

Asignatura: **Procesos Biotecnológicos**

Código: 10-09523

RTF

10

Semestre: Noveno

Carga Horaria

96

Bloque: Tecnologías Aplicadas

Horas de Práctica

30

Departamento:

Correlativas:

- Operaciones Unitarias 2
- Microbiología Industrial y Aplicada
- Ingeniería de las Reacciones Químicas

Contenido Sintético:

- Modelización de evolución y mantenimiento de individuos o poblaciones en procesos biotecnológicos
- Diseño y control de operaciones y procesos prefermentativos, fermentativos y posfermentativos. Biorreactores.
- Fenómenos de transporte en los procesos biotecnológicos.
- Instalaciones en procesos biotecnológicos.
- Tratamiento y disposición final de flujos de residuos biodegradables.
- Ejemplos de procesos biotecnológicos.
- Manipulación genética de organismos para su aprovechamiento en procesos biotecnológicos.

Competencias Genéricas:

- CG 5: Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.
- CG 6: Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.
- CG 7: Comunicarse con efectividad.

Aprobado por HCD: 856-HCD-2023

RES: Fecha: 2/11/2023

Competencias Específicas:

CE3.1.5 Seleccionar, diseñar y controlar procesos y operaciones de transformación para dar respuesta a las necesidades de la comunidad contemplando aspectos éticos, legales, tecnológicos, económicos y ambientales.

CE3.1.6 Proyectar y dirigir acciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones, destinados a generar productos para dar respuestas a las necesidades de la comunidad que cumplan con la legislación vigente, contemplen la salud, la necesidad de conservación de los recursos y el ambiente y posibiliten el desarrollo económico de la organización, local y regional.

Presentación

Procesos biotecnológicos es una asignatura perteneciente al penúltimo semestre del plan de estudios de la carrera, y en ella se abordan los principales conceptos y procedimientos correspondientes al campo de intersección de la tecnología con la biología, con especial énfasis pero no exclusividad en los procesos industriales que hacen uso de microorganismos y vegetales o de partes de ellos.

Se considera la formación en los procesos biotecnológicos como un núcleo fundamental para quienes egresen como ingenieros químicos, ya que esta área es una de las que mayor crecimiento han registrado en los últimos años, situación que la prospectiva señala que ha de intensificarse, integrándose en campos tan disímiles como, por ejemplo, los de medicamentos y sustancias biológicamente activas, cuidado y remediación ambiental, producción de alimentos, agricultura, textiles, limpieza y minería, entre otras. Los procesos biotecnológicos, tanto por su génesis como por el muy extenso y creciente campo de desarrollo, posee áreas con características de multi[1], inter[2] y transdisciplinar[3], por lo que es usual el trabajo en equipos de conformación muy diversa, siendo habitual la participación en ellos de ingenieros químicos.

El trabajo sobre los contenidos de asignatura implica, tanto desde la manera de abordar su aprendizaje como en su aplicación, un enfoque integrador de conceptos desarrollados en muchas de las asignaturas previas y de otros nuevos más específicos de esta área tecnológica, junto a la idea de mayor imprevisibilidad en las variables de proceso como algo inherente al trabajo con seres vivos. Por otra parte, más allá de la importancia que sus contenidos tienen por sí mismos, constituyen un insumo para el análisis y comprensión de procesos que se abordarán en otras asignaturas o una vez egresado.

Uno de los ejes del trabajo en esta asignatura, por su ya señalado carácter integrador de conocimientos anteriores y nuevos, es considerar que las situaciones de identificación de componentes, métodos, operaciones y procesos, y las de diseño, cálculo y proyecto en general, son asimilables a la generación de soluciones para una situación problemática determinada, en este caso, perteneciente al área de los procesos biotecnológicos.

Acorde con todo lo anterior, la metodología de desarrollo de los distintos contenidos de esta asignatura incluye no solo los conceptos y principios operacionales básicos de los procesos biotecnológicos, sino también la afirmación de los correspondientes a la posibilidad de trabajo autónomo y en equipo, de comunicarse con efectividad y de búsqueda, procesamiento y generación de información.

[1] Multidisciplinar: implica la suma de los conocimientos de varias disciplinas desde su propio campo al aspecto en cuestión sin producirse combinación entre ellos.

- [2] Interdisciplinar: abordaje transversal por varias disciplinas de un aspecto determinado, integrando sus conocimientos para generar elementos diferentes a los de cada uno de sus campos.
- [3] Transdisciplinar: abarca varias disciplinas en forma transversal, generando un ámbito de acción integrado, sinérgico y superior al de cada una de las disciplinas.
- .

Contenidos

1 Introducción

Áreas de la biotecnología: Ciencia e Industria. La industria biotecnológica: pasado, presente y futuro.

Producción de biomasa y de metabolitos primarios y secundarios de importancia comercial. Biotransformaciones. Usos industriales. Estructura de un proceso fermentativo: esquema de las etapas comprendidas, balances de energía y de masa. Noción de escalado "scale up" y de los factores que inciden en el costo de producción.

El proceso desde el punto de vista económico. La evaluación que realiza el ingeniero: evaluaciones previas y análisis económico final.

2 Modelización de evolución y mantenimiento de individuos o poblaciones en procesos biotecnológicos.

CulEivo de microorganismos.

Rutas oxidativas, anabolismo, metabolismo primario y secundario. Requerimientos y condiciones de cultivo.

Producción de biomasa y de metabolitos primarios y secundarios.

Estequiometría de crecimiento, mantenimiento y producción de cultivos de microorganismos. Demanda de oxígeno en cultivos aerobios.

Cinética de crecimiento y producción de cultivos de microorganismos.

Velocidad específica de crecimiento, influencia de la concentración de sustratos.

Termodinámica del metabolismo de poblaciones de microorganismos.

Formulación de medios de cultivo.

3 Fenómenos de transporte en los procesos biotecnológicos.

Transferencia de calor y fenómenos de EtransportEe en fluidos biológicos

Fluidos newtonianos y no newtonianos. Factores que influyen en la viscosidad de los caldos de cultivo.

Mecanismos de mezcla en fluidos y transporte de masa en cultivos.

Intercambio gaseoso y transferencia de masa durante la fermentación.

Factores que influyen sobre la oferta de oxígeno.

Transferencia de calor: fuentes de producción y métodos de eliminación.

4 Biorreactores.

Diseños y Eipos de biorreactEores.

Características de un biorreactor.

Fermentadores con agitación mecánica. Otros tipos de agitación: neumática, por columna de burbujas y por flujo de aire.

Inmovilización de células. Biorreactores de células o enzimas inmovilizadas: tanque agitado, lecho fluidificado, lecho empaquetado, fibra hueca y membrana en espiral.

Comparación de requerimientos energéticos según el tipo del biorreactor.

Estabilidad, pérdida de actividad, desnaturalización de proteínas biológicamente activas.

Ingeniería de proteínas: estabilización y métodos de inmovilización.

5 Instalaciones en procesos biotecnológicos.

Sectores habituales para el desarrollo de procesos biotecnológicos. Especificidades de equipos utilizados en procesos biotecnológicos: intercambiadores de calor, compresores, filtros, generadores de vapor, tanques, ductos, bombas.

6 Diseño y control de operaciones y procesos prefermentativos, fermentativos y posfermentativos.

Tipos de procesos

Modos de operación: continuos, discontinuos y discontinuos con alimentación.

Operaciones pre-fermentación (up stream). Fermentación y equipos auxiliares.

Activación de cepas para la producción. Producción del inóculo.

Esterilización en procesos biotecnológicos. Modelización de la destrucción térmica de microorganismos. Esterilización comercial o tecnológica. Esterilización por lotes y continua de sustratos. Esterilización del aire.

Operaciones de transferencia al biorreactor. Mantenimiento de la monosepsia, puntos de posible contaminación. Limpieza de equipos.

Métodos físicos y químicos de seguimiento de los niveles de sustratos, pH y metabolitos. Cuantificación de biomasa y número de células. Instrumentos comerciales disponibles. Biosensores.

Evolución de niveles de sustrato, biomasa, pH, oxígeno, anhídrido carbónico, producto, etc. Control de procesos biotecnológicos.

7 Operaciones utilizadas en el procesamiento de pos-fermentación (down-stream).

Separación sólido – líquido: centrifugación, principios físicos, distintos tipos de centrifugas industriales; filtración, microfiltración y ultrafiltración. Floculación y flotación.

Disrupción celular: métodos físicos y químicos. Homoginizadores. Eliminación de ácidos nucleicos.

Purificación y resolución de mezclas. Extracción líquido – líquido. Adsorción. Cromatografía en columna: separación por filtración de pesos moleculares, por carga eléctrica (iónica), por afinidad específica e inespecífica. Cromatografía en geles. Cristalización.

Secado: pulverización, liofilización. Formulación y envasado.

8 Tratamiento y disposición final de flujos de residuos biodegradables, o de flujos residuales biodegradables.

Componentes, diseño y operación de sistemas de tratamientos de flujos residuales biodegradables.

Biorreactores para tratamiento de efluentes líquidos, sólidos y gaseosos.

9 Ejemplos de procesos biotecnológicos.

Producción de enzimas, otras proteínas y material biológico humano. Hormonas. Antibióticos. Alcoholes por fermentación.

10 Manipulación genética de organismos para su aprovechamiento en procesos biotecnológicos.

Aplicación de principios de genética en biotecnología.

Obtención y selección de organismo y microorganismos de interés industrial. Organismos genéticamente modificados. Transformación, identificación y selección de bacterias, células vegetales y animales para la producción de compuestos de interés biotecnológico. Seguridad en el manejo de cepas en cultivo.

Cinéticas de crecimiento con plásmido inestable.

Metodología de enseñanza

El desarrollo de la asignatura se estructura sobre la base de clases teórica-prácticas y trabajos prácticos conformados por empleo de modelado, la resolución de ejercicios y problemas, la realización de actividades experimentales a escala laboratorio y Planta Piloto, y cuando es factible visitas didácticas a plantas que desarrollan procesos biotecnológicos.

En las clases en aula o virtuales de naturaleza teórica-prácticas, con apoyo de proyecciones e incluyendo diálogo y participación de los estudiantes, se realiza la introducción y planteo de la red conceptual de los temas, desarrollo con participación activa de estudiantes, e introduciendo pequeñas situaciones problemáticas abiertas y reales, a resolver presencialmente de manera cualitativa y, de requerirse, completando con cálculos en general fuera de clase. Los contenidos que no implican dificultades particulares, especialmente los descriptivos, quedan para su abordaje autónomo por parte de los estudiantes, incluyéndose luego el trabajo sobre ellos en encuentros posteriores. A estos encuentros se agregan otros específicos centrados en planteo y resolución de ejercicios y situaciones problemáticas, con el objeto de mejorar la comprensión de los conceptos y de las estrategias metodológicas más adecuadas para la resolución de las diversas situaciones planteadas.

En paralelo al desarrollo de los contenidos, se aborda como trabajo integrador el dimensionamiento o caracterización de los principales elementos constitutivos de parte de un proceso biotecnológico, siendo cada uno de ellos abordado por un grupo de estudiantes, debiendo articular intra e intergrupalmente para conseguir un resultado coherente. Esta actividad grupal se realiza mayoritariamente fuera de las horas presenciales, favoreciendo el desarrollo del trabajo autónomo y el aprendizaje cooperativo. Los resultados de esta actividad son monitoreados periódicamente desde la cátedra y existiendo días de clase reservados en el cronograma para su atención, siendo los resultados finales de este trabajo

integrador presentados en un informe escrito a la cátedra y oralmente con apoyo visual al grupo clase.

Además, se establecen visitas a plantas donde se desarrollan procesos de naturaleza biotecnológica, usualmente 2 o 3, dependiendo de la coordinación de las actividades académicas con la posibilidad de las empresas de recibir al grupo.

Evaluación

La evaluación de los aprendizajes de los contenidos de la asignatura corresponderá a los contenidos de naturaleza científico-tecnológicos y también a las capacidades sociales y actitudinales, de naturaleza transversal. Se señala que se evalúan tanto los aprendizajes de contenidos propios de la asignatura como la aplicación contextualizada e integradora en ellos de los contenidos correspondientes a correlativas previas de esta asignatura y de trayectos previos. Los tipos de evaluación utilizadas son:

- o de seguimiento, en las instancias correspondientes a las actividades prácticas, sean en aula o laboratorio. Será considerada la información obtenida mediante:
 - observación, registro y análisis del desempeño del alumno en el desarrollo de las actividades prácticas;
 - análisis de los informes grupales a presentar para cada actividad donde se los requiera;
 - observación, registro y análisis del desempeño del alumno en la presentación y defensa de informes.
- o sumativas, consistentes en:
 - dos parciales de tipo teórico práctico y ejecución individual, con preguntas cuyas respuestas consisten en el desarrollo de aspectos conceptuales o ejercicios correspondientes a su aplicación, además de resolución de situaciones problemáticas similares a las abordadas en prácticos o teóricos;
 - presentación grupal del trabajo integrador, bajo formatos prescriptos, tanto a la cátedra como al grupo clase completo, contemplando para la calificación un componente de coevaluación;
 - por alguna circunstancia específica y puntual de una cursada determinada, pueden presentarse el requerimiento de un coloquio integrador individual para quienes alcancen las condiciones de promoción de la asignatura.

Condiciones de aprobación

Requisitos para alcanzar la regularidad.

- Porcentaje de asistencia que establezca la normativa vigente de la Facultad al momento de cursar la asignatura o, de no haberla al respecto, 70 % de las clases teórico prácticas y 80 % de las prácticas.
- Aprobación de al menos una de las evaluaciones parciales teórico-prácticas, incluida instancia de recuperación sobre una de las evaluaciones parciales.

- Aprobación del 70 % de las actividades prácticas propuestas.
- Alcanzar un nivel de desarrollo aceptable en al menos el 60 % de los indicadores establecidos en la matriz de criterios/indicadores - niveles de desempeño.

Requisitos para alcanzar la promoción.

- Porcentaje de asistencia que establezca la normativa vigente de la Facultad al momento de cursar la asignatura o, de no haberla al respecto, 70 % de las clases teórico prácticas y 80 % de las prácticas.
- Aprobación de todas las evaluaciones parciales teórico-prácticas, incluida instancia de recuperación sobre una de las instancias.
- Aprobación del 70 % de las actividades prácticas propuestas.
- Alcanzar un nivel de desarrollo aceptable en al menos el 70 % de los indicadores establecidos en la matriz de criterios/indicadores - niveles de desempeño.
- De haberse instrumentado para la cursada específica, coloquio integrador aprobado.

Calificación:

Para quienes alcancen la promoción, la calificación final en la asignatura se obtendrá a través del siguiente polinomio:

$$\text{calificación} = 0,4.EP + 0,2.ETP + 0,2.TI + 0,2.C$$

donde P es el promedio de las calificaciones de los exámenes parciales en escala 1 a 10, TP es el promedio de la calificación de las actividades prácticas, TI el puntaje obtenido en el Trabajo Integrador y C el del coloquio final integrador individual.

Si en la cursada no se realizase el coloquio integrador final, a la nota final se calculará según:

$$\text{calificación} = 0,5.EP + 0,25.ETP + 0,25.TI$$

Actividades prácticas

En las actividades experimentales en laboratorio o planta piloto se emulan diferentes procesos biotecnológicos, siendo los principales factores a reproducir el tiempo prolongado y el enfrentar la imprevisibilidad y lo contingente, sirviendo como soportes para introducir los contenidos de manipulación y metodologías propias de los procesos biotecnológicos. Las actividades tienen una duración mínima de 6 horas y una máxima de una semana, implicando diversas tareas en serie y en paralelo durante varios días. Estas actividades experimentales poseen como constante el trabajo de los estudiantes en grupos que deben articular entre, sí con la responsabilidad creciente a lo largo del semestre de la concreción de la

actividad, lo que permite tanto una emulación didáctica del trabajo en equipo que habitualmente se da en este tipo de áreas, como la potenciación del aprendizaje colaborativo y la afirmación de métodos de aprendizaje y de desarrollo autónomos.

Durante las actividades experimentales, desde una presencia muy cercana a los estudiantes y en tiempo real, se enseñan o ajustan manipulaciones, acciones o metodologías propias del trabajo con material concreto en el área de los procesos biotecnológicos, el cual constituye por sí mismo un núcleo operativo de conocimiento experto cuyos conceptos básicos deben ser transmitidos.

Los temas soporte para el desarrollo de los aprendizajes conceptuales y procedimentales pueden variar en las distintas cursadas, siendo ejemplos de ellos:

- Iniciación, puesta en marcha y seguimiento de un cultivo de microorganismos.
- Inmovilización celular.
- Catálisis enzimática.
- Depuración de efluentes líquidos o gaseosos.
- Producción de cultivos iniciadores.

Resultados de aprendizaje

Los objetivos específicos de la asignatura corresponden a que, como resultado de su aprendizaje, el estudiante logre:

- diseñar procesos, productos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios mediante la aplicación racional, organizada, planificada y creativa de los principios de la biotecnología para generar mejoras o soluciones a situaciones problemáticas relacionadas con procesos donde intervengan seres vivos o componentes de ellos;
- planificar, supervisar y controlar la operación de procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios, mediante la aplicación racional, organizada, planificada y creativa de los principios de la biotecnología, destinados a generar mejoras o soluciones a situaciones problemáticas relacionadas con procesos donde intervengan seres vivos o componentes de ellos.

En función de lo anterior, para la competencia específica *CE3.1.5 "Seleccionar, diseñar y controlar procesos y operaciones de transformación para dar respuesta a las necesidades de la comunidad contemplando aspectos éticos,*

legales, tecnológicos, económicos y ambientales”¹ corresponden los siguientes resultados de aprendizaje:

- *Formula de manera clara y precisa una situación problemática en el área de los procesos biotecnológicos, configurándola y limitándola a través de la selección de las variables y restricciones que intervienen en su configuración.*
- *Organiza correctamente mediante esquemas, tablas, gráficos, simbología, texto, etc., los valores o estados, conocidos o no, de las variables significativas relativas a la situación planteada y a su resolución.*
- *Determina estados, referencias, estimaciones y supuestos aplicables a la resolución de la situación problemática de naturaleza biotecnológica planteada.*
- *Genera el modelo de un proceso biotecnológico especificando el conjunto de relaciones lógico-matemáticas entre sus variables significativas.*
- *Calcula los valores correspondientes a las variables de un sistema biotecnológico aplicando de manera coherente y consistente el modelado lógico-matemático que lo representa.*
- *Identifica diversas alternativas aplicables a la resolución de situaciones problemáticas en el área de los procesos biotecnológicos, contemplando las restricciones existentes.*
- *Selecciona la alternativa más adecuada para la resolución de una situación problemática en el área de los procesos biotecnológicos mediante el análisis de las variables técnicas, económicas, sociales y ambientales en un contexto particular.*
- *Expresa de manera clara, precisa y completa una respuesta acorde al requerimiento planteado.*
- *Documenta y comunica el proyecto de manera efectiva.*

Para la competencia específica CE3.1.6 “Proyectar y dirigir acciones, desarrollos tecnológicos e innovaciones, destinados a generar productos para dar respuestas a las necesidades de la comunidad que cumplan con la legislación vigente, contemplen la salud, la necesidad de conservación de los recursos y el ambiente y posibiliten el desarrollo económico de la organización, local y regional”, corresponden los siguientes resultados de aprendizaje:

¹ Se señala que esta competencia es asimilable a la de resolver un problema de funcionamiento, diseño, cálculo o proyecto, e incluye la de Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas.

- *Cuantifica adecuadamente los recursos materiales, humanos y de tiempo requeridos para implementar las acciones requeridas para la concreción de un proyecto de naturaleza biotecnológica.*
- *Organiza la secuencia de trabajo requerida para la implementación de la respuesta definida para una situación dada.*
- *Establece el mecanismo adecuado para supervisar el funcionamiento de las distintas etapas del proceso biotecnológico, incluyendo la determinación de los puntos críticos del proceso y los valores que deben asumir sus parámetros.*
- *Identifica y asigna apropiadamente las responsabilidades de ejecución y control de las distintas etapas del proceso biotecnológico.*
- *Evalúa la marcha de procesos biotecnológicos, verificando el cumplimiento de objetivos y metas.*
- *Sistematiza correctamente los datos resultantes del control de un proceso biotecnológico en ejecución.*
- *Maneja adecuadamente el equipamiento y material estándar habitual destinado al control y desarrollo en laboratorios y Planta Piloto de procesos biotecnológicos.*
- *Desarrolla buenas prácticas de medición y experimentación para una situación específica relacionada con los procesos biotecnológicos.*

Para las competencias transversales sociales, políticas y académicas

Para la Competencia Genérica CG6: "Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo" corresponden los siguientes resultados de aprendizaje

- *Desarrolla en tiempo y forma las tareas que le corresponden para alcanzar los objetivos del equipo.*
- *Desempeña distintos roles para alcanzar los objetivos del equipo, según lo requiera la tarea, la etapa del proceso y la conformación del equipo.*
- *Participa activa, colaborativa y respetuosamente en intercambios grupales para llegar a acuerdos consensuados.*
- *Realiza una evaluación crítica del funcionamiento y la producción del equipo.*

Para la Competencia Genérica CG7: "Comunicarse con efectividad" corresponden los siguientes resultados de aprendizaje

- *Expresa las ideas y conocimientos de forma clara, completa y concisa.*
- *Identifica el tema central y los puntos claves del informe o presentación a realizar.*

- *Adecua el contenido, formato y soporte a los objetivos comunicacionales, incluyendo la adaptación al receptor y el contexto.*
- *Elabora textos verbales, simbólicos o icónicos utilizando o interconvirtiendo entre sí distintos tipos de lenguaje: natural, formal, científico-tecnológico, etc.*
- *Analiza la validez de la información recibida y emitida en función de su coherencia interna y externa.*
- *Genera documentación técnica relativa a diseño y proyectos conteniendo las partes constitutivas habituales: memoria descriptiva de la situación inicial y proyectada, objetivo, datos iniciales, supuestos, memoria de cálculo, planos, esquemas, gráficos, etc.*

Bibliografía

- ARUNDEL, JOHN. Tratamientos de aguas negras y efluentes industriales (2002 - 2017). Acribia S.A. Zaragoza. España (1 ejemplar de cada edición disponibles en Biblioteca de FCEFyN).
- BELTRÁN VARGAS, N.E. y GONZÁLEZ DE LA ROSA, C. H. Técnicas de cultivos celulares e ingeniería de tejidos. 2016. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
<http://ilitia.cua.uam.mx:8080/jspui/handle/123456789/143>.
- BU'LOCK, J.;KRISTIANSEN, B. Biotecnología básica (1991) 2º edición. Acribia S.A. Zaragoza. España (1 ejemplar disponible en Biblioteca de FCEFyN).
- DÍAZ, M. Ingeniería de bioprocesos. 2012. Paraninfo. Madrid. (1 ejemplar disponible en Biblioteca de FCEFyN).
- DORAN, P. Principios de ingeniería de los bioprocesos. 1998. Acribia. S. A. España (3 ejemplares disponibles en Biblioteca de FCEFyN).
- GIL RODRÍGUEZ, MANUEL. Procesos de descontaminación de aguas. Cálculos avanzados informatizados. 2005. Thomson Editores Spain. Madrid. España (1 ejemplar disponible en Biblioteca de FCEFyN).
- Introducción a la Biotecnología Sus aplicaciones. -1a ed- Santa Fe: Ediciones UNL, 2022. ISBN 978-987-749-386-3.
https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/6742/introduccionBiotecnologia_AA.pdf?sequence=2.
- LÓPEZ VÁZQUEZ, C. M.; BUITRÓN MÉNDEZ, G.; GARCÍA H. A.; CERVANTES CARRILLO, F (EDITORES). Tratamiento biológico de aguas residuales Principios, modelación y diseño. 2017. IWA Publishing. Londres.
<https://doi.org/10.2166/9781780409146>.
- METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales: Tratamiento y depuración de las aguas residuales. 1997. Barcelona, ES: Labor. (2 ejemplares disponibles en Biblioteca de FCEFyN).

- OLIVARES HERNÁNDEZ, R. y QUINTERO RAMÍREZ MENDOZA, R. Problemas de ingeniería biológica. 2018. Universidad Autónoma Metropolitana. México. <http://ilitia.cua.uam.mx:8080/jspui/handle/123456789/1091>.
- RAMALHO R.S. Tratamiento de Aguas Residuales. reimpr. 2003. 2º Edición en español. Editorial Reverté, S.A. Barcelona.(2 ejemplares disponibles en Biblioteca de FCEFyN).
- RECASENS BAXARIAS, F. Procesos de separación de biotecnología industrial. 2018. 1º edición. Ediciones UPC. Barcelona. España. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/11411>
[6](#).
- TREVAN, M. D. y otros. Biotecnología: Principios Biológicos. 1990. Acribia. España. (2 ejemplares disponibles en Biblioteca de FCEFyN).
- WARD, OWEN P. Biotecnología de la Fermentación. 1989. Acribia. S.A. Zaragoza. España.
- Material didáctico de cátedra.