

Guía Docente

DATOS DE IDENTIFICACIÓN

| | | | |
|--|-------------------------|----------------|------|
| Titulación: | Biología | | |
| Rama de Conocimiento: | Ciencias | | |
| Facultad/Escuela: | Ciencias Experimentales | | |
| Asignatura: | Microbiología II | | |
| Tipo: | Obligatoria | Créditos ECTS: | 6 |
| Curso: | 2 | Código: | 2029 |
| Periodo docente: | Cuarto semestre | | |
| Materia: | Biología | | |
| Módulo: | Ciencias Fundamentales | | |
| Tipo de enseñanza: | Presencial | | |
| Idioma: | Castellano | | |
| Total de horas de dedicación del alumno: | 150 | | |

| Equipo Docente | Correo Electrónico |
|---------------------|--------------------|
| Olga Zafra Amorós | olga.zafra@ufv.es |
| Cruz Santos Tejedor | c.santos@ufv.es |

DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura Microbiología II es complementaria a Microbiología I. En esta asignatura se comienza con el estudio del genoma microbianos, los mecanismos de expresión génica y su regulación, centrándonos principalmente en virus y bacterias. Además, se estudian los mecanismos moleculares que producen variabilidad genética y sus implicaciones. A continuación, se trata la importancia de las interacciones de los microorganismos con otros seres vivos y con el ambiente, se estudian a fondo los mecanismos de patogenicidad microbiana y cómo se desencadena la respuesta inmune frente a infecciones microbianas. Para finalizar, se analiza la utilidad de algunos microorganismos en procesos industriales y las nuevas posibilidades existentes gracias a la

biotecnología microbiana.

La Microbiología es la ciencia que trata el estudio de los microorganismos y se consolidó como disciplina científica durante las últimas décadas del siglo XIX. Hasta la mitad del siglo XX los principales intereses de los microbiólogos fueron la caracterización de los agentes infecciosos, el estudio de la inmunidad y su papel en la prevención y curación de enfermedades, la búsqueda de agentes quimioterapéuticos y el análisis de la actividad química de los microorganismos. El desarrollo de las primeras herramientas de Ingeniería Genética en la segunda mitad del siglo XX, dio origen a la era de la Microbiología Molecular o Biotecnología Microbiana, en la que se crearon los primeros microorganismos modificados genéticamente. La Microbiología a lo largo de la historia ha hecho grandes aportaciones al mundo de la Ciencia, que han permitido el desarrollo de nuevas disciplinas y tecnologías de aplicación en multitud de campos de actividad socioeconómica como son la medicina, agricultura, industria, alimentación, bioenergética, ecología, etc.

La asignatura Microbiología II es una continuación de la Microbiología I. Comenzaremos hablando de las investigaciones realizadas durante la segunda mitad del siglo XX que permitieron el desarrollo de las herramientas básicas para la modificación genética de los microorganismos. A partir de este momento surge la era de la Biotecnología Molecular, que ha contribuido a crear organismos y moléculas que han permitido mejorar la calidad de vida del hombre actual y a generar un gran optimismo social en todo lo referente al ámbito biotecnológico. Esto es también lo que ha promovido un cambio en la concepción que actualmente se tiene del mundo y del hombre, algo en lo que es necesario profundizar para llegar a establecer los límites de lo que la Biotecnología en general y la Biotecnología Microbiana en particular, puede y debe crear. En la actualidad, el desarrollo industrial y los cambios sociales nos han llevado a la situación actual en la que la sostenibilidad de la vida se ve amenazada. Esto ha motivado que la Organización de las Naciones Unidas haya planteado una serie de objetivos de desarrollo sostenible recogidos en la Agenda 2030, con el fin de asegurar la viabilidad de la vida en el planeta y el bienestar de las personas. Además, desde ésta y otras organizaciones internacionales se hace un llamamiento a la institución universitaria como uno de los motores para la formación y concienciación de los profesionales que han de contribuir a la consecución de estos objetivos. En este sentido, la Universidad Francisco de Vitoria con su modelo de formación integral del alumno y en concreto desde la asignatura de Microbiología, queremos involucramos directamente en este proyecto. Para ello durante este curso académico queremos desarrollar un proyecto en colaboración con la asignatura de Responsabilidad Social que sirva para que nuestros alumnos tomen conciencia de la importancia de la sostenibilidad y vean como desde la microbiología se pueden hacer aportaciones en este sentido.

En Microbiología-II estudiaremos como tiene lugar la expresión génica en virus y bacterias y los mecanismos que lo regulan, como se regula el ciclo celular, qué mecanismos producen la variabilidad de los genomas, los mecanismos que les permiten infectar otras células y reproducirse, etc. El conocimiento de todos estos procesos a nivel molecular es fundamental para poder controlar enfermedades de origen microbiano o para diseñar procesos y productos industriales de interés para la sociedad actual. También se estudiará la interacción de los microorganismos con otros seres vivos, centrándonos principalmente en los mecanismos que inducen la patogenicidad microbiana y los modos de combatirla. Se dará un visión global de cómo el sistema inmune responde ante la presencia de un agente infeccioso y también cómo los microorganismos son capaces de evadir dicha respuesta. A continuación se estudiará el papel fundamental de los microorganismos en el conjunto de la naturaleza y como son los responsables de muchos procesos esenciales para que el resto de los seres vivos podamos habitar en el planeta. Finalmente se analizará la utilidad que muchos microorganismos tienen en diferentes sectores industriales y tecnológicos. Además, en las clases prácticas que incluye esta asignatura, el alumno trabajará con diferentes tipos de microorganismos que aislará y manipulará, con el fin de aprender las técnicas que permiten identificar y cuantificar microorganismos así como realizar estudios de expresión génica y biología molecular.

OBJETIVO

El objetivo es que los alumnos comprendan las bases moleculares que dirigen el crecimiento y el comportamiento de los microorganismos en sus diferentes hábitat, como base para el desarrollo biotecnológico, teniendo siempre presentes las implicaciones éticas, sociales y antropológicas de la manipulación genética de los mismos.

Los fines específicos de la asignatura son:

- Comprender los fundamentos de la genética bacteriana a nivel molecular y su importancia
- Conocer las características básicas de los virus e identificar sus aplicaciones
- Comprender la base molecular de las enfermedades infecciosas
- Descubrir la relación entre microbiota y salud humana
- Conocer la adaptación de los microorganismos a su hábitat e identificar su potencial aplicación
- Identificar las aplicaciones de la microbiología molecular en la Ciencia actual

- Reflexionar sobre las aplicaciones de la microbiología a los retos de la sociedad en cuanto a desarrollo sostenible

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Para cursar la asignatura Microbiología II es recomendable tener unos buenos conocimientos en Biología Celular, Bioquímica, Genética, y haber cursado previamente la asignatura Microbiología I.

CONTENIDOS

SECCIÓN I. INTRODUCCIÓN.

Tema 1.- La Microbiología en la sociedad del siglo XXI. Importancia de la Microbiología en el desarrollo de otras ciencias. De la Microbiología a la Biotecnología microbiana. Aportaciones de la Microbiología a la ciencia del momento y a la concepción actual del mundo y del hombre. Objetivos de desarrollo sostenible de la ONU (2030)

SECCIÓN II. BIOLOGÍA MOLECULAR Y GENÉTICA MICROBIANAS

Tema 2. El genoma bacteriano: estructura génica, replicación y expresión. El genoma de *E. coli*: mapa genético. Cromosomas y elementos extracromosómicos. Estructura y función de los genes y las secuencias reguladoras. Replicación, transcripción y traducción.
Tema 3. Regulación de la expresión génica. Niveles de regulación. Regulación de la transcripción. Regulación de la traducción. Sistemas de regulación global. Control del ciclo celular.
Tema 4. Mecanismos de variación genética. Métodos de transferencia génica horizontal: conjugación, transducción y transformación. Mutación: mecanismos y obtención de mutantes. Elementos genéticos transponibles. Plásmidos. Mecanismo de transformación bacteriana. Transducción generalizada y especializada. Conjugación bacteriana. El factor F. Recombinación y elaboración de mapas genómicos.

SECCIÓN III. VIROLOGÍA

Tema 5. Características generales de los virus. Propiedades generales de los virus. Estructura y clasificación. Cultivo y purificación.
Tema 6. Virus de bacterias y arqueas. Estructura y clasificación. Bacteriófagos con DNA de cadena doble virulentos. Fagos con DNA de cadena sencilla y con RNA. Bacteriófagos atemperados y lisogenia. Terapia fágica y otros usos biotecnológicos de bacteriófagos
Tema 7. Virus de eucariotas y otros agentes infecciosos acelulares. Clasificación de los virus eucariotas. Tipos de infecciones. Virus y cáncer. Ciclos de vida de virus importantes en vertebrados. Antivirales. Virus de plantas. Viroides y virusoides. Priones.

SECCIÓN IV. INTERACCIÓN MICROORGANISMO-HUMANO

Tema 8. Microbiota humana. Simbiosis positivas o neutras entre microorganismos y humanos. Importancia de la microbiota. Microbiota gastrointestinal: relación con el estado de salud. Efecto de los antibióticos. Probióticos y prebióticos.
Tema 9. Patogenicidad microbiana. Relaciones huésped-parásito. Patogenia bacteriana. Factores de virulencia asociados a la adhesión y a la invasión. Toxigenicidad. Escape de las defensas del huésped. Papel del biofilm y QS. Regulación de factores de virulencia. Islas de patogenicidad y HGT. Coevolución con antimicrobianos, búsqueda de antibacterianos. Microbiología clínica y epidemiología de las enfermedades infecciosas
Tema 10. Respuesta inmune. Resistencia inespecífica del huésped. Inmunidad específica. Antígenos y anticuerpos. Inmunización.

SECCIÓN V. MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL E INDUSTRIAL

Tema 11. Ecología microbiana. Introducción al análisis de las comunidades microbianas. Metagenómica y su aplicación. Hábitats extremos. Biorremediación microbiana. Bioplásticos. Biocombustibles. Interacciones con otros seres vivos.
Tema 12. Microbiología industrial. Microorganismos de interés industrial y sus productos. Crecimiento y formación de producto. Fermentaciones industriales. Escalado. Aplicaciones: algunos ejemplos de industrias alimenticias, farmacéuticas, etc.
Tema 13. Ingeniería genética y Biotecnología. Fundamentos de ingeniería genética. Clonación. Aplicaciones prácticas: expresión de genes de mamíferos en bacterias y levaduras. Biología Sintética.

SECCIÓN VI. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Bloque 1. Genética microbiana.
Obtención de mutantes espontáneos. Transferencia genética en bacterias gram negativas mediante conjugación. Regulación del operón lac en *Escherichia coli*: efecto de la presencia de glucosa o lactosa en un cultivo de *E. coli* y detección de actividad beta-galactosidasa.
Bloque 2. Virología. Titulación de un virus bacteriano: infección de *E. coli* con el fago Lambda. Observación de placas de lisis y determinación del nº de partículas víricas infectivas.
Bloque 3. Microbiología ambiental y sanitaria. Análisis microbiológico de aguas y alimentos. Recuento del nº de

microorganismos en muestras de agua y alimentos y análisis del tipo de microorganismos presentes. Detección de posibles patógenos. Identificación de bacterias en distintas zonas anatómicas mediante crecimiento en placas de medios enriquecidos, selectivos y diferenciales
 Bloque 4. Microbiología Industrial. Levaduras vinícolas y su evolución durante el proceso de fermentación del mosto

ACTIVIDADES FORMATIVAS

- Clases magistrales.

Serán impartidas por el profesor de la asignatura con soporte informático. Se proyectan los esquemas diseñados por el profesor de los diferentes temas que incluyen figuras obtenidas de libros y publicaciones. Se harán preguntas en clase sobre lo explicado y se resolverán dudas.

- Trabajos en equipo: Proyecto IMA2030

Esta actividad nace con el objetivo de involucrar a nuestros alumnos en el llamamiento que desde la ONU se hace a las universidades para alcanzar los objetivos de la agenda 2030. Desde las asignaturas de Microbiología y Responsabilidad Social del grado de Biotecnología entendemos que nuestros alumnos deben adquirir competencias que les impliquen, no solo de forma personal, sino como profesionales, en estos retos de sostenibilidad. Para ello hemos desarrollado el proyecto IMA2030 (Implicación del Microbiólogo en la Agenda 2030). Los alumnos realizarán trabajos en grupo en los que estudiarán las posibles aplicaciones de géneros o especies microbianas de relevancia biotecnológica y/o clínica e identificarán su utilidad ante los retos de desarrollo sostenible de la agenda 2030 de la ONU. El proyecto se desarrollará en dos fases a lo largo de todo el curso académico y será valorado en las asignaturas de Microbiología I, Microbiología II y Responsabilidad Social. En la asignatura de Microbiología-II, se continuará el trabajo que se inició el primer cuatrimestre en Microbiología-I. Cada equipo continuará estudiando el microorganismo de elección en el primer cuatrimestre, con el fin de proponer una aplicación biotecnológica e identificar su utilidad en alguno de los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la ONU y estudiados en la asignatura de Responsabilidad Social. Por lo que este mismo trabajo también se presentará y evaluará en esta asignatura.

- Pruebas de evaluación continua.

Se realizarán pruebas de evaluación a lo largo del curso para que el alumno pueda autoevaluar el grado de conocimiento de la materia de manera continua en el tiempo. Las pruebas serán fundamentalmente de tipo test y no liberan materia

- Prácticas de laboratorio.

En las prácticas de laboratorio los estudiantes realizan experimentos sencillos que les permiten familiarizarse con las técnicas de manipulación y estudio de microorganismos.

- Tutorías.

Mediante las tutorías (individuales o grupales), el profesor, a requerimiento del alumno y en el horario establecido para ello, resolverá dudas o discutirá las cuestiones que le plantee el alumno, con el fin de orientarle en el aprendizaje de la asignatura

- Otras actividades formativas: conferencias horizontes razón abierta y ciclo "un encuentro con..."

Se harán seminarios impartidos por investigadores de otras instituciones que permitan profundizar en temas de interés y que sirvan para poner en diálogo nuestra ciencia con otras disciplinas que estudian la vida y el hombre.

DISTRIBUCIÓN DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO

| ACTIVIDAD PRESENCIAL | TRABAJO AUTÓNOMO/ACTIVIDAD NO PRESENCIAL |
|---|---|
| 65 horas | 85 horas |
| Clases expositivas 39h Clases prácticas 15h Presentación de trabajos 3h Tutorías 2h Evaluación 6h | Estudio de la materia 55h Estudio y preparación de ejercicios y casos prácticos 10h Preparación de trabajos individuales o en grupo 12h Preparación de tutorías 8h |

COMPETENCIAS

Competencias básicas

Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio

Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio

Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado

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

Competencias generales

Conocer las aplicaciones de la biotecnología en los campos sanitario, alimentario, agrobiotecnológico, medioambiental y químico.

Habilidad para trabajar en equipo y gestionar grupos.

Saber planificar el tiempo de forma eficaz.

Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico para procurar un futuro sostenible.

Desarrollar la capacidad de búsqueda, asimilación, análisis, síntesis y relación de información.

Adquirir las habilidades requeridas para el trabajo experimental: diseño, realización, recogida de resultados y obtención de conclusiones, entendiendo las limitaciones de la aproximación experimental.

Competencias específicas

Conocer y aplicar la capacidad de manipulación de microorganismos en biorremediación, biorrecuperación y control de plagas.

Aplicar la capacidad de manipulación de microorganismos para la producción de productos biotecnológicos.

Saber utilizar microorganismos, células y enzimas en la producción industrial de productos químicos, biopolímeros, antibióticos, etc.

Definir las características, propiedades y métodos de estudio de los virus.

Conocer los mecanismos moleculares de las infecciones virales y las patologías producidas.

Conocer los procedimientos y estrategias para el desarrollo de herramientas biotecnológicas en base a ciertos géneros víricos.

Comprender los principios de genética bacteriana necesarios para el desarrollo de la biotecnología microbiana.

Identificar las causas principales de la patogénesis microbiana y los modos de combatirla.

Organizar y planificar correctamente el trabajo en el laboratorio.

Saber describir, cuantificar, analizar y evaluar críticamente los resultados obtenidos del trabajo experimental realizado en laboratorio.

Desarrollar hábitos de pensamiento riguroso.

Capacidad de comunicar de forma oral y escrita los conocimientos adquiridos.

Saber trabajar en equipo de modo efectivo y coordinado.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Reconocer los principales grupos de virus de interés clínico y biotecnológico

Comprender las bases de la patogenicidad microbiana y los modos de combatir las enfermedades de origen microbiano.

Usar los conocimientos obtenidos mediante la investigación básica para diseñar nuevos procesos y productos de base biotecnológica.

Desarrollar protocolos de manipulación de microorganismos

Formular experimentos que generen nuevos conocimientos de aplicación biotecnológica.

Detectar propiedades de los microorganismos que puedan ser de utilidad para su utilización industrial, medioambiental, clínica, etc.

Comprender los fundamentos de la respuesta inmune y los mecanismos moleculares que dirigen su activación frente a las enfermedades infecciosas.

Distinguir las diferentes técnicas de estudio de virus

Identificar los principales mecanismos de infección vírica

Seleccionar los microorganismos adecuados para la producción de productos biotecnológicos

Reconocer las principales patologías víricas

Desarrollar protocolos para elaborar herramientas biotecnológicas utilizando los géneros de virus adecuados

Identificar los mecanismos principales de genética bacteriana

Seleccionar la técnica adecuada para la modificación genética de bacterias

Seleccionar los microorganismos más adecuados para realizar procesos de biorremediación, biorrecuperación y control de plagas

Reconocer las propiedades de los microorganismos que les hacen ser aptos en la industria biotecnológica

Discriminar entre las fuentes de información existentes

Argumentar apropiadamente los resultados obtenidos de procesos experimentales

Identificar la metodología apropiada para la comunicación oral y escrita

SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

La nota final de esta asignatura se obtendrá a partir de las calificaciones obtenidas en la evaluación de los módulos siguientes, y será necesario sacar al menos el 50% de la nota total para considerar aprobada la asignatura:

1- Bloque teórico (65% de la nota de la asignatura). Es obligatorio aprobar este bloque con, al menos, la mitad de la nota para aplicar el resto de los porcentajes

1.1. Examen teórico final. Valdrá el 75% de este bloque y hay que obtener al menos el 50% de la nota para aplicar el resto de porcentajes. El examen incluirá preguntas de opción múltiple (70%) y preguntas cortas a desarrollar (30%).

1.2. Pruebas de seguimiento de evaluación continua. A lo largo del curso se harán 4 pruebas escritas que no liberan materia. Serán pruebas cortas que se harán en la clase presencial en no más de 20 minutos. De las 4 notas se escogerán las 3 más altas para hacer una media que computará el 25% de la nota del bloque teórico. A este respecto, si un alumno justifica su ausencia a dos exámenes, se le dará la oportunidad de realizar uno más para llegar a las tres notas con las que hacer una media. Si las ausencias justificadas afectan a más de dos pruebas de evaluación continua, el alumno tendrá como nota del bloque teórico la nota del examen final. En caso de ausencias injustificadas se calificará la prueba de evaluación de ese día como 0.

2- Bloque práctico (20% de la nota de la asignatura). La asistencia a las prácticas de laboratorio es obligatoria, en ellas los estudiantes realizan experimentos sencillos que les permiten familiarizarse con las técnicas de manipulación y estudio de microorganismos. La evaluación de este bloque se hará como se explica a

continuación

2.1 Aprovechamiento e interés mostrado durante las prácticas: se evaluará por una rúbrica que se hará pública (25%)

2.2 Entrega de un informe y/o ejercicios escritos sobre una de las prácticas (el profesor anunciará cuál tras las prácticas): se valorará también por una rúbrica específica (25%)

2.3 Examen final de prácticas que se realizará el mismo día que el examen final de teoría y que evaluará la comprensión de las prácticas (50%). Es obligatorio superar este examen con, al menos, el 50% de la nota para aplicar el resto de los porcentajes.

3- Trabajos en equipo (10% de la asignatura).

Se evaluará la dedicación, estudio y rigurosidad de los miembros del grupo durante la elaboración del trabajo.

Además, se evaluará la exposición y defensa del trabajo ante el resto de los compañeros de la clase.

4- Actividades y participación en clase (5% de la asignatura).

Este bloque se evaluará con la asistencia a las actividades formativas de interés relacionadas con la materia que se programen, junto con las aportaciones o preguntas que dinamicen el desarrollo de las clases y otras actividades sugeridas.

* En los bloques en los que no se haya especificado lo contrario no será necesario sacar una nota mínima. Pero, si tras aplicar todos los porcentajes la asignatura sale suspensa, los ítems de evaluación continua se podrán recuperar, opcionalmente, realizando unas preguntas extra que valoren esas competencias en la convocatoria extraordinaria.

** Los bloques superados se guardarán para la convocatoria extraordinaria del mismo año académico pero no para los siguientes.

*** Sólo en el caso de alumnos en segunda convocatoria y posteriores, y alumnos con dispensa académica, pueden optar entre acogerse al sistema primario especificado previamente (en cuyo caso deberán cumplir con todos los requisitos, incluida la asistencia a clase) o acogerse al sistema alternativo en el que se aplicarán los siguientes porcentajes:

- Examen final de teoría (70%)

- Examen final de prácticas (20%)

- Entrega de un trabajo escrito sobre aplicaciones biotecnológicas de un microorganismo concreto (10%)

Esta decisión deberán comunicarla por mail al profesor responsable durante las dos primeras semanas de clase.

En caso de no informar se asumirá la evaluación por el sistema alternativo

BIBLIOGRAFÍA Y OTROS RECURSOS

Básica

Willey, J., Sherwood, L., Woolverton, C. Prescott's Microbiology. 10th ed. Madrid: McGraw-Hill Internacional. 2016

Madigan, MT, Martinko, JM, Bender, KS and Buckley, DH. Brock Biology of Microorganisms. 14th ed. New Jersey: Benjamin Cummings; 2014.

Black JG. Microbiology: Principles and Explorations. 9th ed. Willey. 2015.

Slonczewsky, JL, Foster, JW. Microbiology: an Evolving Science. 3rd ed. New York: W. W. Norton; 2013.

Complementaria

Tortora, GJ, Funke, BR, Case CL. Microbiology : An Introduction. 11th ed. New Jersey: Benjamin Cummings. 2012.

Dale J.W. Understanding Microbes: An Introduction to a Small World. Wiley. 2013

Larry Snyder (Ed.) Molecular Genetics of Bacteria. ASM Press. 2013

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Walter, P. "Molecular biology of the cell". 6th Ed. Garland Science. 2014.

Murray, P. R., Rosenthal, K. S., Pfaller, M. A. "Microbiología Médica". 6ª Edición. Elsevier Mosby. 2009.

Brenda A Wilson and Abigail A Salyers. Bacterial Pathogenesis: a Molecular Approach. ASM Press. 2010

Madsen E.L. Environmental Microbiology: from genomes to biogeochemistry. Wiley. 2016

Atlas R.M. and Bartha R. Microbial Ecology: Fundamentals and Applications. Addison Wesley Pub Co Inc. 1997

Brown J.W. Principles of Microbial Diversity. ASM Press. 2015

Binsen P.S., Debnath M. and Prasad G.B.K.S. Microbes: Concepts and applications. Wiley. 2012

Glick, B.R., Pasternak, J.J., Patten, CL. Molecular Biotechnology. Principles and applications of recombinant DNA. 4th edition. ASM Press. 2009.

Swanson M., Reguera G., Schaechter M., Neidhardt F. C. Microbe. ASM Press. 2016

J.Berenguer y J.L. Sanz. "Cuestiones en Microbiología". Ed. Hélice. 2002

Leboffe M.J and Pierce B.E. "Microbiology Laboratory Theory and Application". Ed.Morton. 3rd edition 2010