equipo. Así, el trabajo en equipo depende del trabajo individual de todos los integrantes y no solo de los estudiantes que obtienen mayor calificación, lo que favorece que cada estudiante desarrolle un sentido de responsabilidad y compromiso con el trabajo.

4.4 Evaluación de la metodología TELI por parte de los estudiantes

En la Tabla 9 se reportan los resultados de la evaluación de la metodología TELI implementada en la asignatura materiales ecoeficientes durante el curso 2021/2022. Se observa que hay un nivel alto de aceptación de la metodología por parte de los estudiantes ya que en la mayoría de preguntas, la aceptación es superior al 67 %, se han marcado en rojo los niveles de aceptación que se consideran bajos (58 %) que son las preguntas 2 y la 9.

Tabla 9. Resultados de la evaluación de la metodología TELI en porcentaje (%) realizada por los estudiantes

Nº de pregunta	Pregunta formulada	Respuesta válida		Porcentaje de aceptación (%)
		Si	No	
1	¿Los conocimientos impartidos en la primera clase le ayudaron para el desarrollo de la práctica de laboratorio?	9	3	75
2	¿La metodología utilizada fomenta el auto aprendizaje de la asignatura?	7	5	58
3	¿La metodología utilizada le ayudó a dar lo mejor de sí durante las clases?	8	4	67
4	¿La metodología utilizada le motivó a involucrarse más en el trabajo de grupo?	10	2	83
5	¿Le gustaría aplicar esta metodología a las prácticas siguientes de la misma asignatura?	9	3	75
6	¿Le gustaría usar esta metodología en otras asignaturas?	8	4	67
7	¿Los recursos (materiales y equipos) usados le ayudaron en su proceso de aprendizaje?	9	3	75
8	¿El tiempo destinado en cada sesión fue suficiente para las actividades a realizarse?	8	4	67
9	¿El tiempo destinado en cada sesión fue suficiente para ayudar en el proceso de aprendizaje?	7	5	58
10	¿Recomendaría aplicar esta metodología con otros estudiantes en los cursos siguientes?	10	2	83

Con respecto a las preguntas que tienen una aceptación igual o mayor al 67 %, los resultados sugieren que los alumnos consideran que la metodología favorece su involucramiento en el desarrollo de la práctica y aumenta su motivación para superarse a sí mismos y para trabajar en equipo. Además, consideran que los recursos y el tiempo dedicado a las prácticas fueron suficientes para el desarrollo de las actividades propuestas. Adicionalmente, un 75 % de estudiantes está de acuerdo con continuar usando la metodología en las prácticas de laboratorio de la asignatura de materiales ecoeficientes y un 83 % de los estudiantes quisiera utilizar la metodología en otras asignaturas.

En cuanto a los resultados negativos, se observa que las dos preguntas que tienen un bajo porcentaje de aceptación están relacionadas con el proceso de aprendizaje. Esto puede señalar, por un lado que hace falta una mayor profundización en la clase magistral para motivar el aprendizaje de los estudiantes o hacen falta más clases teóricas donde se trabaje más el concepto de los ODS y la relación de los mismos con la asignatura para abordar todas las dudas que puedan surgir, ya que las preguntas están relacionadas con la motivación del alumno y con el tiempo disponible. Por el otro lado, la negativa sugiere que hace falta un

mayor nivel de compromiso por parte de los estudiantes para responsabilizarse por su proceso de aprendizaje.

5 Conclusiones

En este trabajo se implementó el método de aprendizaje Trabajo en Equipo-Logro individual (TELI) en las prácticas de laboratorio de la asignatura de materiales ecoeficientes, y de forma paralela se incluyó la enseñanza de los Objetivos del Desarrollo (ODS) y una evaluación de conocimientos. La principal novedad del presente trabajo, se centra en que los estudiantes no sólo trabajan en el desarrollo de materiales sostenibles que es el principal objetivo de la asignatura, sino que además analizan como estos materiales y su proceso de obtención se relacionan con los ODS. Los resultados mostraron que los estudiantes pueden establecer con una alta precisión la relación entre los conocimientos dictados en la asignatura con los ODS. Sin embargo, se considera que hace falta realizar más actividades que permitan incorporar el estudio de todos los ODS en la enseñanza. En cuanto a la metodología TELI los resultados de la evaluación de la metodología por parte de los estudiantes son alentadores y señalan buen nivel de aceptación. No obstante, es necesario continuar con la aplicación de la metodología a lo largo del curso de Materiales Ecoeficientes tanto para obtener conclusiones más certeras, como para buscar soluciones que permitan aumentar el interés y el compromiso de los estudiantes.

6 Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el Proyecto PID2020-116496RB-C22 del ministerio de Ciencia e Innovación. Marina Patricia Arrieta agradece a PIE22.0506 de la Universidad Politécnica de Madrid. Cristina Pavon agradece a la subvención Santiago Grisolia (GRISOLIAP/2019/113) de la Generalitat Valenciana.

7 Referencias

- [1] Plastics Europe Market Research Group (PEMRG), “Plastics – the Facts 2020 An analysis of European plastics production, demand and waste data,” 2020. Accessed: May 03, 2021. [Online]. Available: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>
- [2] C. Pavon, M. Aldas, J. López-Martínez, J. Hernández-Fernández, and M. Patricia Arrieta, “Films based on thermoplastic starch blended with pine resin derivatives for food packaging,” *Foods*, vol. 10, no. 6, p. 1171, May 2021, doi: 10.3390/foods10061171.
- [3] European Bioplastics, “Bioplastics market development,” 2020. Accessed: Jan. 31, 2021. [Online]. Available: <http://www.european-bioplastics.org/news/publications/>
- [4] M. Aldas, C. Pavon, J. López-Martínez, and M. P. P. Arrieta, “Pine resin derivatives as sustainable additives to improve the mechanical and thermal properties of injected moulded thermoplastic starch,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 7, pp. 2561–2578, Apr. 2020, doi: 10.3390/app10072561.
- [5] V. Ausín, V. Abella, V. Delgado, and D. Hortigüela, “Aprendizaje Basado en Proyectos a través de las TIC. Una Experiencia de Innovación Docente desde las Aulas Universitarias Project-Based Learning through ICT. An Experience of Teaching Innovation from University Classrooms,” *Formación Universitaria*, vol. 9, no. 3, pp. 31–38, 2016, doi: 10.4067/S0718-50062016000300005.
- [6] J. M. Ferri, H. de La Rosa-Ramírez, M. P. Arrieta, M. D. Samper, and J. López-Martínez, “Aprendizaje basado en proyectos en la obtención de papel reciclado en la asignatura de Materiales Ecoeficientes,” Jul. 2021.

- [7] E. Rodríguez-Sandoval, É. M. Vargas-Solano, and J. Luna-Cortés, “Assessment of the ‘project-based learning’ strategy,” *Educación y Educadores*, vol. 13, no. 1, pp. 13–25, Apr. 2010, doi: 10.5294/EDU.2010.13.1.1.
- [8] C. Pavon, M. Aldas, H. H De La Rosa, and J. López-Martínez, “Aprendizaje activo y cooperativo en el laboratorio de Nanotecnología para realizar estructuras con electrospinning / electrospraying Resumen,” 2019.
- [9] L. Cadoche, S. Pastorelli, and J. Tomatis, “Trabajo en equipo-logro individual: una experiencia de aprendizaje cooperativo,” *premisa*, vol. 37, pp. 13–21, 2008.
- [10] J. C. Iglesias Muñiz and T. H. López Miranda, “Estudiar y aprender en equipos cooperativos: aplicación de la técnica TELI (Trabajo en Equipo-Logro Individual) para trabajar contenidos matemáticos,” *Magister*, vol. 26, no. 1, pp. 25–33, Jan. 2014, doi: 10.1016/S0212-6796(14)70015-5.
- [11] R. Slavin, *Aprendizaje Cooperativo Investigacion teoria y práctica*. Buenos Aires, 1999.
- [12] Naciones Unidas, “Objetivos de Desarrollo Sostenible,” 2021. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/> (accessed Mar. 21, 2022).