



PLAN 2011

BIOTECNOLOGÍA I (BIORREACTORES)

CARRERA: LICENCIATURA EN BIOTECNOLOGÍA

I. IDENTIFICACIÓN

1. Código : 38B
2. Horas Semanales de Clases : 6
 - 2.1. Teóricas : 3
 - 2.2. Prácticas : 3
3. Créditos : 4
4. Pre-Requisito : Introducción a la Biotecnología

II. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a los principios, los fines, la misión y la visión de la Universidad Nacional de Asunción, a través de la cátedra de Biotecnología I (Biorreactores) se busca desarrollar en los estudiantes de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales capacidades que integren los aportes de las distintas disciplinas científicas que la conforman y que se relacionan con la misma, de modo a favorecer en mayor grado la adquisición de un cuerpo de conocimientos organizado, amplio y globalizado que les permita responder con autonomía y creatividad a los desafíos científicos y tecnológicos del mundo actual.

Considerando la naturaleza de la asignatura, su estudio se realiza desde un punto de vista multidisciplinario. Básicamente, un biorreactor se define como un recipiente o sistema en el que se realiza una transformación química mediante la intervención de biocatalizadores, microorganismos, u otro componente biológicamente activo. Los biorreactores son el centro de un proceso biotecnológico; actualmente estas tecnologías son ampliamente utilizadas en los procesos industriales de producción de medicamentos, enzimas, biocombustibles, tratamiento de aguas residuales, etc.

III. OBJETIVOS

- Identificar y comprender los principios y las leyes fisicoquímicas y biológicas que explican el funcionamiento de los biorreactores.
- Desarrollar y determinar parámetros de modelos cinéticos de procesos enzimáticos y microbiológicos.



- Adquirir los conocimientos en Biorreactores y Tecnología de Bioprocesos, que permitan a los estudiantes abordar los aspectos relacionados con esta materia en la actividad profesional.
- Aplicar el método científico para el estudio de fenómenos que ocurren en los seres vivos.
- Utilizar adecuadamente y con criterio científico las informaciones bibliográficas disponibles sobre el tema.
- Plantear e interpretar la investigación experimental de la cinética de un proceso enzimático o microbiológico.
- Formular modelos de biorreactores para la optimización de su funcionamiento.
- Desarrollar las operaciones de separación necesarias para la concentración o purificación de un producto.

IV. CONTENIDOS

A. UNIDADES PROGRAMÁTICAS

1. Reactores. Generalidades
2. Tipos de biorreactores
3. Cinética de las reacciones biológicas y de cultivos de microorganismos.
4. Parámetros fisicoquímicos y biológicos determinantes en biorreactores.
5. Reactores enzimáticos
6. Biorreactores con película microbiana
7. Biorreactores especiales
8. Diseño de un bioproceso
9. Operaciones de separación
10. Aplicaciones prácticas. Bioprocesos y bioproductos.

B. DESARROLLO DE LAS UNIDADES PROGRAMÁTICAS

1. Reactores. Generalidades.

- 1.1. Desarrollo histórico de los procesos fermentativos.
- 1.2. Tipos de reactores. Reactores químicos. Reactores bioquímicos.
- 1.3. Características de los materiales industriales explotables
- 1.4. Principales procesos fermentativos

2. Tipos de biorreactores.

- 2.1. Clasificación de los biorreactores por su forma y tipo de agitación.
 - 2.1.1. Biorreactores de columna
 - 2.1.1.1. Flóculos y películas microbianas.
 - 2.1.1.2. Columnas de burbujas



- 2.1.1.3. Recirculación Air-lift
- 2.1.2. Biorreactor de tanque agitado.
- 2.2. Clasificación de los biorreactores por su fase
 - 2.2.1. Biorreactores heterogéneos
 - 2.2.2. Fermentación en lecho fijo
 - 2.2.3. Fermentación en lecho fluidizado
- 2.3. Clasificación de los biorreactores según el tipo de operación.
 - 2.3.1. Fermentación discontinua
 - 2.3.1.1. Tipos de fermentadores discontinuos
 - 2.3.1.2. Transmisión de calor. Agitación. Esterilización.
 - 2.3.1.3. Ciclo de fermentación
 - 2.3.1.4. Digestión de fangos
 - 2.3.2. Fermentación continua
 - 2.3.2.1. En tanque agitado o Quimiostato
 - 2.3.2.2. Fermentador del flujo de pistón
 - 2.3.3. Fermentadores alimentados o semicontinuos
 - 2.3.3.1. Características
 - 2.3.3.2. Aplicaciones
- 2.4. Biorreactores especiales
- 2.5. Principales características de operación de los biorreactores

3. Cinética de las reacciones biológicas y de cultivos de microorganismos

- 3.1. Diferencias entre proceso químico y bioquímicos
- 3.2. Clasificación de las reacciones bioquímicas
- 3.3. Procesos de transporte
- 3.4. Condiciones dentro de un fermentador
- 3.5. Modelización del crecimiento de microorganismos
- 3.6. Determinación de parámetros cinéticos
- 3.7. Inhibición y activación
- 3.8. Balance de materia y energía en sistemas biológicos
- 3.9. Cinética de reacción
- 3.10. La ecuación de velocidad biológica
 - 3.10.1. Características bioquímicas. Velocidad de consumo de sustrato. Unidad de masa microbiana. Modelo para un microorganismo único.
 - 3.10.2. Estudios experimentales
 - 3.10.3. Modelo cinético para masas microbianas
 - 3.10.4. Formación de productos

4. Parámetros fisicoquímicos y biológicos determinantes en biorreactores.

- 4.1. Parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, conductividad, turbidez, color, DBO5, DQO, sólidos, nutrientes, gases, metales, sustancias tóxicas.
- 4.2. Parámetros biológicos
 - 4.2.1. Coeficiente de velocidad biológica
 - 4.2.2. Coeficiente de rendimiento
 - 4.2.3. Recuento y densidad microbiana
 - 4.2.4. Tamaño del flóculo
 - 4.2.5. Características de los proceso con flóculos microbianos
 - 4.2.6. Espesor de la película microbiana
- 4.3. Aplicaciones de los parámetros fisicoquímicos y biológicos en el balance de masas de operaciones discontinuas, discontinuas alimentadas y en continuo.

5. Reactores enzimáticos.

- 5.1. Variación de la actividad enzimática con el pH y la temperatura
- 5.2. Reactores con enzimas en solución.
 - 5.2.1. Procesos enzimáticos en reactores continuos
 - 5.2.2. Procesos enzimáticos en reactores discontinuos
 - 5.2.3. Reactores en diálisis
- 5.3. Reactores con enzimas inmovilizadas
 - 5.3.1. Ventajas de los sistemas con enzimas inmovilizadas
 - 5.3.2. Características y aplicaciones
 - 5.3.3. Cinética de partículas con enzimas inmovilizadas
 - 5.3.4. Estabilidad
 - 5.3.5. Efectos del pH

6. Biorreactores con película microbiana

- 6.1. Fundamentos
- 6.2. Procesos aerobios.
 - 6.2.1. Contactores biológicos rotativos
 - 6.2.2. Filtros percoladores Aplicaciones
- 6.3. Procesos Anaerobios
 - 6.3.1. Filtro anaerobio
 - 6.3.2. Lecho fluidizado
 - 6.3.3. Aplicaciones prácticas

-
- 7. Biorreactores especiales**
 - 7.1. Biorreactores de estado sólido
 - 7.2. Fotobiorreactores
 - 7.3. Fotobiorreactores cerrados
 - 7.3.1. Tipo plano
 - 7.3.2. Tipo serpentina
 - 7.3.3. Tipo tubular
 - 7.4. Fotobiorreactores abiertos
 - 7.4.1. Raceway
 - 7.4.2. Aplicaciones prácticas
 - 7.5. Ventajas y desventajas de los fotobiorreactores cerrados y abiertos

 - 8. Diseño de un bioproceso**
 - 8.1. Modelado de biorreactores
 - 8.2. Factores implicados en el diseño y construcción de un biorreactor
 - 8.3. Monitorización y control de los biorreactores
 - 8.4. Operación ideal del reactor
 - 8.5. Cambios de escala
 - 8.6. Agitación y aireación
 - 8.7. Estrés hidrodinámico
 - 8.8. Transmisión del calor
 - 8.9. Oferta y demanda de oxígeno en escalado de bioprocesos
 - 8.10. Esterilización

 - 9. Operaciones de separación de productos de biorreactores.**
 - 9.1. Filtración
 - 9.2. Dispersión de células
 - 9.3. Centrifugación
 - 9.4. Extracción líquida de fases acuosas
 - 9.5. Adsorción
 - 9.6. Cromatografía

 - 10. Aplicaciones prácticas. Bioprocesos y bioproductos.**
 - 10.1. Biomasa como fuente de proteínas
 - 10.2. Industria del alcohol
 - 10.3. Producción de enzimas
 - 10.4. Producción de antibióticos
 - 10.5. Producción de metabolitos, células, órganos vegetales y plántulas
 - 10.6. Biorreactores de células animales



- 10.7. Producción de biocombustibles
- 10.8. Ingeniería metabólica y mejoramiento de los procesos fermentativos
- 10.9. Tratamiento de aguas residuales
 - 10.9.1. Según la utilización de oxígeno
 - 10.9.2. Según el tipo de instalación
 - 10.9.3. Procesos de tratamiento
- 10.10. Control de la contaminación del aire

C. OBJETIVOS PEDAGÓGICOS POR UNIDAD

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 1 “Reactores. Generalidades”, el estudiante será capaz de:

- Describir el desarrollo histórico de la evolución de los biorreactores.
- Diferenciar los principales tipos de reactores químicos y bioquímicos.
- Clasificar los materiales explotables a nivel industrial.
- Conocer los principales procesos fermentativos.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 2 “Tipos de Biorreactores”, el estudiante será capaz de:

- Comprender las características de la fermentación discontinua, los tipos, y el ciclo de fermentación.
- Describir los procesos de la fermentación continua en tanque agitado y en flujo de pistón.
- Describir el proceso de los fermentadores tubulares.
- Conocer la importancia de los flóculos microbianos en los procesos fermentativos.
- Identificar las principales características de los flóculos microbianos.
- Comprender los procesos fermentativos con películas microbianas.
- Describir las características de la fermentación en lecho fluidizado.
- Reconocer los tipos de reactores de manto de lodos con flujo ascendente.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 3 “Cinética de las reacciones biológicas y de cultivos de microorganismos”, el estudiante será capaz de:

- Diferenciar los procesos fermentativos químico y bioquímico.
- Clasificar de las reacciones bioquímicas.
- Identificar las condiciones apropiadas dentro de un fermentador biológico.
- Determinar los parámetros cinéticos microbianos y de reacción.
- Comprender los principales causantes de los procesos de inhibición y activación en reactores.
- Analizar los balances de materia y energía en sistemas biológicos.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 4 “Parámetros fisicoquímicos y biológicos determinantes en biorreactores”, el estudiante será capaz de:

- Caracterizar los cultivos y sus materias primas según parámetros fisicoquímicos.
- Describir las características biológicas de los cultivos en reactores.
- Determinar los coeficientes de velocidad biológica y de rendimiento.
- Determinar la densidad microbiana por los métodos del recuento y espectrofotométrico.
- Identificar con técnicas microscópicas las características de los flóculos.
- Caracterizar los procesos con flóculos microbianos.
- Conocer la influencia del espesor de la película microbiana en los procesos fermentativos.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 5 “Reactores enzimáticos”, el estudiante será capaz de:

- Interpretar el efecto de la variación de la actividad enzimática con el pH y la temperatura.
- Comprender el funcionamiento de los reactores con enzimas en solución.
- Caracterizar los reactores en diálisis.
- Describir procesos enzimáticos en reactores continuos y discontinuos.
- Investigar sobre los reactores con enzimas inmovilizadas.
- Describir las características y aplicaciones de los procesos con enzimas inmovilizadas.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 6 “Biorreactores con película microbiana”, el estudiante será capaz de:

- Describir los fundamentos de los procesos con película microbiana.
- Investigar sobre las aplicaciones de los contactores biológicos rotativos y los filtros percoladores.
- Explicar el funcionamiento del filtro anaerobio y el proceso por lecho fluidizado.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 7 “Biorreactores especiales”, el estudiante será capaz de:

- Conceptualizar los biorreactores de estado sólido.
- Clasificar los tipos de fotobiorreactores cerrados según las condiciones de operación.
- Interpretar el funcionamiento de los fotobiorreactores abiertos.

- Conocer las aplicaciones prácticas de los fotobiorreactores.
- Reflexionar sobre las ventajas y desventajas de los sistemas cerrados y abiertos.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 8 “Diseño de un bioproceso”, el estudiante será capaz de:

- Conocer los fundamentos básicos del diseño de biorreactores.
- Evaluar el rendimiento de un reactor a partir de parámetros de diseño.
- Interpretar los parámetros utilizados durante el cambio de escala.
- Clasificar los mecanismos de agitación y aeración.
- Interpretar los mecanismos de transmisión del calor y de transferencia de gases.
- Clasificar los métodos de esterilización de medios de cultivo.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 9 “Operaciones de separación de productos de biorreactores”, el estudiante será capaz de:

- Conocer los principales procesos de separación de productos.
- Aplicar métodos de ruptura celular por ultrasonido.
- Manejar los métodos de filtración.
- Describir la metodología de separación de insolubles.
- Aplicar los métodos de concentración y purificación.

Al finalizar el estudio y la práctica de la Unidad 10 “Aplicaciones prácticas. Bioprocesos y bioproductos”, el estudiante será capaz de:

- Conocer el uso potencial de los reactores como fuente de biomasa y proteínas.
- Comprender los procesos industriales de obtención del alcohol.
- Describir los procesos de obtención de enzimas y antibióticos.
- Investigar sobre bioprocesos de metabolitos, células y órganos vegetales.
- Reconocer las ventajas y desventajas de los biocombustibles de segunda y tercera generación obtenidos en biorreactores.
- Clasificar los tipos de biorreactores utilizados en el tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales.
- Dimensionar un reactor de mezcla completa con recirculación de fangos.
- Conocer los biorreactores aplicados en control de la contaminación del aire.

V. METODOLOGÍA

La metodología formativa incluirá:

- Clases magistrales en las que el profesor planteará los fundamentos teóricos de la asignatura y resolverá las dudas y cuestiones planteadas por el alumno.
- Sesiones de prácticas de 3 horas de duración, algunas de las cuales pueden dedicarse a visitar industrias.

VI. MEDIOS AUXILIARES

- Pizarra acrílica, marcadores y borrador.
- Textos básicos y de consulta.
- Publicaciones científicas.
- Equipo de proyección multimedia.
- Plataforma de educación virtual.

VII. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE

Serán utilizadas estrategias didácticas consistentes en clases expositivas, clases magistrales, clases prácticas, clases de repaso y resolución de problemas relacionados con cada unidad. Estimular y motivar al alumno a la construcción de su propio aprendizaje es el objetivo educacional de todo el semestre.

VIII. EVALUACIÓN

La evaluación se regirá conforme al Reglamento Académico de Evaluación vigente de la FACEN.

IX. BIBLIOGRAFÍA

A. BÁSICA

ATKINSON, B. 2002. REACTORES BIOQUÍMICOS, BARCELONA: Editorial Reverté, S.A., 295 p.

DORAN, P. M. 1998. Principio de Ingeniería de los Bioprocesos. Zaragoza: Editorial Acribia, S.A., 466 p.

GÒDIA CASABLANCAS, F. & LÓPEZ SANTÍN, J. eds. 2005. Ingeniería bioquímica, Madrid: Editorial Síntesis, 350 p.

B. COMPLEMENTARIA

CRUEGER, W., CRUEGER, A. 1993. Biotecnología: Manual de Microbiología Industrial. Ed. Acribia. España. 413

BAILEY, J.E. & OLLIS, D.F. 1986. Biochemical Engineering Fundamentals. 2nd ed., New York: McGraw-Hill, 928 p.

JAGNOW, G., DAAWIND, J. 1991. Biotecnología: Introducción con Experimentos Modelo. Ed. ACRIBIA, S.A. España. 251 p.



- MADIGAN, M.M. 2009. Brock - Biología de los Microorganismos 12th ed., Prentice Hall, 1296 p.
- METCALF & EDDY, INC. 1985. Ingeniería Sanitaria: Tratamiento, Evacuación y Reutilización de Aguas Residuales 2nd ed., Barcelona: Labor, 969 p.
- PRESCOTT, L.M., HARLEY, J.P. & KLEIN, D.A. 2004. Microbiología 5th ed., España: McGraw-Hill/Interamericana, 1240 p.
- SANTAMARIA, J. Y OTROS. 2002. Ingeniería de Reactores. Ed. Síntesis. Madrid.
- STREBLE, H., KRAUTER, D., 1987 Atlas de los Microorganismos de Agua Dulce. Ediciones Omega. Barcelona España.
- WISEMAN, A. 1986. Principios de Biotecnología. Ed. Acribia, S.A. España. 252 p.