



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Proyecto número 115

Microbiológ@ en tu pantalla: laboratorios virtuales para la enseñanza práctica de
Microbiología Ambiental en los Grados de Biología y Bioquímica
con un enfoque semipresencial (*blended learning*)

Responsable del proyecto:
Francisco Amaro Torres

Centro: Facultad de Ciencias Biológicas

Departamento de Genética, Fisiología y Microbiología

ÍNDICE

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto	3
2. Objetivos alcanzados	3
3. Metodología empleada en el proyecto	5
4. Recursos humanos	6
5. Desarrollo de actividades	7
6. Anexo	9

1. Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

El proyecto de innovación propuesto tiene como **principal objetivo** implementar la metodología de enseñanza-aprendizaje *b-learning* en las clases prácticas de la asignatura “Biología de la contaminación” (Grado en Biología, cuarto curso) creando una colección de laboratorios virtuales en sinergia con las sesiones de docencia práctica presencial. De esta forma, la colección de recursos digitales que pretende reunir este proyecto complementará la formación que reciben los alumnos en las clases prácticas de laboratorio de la asignatura, y permitirá adaptar las prácticas a un formato de educación *online* o semipresencial en el contexto de situaciones similares a la actual crisis sanitaria. La colección de recursos se hará accesible a través del campus virtual de la UCM, para facilitar el acceso de los alumnos y reforzar su vinculación con los contenidos de la asignatura.

Este objetivo general se divide en los siguientes **objetivos específicos**:

1. **Elaborar una colección de recursos digitales** (videos guiados y simulaciones de experimentos de laboratorio, visitas virtuales a instalaciones biotecnológicas, herramientas de autoevaluación, etc.) de acceso abierto y curados **para el aprendizaje de los contenidos prácticos de Microbiología ambiental**, aplicables en cursos académicos posteriores y asignaturas afines.
2. Ofrecer una **metodología docente virtual** que permita **complementar la enseñanza práctica presencial** cuando esta deba reducirse por situaciones como la actual crisis sanitaria.
3. **Evaluar los beneficios del modelo *b-learning* para la formación práctica en el área de la Microbiología ambiental**, en función de la eficacia del proyecto, los resultados observados y el *feedback* del alumnado.
4. **Dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje**, fomentando la motivación y el aprendizaje significativo y autónomo a través de la plataforma Moodle, como complemento a las clases prácticas presenciales.
5. **Contribuir a la adquisición de competencias específicas** del área de la Microbiología ambiental en los alumnos, **y competencias transversales** como la digital, autonomía del alumno, capacidad para trabajar en equipo y aplicar en la práctica los conocimientos adquiridos.

2. Objetivos alcanzados

De modo general se puede afirmar que se ha alcanzado el **principal objetivo** del proyecto, ya que durante el presente curso académico se ha elaborado una colección de laboratorios virtuales que ha servido de apoyo a las clases prácticas de la asignatura Biología de la contaminación, en sesiones virtuales en remoto y presenciales en el aula/laboratorio de la facultad.

En total se han diseñado seis laboratorios virtuales de Microbiología ambiental que alberga material docente interactivo de distinta naturaleza y de fácil acceso para los estudiantes a través del campus virtual UCM en Moodle (Anexo, Figura 1) (**objetivo específico 1**). Estos recursos han cumplido una doble finalidad

didáctica. Por un lado, han complementado las clases prácticas de la asignatura (**objetivo específico 2**), sirviendo algunos de ellos como sustitución de actividades presenciales que no pudieron llevarse a cabo durante el presente curso académico 2020-2021 debido a la crisis sanitaria actual. La visita que tradicionalmente realizan profesores y alumnos de prácticas de “Biología de la contaminación” a una estación de depuración de aguas residuales (EDAR) del Canal de Isabel II fue cancelada consecuencia de las restricciones impuestas por la emergencia sanitaria. Para compensar la formación de los estudiantes, esta fue sustituida por una visita virtual a una EDAR tipo, mediante videos explicativos y animaciones (disponibles en el laboratorio virtual 4 del proyecto, Anexo, Figuras 7 y 8) guiadas por dos profesoras del equipo del proyecto durante una sesión presencial en el aula de la Facultad de Biología. Asimismo, se incluyeron también en los laboratorios virtuales videos interactivos con cuestionarios de autoevaluación incrustados creados mediante la herramienta H5P en Moodle (Anexo, Figura 9), de modo que contribuyesen al aprendizaje autónomo del alumno (**objetivos específicos 4 y 5**) y videos que mostrasen los resultados que se obtendrían en algunos de los experimentos del programa práctico que requerían mayores tiempos de espera, permitiendo detener las exposiciones/análisis en los puntos clave, y ofreciendo al alumno la posibilidad de repetir el proceso fuera del horario de prácticas, repetir explicaciones, etc.; dinamizando así el proceso de enseñanza-aprendizaje (**objetivo específico 4**).

Por último, aunque las opiniones vertidas por los alumnos durante el uso de algunos de los recursos reunidos en los laboratorios virtuales en las sesiones de prácticas fueron muy positivas, consideramos que aún no disponemos de datos suficientes para llevar a cabo una evaluación completa del impacto de los laboratorios virtuales en la formación práctica de los alumnos (**objetivo específico 5**). Debido principalmente a que el proceso de encuestas y evaluación de los laboratorios se retrasó al mes de mayo del 2021, la participación en las mismas fue escasa, siendo necesario aumentar el número de alumnos encuestados. Aunque el presente proyecto de innovación ha finalizado, realizaremos de nuevo las encuestas de evaluación con los alumnos del próximo curso académico 2021-2022, con el fin de conseguir un volumen de datos suficiente que permitan analizar de forma objetiva el impacto y debilidades de los laboratorios virtuales elaborados. Consideramos por tanto, que el objetivo específico 5 se ha alcanzado parcialmente.

3. Metodología empleada

Para facilitar el acceso de los alumnos a los laboratorios virtuales desarrollados en el proyecto y fomentar su utilización, estos se han alojado en el campus virtual de la UCM, dentro del espacio Seminarios de trabajo llamado "Laboratorio virtual-INNOVA UCM 115 20-21". De esta forma el profesorado puede controlar el funcionamiento correcto de los recursos (de elaboración propia y los recopilados), seleccionar cronológicamente la disponibilidad de los mismos, exportarlos a futuros cursos académicos e incluso ampliar la colección. Se conciben, por tanto, los laboratorios virtuales desarrollados como **recursos didácticos dinámicos**, modificables en función de las necesidades del curso académico. Además, la reconocida versatilidad del entorno Moodle, las herramientas didácticas que ofrece, y la sencillez de manejo por alumnos y profesores, convierten al entorno Moodle representa un espacio idóneo para llevar a cabo este proyecto.

Se han elaborado 6 laboratorios virtuales (Anexo, Figura 1), cada uno de ellos compuesto por 6 módulos:

- **Video introductorio a la práctica**, introduce los contenidos básicos de la práctica y plantea preguntas para despertar el interés del estudiante.
- **Experimento**, video guiado en el que se reproduce el experimento a llevar a cabo en la sesión presencial (laboratorio de la Facultad) o en la virtual (laboratorio virtual)
- **Actividades propuestas**, específicas de cada laboratorio virtual.
- **Recursos**, banco de recursos digitales de acceso abierto (simulaciones virtuales, videos, charlas, textos digitales, artículos y revisiones científicas) para trabajar los contenidos relacionados con el módulo, seleccionadas previamente por el equipo del proyecto
- **Aula virtual**, para puesta en común de resultados y discusión durante las sesiones no presenciales en la facultad.
- **Autoevaluación**, incluye cuestionarios con diferentes formatos de pregunta, realizados a través de Moodle, y con corrección y retroalimentación automática.

En el anexo se muestran ejemplos de los diferentes recursos incluidos en cada módulo con una descripción más detallada.

Para la elaboración de los recursos interactivos (videos con preguntas y textos emergentes, visitas virtuales-360°, cuestionarios de distinto formato, procedimientos experimentales guiados) se ha utilizado la herramienta H5P implementada en el entorno Moodle del campus virtual UCM. Además, en el laboratorio de prácticas de la unidad docente de Microbiología se han grabado tres videos para mostrar el desarrollo de tres procedimientos incluidos en el programa práctico de la asignatura y los resultados de los mismos ("Creación de una columna de Winogradsky", "Uso de biosensores celulares para la detección de contaminación por metales pesados", "Evaluación de la biotoxicidad de contaminantes ambientales"). Por último, también se han incluido recursos didácticos de acceso abierto y de distinto formato, seleccionados por los componentes del equipo del proyecto a partir de distintos repositorios y plataformas (ej. <https://www.labxchange.org/>, <https://www.biointeractive.org>, <https://media.hhmi.org/biointeractive/vlabs>, <https://vlab.amrita.edu>, <http://bioquest.org>, <https://www.youtube.com>).

4. Recursos humanos

El grupo de trabajo tiene un marcado carácter interdisciplinar, y está compuesto por profesores (PDI UCM) que llevan impartiendo las clases teóricas y prácticas de la asignatura de Biología de la contaminación desde su creación en el Grado en Biología, dos técnicos de laboratorio (PAS UCM), dos estudiantes UCM del Grado en Biología, y una investigadora posdoctoral experta en microbiología ambiental aplicada.

Nombre y apellidos	Correo electrónico	Afiliación	Tareas desarrolladas
Francisco Amaro Torres	famaroto@ucm.es	PDI – UCM Dpto Genética Fisiología y Microbiología	Elaboración de contenidos
Silvia Díaz del Toro	silviadi@bio.ucm.es		
Ana Martín González	anamart@bbm1.ucm.es		
Juan Carlos Gutiérrez	jcgutier@pdi.ucm.es		
José Francisco Rovira Sanroque	jvovira@ucm.es	PDI – UCM Dpto. Ecología, Biodiversidad y Evolución	
Javier García Avilés	ciam03@bio.ucm.es		
Jesús Palá Paul	quibey@ucm.es		
Esther Sobrino Gómez	mesobrin@pas.ucm.es	PAS UCM	Preparación de materiales para las actividades prácticas de Biología de la contaminación
Carmen González Belinchón	cmgonzal@bio.ucm.es		
Marta Herráiz Moreno	marthe09@ucm.es	Estudiantes UCM	Evaluación de contenidos, adecuación al alumnado
Fernando Fernández de Cuevas López	fernaf02@ucm.es		
Patricia de Francisco Martínez	pdefrancisco@cab.inta-csic.es	Investigadora posdoctoral (CAB INTA)	Elaboración de contenidos

Tabla 1. Componentes del equipo de trabajo

5. Desarrollo de actividades

El desarrollo del proyecto se ha dividido en una serie de fases resumidas a continuación:

La **primera fase** consistió en una búsqueda y selección de recursos digitales, información, videos e imágenes en distintas páginas web, bases de datos (PubMed, Web of Science, Scopus, Biointeractive, LabXchange, página web de la American Society for Microbiology, entre otras) y revistas especializadas (*Journal of Microbiology and Biology Education*, *Journal of Visualized Experiments*) de docencia microbiología. El contenido de estos recursos se sometió primero a un cribado inicial y los recursos considerados útiles, fueron sometidos a un proceso más exhaustivo de curado, con el fin de elaborar un contenido didáctico, sencillo, pero a la vez riguroso y actualizado, de cada laboratorio virtual (Tarea 1 del cronograma). En esta fase, además, se realizaron las grabaciones de los experimentos guiados “Construye tu propia columna de Winogradsky”, que facilita el aprendizaje de los ciclos biogeoquímicos y los distintos procesos microbianos que pueden llevar a cabo los distintos grupos fisiológicos microbianos; “Biosensores celulares para la detección de metales pesados”, que permite profundizar al alumnado en conceptos clave de toxicología/ecotoxicología, como biodisponibilidad, biosensores “turn on” y “turn off” y genes reporteros; y “Evaluación de la biotoxicidad de contaminantes ambientales”, que enseña a los alumnos distintas herramientas para evaluar la citotoxicidad de muy diversos contaminantes ambientales, diferenciando entre células viables de no viables en una población. Para ello se prepararon previamente los materiales necesarios, medios de cultivo, resiembras de microorganismos empleados en cada grabación (Tareas 2 y 3). Por lo ajustado del calendario respecto a la liberación del presupuesto concedido al proyecto (una semana antes de la finalización del ejercicio económico), no se pudo hacer uso de la financiación concedida para el proyecto en 2020. En su lugar, se hizo utilizar parte de los materiales y reactivos disponibles para las prácticas de la asignatura Biología de la contaminación.

En la **segunda fase** se crearon los seis laboratorios virtuales alojados en Moodle, dentro del campus virtual UCM. Se elaboró una interface de fácil manejo común a los seis laboratorios (anexo, Figura 1), para albergar los distintos recursos y materiales recopilados y de elaboración propia. En esta fase se integraron los contenidos en cada laboratorio. El planteamiento inicial era disponer de la totalidad de los 6 laboratorios virtuales completamente operativos antes del comienzo de las prácticas de Biología de la contaminación. Sin embargo, las modificaciones en el calendario de distribución de clases prácticas y sesiones presenciales/virtuales derivadas de la actual emergencia sanitaria hicieron que se prolongase esta fase solapando con la tercera. Estos laboratorios virtuales, también se utilizarán como herramientas didácticas complementarias, en las prácticas de esta asignatura, en el próximo curso, que tendrán lugar, la primera semana de noviembre de 2021 y muy posiblemente, en los próximos cursos.

En la **tercera fase** se pusieron en práctica los laboratorios virtuales operativos en el momento de comienzo de las prácticas de la asignatura (1 de diciembre del 2020). El uso de los recursos de cada laboratorio fue desigual dependiendo de las necesidades de cada práctica. Aunque el planteamiento inicial era que los alumnos utilizarasen los laboratorios virtuales tanto en las sesiones presenciales como virtuales, para conseguir un mejor aprovechamiento del tiempo

en el laboratorio de prácticas nos centramos en determinados recursos de cada laboratorio virtual. A continuación se resume brevemente cómo determinados recursos de los distintos laboratorios virtuales fueron utilizados en las clases prácticas de la asignatura.

- Respecto al laboratorio 1 “Ciclos biogeoquímicos y microorganismos” se utilizó el video explicativo de la columna de Winogradsky (Anexo, Figura 2), los alumnos prepararon su columna en el laboratorio con los materiales proporcionados y utilizando el video guiado como apoyo (Anexo, Figura 3, y se utilizó la actividad “Identifica perturbaciones en la columna de Winogradsky” (Anexo, Figura 4) alojada en el laboratorio virtual 1 para discutir la base microbiológica/ecológica de las perturbaciones de distintas columnas. Dado que las columnas de Winogradsky requieren meses para su maduración, la disponibilidad de recursos audiovisuales para trabajar con columnas en distintos estadios de maduración resultó de gran utilidad para las prácticas de esta asignatura.
- Respecto al laboratorio 4 “Diagnóstico de la composición biótica de fangos activos de una EDAR”, se utilizaron fundamentalmente los videos explicativos y el tour virtual a las instalaciones de la EDAR alojados en el laboratorio virtual 4 (Anexo, Figuras 7 y 8), en sustitución de la visita a la EDAR cancelada por la situación de emergencia sanitaria. Los alumnos valoraron de forma muy positiva la realización de esta actividad como alternativa a la visita, y el valor didáctico de estos recursos, al permitir profundizar en cada una de las etapas e instalaciones del proceso.
- Respecto al laboratorio 5 “Uso de biosensores celulares para la detección de contaminación por metales pesados” en la sesión presencial con los alumnos se hizo uso fundamentalmente de las fotografías y videos tomados con el microscopio de fluorescencia alojados en el laboratorio virtual 5. Los alumnos realizaron en el laboratorio realizaron el procesamiento de muestras y exposición del microorganismo sensor a cada una de ellas. Sin embargo, la observación de cada muestra con el microscopio de fluorescencia se realizó a través del laboratorio virtual, empujando videos y fotografías tomadas previamente por los profesores con el microscopio de fluorescencia de nuestra unidad docente, examinando las mismas muestras que utilizaron los alumnos en prácticas (anexo, Figura 10).

En la **cuarta fase** se ha comenzado a evaluar la adecuación de los recursos alojados en cada laboratorio virtual, su utilidad y la necesidad de mejoras para los próximos cursos académicos. Como se ha comentado en el apartado 2 de esta memoria, esta fase aún no se ha completado, siendo necesario continuar con el proceso de evaluación de los recursos desarrollados en el proyecto. Menos de 10 alumnos participaron en las encuestas de satisfacción de los laboratorios virtuales, aunque estos sí reconocieron el valor didáctico de los mismos como recursos complementarios a la enseñanza presencial. Someteremos de nuevo los laboratorios virtuales a evaluación por parte de los alumnos matriculados en las clases prácticas de la asignatura en el próximo curso académico 2021-2022, con el fin de obtener una visión más amplia y realista de la valoración y percepción de los alumnos sobre los recursos alojados en los laboratorios virtuales.

6. Anexo

En las siguientes figuras se muestra la panorámica general de los laboratorios virtuales desarrollados en el proyecto, y ejemplos de los distintos tipos de recursos (de elaboración propia o recopilados de fuentes en abierto) incluidos en los laboratorios virtuales del proyecto.

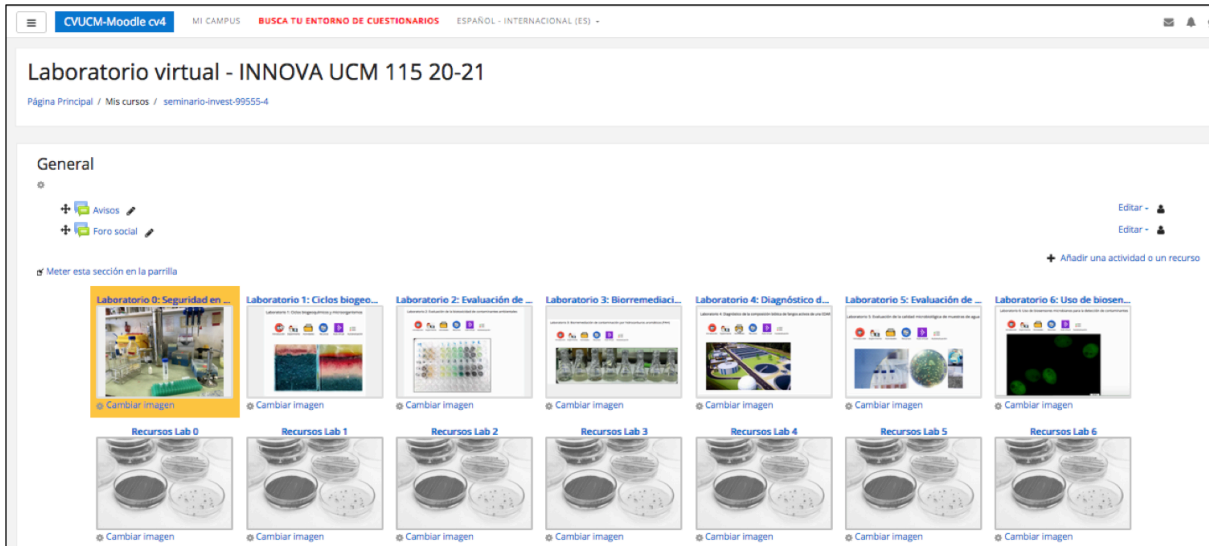


Figura 1. Menú general de acceso a los 7 laboratorios virtuales elaborados. Excepto el laboratorio 0 (introdutorio, centrado en repaso de seguridad y técnicas básicas del laboratorio de Microbiología), cada laboratorio virtual consta de un menú general horizontal que da acceso a cada uno de los módulos del mismo: Introducción, Experimento, Actividades, Recursos, Aula virtual, Autoevaluación.

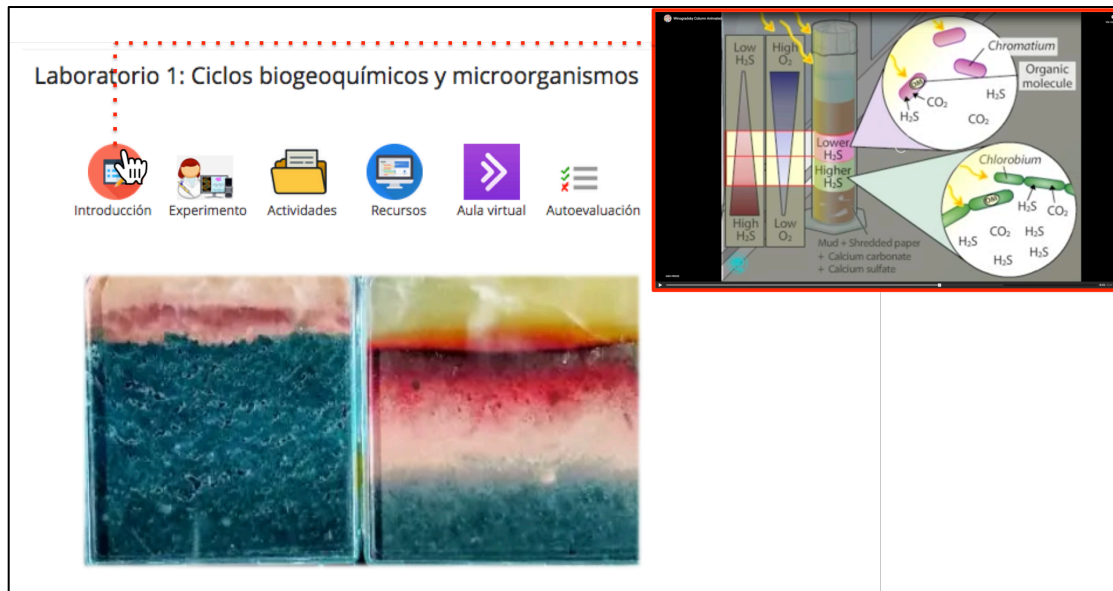


Figura 2. Video que introduce el funcionamiento de la columna de Winogradsky como modelo experimental de ecosistema complejo y de reciclaje de elementos biogeoquímicos, con énfasis en la distribución de los distintos grupos microbianos en la columna de agua y sedimentos según los gradientes ambientales de oxígeno, nutrientes y potencial redox.

Laboratorio 1: Ciclos biogeoquímicos y microorganismos

Introducción Experimento Actividades Recursos Aula virtual Autoevaluación



Actividad experimental guiada. Construye una columna de Winogradsky

Después de revisar el vídeo demostrativo, sigue el protocolo experimental que encontrarás en el módulo de Recursos del laboratorio para **construir tu columna de Winogradsky** empleando los materiales entregados en la sesión presencial.

Responde al cuestionario adjunto e interpreta el comportamiento de la columna en función de las condiciones establecidas y las perturbaciones introducidas en los supuestos.

En el módulo de Recursos encontrarás también **simulaciones virtuales de la evolución de la columna de Winogradsky** y la localización de los distintos grupo de microorganismos a lo largo del gradiente de nutrientes y oxígeno establecido en la columna

Columna estadio 0 Columna madura



Figura 3. Video experimento guiado por el profesor: “Construye una columna de Winogradsky” que muestra los pasos a seguir para la toma de muestras y construcción de la columna.

Laboratorio 1: Ciclos biogeoquímicos y microorganismos

Introducción Experimento Actividades Recursos Aula virtual Autoevaluación



Actividad interactiva. Identifica perturbaciones en la columna de Winogradsky

En esta actividad interactiva se mostrarán diferentes columnas de Winogradsky como las que aparecen en el ejemplo de la derecha. Tendrás que identificar qué tipo de perturbación con mayor probabilidad es responsable del aspecto de la columna, para ello debes clicar en los **botones interactivos** que aparecerán sobre cada columna.

En el módulo de Recursos encontrarás también **simulaciones virtuales de la evolución de la columna de Winogradsky** y la localización de los distintos grupo de microorganismos a lo largo del gradiente de nutrientes y oxígeno establecido en la columna

Columna A Columna B



Figura 4. Ejemplo de actividad interactiva creada para el proyecto con la herramienta H5P alojada en Moodle. El alumno tiene que encontrar las distintas perturbaciones marcadas con botones interactivos de tipo hotspot e identificar la causa de cada una de ellas.



Figura 6. Panel interactivo con videos y demostraciones de técnicas básicas de microbiología que el alumno necesita conocer para realizar las prácticas de Biología de la contaminación. Pertenecen al laboratorio 0.



Figura 7. Ejemplo de actividad interactiva incluida en el módulo Actividades del laboratorio virtual 4, en la que el alumno realiza un tour virtual a las instalaciones de una EDAR y debe identificar una serie de etapas de los diferentes tratamientos a través de botones de tipo hotspot.



Figura 8. Ejemplos de videos explicativos sobre el funcionamiento de las distintas etapas e instalaciones de una EDAR, alojados en el módulo Recursos del laboratorio virtual 4.

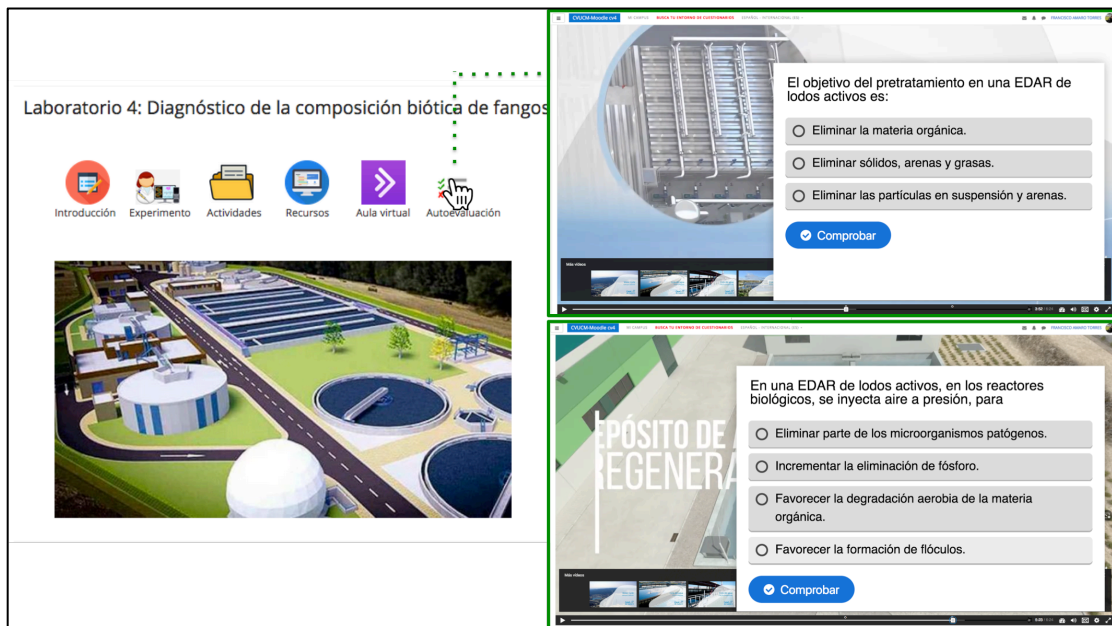


Figura 9. Ejemplos de diferentes videos interactivos con cuestionarios de autoevaluación para el alumno. Se elaboraron con la herramienta H5P y están alojados en el modulo Autoevaluación del Laboratorio 4. A lo largo del video aparecen preguntas de distinto formato que detienen el video hasta que el alumno proporciona la respuesta correcta.

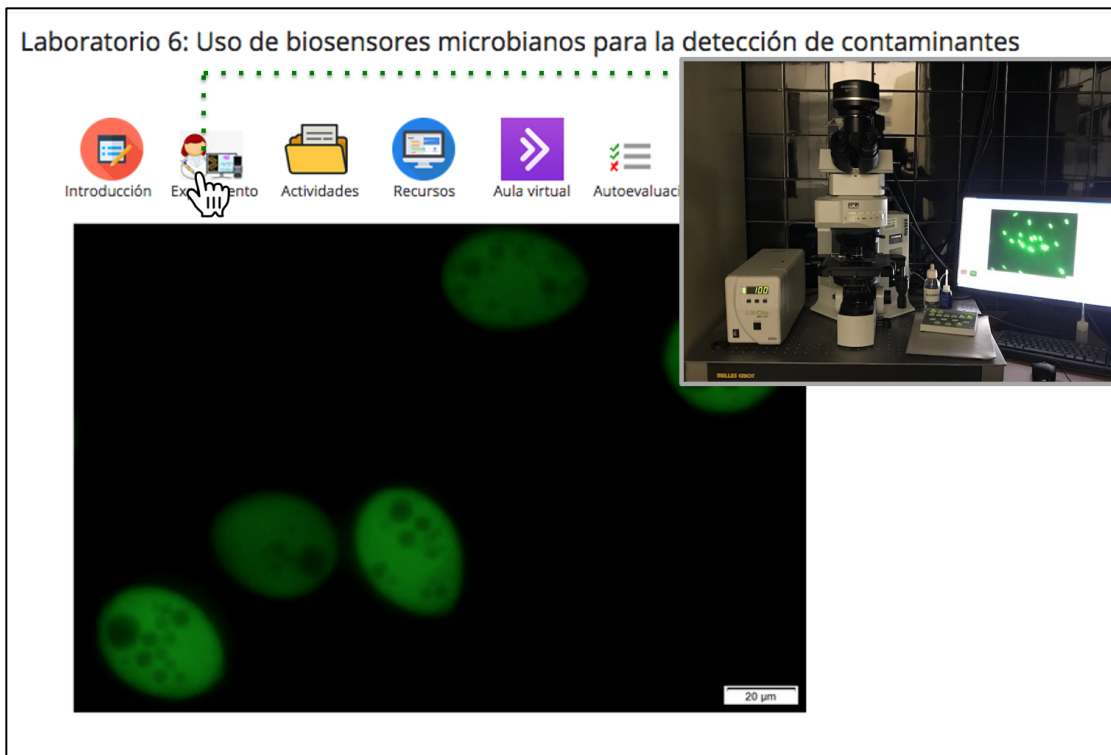


Figura 10. Video demostrativo del experimento uso de microorganismos como biosensores celulares para la detección de metales pesados, grabado con el microscopio de fluorescencia de la Unidad Docente de Microbiología del Dpto. Genética, Fisiología y Microbiología UCM. Muestra a los alumnos cómo se prepara la muestra y se examina bajo el microscopio de fluorescencia, así como el funcionamiento del mismo con énfasis en la selección de los filtros de excitación y emisión adecuados.