

PROYECTO DOCENTE ELABORADO PARA LA ASIGNATURA DE BIOTECNOLOGÍA MICROBIANA

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción: Conexión proyecto docente CEI	2
2. Objetivos y competencias	4
3. Programa asignatura	
3.1 Actividades teóricas	10
3.2. Actividades prácticas	17
3.3. Seminarios	24
3.4. Ejercicio práctico	24
4. Metodología docente	
4.1. Métodos enseñanza	26
4.2. Métodos que asisten a la docencia	28
4.3. La evaluación	30
5. Fuentes de la información	
5.1. Bibliografía	33
5.2. Revistas científicas	34

1. INTRODUCCIÓN: CONEXIÓN PROYECTO DOCENTE CEI

La Convocatoria de ayudas Beatriz Galindo (Orden CD/365/2018, 23 marzo de 2018) tiene como objeto la atracción del talento investigador que ha realizado parte de su carrera profesional en el extranjero con el fin de favorecer la captación y formación de capital humano investigador y su movilidad en sectores de interés estratégico nacional, así como promover la calidad y la competitividad del personal docente e investigador en las universidades españolas. Dichas ayudas buscan apoyar la consolidación de los Campus de Excelencia Internacional existentes.

La Universidad Pública de Navarra (UPNA) pertenece al Campus Iberus, Campus de Excelencia Internacional (CEI) del Valle del Ebro. La estrategia de Campus Iberus se construye sobre los principios de agregación, especialización e internacionalización, con especial énfasis en las áreas de Agroalimentación y Nutrición, Energía, Medioambiente y Sostenibilidad, Tecnologías para la Salud y Desarrollo Social y Territorial. Campus Iberus define tres ámbitos de especialización, siendo uno de ellos el agroalimentario y de la nutrición, que juega y jugará un papel relevante en los retos a los que se enfrenta nuestra sociedad. Este Plan de Acción persigue mejorar la innovación en el sector agroalimentario y de la nutrición, incrementando su competitividad y sostenibilidad.

La UPNA, por su parte, busca y promueve dicho sector agroalimentario, especialmente en La Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA). La ETSIA es un centro universitario de educación superior encargado de formar profesionales en ingenierías agrarias y en innovación de alimentos. Siguiendo la estrategia del Campus Iberus, la UPNA ha creado nuevos grados dentro de la ETSIA que tienen por objeto potenciar el sector agroalimentario y nutrición. Estos nuevos grados comenzarán en el curso 2018/2019, por lo que será necesario la incorporación de personal docente y/o investigador con un perfil agroalimentario con experiencia docente y/o investigadora internacional.

Entre estos nuevos grados destaca el Grado en Biotecnología. La Biotecnología es la aplicación de un enfoque multidisciplinario, tanto científico como tecnológico, a los sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación

de productos o procesos de valor para el hombre. El Grado en Biotecnología afronta nuevos retos en el área agroalimentaria, como es la producción de nuevos alimentos y desarrollo de productos útiles en la industria agraria. En concreto dentro de este grado destacan las Aplicaciones Biotecnológicas, tanto Microbiana, Sanitaria, Vegetal y Animal, gracias a las cuales se obtendrán nuevos alimentos, terapias, herramientas de diagnóstico o vacunas mediante el conocimiento y la aplicación de técnicas moleculares e ingeniería genética.

En concreto, la Biotecnología Microbiana tiene una gran importancia dentro del sector agroalimentario, área de potenciación dentro del Campus Iberus, ya que los microorganismos participan en una gran variedad de procesos de interés industrial, como es la producción de alimentos y bebidas, aminoácidos, antibióticos, biofertilizantes, insecticidas, bioenergía, e incluso participa en procesos medioambientales como biorremediación ó el control de residuos. De hecho, gracias a la microbiología agrícola se está favoreciendo las buenas prácticas que mejoran la utilización de los recursos naturales y reducen los riesgos de contaminación ambiental y acumulación de residuos en las cosechas, y permiten así la sostenibilidad de los sistemas agrarios.

Por ello, el presente proyecto docente enfatiza en la asignatura de Biotecnología Microbiana con el fin de formar profesionales experimentados en la utilización de los microorganismos para potenciar el sector agroalimentario, ámbito de especialización del Campus Iberus.

Biotecnología Microbiana

La Microbiología es la ciencia que estudia los microorganismos. La biotecnología, por su parte, permite la aplicación de diferentes técnicas que involucran sistemas biológicos, para la creación, modificación de productos o bioprocesos de producción que puedan ser desarrollados en el marco de la Microbiología industrial ó Biotecnología Microbiana, tanto en la parte teórica como a nivel de laboratorio. La biotecnología, y en concreto la microbiana, se usa ampliamente en agricultura, farmacia, ciencia de los alimentos, medio ambiente y medicina.

Por tanto, la biotecnología microbiana estudia los microorganismos y los procesos que derivan de los mismos a gran escala, con el fin de obtener productos de interés para el ser humano. Se estudia el aislamiento, selección y conservación de microorganismos industriales, así como los factores ambientales que modifican su crecimiento, la obtención de metabolitos primarios y secundarios en las principales industrias de interés biotecnológico, como son la industria sanitaria, alimentaria y agrícola. Por tanto, la Biotecnología Microbiana es la disciplina que se refiere al uso de los microorganismos, o productos derivados de los mismos, en procesos de interés económico para el hombre. En esta materia se incluyen una gran variedad de procesos entre los que se encuentran, entre otros, la utilización de microorganismos de interés industrial en la producción de alimentos y bebidas (pan, vino, cerveza), metabolitos primarios y secundarios (aminos ácidos, antibióticos y proteínas terapéuticas), así como la utilización de los mismos en la agricultura (biofertilizantes; control de plagas y enfermedades) y medio ambiente (bioenergía, biorremediación, control de residuos).

2. OBJETIVOS Y COMPETENCIAS

Los objetivos generales de la Biotecnología Microbiana son conocer los usos biotecnológicos de los microorganismos así como los procesos biotecnológicos de base microbiológica, y adquirir la capacidad para formar al alumno en el conocimiento de las posibilidades que ofrecen los microorganismos para su aplicación en procesos biotecnológicos de interés industrial.

Básicamente los **objetivos** o **resultados de aprendizaje** que se pretenden conseguir con esta asignatura son:

- Conocer los usos biotecnológicos de los microorganismos así como los procesos biotecnológicos de base microbiológica.
- Adquirir la capacidad para utilizar los microorganismos para obtener productos de interés o aplicaciones específicas.
- Familiarizar al estudiante con los problemas que han de enfrentar los procesos biotecnológicos microbianos, y habituarlo al tipo de razonamiento teórico, enfoque experimental y diseño industrial para resolver tales problemas.

- Dotar al estudiante con las habilidades intelectuales y manuales básicas para permitirle el tránsito desde los conocimientos microbiológicos hasta su aprovechamiento aplicado, especialmente en el ámbito sanitario, alimentario y agrario.

- Aprender las técnicas básicas para la manipulación de microorganismos la obtención y purificación de productos en procesos biotecnológicos.

- Estimular el espíritu crítico e inquisitivo, tanto por lo que se refiere a los aspectos técnicos de la microbiología industrial, como por las implicaciones sociales y éticas de la biotecnología en general y de la microbiana en particular.

Dado que el Grado en Biotecnología donde se imparte esta asignatura se engloba dentro de una Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos es imprescindible tener en cuenta el entorno agronómico en el que se actúa y focalizar el contenido de dicha asignatura al hecho de que se pretende formar profesionales en ingenierías agrarias y en innovación de alimentos. Por tanto, se dará una mayor relevancia a la aplicaciones que puedan tener estos microorganismos en la industria alimentaria como es en la producción de alimentos y bebidas, así como en la industria agraria y medioambiental, como es en el desarrollo de biofertilizantes, insecticidas, biocombustible, biorremediación o en la gestión de residuos.

La enseñanza de Biotecnología Microbiana debe integrar diversos conocimientos y disciplinas que el alumno ha ido adquiriendo en cursos previos del grado además de los conocimientos de los bloques anteriores de esta misma asignatura; “Microbiología”, “Biología molecular”, así como “Tecnología del ADN recombinante”.

Como parte de la formación universitaria, esta asignatura también debe contribuir a que el alumno adquiriera una serie de competencias que le permitan integrarse en el mercado laboral y utilizar los conocimientos adquiridos de manera competente, revertiendo así a la sociedad la inversión realizada en él.

1. Competencias básicas y generales

- Aplicar los conocimientos moleculares, celulares, fisiológicos y de bioingeniería, así como dominar sus principales técnicas asociadas, para diseñar procesos biotecnológicos para el uso y explotación de organismos, células o biomoléculas con el

fin de obtener bienes y servicios.

- Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

- Que los alumnos conozcan las posibilidades del uso aplicado de los microorganismos.

- Reconocer y valorar los mecanismos y estructuras de funcionamiento, así como los microorganismos de interés biotecnológico.

- Reconocer la importancia de la Biotecnología Microbiana en diversos contextos y relacionarla con otras áreas de conocimiento. Continuar estudios de postgrado en áreas especializadas en áreas de Biotecnología.

- Explicar y analizar los fenómenos esenciales, conceptos, principios y teorías relacionadas con la Biotecnología microbiana.

- Analizar y resolver problemas cualitativos y cuantitativos en el área de la Biotecnología microbiana.

- Reconocer y analizar nuevos problemas y planear estrategias para solucionarlos.

- Interpretar datos procedentes de observaciones y medidas en términos de su significación y de los modelos explicativos que las apoyan.

- Desarrollar buenas prácticas basadas en la manipulación biotecnológica de microorganismos que impliquen procesos de observación, medida y experimentación.

- Valorar la importancia de la Biotecnología de microorganismos en el contexto industrial, económico, medio ambiental, social y cultural presente y futuro.

2. Competencias transversales

- Capacidad para emprender e innovar en el ámbito de las Ciencias.

- Elaborar y redactar informes de carácter científico.

- Demostrar razonamiento crítico y autocrítico.

- Adaptarse a las nuevas situaciones.

- Gestionar información científica de calidad, bibliografía, bases de datos especializadas y recursos accesibles a través de internet.

- Incorporar a sus conductas los principios éticos que rigen la investigación científica y la práctica profesional.

- Adquirir conciencia de los riesgos y problemas medioambientales que conlleva su ejercicio profesional.
- Utilizar las herramientas y los programas informáticos que facilitan el tratamiento de los resultados experimentales.
- Comunicarse en español y en inglés utilizando los medios audiovisuales más habituales.
- Defender los puntos de vista personales apoyándose en conocimientos científicos. Integrar creativamente conocimientos y aplicarlos a la resolución de problemas biológicos utilizando el método científico.
- Adquirir capacidad de organización, planificación y ejecución.
- Desarrollo de la capacidad de trabajo autónomo o en equipo en respuesta.
- Desenvolverse en un contexto internacional y multicultural.
- Progresar en su habilidad para el trabajo en grupos multidisciplinares.
- Perseguir objetivos de calidad en el desarrollo de su actividad profesional.
- Ser capaz de mostrar creatividad, iniciativa y espíritu emprendedor para afrontar los retos de su actividad como Biotecnólogo.

3. Competencias específicas

- Conocer y aplicar la capacidad de manipulación de los microorganismos en la producción de productos y servicios biotecnológicos en los ámbitos sanitario, alimentario y agrario.
- Aplicar los conocimientos y las distintas técnicas biotecnológicas para dar soluciones innovadoras en aspectos relacionados con la salud, con la mejora de la producción, la reproducción y la sanidad de plantas y animales, así como con la calidad y la seguridad de los productos agroalimentarios.
- Adquirir conocimientos referentes al aislamiento y selección de microorganismos de interés industrial, a las técnicas moleculares y genéticas para la mejora de cepas, así como al desarrollo de cepas microbianas.
- Adquirir conocimientos sobre el metabolismo de los microorganismos; producción de metabolitos primarios y secundarios.
- Adquirir los conocimientos sobre los procesos de producción de sustancias de interés biotecnológico por microorganismos. Conocer los principales procesos de

fermentación utilizados en la producción industrial.

- Adquirir conocimientos de las aplicaciones actuales y perspectivas en diferentes procesos tecnológicos.

- Adquirir conocimientos generales sobre la microbiología de alimentos; la producción de alimentos y bebidas fermentados, así como microorganismos patógenos de alimentos y bebidas.

- Adquirir conocimientos sobre las aplicaciones que puedan tener los microorganismos en la agricultura y medio ambiente.

- Utilizar métodos para la búsqueda de microorganismos de interés biotecnológico. Aislar, identificar y conservar microorganismos.

- Planificar, desarrollar y controlar procesos biotecnológicos que utilicen microorganismos.

- Producir, transformar, manipular, conservar, identificar y controlar la calidad de los microorganismos y productos de origen biológico.

- Desarrollar estudios y realizar análisis que permitan conocer los procesos de producción de metabolitos microbianos primarios y secundarios.

3. PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Aplicaciones Biotecnológicas

El bloque de Aplicaciones Biotecnológicas engloba 4 asignaturas obligatorias de 6 ECTS, como son Biotecnología Microbiana, Biotecnología Vegetal, Biotecnología Animal y Biotecnología Sanitaria. Por tanto, debe haber una colaboración estrecha entre los responsables de la impartición de las distintas asignaturas con el fin de evitar solapamientos entre las mismas. La asignatura de Biotecnología Microbiana es la primera que se imparte junto con Biotecnología Vegetal en el tercer curso, sexto semestre. Mientras que las asignaturas de Biotecnología Animal y Biotecnología Sanitaria se imparten en el cuarto curso, séptimo semestre. Por lo que los alumnos deberán adquirir ciertos conocimientos para el correcto desarrollo del resto de asignaturas del bloque Aplicaciones Biotecnológicas. Por otro lado, dado que las asignaturas de Microbiología y Biología Molecular se imparten en el segundo curso

tercer semestre, y la Tecnología del ADN recombinante en el tercer cuarto quinto semestre, se facilitará al alumnado de la adquisición de ciertos conocimientos que serán útiles y necesarios para la comprensión de las asignaturas que conforman este bloque. Finalmente cabe destacar que gracias a la impartición de este bloque, el alumno adquirirá competencias en el ámbito de la biotecnología microbiana, sanitaria, alimentaria y agraria.

Biotechnología microbiana

La asignatura de Biotechnología Microbiana se divide en 6 bloques teóricos. Los bloques teóricos representan el 50% de la carga de esta asignatura, es decir 3 créditos ECTS, repartidos en varias lecciones magistrales. Se reservarán dos horas de teoría para la realización del examen. Por otro lado, debido a que la asignatura tiene una clara aplicación práctica se reservarán 3 créditos ECTS para la realización de las prácticas, que constarán de un total de 12 prácticas (24 horas de prácticas), reservándose 3 prácticas para la realización de un ejercicio práctico final, que consistirá en el desarrollo de trabajo de investigación que se expondrá delante del resto de alumnos.

Cuadro. 1. Cuadro resumen de la Estructura temática y dedicación horaria propuesta para la asignatura Biotechnología Microbiana.

Lecciones

Bloques temáticos	teóricas	prácticas
1. Introducción a la Biotecnología Microbiana	1	-
2. Microorganismos de interés industrial; selección, mejora y desarrollo de cepas microbianas	1	1
3. Producción de metabolitos primarios y secundarios	2	2
4. Tipo de fermentaciones y procesos	2	2
5. Producción de alimentos y bebidas	3	2
6. Aplicaciones en agricultura y medio ambiente	3	3
7. Tutorías	-	-
8. Examen	1	-
9. Seminarios	1	-
10. Ejercicio práctico	1	-
TOTAL	15 (30h)	10 (30 h)

3.1. ACTIVIDADES TEÓRICAS

Bloque temático 1: Introducción a la Biotecnología Microbiana

En este tema se introduce la asignatura, definiendo los objetivos generales de la misma, su estructura, las competencias que se van a exigir al alumno así como la manera en la que será evaluado. Se define el concepto más amplio de la Biotecnología Microbiana y los objetivos que persigue. En esta lección se explica el origen de dicha disciplina, y el concepto de microorganismo y los procesos donde participan los mismos, con el fin de obtener productos de interés industrial para el ser humano. Además se resalta el aspecto multidisciplinar de esta ciencia y la necesidad de integrar los conocimientos de microbiología, biología celular y tecnología del ADN recombinante obtenidos en asignaturas previas. Por otro lado, esta disciplina junto con las de Biotecnología vegetal, animal y sanitaria permitirá al alumno tener una visión global de las aplicaciones tecnológicas que utilicen sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.

Lección 1: Introducción a la asignatura Biotecnología Microbiana

Introducción a la asignatura. Concepto de Biotecnología Microbiana, ciencias que la integran. Procesos microbianos de interés biotecnológico. Programa de la asignatura: teoría, prácticas y actividades complementarias. Bibliografía y otras fuentes de información. Planificación de la asignatura: asistencia, evaluación y puntuación.

Bloque temático 2: Microorganismos de interés industrial; selección, mejora y desarrollo de cepas microbianas

En este tema se da una visión general de los microorganismos que resultan de interés industrial para el hombre. También se hace hincapié en la selección de dichos microorganismos, en la mejora y desarrollo de cepas microbianas. El objetivo que se busca es ampliar los conocimientos básicos que han sido desarrollados en la asignatura de microbiología, sobre la utilización de microorganismos en operaciones de interés industrial y otros aspectos microbiológicos de aplicación en la industria sanitaria, alimentaria y agrícola. Para ello se requiere profundizar en el conocimiento del crecimiento microbiano, necesario para comprender los procesos industriales del cultivo de microorganismos (fermentaciones industriales) y la aplicación de la tecnología adecuada, así como en el metabolismo y genética microbiana, para poder desarrollar criterios para la búsqueda, selección y diseño de cepas industriales. Este último aspecto de mejora de microorganismos incluye desde las técnicas clásicas de manipulación genética por mutagénesis y recombinación hasta las más recientes y sofisticadas, fundamentas en la tecnología del ADN recombinante. Se trata de dar un enfoque actualizado, racional y especializado de los aspectos de mayor interés en relación con la explotación industrial de los microorganismos, ilustrado con determinados ejemplos de procesos industriales, más que una mera descripción de los mismos.

Lección 2: Introducción a la microbiología industrial, microorganismos de interés industrial

Desarrollo histórico de la Microbiología Industrial. Desarrollo histórico. Conceptos de microorganismo y biotecnología. La explotación de los microorganismos por el ser humano. Productos y procesos microbianos de interés industrial. Grupos microbianos

de interés para la industria sanitaria, alimentaria y agrícola. Principales bacterias, hongos, levaduras, virus de interés biotecnológico. Características morfológicas, estructurales y fisiológicas. Características deseables y no deseables. Necesidad e importancia de dicha tecnología para la obtención de distintos productos de interés industrial y humano (alimentos, bebidas, antibióticos, insecticidas, etc). Estado actual y futuro de la biotecnología microbiana.

Lección 3: Selección, mejora y desarrollo de cepas microbianas

Estudio de la biodiversidad microbiana. Aislamiento, identificación y selección de microorganismos industriales. Colecciones de microorganismos. Conservación. Mejora genética y fisiológica de procesos microbianos industriales. Características de cultivo y mantenimiento. Características relacionadas con la síntesis del producto de interés. Estabilidad genética. Otras propiedades.

Bloque temático 3: Producción de metabolitos primarios y secundarios

En este bloque se introduce al alumno en la producción de metabolitos primarios y secundarios de origen microbiano de interés industrial. El metabolismo es el conjunto complejo de reacciones bioquímicas y procesos fisicoquímicos que ocurren en una célula, que están relacionados con las diversas actividades que efectúa un organismo: crecimiento, reproducción, mantenimiento y reparación de estructuras celulares, respuesta a estímulos, etc. Se describen y diferencian conceptos básicos como son la producción de metabolitos primarios y secundarios. Se estudia la suma de reacciones bioquímicas requeridas para la generación de energía y el uso de la energía para sintetizar material celular a partir de moléculas del medio ambiente. Se define el catabolismo y anabolismo. Se describen los metabolitos primarios microbianos; productos derivados de la fermentación alcohólica (etanol, vino, cerveza, pan), productos derivados de la fermentación acética (vinagre), productos derivados de la fermentación láctica (yogures, leches fermentadas, quesos, probióticos y prebióticos), productos cárnicos y vegetales fermentados, aunque de forma más vaga ya que se tratarán en las asignaturas de Biotecnología Vegetal y Animal, respectivamente. También se estudiarán otros metabolitos primarios como ácido cítrico, aminoácidos, polisacáridos, enzimas y biomasa microbiana. También se familiarizará el alumno en la

producción de metabolitos secundarios, como son los antibióticos (β -lactámicos). Microorganismos modificados genéticamente para la obtención de productos de interés biotecnológico (vacunas, hormonas, antibióticos e insecticidas biológicos).

Lección 4: Producción de metabolitos primarios

Metabolismo microbiano. Reacciones bioquímicas. Catabolismo y anabolismo. Metabolitos primarios. Producción de ácidos orgánicos. Producción de ácido cítrico. Producción de ácido acético. Producción de ácido láctico. Producción enzimática de aminoácidos: L-Aspártico. Uso comercial de aminoácidos. Métodos de producción. Cepas para la producción de aminoácidos por fermentación directa: producción de L-prolina, L-lisina y L-glutámico. Otros metabolitos primarios como son polisacáridos, poliésteres, enzimas y biomasa microbiana. Ingeniería genética para producción de nuevos compuestos.

Lección 5: Producción de metabolitos secundarios y otros

Metabolitos secundarios. Producción de antibióticos β -lactámicos. Aminoglucósidos. Antibióticos peptídicos. Tetraciclinas. Macrólidos. Microorganismos modificados genéticamente para la producción de vacunas, hormonas, antibióticos, insecticidas biológicos. Producción de proteínas terapéuticas. Vacunas. Vacunas recombinantes: antibacterianas, antivirales y de ADN. Producción proteínas de interés farmacéutico en microorganismo (insulina, hormona del crecimiento humano, eritropoyetina, interferones, anticuerpos, anticuerpos monoclonales). Sistemas de diagnóstico de ADN. Polímeros microbianos. Ingeniería genética para producción de nuevos compuestos.

Bloque temático 4: Tipo de fermentaciones y procesos

Con este bloque temático el alumno se familiarizará con el metabolismo microbiano, las fermentaciones y los procesos para obtener dichos metabolitos. La fermentación se utiliza ampliamente en el sector agroalimentario y farmacéutico. Requiere cultivar un microorganismo identificado (normalmente una bacteria/hongo) en un cultivo sumergido como monocultivo en unas condiciones ambientales definidas. La fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno, y cuyo producto final es un compuesto orgánico. Según los

productos finales, existen diversos tipos de fermentación. Otros usos de la fermentación son la producción de suplementos como la cianocobalamina, etc.

En este bloque se describe el proceso de formación y las distintas fases que tiene dicho proceso. Se aborda el cultivo y el control del crecimiento de los microorganismos en los procesos industriales, así como la tecnología adecuada para llevar a cabo dichas fermentaciones y la obtención de los productos finales.

Lección 6: Fermentaciones industriales; alcohólica, láctica, butírica y butanólica.

Introducción. Metabolismo microbiano. Tasa de crecimiento y cultivo experimental. Diversidad fisiológica, nutricional y metabólica. Fermentaciones y oxidaciones. Condiciones de fermentación. Fermentaciones de Neuberg. Efecto Pasteur. Balances de fermentación. Fermentación alcohólica. Fermentación láctica. Producción de yogurt. Fermentación butírica. Fermentación butanólica. Reacciones de Stickland.

Lección 7: Procesos de fermentación.

Medios de cultivo (fuentes de C y N). Cinética de fermentaciones industriales. Cinética de crecimiento en cultivos por lote (Batch). Cultivo continuo. Cinética de fermentaciones industriales, diseño de cultivos por lotes alimentados, aplicaciones industriales. Bioreactores: diseño y construcción. Control de adición de reactivos y condiciones físicas (agitación, calefactores y refrigeradores, transferencia de masa, aireación). Seguimiento del sistema (electrodos, sondas, traductores, espectro de masa y espectrofotómetro). Modos de operación. Esterilización. Reactores de sustrato sólido. Control de productos biotecnológicos y bioseguridad.

Bloque temático 5: Producción de alimentos y bebidas

Este bloque describe la utilización de los microorganismos en la industria alimentaria, profundizando en el conocimiento de las especies microbianas utilizadas en los procesos más importantes. Los microorganismos cumplen muchas funciones beneficiosas para el hombre y el ambiente. Además, el hombre ha aprendido a aprovecharlos en beneficio propio, como es en la producción de alimentos, biofertilizantes, insecticidas. La biotecnología alimentaria tradicional utiliza ampliamente los microorganismos, que intervienen en diferentes etapas de las

producción del alimento. Son esenciales para la producción de muchos alimentos y bebidas, como el vino, la cerveza, panificados, productos lácteos, entre otros. En muchos de estos productos los microorganismos hacen su función durante el proceso de producción. Además, se analizan los métodos moleculares utilizados para la identificación de microorganismos implicados en los procesos de producción de alimentos.

La identificación y seguimiento de cepas industriales puede ser vital tanto durante la producción del producto como tras el envasado, sobre todo cuando se quiere asegurar las denominaciones de origen. Por tanto, se hace necesario aplicar distintas técnicas moleculares para la identificación de estas cepas durante los distintos procesos de producción de un alimento y/o bebida.

Por otro lado, hay microorganismos de gran importancia en la industria alimentaria por la degradación que producen de los alimentos. Prevenir la presencia de patógenos es primordial para asegurar la calidad y la seguridad de los alimentos. En la gran mayoría de ocasiones, el motivo de una infección alimentaria es una mala praxis en la manipulación de los alimentos. Las bacterias son los patógenos más conocidos en la contaminación alimentaria, son los más habituales y los más estudiados, aunque no son los únicos. Virus, mohos y levaduras también pueden frecuentar los alimentos. Por tanto, sistemas de detección optimizados podrían controlar la degradación de dichos alimentos.

Lección 8: Producción de bebidas alcohólicas y vinagre.

Fermentación alcohólica. Productos derivados de la fermentación alcohólica. Bebidas obtenidas por fermentación directa del fruto (vino y sidra). Bebidas obtenidas por fermentación resultante de la hidrólisis de productos amiláceos (cerveza, sake). Bebidas obtenidas por destilación de líquidos. Fabricación de vinagre. Mejora genética de cepas de levaduras.

Lección 9: Producción de pan y de alimentos por fermentación ácido láctica.

Fabricación de pan. Fermentación láctica. Las bacterias lácticas y sus transformaciones. Fabricación de productos lácteos; yogur, queso. Obtención de otros alimentos acidificantes: encurtidos, ensilados. Derivados cárnicos. Mejora genética de

cepas.

Lección 10: Identificación de cepas industriales y microorganismos contaminantes.

Detección e identificación de microorganismos en alimentos y/o bebidas por métodos moleculares. Nuevas tecnologías para su detección e identificación. Trazabilidad. Seguimiento de cepas durante los procesos industriales. Los alimentos y la higiene alimentaria. Contaminación de los alimentos: principales microorganismos patógenos. Fuentes de contaminación. Factores que influyen en el crecimiento microbiano. Detección y control. Nuevas tecnologías para su detección e identificación.

Bloque temático 6: Aplicaciones en agricultura y medio ambiente

Este tema describe los microorganismos que presentan determinadas aplicaciones biotecnológicas en agricultura y medio ambiente. La microbiología agrícola pretende contribuir al aprovechamiento de las actividades microbianas en el campo agrícola, con el fin de favorecer buenas prácticas que reduzcan los riesgos de contaminación ambiental y que permitan una mejor utilización de los recursos naturales. Permitirá al alumno a profundizar en la microbiología de suelos, en aras del mejoramiento de la nutrición de las plantas y su productividad. También pretende búsqueda de métodos alternativos para el control de plagas y/o enfermedades a través de control biológico con el uso de microorganismos, así como la interacción planta-microorganismo a través del estudio de microorganismos beneficiosos y sus productos metabólicos. La Gestión Integrada de Cultivos es un modelo de agricultura sostenible que utiliza los recursos naturales, entre ellos los microorganismos beneficiosos, para la producción de cultivos sanos y vigorosos. Desde el año 2014 la Gestión Integrada de Plagas (GIP) es de obligatorio cumplimiento en los sistemas de cultivo españoles desde el año 2014 (RD 1311/2012), por lo que el uso de estos microorganismos como agentes de control de plagas y enfermedades se hace imprescindible.

Por otro lado, el mantenimiento y la preservación de los recursos naturales que al mismo tiempo facilitan el desarrollo de las diversas actividades humanas en las sociedades desarrolladas se han convertido en uno de los retos más importantes del siglo XXI. La microbiología ambiental se adentra en el uso de microorganismos y/o sus metabolitos, para contribuir a la solución de problemas de contaminación participando

en procesos de detoxificación de ambientes, biorremediación y transformación de compuestos contaminantes en diferentes ecosistemas e industrias entre otras.

La enorme diversidad de microorganismos presentes en la Tierra con diferentes recursos ha favorecido que cada vez más centros de investigación y grandes compañías dediquen gran cantidad de recursos económicos y humanos a la búsqueda de nuevos productos basados en microorganismos. Llama mucho la atención que las grandes multinacionales del sector agrícola y medio ambiental están focalizando su atención en este tipo de preparados.

Lección 12: Microbiotecnología agrícola: Biofertilizantes y simbiosis

Fertilización de suelos. Fuentes de nitrógeno. Biofertilizantes fijadores de nitrógeno. Simbiosis. Fijación de N simbiótica/no simbiótica. Solubilizarían de fosfatos. Captación de fósforo. Promotores del crecimiento. Producción de biofertilizantes. Empresas con base biotecnológica en la producción de biofertilizantes.

Lección 13: Microbiotecnología agrícola: Agentes de control biológico

Protección de cultivos. Control de plagas, enfermedades y malas hierbas. Control químico. Control biológico. Agentes de control de plagas y enfermedades. Hongos, nematodos, bacterias, virus. *Bacillus*. Baculovirus. Empresas con base biotecnológica en la producción de insecticidas biológicos.

Lección 14: Microbiotecnología ambiental

Microorganismos y medio ambiente. Biotecnología Microbiana Ambiental. Reacciones químicas. Producción de biocombustibles y biopolímeros a partir de desechos orgánicos. Descomposición. Biorremediación. Reciclaje de residuos: Compostaje. Depuración de aguas residuales. Microorganismos contaminantes de aguas. Empresas con base biotecnológica ambiental.

3.2. ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Debido al carácter práctico de asignatura de Biotecnología Microbiana se reservan 30 horas (3 créditos ECTS) para la elaboración de las actividades prácticas. En esta sección se proponen varias actividades prácticas que complementan las actividades de teoría. Dichas actividades prácticas se realizarán de forma conjunta a la teoría de forma

que el alumno pueda ser capaz de familiarizarse con la aplicación práctica de los distintos microorganismos estudiados en las actividades teóricas. Las prácticas se pretenden realizar en dos semanas ya que muchas de las prácticas necesitan de continuidad debido al crecimiento de los microorganismos. El orden de las prácticas se organizará de forma que se aproveche el tiempo lo máximo posible. Por otro lado, alguna de las prácticas se podrán sustituir por visitas guiadas a centros biotecnológicos que utilicen los microorganismos para distintos fines o a empresas/fábricas de elaboración de alimentos o bebidas. Finalmente, para evitar solapamientos con las asignaturas de Microbiología Vegetal, Animal y Sanitaria algunas prácticas relacionadas con la obtención de material vegetal, animal o fármacos (vacunas) mediante la utilización de microorganismos se reservarán para dicha asignaturas.

A continuación se proponen una serie de actividades prácticas dentro de cada bloque temático:

Bloque temático 2: Microorganismos de interés industrial, selección.

Mejora y desarrollo de cepas microbianas

Práctica 1. Aislamiento y selección de microorganismos de interés biotecnológico a partir de muestras naturales. Observación de la morfología de diferentes microorganismos industriales. Aislamiento de *Bacillus* productores de exoenzimas (amilasas y proteasas) y antibióticos.

Objetivo: Que el alumno conozca las distintas técnicas de aislamiento de microorganismos de interés industrial en medios de cultivo sólido para la obtención de cultivos puros. Que el estudiante prepare medio de cultivo de uso general, diferenciales y selectivos para el cultivo de distintas especies de microorganismos. Familiarizar al alumno con la morfología de los distintos tipos de microorganismos.

Desarrollo: El profesor proporcionará cultivos puros de *Bacillus subtilis*, *B. thuringiensis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptococcus sp.* Se sembrará con una asa de siembra un cultivo puro en cada cuadrante de placas de Petri con distintos medios de cultivo. De igual forma, los alumnos aislarán los microorganismos que se encuentren presentes en distintas muestras naturales (suelo, alimentos, etc.) siguiendo la misma metodología. Se incubarán las cajas de 28-37°C durante 24-48h. Observar la aparición de colonias, la morfología de las mismas. Observar microorganismos al microscopio. Intentar identificar cada uno de los microorganismos presentes en las distintas muestras.

Bloque temático 3: Producción de metabolitos primarios y secundarios

Práctica 2. Producción de metabolitos primarios. Obtención de α -amilasa a partir de *Aspergillus sp.*

Objetivo: Familiarizar al alumno con las distintas técnicas de obtención de metabolitos primarios. Con esta práctica se pretende que el alumno aprenda a producir la enzima α -amilasa a partir de *Aspergillus sp.*

Desarrollo: El profesor proporcionará el hongo *Aspergillus oryzae*. A partir de una muestra de suelo se aísla el microorganismo en medio PDA, respectivamente, y se identifica en base a sus características fenotípicas. Posteriormente se realizaron pruebas preliminares para la producción de la enzima, utilizando medio de cultivo Czapeck suplementado con almidón, medio líquido prepara en base a la óptima producción de la enzima. La fermentación se lleva a cabo durante 2 días a una temperatura de 40°C. Posteriormente se procede a la separación de la enzima por medio de una precipitación con sulfato de amonio. Finalmente, se dializa la enzima cristalizada y se registra la actividad enzimática a diferentes condiciones de temperatura, concentración de sustrato y pH, utilizando un preparado de almidón como sustrato.

Práctica 3. Producción de metabolitos secundarios. Elaboración de antibióticos a partir de bacterias de suelo. Producción de tetraciclina en cultivo líquido por *Streptomyces aureofaciens*.

Objetivo: Familiarizar al alumno con las distintas técnicas de obtención de metabolitos secundarios. Con esta práctica se pretende que el alumno aprenda a producir un antibiótico a partir de bacterias de suelo. De igual forma el alumno aprenderá a determinar la actividad antimicrobiana del mismo (antibiograma).

Desarrollo: El profesor proporcionará las muestras del suelo a partir de las cuales se obtendrán las bacterias (*Streptomyces aureofaciens*) para la producción del antibiótico. A partir de una muestra de suelo se obtiene el microorganismo en medio sólido no selectivo ó agar dextrosa-saboraud a una temperatura de 30-37°C, y se identifica en base a sus características fenotípicas (placa proporcionada por el profesor). Se observa la presencia alrededor de las colonias de halos de inhibición del crecimiento de otros microorganismos. Al alumno inocula el medio líquido para el cultivo de dicho microorganismo. La fermentación se lleva a cabo durante 3-4 días a una temperatura de 30°C. Posteriormente se procede a la separación del antibiótico por medio de una precipitación con sulfato de sodio. La actividad antimicrobiana se evalúa mediante un antibiograma.

Bloque temático 4: Tipo de fermentaciones y procesos

Práctica 4. Visita guiada a una fábrica de producción de cerveza.

Objetivo: Visita a una fábrica de cerveza local, para familiarizar al alumno con las

distintas etapas del proceso de producción de cerveza.

Desarrollo: Visita guiada donde se explicarán las distintas fases de elaboración de cerveza.

Práctica 5. Fermentación láctica: producción de yogur. Reconocer las propiedades de la fermentación láctica a partir de la elaboración de yogur. Observación microscópica de los microorganismos implicados. Valoración de la producción de ácido láctico.

Objetivo: Familiarizar al alumno con la fermentación láctica, y con la obtención de alimentos derivados de los procesos de acidificación realizados por determinados grupos bacterianos. Proceso de obtención de yogur.

Desarrollo: El alumno llevará a cabo el desarrollo de un yogur. Para ello, someterá a la leche, normalmente de vaca, a un proceso de pasteurización a 85°C durante 5 min, tras el cual, y previo enfriamiento hasta 50°C, se inocula con un cultivo mixto de *Lactobacillus sp* (proporciona el aroma) y *Streptococcus sp*. (confiere al yogur su sabor fresco y ácido). La leche inoculada es transferida a los envases de comercialización e incubada a 40°C durante 9-12 horas, tiempo en el que se coagula y se alcanza un contenido en ácido láctico entre el 1 y el 1,5%. Inmediatamente después se enfría y se mantiene en estas condiciones de temperatura baja hasta su consumo, evitando así una excesiva acidificación.

Bloque temático 5: Producción de alimentos y bebidas

Práctica 6. Elaboración de productos derivados de la fermentación acética (vinagre). Reconocer las propiedades de la fermentación acética a partir de la elaboración de vinagre. Observación microscópica de los microorganismos implicados. Valoración de la producción de ácido acético.

Objetivo: Familiarizar al alumno con los distintos mecanismos que intervienen en la fermentación acética, durante el proceso de producción de vinagre. Identificar los distintos mecanismos que intervienen en la fermentación acética.

Desarrollo: Para la producción de vinagre se utilizará la manzana. El vinagre es el producto de la fermentación alcohólica, seguida de la fermentación acética del zumo de manzana. El vinagre es esencialmente una solución diluida de ácido acético hecho por fermentación, a la que se le agregan sales y extractos de otras materias. Para la elaboración del vinagre de manzana se debe de dejar fermentar durante unos 10 días la una preparación con distintas sustancias como manzana, azúcar y agua, incluido el *Acetobacter aceti* que se encarga de convertir el azúcar en alcohol. La formación de ácido acético resulta de la oxidación del alcohol por la bacteria del vinagre en presencia del oxígeno del aire.

Práctica 7. Microorganismos contaminantes de alimentos. Detección y Recuento. Técnicas biotecnológicas para detección de contaminantes (PCR 16s ribosomal,

microarrays, marcadores moleculares).

Objetivo: Con esta práctica el alumno se familiarizará con los distintos tipos de microorganismos contaminantes de alimentos y/agua. El alumno aprenderá también los distintos tipos de análisis microbiológicos de aguas y alimentos que están destinados a la búsqueda de agentes infecciosos o toxigénicos o de indicadores de una contaminación no admisible, de modo que se asegure la calidad higiénico-sanitaria de los mismos.

Desarrollo: Para llevar a cabo la práctica el profesor proporcionará al alumno los distintos tipos de alimentos a analizar. Se pesarán 10 g de alimento, y se añadirán 90 ml de caldo nutritivo estéril en una bolsa estéril. Se homogenizan las muestras durante 30 min. La suspensión obtenida se puede volver a pasar al matraz estéril para su mejor manejo. Esta suspensión se utilizará para realizar todos los análisis a la muestra. Se detectarán y cuantificarán los microorganismos aerobios mesófilos presentes, así como hongos y levaduras, enterobacterias, y *Bacillus*. Para la detección de microorganismos aerobios mesófilos, se inoculará una placa Petri con medio PCA con las muestras correspondientes y se incubará a 37°C 24-48h. Los hongos y levaduras se crecerán en placas Petri Agar Rosa de Bengala, incubando a 25°C 48h. Finalmente, las enterobacterias se detectarán en Agar biliado rojo violeta glucosa (VRBG) o Agar MacConkey, incubando a 37°C 18-24h. Breve explicación de distintas técnicas moleculares para identificar microorganismos. Por su parte, *Bacillus cereus* se crecerá en medio PEMBA (Polymyxin Pyruvate Egg Yolk Mannitol Bromothymol Blue Agar) durante 24-48h a 35-37°C en anaerobiosis.

Bloque temático 6: Aplicaciones en agricultura y medio ambiente

Práctica 8. El uso de biofertilizantes en la agricultura. Observación de microorganismos fijadores de N. Caracterización de cepas de fijadoras de N y solubilizadoras de fósforo.

Objetivo: Con esta práctica el alumno se familiarizará con los distintos tipos de microorganismos fijadores de N que se utilizan como biofertilizantes. Se observarán a lupa y a microscopio los distintos microorganismos y los nódulos que forman.

Desarrollo: Dado que llevar a cabo una práctica donde se utilicen microorganismos fijadores de N puede ser complicada por el material y las instalaciones requeridas, además del tiempo para ver su efecto. Se propone realizar una práctica descriptiva donde el profesor proporcionará al alumno los distintos tipos de microorganismos fijadores de N (rizobacterias, micorrizas), solubilizadores de fósforo, que actualmente se utilizan como biofertilizantes. Dichos microorganismos se observarán al microscopio. Se describirán los distintos procesos en los que toman parte. Por otra parte, el profesor explicará visualmente (vídeo) los distintos procesos de producción de biofertilizantes.

Práctica 9. Agentes de control biológico. Control de insectos y enfermedades. Nematodos, *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis* y Baculovirus. Observación al microscopio. Infección de larvas de insectos con los distintos entomopatógenos.

Observar la sintomatología que producen dichos entomopatógenos. Realización de un ensayo de actividad biológica con virus entomopatógenos.

Objetivo: Instruir al alumno en los distintos microorganismos utilizados en el control de plagas y enfermedades. Observación al microscopio y diferenciación de los mismos. Instruir al alumno en los métodos, toma de datos, análisis estadísticos e interpretación de los resultados de los ensayos utilizados en laboratorio para evaluar la eficacia larvicida de un insecticida basado en un Baculovirus.

Desarrollo: El profesor proporcionará al alumnado los distintos tipos de microorganismos utilizados como agentes de control. Dichos microorganismos se observarán al microscopio, así el alumno podrá observar las características morfológicas y será capaz de diferenciar cada uno de ellos. Por otro lado, los alumnos infectarán larvas y plantas con dichos microorganismos con el fin de conocer la sintomatología que producen los mismos. Por último, a los alumnos se les facilitará un protocolo en el que se detalla el diseño experimental de un bioensayo realizado por el método de la gota. Los alumnos deben titular un stock de Baculovirus y dar a ingerir a larvas de *S. exigua* una serie de gotas que contienen de 5 concentraciones de baculovirus. Las larvas tratadas se individualizarán en cajas petri de 25 pocillos, que contendrán la dieta artificial sobre la que habitualmente se cría la especie, y se mantendrán en condiciones controladas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$; 70% HR; oscuridad) en una cámara del laboratorio. Las larvas del testigo se manipularán de igual modo excepto que no son tratadas con el insecticida. Los alumnos registrarán en estadillos los datos de mortalidad larvaria producida en los grupos de larvas tratadas con distintas concentraciones, en los días siguientes a la realización del ensayo. Estos datos los someterán a un análisis estadístico y discutirán los resultados obtenidos.

Practica 10. Biorremediación de suelos contaminados.

Objetivo: Instruir al alumno en los procesos de biorremediación y los distintos microorganismos responsables de ello. Familiarizar al alumno con los métodos de diagnóstico de suelos contaminados.

Desarrollo: El profesor proporcionará al alumnado el suelo contaminado con algún contaminante, como puede ser fertilizantes químicos (alto contenido en nitratos y sulfatos). Dicho contenido se cuantificará inicialmente mediante espectrofotometría. Posteriormente el alumno impregnará dicho suelo contaminado con concentraciones conocidas de bacterias y hongos utilizados en los procesos de biorremediación. Mediante biosorción y bioprecipitación dichos microorganismos se absorberán o inmovilizarán por los microorganismos disminuyendo su concentración en el suelo contaminado. Después de un tiempo determinado se cuantificará la concentración de dichas sustancias de nuevo mediante espectrofotometría. Se evaluará así la capacidad de absorción e inmovilización de los metales pesados por dichos microorganismos.

Calendario de prácticas

A continuación se muestra la organización de las actividades prácticas que se realizarán

durante 2 semanas seguidas, 10 días 3 horas al día (30 horas). Entre paréntesis se indica la duración de cada práctica en el día correspondiente.

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
P.1. Inocular de placas (2h)	P.1 . Observar placas (2h).	P.1 . Observar placas (2h). P.3. Inocular medio	P.2. Obtención de α -amilasa (3 h).	P.3. Obtención antibiótico (3 h). Antibiograma.
P.6. Preparado Vinagre (1h).	P.2. Inocular medio <i>Aspargillus</i> (1h).	<i>Streptomyces</i> (1h)		

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
P.5. Inoculación yogur (1h).	P8. Resultado enterobacterias (1h).	P.6. Elaboración vinagre (1h).	P.9. Agentes de control. Observación. Pequeño ensayo de actividad. Lectura ensayo (3h).	P.4. Visita fábrica de cerveza local (3h).
P.8. Inoculación placas alimentos (1h).	P.5. Observación microorganismos yogur (1h)	P.8. Resultado mesófilos y <i>Bacillus</i> (1h).		
P.10 Inoculación muestras suelos biorremediación (1h)	P.9. Observación microorganismos biofertilización (2h).	P.10. Biorremediación análisis (1h)		

3.3. Seminarios

Los alumnos impartirán un seminario (de 15 min cada uno) sobre un artículo científico que trate de posibles aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos en la industria agroalimentaria, farmacéutica o medio ambiental. Dicho artículo puede ser uno de los proporcionados en las clases prácticas ó uno proporcionado para la realización del trabajo personal. Se reservará una hora de teoría para la exposición de los seminarios.

Por otro lado, se podrá asistir a seminarios que se impartan en la UPNa en otros

departamentos/institutos, ú otro centros biotecnológicos como el Instituto de Agrobiotecnología, NavarraBiomed, Centro de Investigación Médica Aplicada que tengan como base la Biotecnología Microbiana.

3.4. Ejercicio práctico:

Como complemento a las clases teóricas y prácticas, y los seminarios, y con el objetivo de aunar e integrar todos los conocimientos que los alumnos adquieren a lo largo de la asignatura, los alumnos deberán resolver y presentar un caso práctico. A los alumnos, se les presenta dicho caso que deberán resolver elaborado un informe que incluya información sobre la problemática, los objetivos planteados, la metodología con base biotecnológica a llevar a cabo para resolver dichos problemas y los resultados esperados. Para llevar a cabo la resolución de dicho problema será imprescindible investigar en profundidad en ese problema y comprobar como se ha resuelto ese problema en otros casos. Por tanto, será necesario conseguir artículos científicos que traten ese tema o alguno similar. Se reservará una hora de teoría para la exposición de los seminarios.

Objetivos que persigue con este ejercicio:

- Enfrentar al alumno a un caso práctico realista en el que debe proponer soluciones realistas también.
- Enseñar al alumno a identificar el problema detrás de una casuística determinada y compleja para poder fijar el objetivo a perseguir.
- Ilustrar al alumno en el diseño y planificación de un método científico que le permita dar respuesta a la incógnita planteada.
- Poner en contacto al alumno con diversas técnicas biotecnológicas, recogida de datos, técnicas moleculares y microbiológicas de diagnóstico y detección etc., que son herramientas, todas ellas, empleadas en su conjunto para el cumplimiento de un objetivo en común.
- Enfrentar al alumno con una batería de datos obtenidos a partir de los resultados de ensayos concretos que deben aprender a gestionar, integrar y discutir para poder llegar a la resolución de su pregunta problema.
- Instruir al alumno en la competencia escrita, fomentando un uso correcto y

preciso del lenguaje. Conseguir que sus ideas se plasmen de manera ordenada y coherente en el texto. Que aprenda a hacer uso de tablas y figuras debidamente complementadas con toda la información requerida para su correcta interpretación.

4. METODOLOGÍA DOCENTE

La asignatura de Biotecnología Microbiana tiene tanta carga lectiva dedicada a las clases teóricas como a las prácticas, debido a que la Biotecnología Microbiana es una ciencia experimental. Tradicionalmente, en el proceso educativo se han venido admitiendo dos modelos ó métodos pedagógicos: el método heurístico y el método expositivo. El método heurístico, que pretende estimular el aprendizaje por descubrimiento, fomenta la participación del alumno y aumenta su capacidad de razonamiento. El método expositivo se basa en la exposición de los conocimientos por el profesor siendo los alumnos el elemento receptor. Este método presenta el inconveniente de poder inducir al alumno a tomar una actitud pasiva.

En el siguiente cuadro se muestran las actividades formativas propuestas y las horas lectivas que deberían invertirse en cada una de ellas.

Actividad formativa	Horas	Presencialidad (%)
Clases expositivas/ participativas: Clases en aula cuyos objetivos principales son la transmisión, comprensión y síntesis de conocimientos con la participación activa del profesorado y los estudiantes. Se incluyen clases magistrales y de resolución de problemas y discusión de cuestiones.	20	100

Prácticas: Sesiones de trabajo en laboratorios o aulas realizadas individualmente o en grupos reducidos.	30	100
Actividades de aprendizaje cooperativo: Realización de actividades que potencien el establecimiento de relaciones de cooperación entre el alumnado a través de grupos de debate, discusión de temas de actualidad, artículos de divulgación, etc. Sesiones de trabajo utilizando herramientas de aprendizaje basado en proyectos	15	100
Realización de trabajos/proyectos en grupo: Buscar y procesar información sobre un tema propuesto por el profesor o los estudiantes en grupos reducidos de manera que se genere un informe o memoria conforme a un formato adecuado en el ámbito científico-técnico.	25	0
Estudio y trabajo autónomo del estudiante: Trabajo autónomo en el que el estudiante reflexiona sobre los contenidos de la materia y los asimila de forma racional para ser capaz de comunicarlos y aplicarlos en el ámbito propio de la materia	60	0
Tutorías: Reunión de forma individual o grupal de los estudiantes con el profesor para aclarar y resolver dudas sobre cualquiera de los contenidos o las diferentes actividades formativas.	2	0
Pruebas de evaluación: Participación en las pruebas de evaluación	4	100

4.1. Métodos de enseñanza

4.1.1. Las clases teóricas

Clases expositivas/ participativas son clases en aula cuyos objetivos principales son la transmisión, comprensión y síntesis de conocimientos con la participación activa del profesorado y los estudiantes. Se incluyen clases magistrales y de resolución de problemas y discusión de cuestiones.

Generalmente se admite que el elevado número de alumnos por aula y la falta de tiempo disponible para la impartición del programa completo de la asignatura, constituyen un factor condicionante que aconseja un método de aprendizaje con una fuerte componente expositiva; siguiendo el modelo de *lección magistral*.

La lección magistral debería estar estructurada en una introducción, un cuerpo y una conclusión final. Al comienzo de la clase, el profesor presenta a modo de esquema los contenidos generales del tema a desarrollar, situándolo dentro del contexto de la

asignatura. Deberá conseguir motivar y captar a su audiencia, haciendo un buen uso de su comunicación no verbal (su expresividad, tono, velocidad y ritmo al hablar...) para que el alumno siga con facilidad el cuerpo de la lección magistral. Se favorecerá la participación del alumnado mediante preguntas y/o debate. Será también clave la claridad expositiva, con un uso del lenguaje preciso, y el entusiasmo del profesor, que debería hacer uso de analogías y ejemplos, repitiendo en algunos momentos aquellos puntos de mayor importancia e interés. La lección magistral finaliza con un resumen del tema, enfatizando aquellas ideas que resulten claves para el desarrollo de la asignatura.

No resulta conveniente la utilización de un libro de texto o apuntes muy elaborados en las clases teóricas, debido a que esto favorecería la pasividad y pérdida del interés por parte del alumno. Sin embargo, sería conveniente la elaboración por parte del profesor de un guion ampliado que facilitara el seguimiento de la explicación por parte del alumno. Este guion, que se realiza en formato de diapositivas (tipo PowerPoint, ver Anexo I), facilita la toma de notas y un correcto enfoque del tema. Además su lectura previa permite al alumno hacerse una idea global del tema que se va a tratar y de los conceptos fundamentales en torno a los que va a desarrollarse la clase.

4.1.2. Las clases prácticas

El desarrollo de la enseñanza práctica de Biotecnología Microbiana, normalmente se realiza en grupos pequeños o parejas. El programa de clases prácticas, permite emplear métodos didácticos heurísticos, donde el alumno se muestra mucho más participativo. Las sesiones de trabajo se realizarán en laboratorios o aulas realizadas individualmente o en grupos reducidos

Cada práctica esta provista de un guion de prácticas donde se describe contextualiza la práctica y se detallan los objetivos que debe cumplir el alumno. Generalmente, la práctica va acompañada de un protocolo a seguir para su correcta realización. Los alumnos deben ser capaces de ser autosuficientes a la hora de realizar las actividades que se proponen, actuando el profesor como un mero asistente. De esta manera, las prácticas deben permitir un aprendizaje activo, el cual desarrolla en el alumno sus dotes de observación, iniciativa y razonamiento y, a su vez, le permite enjuiciar por sí mismo la realidad de sus conocimientos.

Las prácticas también pueden ir precedidas por una introducción teórica donde se hace una breve exposición de su contenido con ayuda de diapositivas o transparencias.

4.1.3. Trabajos bibliográficos y ejercicio práctico

La realización de un trabajo bibliográfico complementa a la asignatura y la enriquece. El beneficio que proporcionan los trabajos bibliográficos es doble: por un lado, obliga al alumno a ampliar y profundizar parte de los temas tratados en clase. Por otro, permite aprender el manejo de la bibliografía científica, de artículos de revisión o de divulgación, y practicar la escritura técnica, que precisa un lenguaje riguroso y conciso. La exposición de un artículo científico así como el ejercicio práctico de curso, presentados en la sección anterior, se considera a su vez un trabajo bibliográfico, con un tema concreto (en este caso particular se trata de la enfermedad de la grasa de la judía). Tras ser provistos de fuentes bibliográficas de partida, los alumnos deben ser capaces de extraer la información oportuna y de acceder a otras fuentes bibliográficas para poder profundizar en el tema y así diseñar alternativas y estrategias para la protección del cultivo. Por su parte el ejercicio práctico,

Este trabajo se recomienda hacer en pareja o grupos, ya que de esta forma se fomenta la cooperación entre los distintos alumnos, potenciando el establecimiento de relaciones de cooperación entre el alumnado a través de dichos trabajos bibliográficos, aunque también se puede fomentar mediante grupos de debate, discusión de temas de actualidad, artículos de divulgación, etc. Por otro lado, también se puede buscar y procesar información sobre un tema propuesto por el profesor o los estudiantes en grupos reducidos de manera que se genere un informe o memoria conforme a un formato adecuado en el ámbito científico-técnico, que posteriormente tengan que exponer ante el resto de alumnos.

Dichos trabajos están directamente supervisados por el profesor. El profesor debe desempeñar la importante función de asistencia o asesoramiento al alumno. Por un lado en las clases prácticas en las que se van desarrollando parte de las actividades que se deben reflejar en el trabajo y por otro estando a disposición de los alumnos en las horas de tutoría para poder asistirles en la redacción del documento.

4.1.4. Seminarios y conferencias

Los seminarios y conferencias, aunque no son imprescindibles, constituyen un complemento valioso a la enseñanza programada. Los seminarios pueden cumplir funciones diversas: ampliación de conocimientos en temas concretos, canalización de las inquietudes de los alumnos más interesados en la asignatura, trato más individualizado con los alumnos, etc. Los temas a tratar a lo largo del curso en seminarios o conferencias pueden ser programados, o establecerse dentro de la dinámica del curso, como resultado del interés que surja en grupos del alumnado por tratar temas que hayan quedado incompletos en clase, o bien temas marginales que no estén incluidos en el contenido del programa. En cualquier caso, siempre es interesante que al principio del curso el profesor sugiera una lista de temas para ser presentados como seminarios. También el alumnado pueda asistir a seminario que se impartan en dicha universidad o centros de investigación afines.

4.1.5. Tutorías

Las tutorías contempladas en el sistema docente universitario actual son un complemento muy adecuado, ya que permite la comunicación directa entre el profesor y el alumno. Un trato más individualizado con el estudiante facilita que éste pueda aproximarse al profesor para poder aclarar dudas particulares que han surgido en clase, o trasladarle al profesor inquietudes, quejas y sugerencias que sin duda son un aporte importante para mejorar la calidad de la docencia. Se le dedicará a tutorías un periodo semanal de 2 horas, pudiendo éste ser ampliado en función de las necesidades del alumnado.

4.2. Medios que asisten en la docencia

4.2.1. Mi Aulario

La herramienta “Mi Aulario” que ha dispuesto la Universidad Pública de Navarra para toda la comunidad universitaria tiene un gran valor pedagógico, ya que permite acercar a los alumnos entre sí y al profesor. Mi aulario es la vía natural que el profesor utiliza para facilitar todo el material didáctico que prepara. Esta herramienta permite

un flujo rápido de ideas y reflexiones entre todos los componentes de la asignatura a través de mensajes y foros; Permite realizar anuncios de relevancia y los alumnos pueden intercambiar sus propios recursos.

4.2.2. Medios audiovisuales e informáticos

El cañón de proyección es una herramienta imprescindible hoy en las aulas de la universidad ya que este se conecta directamente al ordenador de mesa o portátil del profesor. El ordenador a su vez provee al profesor de una cantidad ingente de herramientas y recursos pedagógicos como videos, fotos, programas informáticos de todo tipo y por supuesto, a cualquier recurso que se halle en la red. El uso de fotos y videos demostrativos, que incluso se pueden descargar en el momento de la red, ahorra tiempo de explicación y evita que el alumno pierda interés. Estos recursos pueden resultar especialmente útiles en Protección de cultivos, y otras asignaturas experimentales para mostrar imágenes de insectos o de los daños que originan en los cultivos, los síntomas de la enfermedad de cultivos, estructuras que presentan distintos patógenos etc.

Por otra parte, el uso de cámaras de video puede resultar muy útil en las clases prácticas de laboratorio ya que éstas se pueden conectar al microscopio o a la lupa, permitiendo mostrar y ampliar en un monitor resultados de interés que se están observando individualmente, de manera que se puedan comentar y discutir.

4.3. La evaluación

Evaluar al alumno de manera rigurosa, objetiva y fiable no es en absoluto una tarea fácil. El profesor, como norma inquebrantable es completamente imparcial y debe procurarse de herramientas que le permitan estimar lo mejor posible el desarrollo y la evolución que ha mostrado el alumno a lo largo de la asignatura.

La evaluación que se pretende seguir se muestra en al siguiente tabla, donde aparecen las ponderaciones mínimas y máximas para cada actividad formativa que se pretende evaluar.

Actividad formativa	Ponderación mínima	Ponderación máxima
----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Pruebas escritas: Prueba escrita de carácter individual mediante la que el estudiante demuestra que ha comprendido y asimilado los conocimientos propios de la materia, y que es capaz de aplicarlos a la resolución de ejercicios y problemas.	20.0	80.0
Presentaciones orales: Exposición ante un público formado por el profesor o profesores y resto de estudiantes de un resumen de los logros alcanzados a lo largo del desarrollo de un trabajo o proyecto. La exposición contará con la estructura y apartados necesarios, así como con el apoyo de medios audiovisuales, para lograr transmitir de forma eficaz los resultados y su interpretación.	0.0	30.0
Trabajos e informes: Memoria escrita en la que el estudiante recoge de forma ordenada las distintas fases del desarrollo y los resultados de un trabajo o proyecto realizado de forma individual o en pequeños grupos.	0.0	30.0
Pruebas e informes de trabajo experimental: Prueba práctica o memoria escrita en la que el estudiante recoge de forma ordenada las distintas fases del desarrollo de una práctica de laboratorio o de un trabajo experimental realizado de forma individual o en pequeños grupos.	0.0	40.0
Participación activa: Registro por parte del profesor de la asistencia a las diferentes actividades formativas y de la participación activa del estudiante en las mismas.	0.0	10.0

La nota final de esta asignatura se puntúa de la siguiente manera:

El examen escrito de teoría 60%. 10 puntos, se deben conseguir 4 para hacer media

- 10 preguntas tipo test. El acierto suma 0.3, el fallo -0.1 Total= **3 Puntos**
- 10 conceptos a definir. 0.25 puntos cada uno, Total= **2.5 Puntos**
- 3 preguntas para desarrollar de 1.5 puntos cada una Total= **4.5 Puntos**

Trabajo de curso 30%, 10 puntos: se deben conseguir 4 para hacer media

- Estructura del trabajo escrito: **3 puntos.**

Que contemple las secciones de un informe técnico (Antecedentes, Objetivos, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones y Anexos), con la información debidamente mostrada en cada sección.

- Un registro apropiado de los datos y la exposición de los mismos de manera ordenada y coherente con un uso correcto de figuras y tablas: **1 punto.**
- Determinar debidamente el objetivo del trabajo, así como la metodología aplicada para la resolución del problema planteado: **1.5 puntos.**
- Dominio de los conceptos prácticos y teóricos requeridos en la resolución del problema: **2.5 puntos.**
- Demostrar tener capacidad de discusión, integrando los resultados obtenidos de forma que el alumno relacione conceptos de Protección de Cultivos y de otras disciplinas de una manera creativa para llegar a sus conclusiones: **2 puntos.**

Actitud en clase: 10%

Un carácter participativo e inquieto, que muestra una actitud positiva y una buena disposición para aprender facilita mucho la labor del docente además de que imprime de entusiasmo al resto de compañeros de clase. Este tipo de actitudes serán valoradas muy positivamente.

✓ Los alumnos tienen la oportunidad de hacer un examen oral que sustituya al examen escrito. En caso de que algún estudiante opte por esta alternativa, el examen oral constará de 5 conceptos o casuísticas a desarrollar, de 2 puntos cada uno. La sesión del examen no durará más de una hora y será grabada a fin de que el alumno pueda reclamar una revisión del examen, en caso de disconformidad con la evaluación.

Durante el curso habrá una evaluación continua del alumnado, a parte del examen final. Esta evaluación continúa tiene como objetivo que el alumno lleve más o menos al día los temas teóricos de la asignatura. De forma que la realización del examen final sea un sencillo, puesto que ya llevan todo estudiado. La evaluación continúa se registrará por pruebas parciales escritas de los contenidos de las asignaturas, por la participación en clase de los alumnos en todas las actividades presenciales y trabajos realizados, así como las habilidades desarrolladas durante las enseñanzas prácticas. Los alumnos deberán demostrar un nivel mínimo en la adquisición de las competencias

correspondientes para que se obtenga su calificación global. Los conocimientos teóricos de la materia se valorarán mediante 2 pruebas parciales escritas. Además, se realizará una prueba teórica escrita sobre los seminarios teórico-prácticos de la asignatura.

5. FUENTES DE LA INFORMACIÓN

Las fuentes de información son una herramienta esencial para la ampliación del conocimiento y el dominio de cualquier disciplina. El profesor universitario debe ser un buen conocedor de las mismas y, además, saber organizarlas para sus funciones docentes e investigadoras. Existen fuentes primarias, como las revistas científicas, revistas técnicas, actas a congresos, y fuentes secundarias como son los libros.

A continuación se incluye una lista de libros de consulta así como una lista de revistas científicas que trabajan en este campo, donde se pueda consultar las investigaciones que se están llevando a campo en este área.

5.1. Bibliografía

Básica:

Blatz, R.H., Deamin, A.L., Davies, J.. 2010. Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology. ASM Press.

Glazer, A.N., Nikaido, H. 2007. Microbial Biotechnology: Fundamentals of Applied Microbiology. Freeman and Company.

Leveau, J., Bouix, M. 2000. Microbiología Industrial: los microorganismos de interés industrial. Acribia.

Okafor, N. 2007. Modern Industrial Microbiology and Biotechnology. Science Publishers.

Ratledge, C., Kristiansen, B. 2006. Basic Biotechnology. Cambridge University Press.

Rennerberg, R. 2008. Biotecnología para principiantes. Editorial Reverté.

Thieman. W.J., Palladino, M.A. 2010. Introducción a la Biotecnología. Pearson.

Complementaria:

- Bertrand, J.C., Caumette, P., Lebaron, P., Matheron, R., Normand, P., Sime-
Ngando, T. 2015. Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications.
Springer.
- Doyle, M.P., Beuchat, L.R., Monteville, T.J. 1997. Food Microbiology:
Fundamentals and Applications. ASM Press (Castellano también).
- Ferrera-Cerrato, R., Alarcón, A. 2010. Microbiología agrícola: hongos, bacterias,
micro y macrofauna, control biológico y planta-microorganismo. Trillas.
- García, M., Quintero, R., López, A. 2004. Biotecnología alimentaria. Limusa.
- Jacas, J.A., Urbaneja, A. 2010. Control Biológico de plagas. Phytoma.
- Jay, J.M., Loessner, M.J., Golden, D.A. 2005. Modern Food Microbiology. Springer.
- Primrose, S.B. 1991. Molecular Biotechnology. Blackwell Scientific Publications.
- Rodney, J.Y., Gibaldi, H.M. 2013. Biotechnology and biopharmaceuticals:
transforming proteins and genes into drugs. Wiley-Blackwell.
- Spencer, J., Ragout, A. 2017. Environmental Microbiology. Springer.

5.2. Revistas científicas

A continuación se citan algunas revistas donde se pueden encontrar los trabajos de investigación realizados dentro del área de Biotecnología Microbiana. Se citan alguna de las revistas, pero hay muchas más donde se pueden encontrar distintos trabajos e investigación. Se detallan algunas específicas del área y otras más genéricas donde se puede encontrar trabajos de biotecnología microbiana entre otros.

Específicas

Microbial Biotechnology. Wiley.

Journal of Microbiology and Biotechnology. Springer.

Food Microbiology. Elsevier.

International Journal of Food Microbiology. ScienceDirect.

Journal of Food Microbiology. AlliedAcademies.

Journal of Invertebrate Pathology. Elsevier.

Genéricas:

Applied and environmental Microbiology.

Microbiology.

Nature.

PlosOne.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA.

Science.