



1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Ingeniería Metabólica.
Clave de la asignatura:	BTF-1422
SATCA¹:	3 – 2 – 5
Carrera:	Ingeniería en Biotecnología

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

La asignatura Ingeniería Metabólica le proporciona al estudiante los conocimientos y habilidades para desarrollar su capacidad y visualizar los procesos Biológicos, en un contexto global e integrador, lo cual le permite diseñar, optimizar, controlar y escalar bioprocesos para la generación de productos de calidad de interés industrial.

La presente asignatura, es parte fundamental para comprender que la biotecnología como una ciencia es capaz de cuantificar y predecir qué ocurre cuando se hacen cambios en el genoma en términos cinéticos de la expresión fenotípica. Estos cambios en los flujos metabólicos se estudian empleando técnicas de Genética, Biología Molecular, Proteómica, Transcriptómica y Análisis Químicos. El universo de organismos estudiados es grande, abarca desde las células procariotas hasta los diferentes tipos de células eucarióticas, tejidos e individuos completos. A escala industrial, la ingeniería metabólica se ha convertido en el camino más conveniente y económico para mejorar los procesos existentes y nuevas alternativas en la búsqueda de la síntesis de bioproductos. Esto ha permitido en gran medida el surgimiento de las actuales biorefinerías.

La asignatura consta de cinco temas, en el primero se introduce al estudiante proporcionándole los conceptos y definiciones. En el segundo, se revisa el metabolismo celular, la estequiometría, cinética, los balances de masa dinámicos y finalmente se determina la consistencia de estos. En el tercer tema, se revisa el control metabólico que ejercen los sistemas biológicos en las diferentes vías metabólicas y en el conjunto organizacional de la célula. En el cuarto, se analizan ejemplos de aplicaciones en ingeniería metabólica y se estudian modelos de síntesis y análisis de flujos metabólicos. Todo esto le proporciona al estudiante el sentido tanto teórico, como práctico de la Biotecnología en el contexto actual.

La Ingeniería Metabólica surge por la necesidad de sistematizar los conocimientos adquiridos en otras asignaturas, tales como la Bioquímica, Matemáticas, Termodinámica, Genética, Microbiología, Biología Molecular, Informática, Ingeniería Bioquímica, Enzimología, por nombrar algunas. Es una asignatura integradora, que permite al estudiante seguir hacia los módulos de especialidad en su formación profesional.

Intención didáctica

Esta asignatura, tiene como finalidad que el estudiante visualice cómo el metabolismo del organismo se comporta en términos cinéticos, cómo responde al medio ambiente debido a un cambio en la transferencia de masa o en el empleo de un determinado nutriente y la señalización

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

bioquímica al genoma, que regula la expresión fenotípica lo cual conlleva a la modificación de las vías metabólicas en conjunto. Todo lo anterior, traducido en términos cinéticos y termodinámicos.

Por lo tanto, durante el desarrollo de la presente asignatura se inicia proporcionándole al estudiante conceptos y definiciones para la comprensión de los temas subsecuentes. Posteriormente se revisan las diversas rutas del metabolismo celular, la estequiometría, cinética, los balances de masa dinámicos para comprender su interrelación. El control metabólico que ejercen los sistemas biológicos en las diferentes vías metabólicas y en el conjunto organizacional de la célula, se analizan en el tercer tema; en el cuarto la revisión de ejemplos de aplicaciones en ingeniería metabólica son discutidos en clase con la finalidad que el estudiante debata y exprese los puntos de vista de los autores, de su profesor y los suyos propios, de esta forma adquiere la competencia de detectar oportunidades que sean susceptibles de abordarse y generar nuevos conocimientos de desarrollo en 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 ingeniería metabólica, 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 los estudiantes 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.

Para el desarrollo de las competencias genéricas del alumno, 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: Veracruz, Mérida, Álamo-Temapache, El Llano Aguascalientes y Celaya	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
<ul style="list-style-type: none"> Conoce, modifica e innova procesos biológicos para generar nuevos productos que satisfagan necesidades de consumo.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> Esta materia se imparte en el séptimo semestre, por lo que prácticamente ha cursado gran parte de las asignaturas del programa y que en esencia lo capacitan para cursar esta. Siendo una asignatura integradora, requiere las competencias específicas que le confieren las materias previas que se muestran en la retícula de la presente licenciatura.
--

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Introducción	1.1 Conceptos Iniciales. Definiciones. 1.2 Multidisciplinariedad de la materia. 1.3 Importancia de la Ingeniería Metabólica. 1.4 Razonamientos de su funcionamiento.
2	Balances en reacciones metabólicas	2.1 Concepción del Metabolismo Celular y su integración. 2.2 Procesos de transporte. 2.3 Reacciones energéticas. 2.4 Reacciones Biosintéticas. 2.5 Polimerizaciones. 2.6 Energetica.

		2.7 Estequiometría. Coeficientes de rendimiento. 2.8 Balances de materia y energía.
3	Regulación de rutas metabólicas	3.1 Regulación de la actividad enzimática. 3.2 Regulación de la concentración enzimática. 3.3 Reguladores globales del metabolismo. 3.4 Regulación de las redes metabólicas.
4	Aplicaciones de la ingeniería metabólica	4.1 Ejemplos de modificaciones en las vías. 4.2 Ingeniería Metabólica en la práctica.
5	Síntesis y análisis de flujos metabólicos	5.1 Síntesis de algoritmos de las vías metabólicas. Ejemplos. (lisina). 5.2 Análisis de los Flujos metabólicos.

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Introducción	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detecta oportunidades que sean susceptibles de abordarse para generar nuevos conocimientos y/o desarrollo de tecnología. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detecta oportunidades que sean susceptibles de abordarse para generar nuevos conocimientos y/o desarrollo de tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investiga en diversas fuentes de información los conceptos básicos. • Formula un glosario de conceptos y definiciones de la materia. • Redacta un ensayo sobre la importancia de la ingeniería metabólica y la razón de su implementación.
2. Balances en reacciones metabólicas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Participa en el desarrollo de investigación básica para comprender, explicar y modelar procesos biológicos. • Participa en el desarrollo de investigación aplicada para resolver problemas que involucran procesos biológicos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Competencias instrumentales:</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza balances de materia desde el sustrato hasta la obtención de algún producto en forma teórica. • Realiza su práctica semestral. Elabora los balances de sustrato y productos. Determina los parámetros cinéticos de sus experimentos. • Hace reportes parciales de su práctica semestral.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Habilidades para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • <u>Competencias interpersonales:</u> • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales • capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios • <u>3-Competencias sistémicas:</u> • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica • Habilidades para investigación • Capacidad de aprender 	<p>Por equipos presentan los resultados, se discuten y se llega a conclusiones</p>
<p align="center">3. Regulación de rutas metabólicas</p>	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Específica(s): • Detecta oportunidades que sean susceptibles de abordarse para generar nuevos conocimientos y/o desarrollo de tecnología. • Modifica e innova procesos biológicos para generar nuevos productos que satisfagan necesidades de consumo. • Actualiza sus conocimientos permanentemente para desarrollarse en los nuevos enfoques biotecnológicos. • Genéricas: • <u>Competencias instrumentales:</u> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Habilidades para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • <u>Competencias interpersonales:</u> • Capacidad crítica y autocrítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de artículos científicos relacionados con la regulación metabólica y presentación oral de la misma. • Elaboran los estudiantes por equipos un protocolo para romper la regulación metabólica de algún metabolito con interés industrial y los presentaran frente al grupo. Elaboran un reporte escrito. • Continúan con su proyecto práctico semestral y presentan sus avances.

<ul style="list-style-type: none"> • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales • capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios • <u>3-Competencias sistémicas:</u> • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica • Habilidades para investigación • Capacidad de aprender 	
4. Aplicaciones de la ingeniería metabólica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Especifica(s): • 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. • Actualiza sus conocimientos permanentemente para desarrollarse en los nuevos enfoques biotecnológicos. • Genéricas: • <u>Competencias instrumentales:</u> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Habilidades para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • <u>Competencias interpersonales:</u> • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales • capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios • <u>3-Competencias sistémicas:</u> • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica • Habilidades para investigación 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de artículos científicos en los que se hagan modificaciones genéticas tendientes a alterar las vías nativas y se analicen los flujos metabólicos. Se presentarán en forma oral por equipos. • Continúan con su proyecto práctico semestral y presentan sus avances.

<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de aprender 	
5. Síntesis y análisis de flujos metabólicos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Participa en el desarrollo de investigación aplicada para resolver problemas que involucran procesos biológicos • Modifica e innova procesos biológicos para generar nuevos productos que satisfagan necesidades de consumo. • Actualiza sus conocimientos permanentemente para desarrollarse en los nuevos enfoques biotecnológicos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Competencias instrumentales:</u> • Capacidad de análisis y síntesis • Capacidad de organizar y planificar • Conocimientos básicos de la carrera • Comunicación oral y escrita en su propia lengua • Habilidades para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas • Solución de problemas • Toma de decisiones. • <u>Competencias interpersonales:</u> • Capacidad crítica y autocrítica • Trabajo en equipo • Habilidades interpersonales capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios • <u>3-Competencias sistémicas:</u> • Capacidad de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica • Habilidades para investigación • Capacidad de aprender 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de literatura científica especializada en la construcción de algoritmos que permitan visualizar los flujos metabólicos en diversas vías de un organismo y su aplicación a determinar los cambios que pueden ocurrir al alterar algún gen de una vía. • Uso de software especializado en ingeniería metabólica. • Término del proyecto semestral. Presentación y reporte.

8. Práctica(s)

- PROYECTO SEMESTRAL POR EQUIPOS. PRODUCCION DE UN METABOLITO. Pueden ser aminoácidos, etanol, butanodiol, ácido láctico, acético, etc. Medición de sustrato (s) y productos. Cálculo de rendimientos, productividades y sugerir las rutas metabólicas que emplea el microorganismo que se usa en la práctica. De preferencia llevarlo a cabo en un fermentador instrumentado. De preferencia hacerlo en cultivo continuo. O bien un equipo que trabaje con un organismo nativo y otro(s) con cultivos modificados. Se requiere de un laboratorio especializado y equipo analítico, de preferencia HPLC. Debe tener por lo menos un fermentador, mejor si son tres, con volumen de operación de 2 a 3 litros de capacidad, instrumentado completo con sus electrodos de pH y oxígeno disuelto, con sus respectivos controladores. Bombas para la adición de ácido, base y nutrientes ya que se pretende trabajar en cultivo continuo. Es parte fundamental de su formación.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que plantee 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.
- Descripción de otras experiencias concretas que podrían realizarse adicionalmente.
- 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

- Stephanopoulos G., Aristidou A. and Nielsen J. (1998). *Metabolic Engineering: Principles and Methodologies*. Edits. Pub. Academic press, San Diego, CA. USA:
- Sang Yup Lee y E. Papoutsakis Edits. Marcel Dekker (1999). *Metabolic Engineering*. Inc. Pub. New York, USA.
- Metabolic Engineering Journal. Edit Elsevier.
<http://www.journals.elsevier.com/metabolic-engineering/>. CONRICYT.
- Biotechnology and Bioengineering Journal. Edit. Wiley.
[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/\(ISSN\)1097-0290](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1002/(ISSN)1097-0290).
- Otras revistas especializadas.
- Metabolic Engineering Society. <http://www.aiche.org/sbe/community/imes/about>.
- Metabolic Engineering Conferences. Engineering Conferences International.
<http://www.engconf.org/>