

## Formación práctica universitaria en y para la sostenibilidad: aplicación de Trichodermas para la producción de plantas.

---

*Rocío Velázquez Otero. Universidad de Extremadura (España).*

*Manuel Martínez Cano. Universidad de Extremadura (España).*

*Santiago Ruiz-Moyano Seco de Herrera. Universidad de Extremadura (España).*

*María José Poblaciones Suárez-Bárceñas. Universidad de Extremadura (España).*

*Alejandro Hernández León. Universidad de Extremadura (España).*

### 1. Introducción.

La transformación que produce la acción del ser humano sobre el medio ambiente ha rebasado hace décadas los límites en los que el propio planeta equilibra esos cambios. La influencia de la acción humana en el relieve terrestre, en la composición atmosférica y en el clima son cada vez más evidentes. Este conjunto de afecciones sobre el medio ambiente, a nivel global, influye decisivamente sobre el bienestar de las poblaciones, aumentando la brecha entre los que más tienen y los más vulnerables, generando conflictos armados, crisis financieras y hambrunas.

Las instituciones a todos los niveles no han sido ajenas a la necesidad de la aplicación de medidas políticas específicas para revertir los efectos medioambientales asociados al desarrollo descontrolado. El término "desarrollo sostenible" se definió en la Conferencia sobre el Medio Ambiente de la ONU en Río de Janeiro como el desarrollo que permite satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de satisfacer las de las generaciones futuras (MMA, 1998, p. 277). Más recientemente, en 2015, la ONU aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, una oportunidad para que los países y sus sociedades emprendan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos. Entre sus objetivos y metas destaca: "*Para 2030, garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y la adopción de estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad entre los géneros, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible, entre otros medios.*" (ONU, 2015).

En toda esta corriente de transformación hacia la sostenibilidad, la educación es uno de los ejes fundamentales según la ONU para que los sistemas productivos sean cada vez más sostenibles. Es decisivo avanzar hacia un equilibrio ecológico a través de la educación de las generaciones futuras en competencias en y para la sostenibilidad (UII, 2014). Las Naciones Unidas designaron al periodo 2005-2014 como la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. La universidad, en la que confluyen la actividad docente e investigadora, debe posicionarse en la cabeza de la resolución de los problemas sociales (Llivina-Lavigne & Valdés-Valdés, 2021; Sáenz-Rico et al., 2015). En este sentido, se crea el Grupo de Trabajo para la Calidad Ambiental y el Desarrollo Sostenible en el seno de la CRUE con el objetivo de fomentar las iniciativas relacionadas con la prevención de riesgos, la gestión, participación y sensibilización ambiental en las universidades, así como la cooperación interuniversitaria en estas materias (CRUE, 2005). En este documento se propuso la inclusión en los planes de estudio de competencias transversales para la enseñanza-aprendizaje para la sostenibilidad.

Se observa en la revisión realizada por Muñoz et al. (2017) una evolución y confluencia del concepto de competencia con el de sostenibilidad quedando la definición como “el conjunto de conocimientos, valores, actitudes, destrezas y habilidades que una persona necesita para afrontar con éxito los retos del desarrollo sostenible” (Murga-Menoyo y Novo, 2014). Los resultados del informe de la UNESCO (2014) muestran que la educación para el desarrollo sostenible se alcanza más eficazmente mediante aprendizaje por descubrimiento, participativo y colaborativo, basado en problemas y con pensamiento crítico. Algunas investigaciones relacionadas con la enseñanza-aprendizaje de la sostenibilidad se han llevado a cabo desde la universidad, tales como la realizada en la asignatura de “Didáctica de las Ciencias Sociales y Didáctica de las Ciencias Experimentales” del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Córdoba donde se desarrollaron metodologías para organizar el conocimiento ecológico y sostenible a escala local, en la ciudad de Córdoba, motivando al alumnado a participar en la planificación de este recurso con la realización de prácticas educativas que priorizan el conocimiento de la ciudad desde los parámetros señalados en la Agenda 2030 y los diversos Objetivos de Desarrollo Sostenibles. Se trabajó el aprendizaje y formación del futuro profesorado en la sostenibilidad de las ciudades y la formación de una ciudadanía crítica y responsable, comprometida con el presente y el futuro de su entorno (López y Medina, 2020). De la Hoz et al. (2020) presentaron el uso de recursos interactivos digitales 3D para contribuir al desarrollo de competencias en sostenibilidad en la asignatura de “Física del Medio Ambiente” del Grado de Física en la Universidad de Granada, donde los resultados mostraron que el uso de modelos 3D desarrollados contribuyen a la actualización de la docencia, favorecen la comprensión de la realidad en el entorno del estudiante y su implicación en la sostenibilidad ambiental. Asimismo, existen iniciativas docentes e investigadoras, en torno a la educación, orientadas hacia la integración de la sostenibilidad en los currículos universitarios (Albareda-Tiana et al; Tejedor et al., 2019). En relación con el plan de acción de la Agenda 2030, éste se ha construido desde una metodología más participativa, por lo cual se está favoreciendo su aceptación e integración en diferentes ámbitos de conocimiento: Salud, Ingeniería y Educación, tal y como se pone de manifiesto en las investigaciones realizadas en la Facultad de Medicina, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura (Zamora-Polo et al, 2019) y en la Facultad de Educación de la Universidad de Cádiz (García et al., 2020).

En el ámbito de las ingenierías agrícolas, la formación de alumnos en la mejora de las producciones de los cultivos y el control de plagas y enfermedades mediante técnicas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente como la aplicación de tratamientos biológicos y biocontrol puede contribuir al conocimiento y concienciación de la necesidad de avanzar hacia una agricultura sostenible (Ram et al., 2018), pudiendo derribar potenciales obstáculos para que los futuros ingenieros relacionados con el sector agroalimentario contribuyan activamente a las producciones sostenibles. El concepto de biocontrol o control biológico no es nada nuevo; de hecho, se constata que la primera aplicación con base científica de control biológico se produce en 1959 para el control de plantas exóticas acuáticas (Confrancesco, 1991) pero es en los últimos 20 años cuando la comunidad científica ha puesto énfasis en el desarrollo del conocimiento de este ámbito de la ciencia (Droby et al., 2016). Entre los tratamientos biológicos más exitosos en el ámbito agrícola, los hongos del género *Trichoderma* destacan por la capacidad de mejorar las producciones y por la contribución al control de microorganismos patógenos de múltiples cultivos (revisado por Abdullah et al., 2021). El carácter “natural”, libre de residuos y compatible con los equilibrios ecológicos del medio ambiente donde se aplican las *Trichodermas* las convierten en unas poderosas aliadas para avanzar hacia la sostenibilidad (Abdullah et al., 2021; Kumar, 2013; Sachdev & Singh, 2020).

En base a los antecedentes expuestos, en este trabajo se presenta la experiencia realizada con los alumnos del Máster en Ingeniería Agronómica de la Universidad de Extremadura para promover la adquisición de competencias para la sostenibilidad a través de prácticas en agricultura sostenible aplicando Trichodermas a cultivos hortícolas.

## 2. Metodología.

### 2.1. El contexto y los participantes.

Esta experiencia se realizó en el curso académico 2020/21 empleando metodología de enseñanza-aprendizaje práctico a través de un ensayo de aplicación de agentes naturales (Trichodermas), promotores del crecimiento de plantas hortícolas. La asignatura en la que se realizó esta práctica es "Innovación y Tecnología de la Producción Hortícola", asignatura optativa de 2º Curso (1º semestre) del Máster Universitario de Ingeniería Agronómica (especialidad de Tecnología de la Producción Vegetal) en la Escuela de Ingenierías Agrarias (EIA) de la Universidad de Extremadura en Badajoz (España). Esta asignatura cuenta con un total de 6 créditos ECTS divididos en actividades de grupo grande (3,0 ECTS), seminarios (1,5 ECTS) y prácticas de laboratorio o campo (1,5 ECTS). Los alumnos matriculados fueron 14, de los cuales 9 eligieron evaluación continua (6 hombres y 3 mujeres) y el resto evaluación global. En relación con el sistema de evaluación continua, el alumno debe realizar un examen final (60%), considerando además la asistencia y aprovechamiento en clases teóricas, prácticas y otras actividades presenciales (30%), y las tareas del curso (10%). El alumno participe de la experiencia podía alcanzar un máximo de 2 puntos, considerándose en la evaluación su participación activa en las sesiones prácticas propuestas.

La experiencia desarrollada, integrada en la modalidad de evaluación continua, está vinculada a tres temas teóricos de los seis impartidos en la asignatura, concretamente a los temas: "Técnicas Avanzadas en la Propagación del Material Vegetal en Horticultura", "Innovación y Nuevas Tecnologías Aplicadas a los Cultivos Hortícolas Extensivos al Aire Libre" e "Innovación y Nuevas Tecnologías Aplicadas a los Cultivos Hortícolas Protegidos". Asimismo, dicha experiencia se asoció a la práctica de "Técnicas de Producción bajo Invernadero", la cual se desarrolló principalmente en el invernadero de la EIA.

### 2.2. Método de enseñanza-aprendizaje.

La asignatura dispone de un aula integrada en el Campus Virtual de la Universidad de Extremadura basado en Moodle. En este espacio, los alumnos disponen de información de interés: plan docente, planificación de la asignatura, bibliografía recomendada, presentaciones temáticas en formato .pdf, entre los recursos más relevantes. Además, se utilizan foros y/o envío de mensajes para la comunicación profesor-alumno.

Los alumnos trabajaron de forma individual, planteado posibles dudas a los profesores a lo largo de la experiencia que se desarrolló en un periodo de 6 semanas, con una sesión por semana, de 1,5 a 3 horas, teniendo una duración total de 15 horas (Tabla 1).

Actividad	Seman a 1	Seman a 2	Seman a 3	Seman a 4	Seman a 5	Seman a 6	Espacio utilizado
<b>Preparación muestras e inoculación</b>	1						Invernadero
<b>Controles en sustrato</b>			1		1		Laboratorio de microbiología
<b>Mediciones en planta</b>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		Invernadero
<b>Mediciones destructivas en planta</b>	0,5		0,5		0,5		Invernadero

<b>Análisis de resultados</b>						3	Aula informática
<b>Total horas:</b>	3	1,5	3	1,5	3	3	15

Tabla 1. Dedicación en horas de las diferentes actividades integradas en la experiencia práctica de la enseñanza-aprendizaje para la sostenibilidad.

La secuencia de trabajo se presenta de forma esquematizada, en la figura 1, detallándose la experiencia en los siguientes epígrafes. Con esta planificación se generó un escenario que entendemos adecuado para cimentar el aprendizaje en competencias en y para la sostenibilidad; con la organización, estructura y recursos necesarios (Jiménez-Fontana et al., 2014).



Figura 1. Esquema de las etapas realizadas durante la experiencia práctica.

### 2.2.1. Explicación teórica.

Se utilizó la metodología de clase magistral en el aula asignada para los alumnos de segundo curso del máster, en una sesión de 55 minutos de duración para la enseñanza-aprendizaje de los contenidos de la experiencia práctica en grupo grande. Los alumnos disponían con antelación de la presentación temática disponible en el aula virtual.

En esta sesión se da a conocer la labor de los semilleros dedicados a la producción de plantas hortícolas y su importancia en el sector hortícola en Extremadura. Además de señalar la problemática de enfermedades fúngicas en esta fase y la limitación en el uso de fungicidas de síntesis química para su control. Se trata de justificar los motivos por los cuales, en la actualidad, se están buscando alternativas respetuosas con el medio ambiente, que además de controlar, de forma natural, patógenos de suelo permitan asegurar la viabilidad de las plantas en campo, su rendimiento productivo y la calidad de sus producciones. Al final de la explicación se indican los numerosos estudios que constatan la eficacia de la aplicación de Trichodermas como hongos beneficiosos que promueven el vigor de las plantas cultivadas, además de controlar importantes patógenos de suelo. Por ello, el objetivo principal de la experiencia fue evaluar el efecto de la aplicación de la especie *Trichoderma koningii* sobre el crecimiento y desarrollo de plantas de brócoli en la fase de semillero. Con todos estos elementos se intentó generar un escenario de diálogo para potenciar la adquisición de las competencias profesionales con un enfoque sostenible (García-González et al., 2015).

#### 2.2.2. Descripción de materiales y procedimientos.

- Preparación del inóculo. Esta preparación fue realizada previamente por los profesores en el laboratorio de microbiología, explicando a los alumnos el procedimiento de obtención del inóculo. Tras la multiplicación de la *T. koningii* en placas de PDA (potato dextrosa agar) incubadas varios días en estufa a 25 °C, se procedió a la recogida de esporas y su recuento en la cámara de Neubauer, vista en el microscopio, obteniendo  $10^8$  esporas *Trichoderma* mL<sup>-1</sup>.
- Preparación de muestras. El material de partida fue una bandeja de semillero con plantas de brócoli (*Brassica oleracea* var. Parthenon) en estado de primera hoja verdadera. En el invernadero, cada alumno realizó el trasplante de 20 plantas en macetas con sustrato de mezcla de turbas. Los tratamientos realizados fueron: 10 plantas sin *T. koningii* (control) y 10 plantas con *T. koningii* (inoculación). Por consiguiente, se trabajó con 180 plantas, 90 de cada tratamiento, sobre las cuales se hicieron las siguientes determinaciones.

#### 2.2.3. Determinaciones.

- Monitorización del inóculo. Se efectuaron 2 siembras microbiológicas (Anderson y Calderón, 1999) a los 14 y 28 días de la aplicación de tratamientos. De esta forma se trataba de conocer la implantación y evolución de *T. koningii* y su efecto sobre la población de otros mohos, levaduras y bacterias presentes en el sustrato. En cada sesión de siembra, cada alumno realizaba la siembra de 2 muestras (1 control y 1 inoculación) en los medios comúnmente utilizados para el control de microorganismos.
- Monitorización de las plantas. Cada alumno realizaba, semanalmente, las mediciones sobre la parte aérea de 6 plantas (3 control y 3 inoculación). Además de efectuar mediciones destructivas en 2 plantas (1 control y 1 inoculación) al principio, medio y final del periodo de duración de la experiencia. Éstas consistían en lavar el sistema radicular de las plantas y medir tanto la parte vegetativa aérea como las raíces.

#### 2.2.4. Análisis e interpretación de los datos recogidos.

Los alumnos, una vez finalizado el ensayo, prepararon los datos de las mediciones para posteriormente realizar el estudio estadístico, mediante un análisis de la varianza por comparación de medias (ANOVA), con el programa SPSS Statistics v.21, para detectar si existían diferencias significativas de cada uno de los parámetros medidos entre las plantas control y las que presentan la inoculación con Trichodermas. Posteriormente, se interpretaron

las matrices de resultados estadísticos obtenidos y se realizaron distintos tipos de gráficos. Esta metodología de trabajo de datos medidos e interpretación de resultados está en consonancia con el método de aprendizaje por descubrimiento, basado en problemas y pensamiento crítico (UNESCO, 2014).

### 2.2.5. Análisis del Grado de Satisfacción de los alumnos.

Para evaluar el grado de satisfacción de los alumnos con el trabajo planteado, se realizó una encuesta anónima mediante las "encuestas de Moodle". En esta encuesta se pretende determinar qué aspectos positivos y negativos han percibido durante la realización de las prácticas asociadas a la aplicación de *Trichodermas* como agentes de control biológico. Se les informó que se trataba de una encuesta anónima, para que contestasen con sinceridad y así ayudarnos a mejorar en el planteamiento de la práctica en años sucesivos.

La encuesta consistió en 5 preguntas, 2 de elección múltiple con cinco opciones, una pregunta donde podían seleccionar las competencias del Máster que ellos considerasen que se han trabajado con el ejercicio práctico realizado, una de valoración de la "utilidad" de la práctica para su formación académica y profesional y una última pregunta abierta donde pudieran exponer libremente su experiencia y los posibles aspectos a mejorar (Tabla 2).

Encuesta Moodle
1. Valora tu conocimiento previo sobre el uso de <i>Trichodermas</i> (biocontrol) como alternativa a los fungicidas químicos.
Total desconocimiento. Algún conocimiento sobre la importancia de los microorganismos del suelo para las plantas. Algún conocimiento sobre el género <i>Trichoderma</i> . Conocimientos sobre las técnicas de control biológico en la agricultura. Conocimientos sobre el papel de <i>Trichoderma</i> en el control biológico de hongos fitopatógenos.
2. Valora tu conocimiento actual (después del trabajo en la asignatura) sobre el uso de <i>Trichodermas</i> (biocontrol) como alternativa a los fungicidas químicos.
Sigo desconociendo el modo de aplicación, su análisis y la función del control biológico mediante <i>Trichoderma</i> en agricultura. Conozco como se aplican las <i>Trichodermas</i> , pero no entiendo cómo se analizan, su función en los suelos y los beneficios para la planta. Conozco como se aplican las <i>Trichodermas</i> y cómo se analizan, pero no entiendo su función en los suelos y los beneficios para la planta. Conozco la aplicación, análisis, función y beneficios para la planta de la aplicación de las <i>Trichodermas</i> . Además de lo anterior, entiendo el diseño del experimento, y como se aplica el análisis estadístico para el estudio de los resultados.
3. Señala una o varias de las competencias que consideras que se han trabajado durante la realización de las prácticas relacionadas con la aplicación de las <i>Trichodermas</i> (biocontrol).
En esta pregunta se detallaron todas las competencias asociadas a la asignatura "Innovación y Tecnología de la Producción Hortícola" del Máster Universitario de Ingeniería Agronómica, para que los alumnos seleccionasen aquellas que consideraban que se habían trabajado con la realización de la experiencia. Estas competencias se pueden consultar en el enlace: <a href="https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/titulaciones/info/competencias?id=0518">https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/titulaciones/info/competencias?id=0518</a>
4. Valora el grado de interés (siendo: 1 "nada de interés" y 5 "mucho interés") que te ha suscitado investigar sobre la eficacia de la aplicación de <i>Trichodermas</i> durante el desarrollo de la práctica.
1 2 3 4 5
5. Indica el aspecto que más te ha gustado de la experiencia práctica sobre la aplicación de <i>Trichodermas</i> y que aspecto/os mejorarías o cambiarías para futuras ediciones.
Se trata de una pregunta abierta.

Tabla 2. Cuestionario para determinar la satisfacción de la práctica de sostenibilidad.

Finalmente, los alumnos tras cumplimentar la encuesta se les otorgó una insignia digital para incentivar su realización.

### 3. Resultados.

En esta experiencia se ha pretendido que los alumnos desarrollen habilidades relacionadas con el manejo hortícola a través de una experiencia práctica multidisciplinar que incluye técnicas agronómicas, microbiológicas y estadísticas como se puede ver en la figura 2, todas ellas integradas con las competencias investigatorias que propone Ramírez (2008). La inclusión en los currículos de experiencias de tipo metodológico y práctico presentan un carácter crucial para el futuro desempeño profesional aplicando los principios de la sostenibilidad (Ull et al., 2010). Además de trabajar las competencias señaladas, promueve también la adquisición de Competencias en Desarrollo Sostenible mediante prácticas de producción vegetal respetuosas con el medio ambiente, por lo que integra algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, como son ODS 2 (Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible) y ODS 12 (Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles).



Figura 2. Toma y manejo de datos obtenidos durante el aprendizaje de técnicas hortícolas, microbiológicas y estadísticas.

Se ha de señalar que el conocimiento previo de los alumnos sobre los tratamientos biológicos con Trichodermas era dispar como se muestra en la figura 3, aunque mayoritariamente manifestaron poseer algunos conocimientos sobre los microorganismos del suelo. Tras el desarrollo de la experiencia, los alumnos encuestados no sólo manifiestan un aumento en el conocimiento sobre estos tratamientos, sino que refieren a un entendimiento del diseño experimental y del análisis de los resultados (88,9% de los encuestados). Los resultados de aprendizaje académico obtenidos con la realización de la práctica se ajustan a la Memoria del Título: "Aplicar técnicas avanzadas, en la fase de producción, para la mejora de la calidad de las materias primas procedentes de cultivos herbáceos, hortícolas protegidos, hortícolas para uso industrial y frutales", que se ajusta además a las Competencias Transversales propuestas por la Grupo de Trabajo de la CRUE para la Calidad Ambiental y el Desarrollo Sostenible (CRUE, 2005). En este sentido, los alumnos pudieron determinar de forma empírica como la aplicación de las Trichodermas mejoró algunos parámetros de crecimiento de las plantas tales como: "longitud de la parte aérea", "anchura del limbo" y "peso fresco de la parte aérea", observándose diferencias significativas ( $p < 0,050$ ) entre los tratamientos (control e inoculación).

El análisis de los datos obtenidos mediante herramientas estadísticas permitió profundizar en el alcance de la aplicación de las Trichodermas como alternativa sostenible a los tratamientos convencionales, provocando un diálogo, debate y reflexión acerca de la utilidad de estas prácticas; en definitiva, se potenció un pensamiento crítico sobre la conveniencia de estas prácticas agrícolas sostenibles (Aramburuzabala et al., 2015; García-González & Azcárate, 2013).

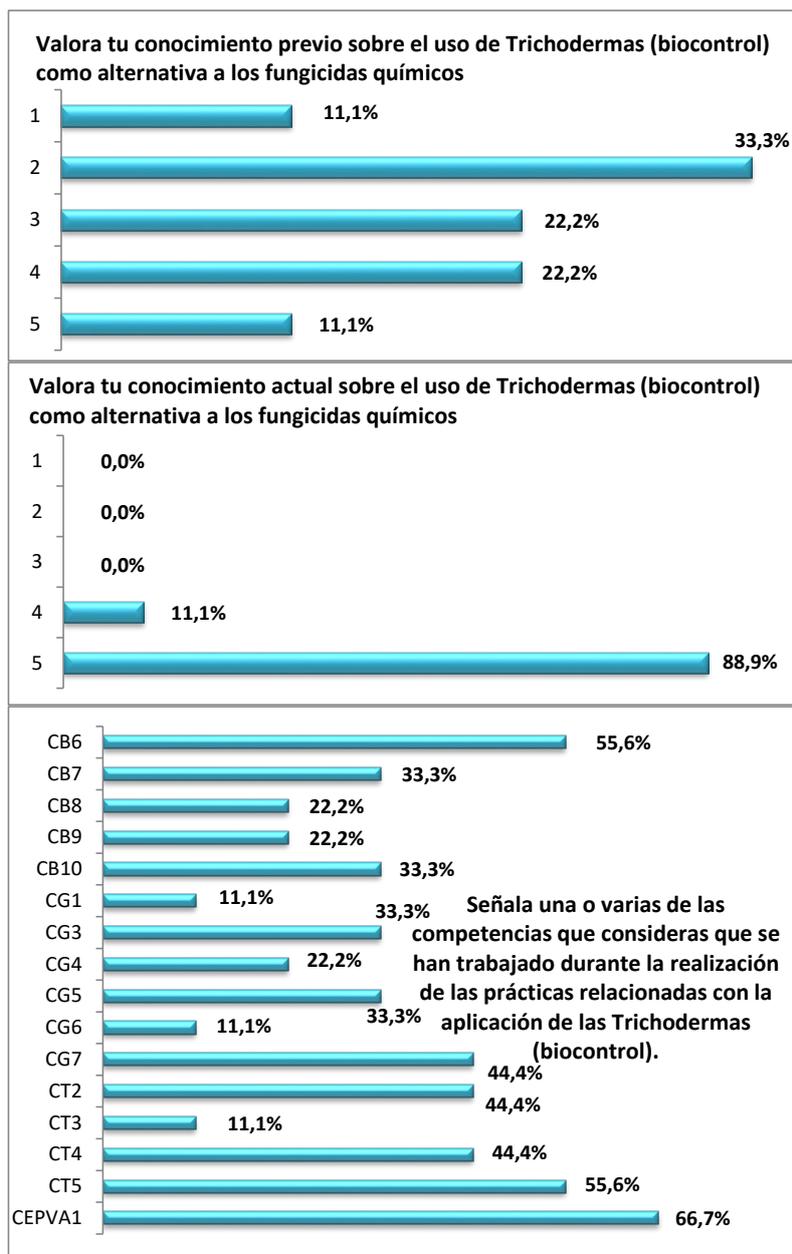


Figura 3. Diagramas de barras de resultados porcentuales del cuestionario Moodle.

Un aspecto destacable es que los alumnos también percibieron que esta práctica presentaba un carácter interdisciplinar, ya que como se refleja en la figura 3 todas las competencias básicas, generales, transversales y específicas asociadas a la asignatura fueron señaladas por alguno de los alumnos. Trabajos previos señalan que las prácticas de laboratorio-campo son un buen medio para la adquisición de competencias diferentes de las específicas (Durango, 2015). Entre las competencias seleccionadas, destacó la específica CEPVA1: "Conocimientos adecuados y capacidad para desarrollar y aplicar la tecnología propia en sistemas de producción vegetal. Sistemas integrados de protección de cultivos. Gestión de proyectos de investigación y desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a los procesos productivos vegetales: biotecnología y mejora vegetal", con un 66,7% de respuesta. Recordemos que la producción y los sistemas integrados a los que se refiere la competencia CEPVA1 se rigen por criterios de sostenibilidad (García, 2004), y los alumnos asocian, por sus conocimientos previos, con la protección del medio ambiente. Sin embargo, la competencia CG1 fue de las menos señaladas, con un 11%

del total, ya que es una competencia que está directamente relacionada con uno de los objetivos principales de la práctica, como es la *"conservación del medio ambiente y la mejora y desarrollo sostenible del medio rural"*. Puede ser debido a la dificultad en la interpretación de algunas competencias, ya que en las respuestas a la pregunta 2, los alumnos, al finalizar el trabajo, manifestaron alto conocimiento del uso de Trichodermas como alternativa a los fungicidas químicos, y por consiguiente con efectos positivos sobre la sostenibilidad y conservación del medio ambiente.

En relación con la pregunta 4 sobre el "grado de interés" del trabajo por parte de alumnado, fue de "mucho interés", con una puntuación de 4,67 sobre 5. Esta valoración se constata con las respuestas a la pregunta 5, en la que se les pidió que valoraran cuáles fueron los aspectos que más les habían gustado y cuáles eran mejorables o cambiarían en futuras ediciones. En términos generales, valoraron muy positivamente la forma de aprendizaje totalmente práctica, la metodología de trabajo y la discusión de los resultados mediante el estudio estadístico de los datos, reforzando así sus destrezas y habilidades. Algunos comentarios específicos destacados fueron: *"Incluiría más experiencias prácticas de este tipo y con vista al mundo laboral"*, *"Aplicaría para otras ediciones el ensayo en campo de prácticas"*, y *"El aspecto que más me ha gustado es la aplicación práctica que se realiza y no teoría. Pienso que esta forma es mucho mejor para el aprendizaje"*. Como se puede observar, estas reflexiones de los alumnos se alinean con las tres dimensiones de aprendizaje para las competencias en sostenibilidad relacionadas con lo cognitivo, metodológico y actitudinal (Aznar et al., 2014; Martínez et al., 2017; Murga-Menoyo, 2015). En este sentido, la enseñanza-aprendizaje en sostenibilidad debe dirigirse especialmente a la adquisición del saber hacer, ya que como se ha mostrado previamente, las intervenciones docentes centradas en los conocimientos no son tan efectivas en la implicación de la ciudadanía en los avances hacia un mundo más sostenible (Holmberg & Samuelsson, 2006; Vilches et al., 2008).

#### **4. Conclusión.**

En este trabajo se muestra una experiencia docente asociada a la adquisición de competencias relacionadas con la sostenibilidad y el respeto del medio ambiente a través de ensayo con microorganismos beneficiosos para los cultivos. Los alumnos manifestaron una evolución muy positiva en el conocimiento de estas prácticas productivas respetuosas con el medio ambiente. Asimismo, los alumnos indicaron que sería recomendable incluir más experiencias prácticas de este tipo y en más asignaturas, ya que señalan la tarea realizada como "diferente", eminentemente práctica y de mucho valor para su futuro laboral por los conocimientos adquiridos en diferentes campos. De hecho, en los "aspectos a mejorar" únicamente indicaron la posibilidad de llevar a cabo esta experiencia a mayor escala en los campos de prácticas y con una mayor duración en el tiempo. Esto demuestra el gran interés que ha tenido por parte del alumnado. Aunque no asociaron los conocimientos y habilidades adquiridas con la totalidad de las competencias relacionadas con la mejora ambiental si valoraron muy positivamente el desarrollo "totalmente práctico" del trabajo, desde su diseño experimental hasta el análisis de los resultados, manejando diferentes facetas, tanto en fase de campo como de laboratorio; poniendo de manifiesto en sus respuestas los beneficios para el aprendizaje de esta metodología práctica. El aprendizaje de destrezas, habilidades y experiencias prácticas permitirá a los futuros profesionales tomas de decisiones más sostenibles en el ámbito laboral.

#### **Agradecimientos.**

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Grupo de Innovación Docente en Agroalimentación (INDOALI), y financiado por la ayuda a grupos de innovación docente 2021/22 otorgada por el Servicio de Orientación y Formación Docente (SOFD) de la Universidad de Extremadura.

## Referencias bibliográficas.

- Abdullah, N. S., Doni, F., Mispan, M. S., Saiman, M. Z., Yusuf, Y. M., Oke, M. A., & Suhaimi, N. S. M. (2021). Harnessing Trichoderma in agriculture for productivity and sustainability. *Agronomy*, 11(12), 2559. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122559>
- Albareda-Tiana, S., García-González, E., Jiménez-Fontana, R., & Solís-Espallargas, C. (2019). Implementing Pedagogical Approaches for ESD in Initial Teacher Training at Spanish Universities. *Sustainability*, 11, 4927. <https://doi.org/10.3390/su11184927>
- Anderson, M. D. R. P., & Calderón, V. (1999). Microbiología alimentaria: metodología analítica para alimentos y bebidas. Ediciones Diaz de Santos.
- Aramburuzabala, P., Cerrillo, R., & Tello, I. (2015). Aprendizaje-servicio: una propuesta metodológica para la introducción de la sostenibilidad curricular en la universidad. *Profesorado*, 19 (1), 78-95. <http://www.ugr.es/local/recfpro/rev191ART5.pdf>
- Aznar, P., Ull, M. Á., Martínez, M. D. P., & Piñero, A. (2014). Competencias básicas para la sostenibilidad: un análisis desde el diálogo disciplinar. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 66 (2), 13-28. <https://10.13042/Bordon.2014.66201>
- Cofrancesco, A. F. (1991). A history and overview of biocontrol technology. Proc. 25th Annual Mtg., Aquatic Plant Control Program. Misc. Paper A-91-3. US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 117-123.
- CRUE. (2005). Directrices para la Introducción de la Sostenibilidad en el Curriculum. Madrid, Spain: Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas.
- De la Hoz, M. L., Aguilar A. J., Martínez, M. D., & Ruiz D. P. (2020). Inclusión de competencias en sostenibilidad a través del uso de modelos digitales 3D. En D. Cobos-Sanchiz, E. López-Meneses, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez y A.H. Martín-Padilla (Eds.), *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa* (2678-2685). Barcelona: Ediciones OCTAEDRO, S.L.
- Droby, S., Wisniewski, M., Teixidó, N., Spadaro, D., & Jijakli, M. H. (2016). The science, development, and commercialization of postharvest biocontrol products. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 22-29. <https://doi-org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.006>
- Durango, P. A. (2015). Las prácticas de laboratorio como una estrategia didáctica alternativa para desarrollar las competencias básicas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
- García, A. L. (2004). Legislación sobre producción integrada, agricultura ecológica y sistemas privados. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, 1, 30-39.
- García, E., Jiménez, R., & Fernández, T. (2020). Agenda 2030 en la formación inicial de profesorado: análisis de una experiencia en el Grado de Educación Primaria. En D. Cobos-Sanchiz, E. López-Meneses, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez y A.H. Martín-Padilla (Eds.), *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa* (3789-3797). Barcelona: Ediciones OCTAEDRO, S.L.
- García-González, E., & Azcárate, P. (2013). Reflejo de la sostenibilidad en las propuestas metodológicas del ámbito universitario. En Hurtado, J. (Ed.), *La formación de educadores ambientales a nivel máster* (pp. 261–264). Málaga: Ediciones Aljibe.

- García-González, E., Jiménez-Fontana, R., Navarrete, A., & Azcárate, P. (2015). La metodología docente como estrategia para promover la sostenibilidad en las aulas universitarias. Un estudio de caso en la Universidad de Cádiz. *Foro de Educación*, 13(19), 85-124. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.005>
- Holmberg, J., & Samuelsson, B. E. (Eds.). (2006). Drivers and Barriers for Implementing Sustainable Development in Higher Education: Göteborg Workshop, December 7-9, 2005; [United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)]. Unesco.
- Jiménez-Fontana, R., Azcárate, P., García-González, E., & Navarrete, A. (2014). Sostenibilidad curricular en las aulas universitarias. El papel de los valores en la estructura del sistema de evaluación. *Actas del 26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 260-268.
- Kumar, S. (2013). Trichoderma: a biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. *International Journal of Agriculture Science and Medical Veterinary*, 1(3), 106-121. <https://doi.org/10.5897/AJB2017.16270>
- Llivina-Lavigne, M. J., & Valdés-Valdés, O. (2021). La Universidad como referente social del cambio hacia un futuro sostenible. *Educación y Sociedad*, 19, 34-49.
- López M.J., & Medina, S. (2020). Trabajar la sostenibilidad a escala local. Una propuesta para el Grado en Educación Primaria en la ciudad de Córdoba. En D. Cobos-Sanchiz, E. López-Meneses, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez y A.H. Martín-Padilla (Eds.), *Claves para la innovación pedagógica ante los nuevos retos: respuestas en la vanguardia de la práctica educativa* (2637-2644). Barcelona: Ediciones OCTAEDRO, S.L.
- Muñoz, V. G., Sobrino Callejo, R., Benítez Sastre, L., & Coronado Marín, A. (2017). Revisión sistemática sobre competencias en desarrollo sostenible en educación superior. *Revista iberoamericana de Educación*, 73, 85-108. <https://doi.org/10.35362/rie730289>
- Murga-Menoyo, M. Á., & Novo Villaverde, M. (2014). Sostenibilizar el currículum: la Carta de la Tierra como marco teórico. *Edetania: Estudios y Propuestas Socio-educativas*, (46), 163-179.
- Murga Menoyo, M. Á. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13 (19), 55-83. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>
- ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.A/70/L.1.
- Ramírez, U. B. (2008). Laboratorios basados en investigación: una metodología que incentiva la participación intelectual del estudiante en el proceso de su aprendizaje. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, (7), 1-9. [http://www.uv.mx/cpue/num7/practica/ramirez\\_laboratorios\\_investigacion.html](http://www.uv.mx/cpue/num7/practica/ramirez_laboratorios_investigacion.html)
- Ram, R. M., Keswani, C., Bisen, K., Tripathi, R., Singh, S. P., & Singh, H. B. (2018). Chapter 10: Biocontrol technology: eco-friendly approaches for sustainable agriculture. In Barh, A., Azevedo, V. *Omic technologies and bio-engineering* (177-190). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815870-8.00010-3>
- Sachdev, S., & Singh, R.P. (2020). Trichoderma: A Multifaceted Fungus for Sustainable Agriculture. In: Baudh, K., Kumar, S., Singh, R., Korstad, J. (eds) *Ecological and Practical Applications for Sustainable Agriculture*. Springer, Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-3372-3>
- Sáenz-Rico, B., Benítez, L., Neira, J. M., Sobrino, M. R. & D'angelo, E. (2015). Perfiles profesionales de futuros maestros para el desarrollo sostenible desde un modelo formativo centrado

en el diseño de ambientes de aprendizaje. *Foro de Educación*, 13(19), 141-163.  
<http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.007>

- Tejedor, G., Segal, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P & Hernández, A. (2019). Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. *Sustainability*, 11(2086), 1–24.  
<https://doi.org/10.3390/su11072086>
- Ull, M. A., Agut, M. M., Piñero, A., & Minguet, P. A. (2010). Análisis de la introducción de la sostenibilidad en la enseñanza superior en Europa: compromisos institucionales y propuestas curriculares. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 7, 413-432. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.iextra.20](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.iextra.20)
- Ull, M. A. (2014). Competencias para la sostenibilidad y competencias en educación para la sostenibilidad en la educación superior. *Uni-pluriversidad*, 14 (3), 46-58.
- UNESCO (2014). Shaping the Future We Want. Un Decade of Education for Sustainable Development (2005-14). Final Report.
- Vilches, A., Gil, D., Toscano, J. C., & Macías, Ó. (2008). Obstáculos que pueden estar impidiendo la implicación de la ciudadanía y, en particular, de los educadores, en la construcción de un futuro sostenible: Formas de superarlos. *Revista iberoamericana de ciencia tecnología y sociedad*, 4(11), 139-162.
- Zamora-Polo, F., Sánchez-Martín, J., Corrales-Serrano, M., & Espejo-Antúnez, L. (2019). What do university students know about sustainable development goals? A realistic approach to the reception of this UN program amongst the youth population. *Sustainability*, 11, 3533.  
<https://doi.org/10.3390/su11133533>