

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Ingeniería Bioquímica
Clave de la asignatura:	BTJ-1420
SATCA¹:	4 – 2 – 6
Carrera:	Ingeniería en Biotecnología

2. Presentación**Caracterización de la asignatura**

La ingeniería bioquímica es una disciplina que presentó un gran desarrollo en los años 60s y 70s. Se estudiaron y sistematizaron conceptos y acciones tendientes a controlar las reacciones enzimáticas y procesos fermentativos. Se encontraron las ecuaciones que rigen los procesos de esterilización, transferencia de oxígeno y calor, el uso de enzimas para elaboración de productos químicos y del crecimiento microbiano tanto de procariontes como de eucariontes. La asignatura de Ingeniería Bioquímica, permitirá a los estudiantes retomar los conocimientos antes descritos, para diseñar los procesos biotecnológicos en la generación de productos de interés y finalmente llevar a una escala industrial un proceso desarrollado en el laboratorio. Así mismo le permite determinar la necesidad del empleo de una escala intermedia o piloto, en los casos de grandes volúmenes de producción.

La asignatura de Ingeniería bioquímica permite al estudiante obtener el conocimiento y habilidades del trabajo en laboratorio, tanto con enzimas como con diferentes tipos de organismos y posteriormente en planta piloto para que pueda escalar un proceso biológico a nivel industrial. Esto es de gran utilidad en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés comercial.

La asignatura capacita al estudiante en el trabajo con enzimas y la operación en reactores enzimáticos, tanto con enzimas libres como inmovilizadas. Luego se introduce en la cinética de fermentaciones, donde se estudian los métodos de medición de la biomasa, los modelos de crecimiento y formación de productos. Igualmente aprende a determinar las formas de operación de los biorreactores, sus ventajas y desventajas, con la finalidad de decidir el biorreactor adecuado en un proceso. La operación aséptica y la esterilización de los reactores es el propósito de otro tema. Las diferentes correlaciones para determinar la potencia de agitación en sistemas gaseados y no gaseados es el propósito del penúltimo tema, así como las correlaciones para la transferencia de masa (k_{ia}) y la eficiencia de la transferencia de oxígeno. Finalmente se revisa el tema del escalamiento de los biorreactores donde se integra los conocimientos antes mencionados.

Esta asignatura, se relaciona con las asignaturas de ciencias básicas, ciencias biológicas, ciencias químicas y de la ingeniería química. Con la biología celular en la división celular y en la microbiología con el crecimiento microbiano. Con las matemáticas en la solución de las ecuaciones diferenciales relacionadas con el crecimiento y formación de productos. Con los balances de células y sustratos con la asignatura de balances de materia, entre otras.

Posteriormente los conocimientos adquiridos se emplearán en asignaturas como ingeniería de procesos en la modelación, simulación y optimización de estos; en la de formulación y evaluación de proyectos se impactará porque se determina una pieza clave del proceso que es la caldera, la

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

cantidad de vapor y combustible para este fin, se evalúan las necesidades de potencia en conjunto con los requerimientos de aire y el costo de los biorreactores.

Intención didáctica

El curso de Ingeniería Bioquímica le proporciona al estudiante un sentido ingenieril, que le permite abordar estudios a nivel de laboratorio considerando al cultivo no como un simple organismo, sino como un sistema de trabajo, que tiene requerimientos y limitaciones, esto con el fin de abordar la experimentación con raciocinio y aplicación. Posteriormente conocer la importancia de una planta piloto para tener muestras significativas de producto con fines de calidad y establecer los criterios para un correcto escalamiento, que finalmente le ayuda a diseñar el proceso a escala industrial. Capacita al estudiante para conocer cómo es que funcionan las tecnologías adquiridas y así poder mejorar racionalmente (scale down) los procesos biotecnológicos.

Para el desarrollo de las competencias genéricas del estudiante, se sugiere el uso de actividades integradoras del conocimiento y de las relaciones interpersonales con la formación de equipos de trabajo, la exposición de resultados de sus experiencias en el desarrollo de las prácticas, que fortalezcan la expresión oral y escrita, el uso de las TIC's y la conducción personal de manera ética y disciplinada ante su equipo y el grupo de clase.

Por otro lado, el docente deberá promover actividades prácticas para el desarrollo de habilidades de investigación experimental, tales como: identificación y operación de equipos relacionados con la biología celular, para controlar variables y datos relevantes; planteamiento de hipótesis; asimismo, se propician procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual integradora.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque guiar a sus alumnos para que ellos elijan los métodos apropiados de selección, diseño y establecimiento de los diversos procesos biotecnológicos a aplicar, de tal modo que desarrollen de manera independiente protocolos pertinentes y elaboren reportes adecuados de los resultados.

Se sugiere adecuar las actividades de aprendizaje al contexto de cada institución, para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje, a través de actividades extra clase y revisión en el aula para fomentar debates de los resultados de las observaciones y generar conclusiones. Se procura partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante establezca una relación con las necesidades y oportunidades de desarrollo biotecnológico del entorno. Se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; y que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y el análisis y presentación de propuestas. Es trascendental que el estudiante comprenda que está construyendo su soporte para el futuro quehacer y en consecuencia actúe de manera profesional; aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión, curiosidad, puntualidad, entusiasmo, interés, tenacidad, flexibilidad y la autonomía, priorizando el trabajo en equipo.

El estudiante hace uso de las habilidades de síntesis, análisis, pensamiento inductivo y deductivo; con la finalidad de integrar el conocimiento, conceptos y metodologías concernientes a la biotecnología, capacitándolo en la aplicación de criterios requeridos en una situación específica que dé solución a situaciones reales, tomando en cuenta la importancia del respeto al ambiente de manera sustentable.

El profesor procurará un contexto de confianza, respeto, tolerancia y armonía, necesario para el adecuado desempeño del estudiante, en donde manifieste sus habilidades y actitudes, además de utilizar diversas técnicas y herramientas para propiciar el aprendizaje.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 9 al 12 de diciembre de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca y Veracruz.	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología.
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 13 de diciembre de 2013 al 3 de marzo de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: El Llano Aguascalientes.	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería en Biotecnología.
Instituto Tecnológico de El Llano de Aguascalientes, del 4 al 7 de marzo de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Altiplano de Tlaxcala, Celaya, Colima, CRODE Celaya, El Llano Aguascalientes, Hermosillo, Mérida, Reynosa, Superior de Álamo Temapache, Toluca, Veracruz y CIBIOGEM.	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería en Biotecnología.
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 4 al 7 de diciembre de 2018	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: El Llano Aguascalientes, Celaya y Purísima del Rincón.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de; Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería en Minería, Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería en Biotecnología del Tecnológico Nacional de México.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura

- Utiliza la ingeniería en el escalamiento de los procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés agro-industrial.

5. Competencias previas

- Detecta oportunidades que sean susceptibles de abordarse para generar nuevos conocimientos y/o desarrollo de tecnología.
- Participa en el desarrollo de investigación básica para comprender, explicar y modelar procesos biológicos.

- Desarrolla conocimientos generales del comportamiento de la célula para relacionarlos con los organismos de interés para el hombre sin dañar el entorno.
- Realiza el análisis de los procesos biológicos para entender el comportamiento de los organismos con su medio que los rodea.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Cinética enzimática	1.1 Introducción. 1.2 Cinética química (orden cero y uno). 1.3 Cinética enzimática. Enzimas alostéricas e inhibición enzimática. 1.4 Factores que afectan la actividad enzimática. Inactivación enzimática. 1.5 Enzimas inmovilizadas. 1.6 Reactores enzimáticos.
2	Cinética microbiana	1.1 Cinética de Fermentaciones. 1.2 Cultivo Continuo. 1.3 Cultivo Alimentado.
3	Esterilización industrial	1.1 Cinética e Ingeniería de la esterilización de medios de cultivo y de aire. 1.2 Operación aséptica de los biorreactores.
4	Agitación y mezclado, transferencia de masa en reactores biológicos	1.1 Requerimientos de potencia en fermentadores agitados. 1.2 Sistemas gaseados y No, Fluidos Newtonianos y No. 1.3 Coeficiente de transferencia de oxígeno y su medición. 1.4 Transferencia de oxígeno en matraces y pequeños fermentadores. 1.5 Transferencia de oxígeno en fermentadores industriales. 1.6 Eficiencia de la transferencia de oxígeno.
5	Escalamiento de reactores biológicos.	1.1 Introducción. 1.2 Diversos criterios usados para el escalamiento de procesos. 1.3 Potencia constante por unidad de volumen. Tiempo de mezclado. k_{ia} constante. 1.4 Estimación de P_o , P_g y k_{ia} . 1.5 Escalamiento de procesos desde el punto de vista de los fabricantes de sistemas de agitación.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Cinética enzimática	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial y de servicios. Participa en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de 	<ul style="list-style-type: none"> Búsqueda de artículos recientes sobre la aplicación de las enzimas en procesos industriales y presentación por equipos en el aula. Utiliza enzimas en prácticas de laboratorio y un simulador para adquirir experiencia en la aplicación con enzimas. Elaboraran un reporte y llevaran a cabo la presentación de sus resultados.

<p>contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. • Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
2. Cinética microbiana	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial y de servicios. • Participa en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. • Genéricas: • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. • Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. • Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. • Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisa literatura científica relacionada al tema. • Resuelve problemas sobre el tema y entrega los resultados. • Lleva a cabo prácticas de laboratorio, realiza el reporte y expone los resultados obtenidos (trabajo en equipo).

<ul style="list-style-type: none"> • Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica • Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. • Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. • Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
3. Esterilización industrial	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial y de servicios. • Participa en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. • Genéricas: • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. • Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. • Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza los diferentes procesos de esterilización utilizados. • Resuelve problemas sobre el diseño de los ciclos de esterilización. Calcula los servicios de vapor y aire necesarios para el funcionamiento del proceso de esterilización. Entrega un reporte por equipo y discute en seminario sus resultados.

<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. • Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica • Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. • Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. • Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
<p>4. Agitación y mezclado, transferencia de masa en reactores biológicos</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Especifica(s): • Utiliza la ingeniería en el escalamiento de los procesos biotecnológicos. • Optimiza procesos biotecnológicos para generar ventajas competitivas en los sectores industrial y de servicios. • Participa en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. • Genéricas: • Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. • Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. • Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. • Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. • Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analiza las diferentes alternativas para el mezclado en un biorreactor. • Resuelve problemas sobre el cálculo de potencia de agitación en reactores biológicos. Diseña un fermentador y calcula los requerimientos de potencia y las necesidades de aeración, así como el tipo y tamaño del compresor de aire. Entrega un reporte por equipo y discute en seminario sus resultados.

<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación, manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo. Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura. Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución. Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable. Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional. 	
5. Escalamiento de reactores biológicos.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Utiliza la ingeniería en el escalamiento de los procesos biotecnológicos. Participa en el diseño de procesos biotecnológicos para la generación de productos de interés industrial. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes. Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de los temas de la asignatura. Propiciar actividades de planeación y organización de distinta índole en el desarrollo de la asignatura. Fomentar actividades grupales que propicien la comunicación, el intercambio argumentado de ideas, la reflexión, la integración, y la colaboración de y entre los estudiantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Resuelve problemas sobre el cálculo de potencia de agitación en reactores biológicos. Entrega un reporte por equipo y discute en seminario sus resultados. Lleva a cabo prácticas de laboratorio, realiza el reporte y expone los resultados obtenidos (trabajo en equipo).

- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales lo encaminan hacia la investigación, la aplicación de conocimientos y la solución de problemas.
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: observación, identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, de trabajo en equipo.
- Desarrollar actividades de aprendizaje que propicien la aplicación de los conceptos, modelos y metodologías que se van aprendiendo en el desarrollo de la asignatura.
- Propiciar el uso adecuado de conceptos, y de terminología científico-tecnológica
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con el cuidado del medio ambiente; así como con las prácticas de una carrera técnica con enfoque sustentable.
- Observar y analizar fenómenos y problemáticas propias del campo ocupacional.

8. Práctica(s)

- Medición de la actividad enzimática empleando una enzima que pudiera ser una celulasa, amilasas, entre otras.
- Empleo de software y con una base de cálculo, realizar el diseño del proceso de producción de jarabes fructosados a partir de almidón.
- Llevar a cabo una cinética en un reactor de laboratorio equipado de una fermentación conocida.
- Determinación del coeficiente de transferencia de oxígeno por el método dinámico y directo.
- Calcular el tamaño y diseño de un bio reactor para una fermentación conocida. Determinar los requerimientos de potencia gaseada, no gaseada, flujo de aire, tamaño del compresor (necesidades de energía). Calcular el sistema de agitación, los requerimientos de energía y el tamaño de la caldera para la esterilización, así como los requerimientos de combustible.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

10. Evaluación por competencias

Son las técnicas, instrumentos y herramientas sugeridas para constatar los desempeños académicos de las actividades de aprendizaje.

- Reportes escritos de las observaciones hechas durante las actividades, así como de las conclusiones obtenidas de dichas observaciones.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas plasmada en documentos escritos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de aspectos teóricos y declarativos.
- Aplicación práctica y en laboratorio de los conocimientos adquiridos, informe documental y divulgación por exposición.
- Revisión y discusión de artículos científicos de investigación.
- Autoevaluación.

11. Fuentes de información

- Wang DIC., Cooney ChL., Demail AN., Dunnill P., Humphrey AK. y MD Lilly. (1979). *Fermentation and Enzyme Technology*. New York. USA: John Wiley.
- Doulas SC. y Blanch H. (1997). *Biochemical Engineering*. New York, USA: Marcel Dekker,
- Shuler ML. y Kargi F. (1997). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts*. New York, USA: Marcel Dekker.
- Katoh S. y Yoshida F. (2009). *Biochemical Engineering: A Textbook for Engineers, Chemists and Biologists*. Alemania: Wiley-VCH.
- Villadsen J., Nielsen J. Y Lidén G. (2011). *Bioreaction Engineering Principles*. (2011). New York, USA: Springer.
- <http://www.novozymes.com/en/Pages/default.aspx>.
- Biotechnology and Bioengineering, Wiley.
[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-0290](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-0290).
- Otras revistas especializadas.

