

# Innovación en Ingeniería Bioquímica: Explorando la Cinética Microbiana y el Diseño de Biorreactores

Ingeniería | Ingeniería bioquímica | Aprendizaje Basado en Investigación

## Descripción

Este plan de clase está diseñado para que estudiantes universitarios de Ingeniería Bioquímica profundicen en la cinética del crecimiento microbiano y el diseño de biorreactores, aspectos fundamentales para la producción biotecnológica eficiente. A través de una metodología activa basada en investigación, los alumnos investigarán fenómenos reales, formularán hipótesis, analizarán datos experimentales y diseñarán modelos de biorreactores. Este enfoque no solo desarrolla habilidades técnicas, sino también competencias científicas críticas como el pensamiento analítico, la resolución de problemas y el trabajo colaborativo.

La relevancia de este tema radica en su aplicación directa en industrias como la farmacéutica, alimentaria y ambiental, donde la optimización del crecimiento microbiano y el diseño adecuado de biorreactores impactan en la calidad, eficiencia y sustentabilidad de los procesos productivos. Los estudiantes podrán conectar estos conceptos con situaciones reales, desde la fermentación industrial hasta el control de procesos biológicos, fortaleciendo así su preparación profesional.

Al finalizar el plan, los participantes habrán experimentado el proceso científico desde la formulación de preguntas hasta la interpretación de resultados, consolidando su aprendizaje en ingeniería bioquímica y preparándose para enfrentar retos tecnológicos actuales.

## Objetivos de Aprendizaje

- Analizar los parámetros fundamentales que afectan la cinética del crecimiento microbiano en cultivos y su impacto en el diseño de biorreactores.
- Investigar y aplicar modelos matemáticos para describir el crecimiento microbiano y la dinámica en biorreactores.
- Diseñar un prototipo básico de biorreactor considerando aspectos cinéticos y de ingeniería para optimizar procesos biotecnológicos.
- Evaluar críticamente información científica primaria relacionada con cinética microbiana y diseño de biorreactores.
- Comunicar resultados de investigación y propuestas de diseño mediante presentaciones claras y argumentadas.

## Recursos Necesarios

- Computadora con acceso a internet y software de simulación (p. ej., MATLAB, Python con librerías científicas, o simuladores específicos de biorreactores).
- Proyector y pantalla para presentaciones.

- Artículos científicos y bases de datos académicas (ScienceDirect, PubMed, Google Scholar).
- Materiales para diseño experimental: hojas de cálculo, papel cuadriculado, calculadora científica.
- Material impreso con fórmulas y modelos cinéticos de crecimiento microbiano.
- Espacio para trabajo en equipo con pizarras o rotafolios.
- Acceso a videos cortos demostrativos sobre biorreactores y fermentación microbiana.

## Requisitos Previos

- Conocimientos básicos en microbiología y bioquímica.
- Familiaridad con conceptos de cinética química y ecuaciones diferenciales simples.
- Experiencia previa en lectura y análisis crítico de artículos científicos.
- Habilidad para trabajar en equipo y comunicar resultados técnicos.
- Conceptos previos de ingeniería de procesos y termodinámica básica.

## Actividades

### Sesión 1: Fundamentos de la Cinética Microbiana y Primeros Pasos en Diseño de Biorreactores

#### Fase de Inicio

**Tiempo estimado: 10 minutos**

#### Propósito de la sesión:

Presentar el objetivo de la sesión: comprender los principios básicos de la cinética del crecimiento microbiano y comenzar a explorar cómo estos principios influyen en el diseño de biorreactores.

#### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** “Para iniciar, recuerden: ¿Qué factores ambientales recuerdan que afectan el crecimiento de microorganismos? Piensen en temperatura, pH, nutrientes, etc.”
- **Estudiantes:** Responden oralmente y anotan ideas clave en una pizarra o rotafolio.

#### Motivación y enganche:

- **Docente:** Presenta un dato real: “¿Sabían que una mejora del 10% en la tasa de crecimiento microbiano puede aumentar la producción biotecnológica en miles de dólares diarios en una planta industrial? Hoy aprenderemos cómo entender y aplicar estos conceptos.”
- **Estudiantes:** Reflexionan brevemente y expresan sus expectativas respecto al tema.

## Contextualización:

**Docente:** “El conocimiento que desarrollaremos no solo es clave en la academia, sino que tiene aplicaciones directas en su futura carrera profesional, desde producir medicamentos hasta biocombustibles.”

**Estudiantes:** Conectan el tema con su contexto profesional y personal.

## Fase de Desarrollo

**Tiempo estimado: 100 minutos**

### Presentación del contenido:

Se presenta un caso de estudio basado en datos reales de crecimiento microbiano en un cultivo batch, sin explicación magistral, invitando a los estudiantes a formular preguntas e hipótesis.

### Actividad 1: Análisis de Datos Experimentales de Crecimiento Microbiano

- **Objetivo:** Analizar parámetros cinéticos a partir de datos experimentales.
- **Instrucciones:**
  - **Docente:** Entrega a cada grupo una tabla con datos de concentración celular vs. tiempo.
  - “Identifiquen la fase lag, exponencial y estacionaria. Calculen la tasa específica de crecimiento ( $\mu$ ) usando el método gráfico y la ecuación de Monod si es aplicable.”
  - “Discútanlo en equipo y preparen un breve informe con sus hallazgos.”
- **Organización:** Grupos de 3-4 estudiantes.
- **Producto:** Informe grupal con análisis gráfico y cálculos.
- **Tiempo:** 50 minutos.
- **Rol docente:** Circula entre grupos, haciendo preguntas como: “¿Cómo identificaron la fase exponencial? ¿Qué implicaciones tiene esta tasa para el diseño del biorreactor?”

### Actividad 2: Investigación y Discusión sobre Modelos Cinéticos

- **Objetivo:** Evaluar diferentes modelos matemáticos del crecimiento microbiano y su aplicabilidad.
- **Instrucciones:**
  - **Docente:** Asigna a cada grupo un artículo científico breve o capítulo de libro que explique un modelo cinético (Monod, Moser, Haldane, etc.).
  - “Lean, resuman y preparen una explicación simple para compartir con la clase.”
  - “En plenaria, cada grupo presenta y se debate cuál modelo sería más adecuado para distintos escenarios.”
- **Organización:** Grupos de 3-4 estudiantes, luego plenaria.
- **Producto:** Resumen escrito y presentación oral breve.
- **Tiempo:** 40 minutos.

- **Rol docente:** Facilita el debate, plantea preguntas que profundizan la comprensión: “¿Qué limita la aplicación del modelo de Monod en cultivos industriales?”

### **Diferenciación:**

- Para estudiantes avanzados que terminan antes: se les invita a simular el crecimiento con diferentes parámetros usando software o hoja de cálculo.
- Para estudiantes con dificultades: el docente proporciona ejemplos guiados con cálculos paso a paso y apoyo personalizado en grupos pequeños.

### **Transición:**

**Docente:** “Ahora que entendemos cómo se describe el crecimiento microbiano, en la próxima sesión aplicaremos estos conocimientos para diseñar biorreactores eficientes.”

## **Fase de Cierre**

### **Tiempo estimado: 10 minutos**

#### **Síntesis:**

Se elabora un mapa mental colectivo en pizarra con las fases del crecimiento microbiano y modelos cinéticos principales, integrando aportes de todos.

#### **Reflexión metacognitiva:**

- “¿Cómo influye la tasa de crecimiento microbiano en el diseño de un biorreactor?”
- “¿Qué modelo cinético les pareció más aplicable y por qué?”
- “¿Qué desafíos encontraron al analizar los datos experimentales?”

#### **Retroalimentación:**

**Docente:** Ofrece comentarios inmediatos sobre los informes y presentaciones, destaca aciertos y plantea preguntas para profundizar.

#### **Transferencia:**

Se anticipa la conexión con la próxima sesión donde se diseñarán prototipos de biorreactores basados en lo aprendido.

#### **Tarea o reto:**

Buscar un artículo científico reciente sobre un biorreactor aplicado a un proceso industrial y traer un resumen para discusión inicial en la próxima clase.

---

## **Sesión 2: Diseño y Optimización de Biorreactores Basados en Cinética Microbiana**

### **Fase de Inicio**

## Tiempo estimado: 10 minutos

### Propósito de la sesión:

Revisar brevemente los aprendizajes previos y plantear el objetivo de diseñar un biorreactor considerando parámetros cinéticos para optimizar la producción microbiana.

### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** “¿Qué aspectos del crecimiento microbiano creen que son críticos para el diseño de un biorreactor? ¿Qué retos anticipan en trasladar la teoría a la práctica?”
- **Estudiantes:** Responden en plenaria y registran ideas importantes.

### Motivación y enganche:

- **Docente:** Presenta un video breve (3 minutos) mostrando distintos tipos de biorreactores industriales y sus aplicaciones innovadoras.
- **Estudiantes:** Observan y comentan impresiones.

### Contextualización:

**Docente:** “Las decisiones que tomen hoy en el diseño impactarán directamente en procesos reales, como la producción de antibióticos o biocombustibles que pueden mejorar la vida de millones.”

**Estudiantes:** Vinculan el contenido con futuras responsabilidades profesionales.

## Fase de Desarrollo

### Tiempo estimado: 100 minutos

#### Presentación del contenido:

Se presenta una guía para diseñar un biorreactor simple, abordando variables como volumen, tasa de agitación, aireación, y su relación con la cinética de crecimiento.

#### Actividad 1: Diseño Conceptual de un Biorreactor

- **Objetivo:** Aplicar conocimientos cinéticos para elaborar un diseño preliminar de biorreactor que optimice el crecimiento microbiano.
- **Instrucciones:**
  - **Docente:** Divide a los estudiantes en grupos y entrega hojas con especificaciones técnicas básicas y parámetros cinéticos del microorganismo objetivo.
  - “Utilicen sus cálculos de la sesión anterior para decidir dimensiones, condiciones de operación y tipo de biorreactor (batch, fed-batch, continuo). Justifiquen sus elecciones.”
  - “Elaboren un diagrama esquemático y un breve informe explicativo.”

- **Organización:** Grupos de 3-4 estudiantes.
- **Producto:** Diseño esquemático y reporte escrito.
- **Tiempo:** 60 minutos.
- **Rol docente:** Facilita recursos, formula preguntas guía como: “¿Cómo afecta la tasa de aireación al rendimiento? ¿Qué riesgos implica un volumen mayor o menor?”

## Actividad 2: Presentación y Retroalimentación Cruzada

- **Objetivo:** Desarrollar habilidades de comunicación y crítica constructiva en ingeniería.
- **Instrucciones:**
  - “Cada grupo presenta su diseño en 5 minutos ante la clase.”
  - “Los demás grupos formulan preguntas y aportan sugerencias basadas en criterios técnicos.”
- **Organización:** Plenaria.
- **Producto:** Presentación oral y acta con retroalimentación recibida.
- **Tiempo:** 35 minutos.
- **Rol docente:** Modera la sesión, subraya puntos clave, corrige conceptos erróneos y fomenta ambiente respetuoso y crítico.

## Diferenciación:

- Para quienes terminan antes: se les invita a explorar modificaciones en el diseño usando software de simulación para evaluar escenarios alternativos.
- Para quienes requieren apoyo: el docente ofrece orientación individualizada y simplifica conceptos complejos mediante analogías y ejemplos visuales.

## Transición:

**Docente:** “En el cierre consolidaremos sus aprendizajes y reflexionaremos sobre la importancia de estos procesos para la ingeniería bioquímica.”

## Fase de Cierre

### Tiempo estimado: 10 minutos

### Síntesis:

Se realiza un resumen colectivo destacando las relaciones entre cinética microbiana y diseño de biorreactores, usando un organizador gráfico digital o en pizarra.

### Reflexión metacognitiva:

- “¿Cómo aplicaron los conceptos de cinética para tomar decisiones en el diseño?”
- “¿Qué aspectos del diseño consideran críticos para mejorar en el futuro?”

- “¿Cómo este aprendizaje puede influir en su desempeño profesional?”

### **Retroalimentación:**

**Docente:** Ofrece retroalimentación oral inmediata, resaltando logros, áreas de mejora y conecta con próximos contenidos del curso.

### **Transferencia:**

Se explica que el conocimiento adquirido es base para proyectos futuros de investigación y desarrollo en bioprocesos y que el manejo de datos y diseño es clave para innovar en la industria.

### **Tarea o reto:**

Preparar un breve informe individual que integre los aprendizajes de ambas sesiones, proponiendo una mejora al diseño presentado, sustentada con bibliografía científica.

## **Evaluación**

### **Tipo de evaluación:**

- **Diagnóstica:** Inicio de la sesión 1 mediante activación de conocimientos previos.
- **Formativa:** Durante el desarrollo, a través de análisis de datos, discusión de modelos, diseño de biorreactores y presentaciones grupales.
- **Sumativa:** Cierre de la sesión 2 con informe individual de propuesta de mejora y participación en presentaciones y discusiones.

### **Criterios de evaluación:**

- Precisión y profundidad en el análisis de parámetros cinéticos (vinculado al objetivo 1 y 2).
- Capacidad para aplicar modelos matemáticos en situaciones reales (objetivo 2).
- Creatividad y fundamentación técnica en el diseño del biorreactor (objetivo 3).
- Habilidad para evaluar críticamente información científica y comunicar resultados (objetivos 4 y 5).

### **Instrumentos sugeridos:**

- Lista de cotejo para participación y análisis en actividades grupales.
- Rúbrica para evaluación de informes y presentaciones, valorando claridad, rigor y argumentación.
- Observación directa durante debates y trabajo en equipo.
- Autoevaluación y coevaluación para fomentar reflexión metacognitiva.

### **Evidencias de aprendizaje:**

- Informes grupales del análisis de datos cinéticos.
- Resúmenes y explicaciones sobre modelos cinéticos.
- Diseño esquemático y reporte del biorreactor propuesto.

- Presentaciones orales con retroalimentación documentada.
- Informe individual final con propuesta de mejora fundamentada.