

242G8E

|                                                                                   |                                                                |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------|
|  | UNIVERSIDAD DE CALDAS                                          |            |
|                                                                                   | FORMATO PARA CREACIÓN – MODIFICACIÓN DE ACTIVIDADES ACADÉMICAS |            |
|                                                                                   | CÓDIGO:<br>R-2680-P-DC-774                                     | VERSIÓN: 2 |

## PLAN INSTITUCIONAL DE ACTIVIDAD ACADÉMICA

### I. IDENTIFICACIÓN

|                                                                                                                                              |                                                                                               |                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|
| Facultad que ofrece la Actividad Académica:                                                                                                  | Inteligencia Artificial e Ingenierías                                                         |                                    |     |
| Departamento que ofrece la Actividad Académica:                                                                                              | Ingeniería                                                                                    |                                    |     |
| Nombre de la Actividad Académica:                                                                                                            | Tópicos avanzados en Ciencias – Fundamentos de las Fermentaciones y de los Cultivos Celulares |                                    |     |
| Código de la Actividad Académica:                                                                                                            | 242G8E                                                                                        |                                    |     |
| Versión del Programa Institucional de la Actividad Académica (PIAA):                                                                         |                                                                                               |                                    |     |
| Acta y fecha del Consejo de Facultad para: aprobación ____ modificación ____                                                                 |                                                                                               |                                    |     |
| Programas a los que se le ofrece la Actividad Académica (incluye el componente de formación al cual pertenece):                              | Doctorado en Ciencias Agrarias                                                                |                                    |     |
| Actividad Académica abierta a la comunidad:                                                                                                  | Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>                            |                                    |     |
|                                                                                                                                              |                                                                                               |                                    |     |
| Tipo de actividad: Teórica <input type="checkbox"/> Teórico - Práctica <input checked="" type="checkbox"/> Práctica <input type="checkbox"/> |                                                                                               |                                    |     |
| Horas teóricas (T):                                                                                                                          | 48                                                                                            | Horas prácticas (P):               | 48  |
| Horas presenciales (T + P):                                                                                                                  | 48                                                                                            | Horas no presenciales (NP):        | 96  |
| Horas presenciales del docente:                                                                                                              | 96                                                                                            | Relación Presencial/No presencial: |     |
| Horas inasistencia con las que se reprueba:                                                                                                  | 14                                                                                            | Cupo máximo de estudiantes:        | 5   |
| Habitable (Sí o No):                                                                                                                         | No                                                                                            | Nota aprobatoria:                  | 3.5 |
| Créditos que otorga:                                                                                                                         | 3                                                                                             | Duración en semanas:               | 6   |
| Requisitos:                                                                                                                                  |                                                                                               |                                    |     |

## II. JUSTIFICACIÓN:

Las fermentaciones son los procesos biotecnológicos industriales por excelencia. Para el diseño, operación y control de los procesos de fermentación se requiere conocer, modelar y analizar los principales fenómenos relacionados, en particular, las transformaciones de los sustratos, el crecimiento de la biomasa celular y la biosíntesis de los productos de fermentación. La cinética de las fermentaciones es la principal herramienta empleada para estudiar estas transformaciones. En el marco de la Maestría en Sistemas de Producción Agropecuaria y del Doctorado en Ciencias Agrarias, se ha reconocido la importancia de los procesos de fermentación para el aprovechamiento de un número significativo de materias primas de origen agropecuario y agroindustrial a fin de obtener productos de alto valor agregado. El presente curso aborda diferentes aspectos fundamentales de las fermentaciones industriales y agroindustriales haciendo especial énfasis en las regularidades cinéticas inherentes a este tipo de transformaciones microbianas.

## III. OBJETIVOS:

### General:

Desarrollar las competencias requeridas para abordar el diseño y operación de los procesos de fermentación mediante el estudio de sus fundamentos y regularidades cinéticas.

### Objetivos específicos:

- Asimilar los conceptos básicos relacionados con los aspectos generales de las fermentaciones industriales.
- Estudiar los diferentes métodos de selección de microorganismos industriales y agroindustriales.
- Proporcionar los fundamentos requeridos para estudiar la cinética de las fermentaciones bajo diferentes condiciones de cultivo.
- Proponer modelos matemáticos para la descripción de los procesos de fermentación y estimar sus parámetros cinéticos a partir de datos experimentales.
- Conocer las diferentes posibilidades en la industria de nuevos procesos de fermentación no convencionales.

## III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE (RA):

**RA 1.** Explica los fundamentos técnicos y científicos de las fermentaciones industriales, incluyendo su clasificación, estequiometría y requerimientos de cultivo.

**RA 2.** Aplica herramientas de modelamiento cinético y análisis matemático para describir, simular y predecir procesos fermentativos en cultivos discontinuos y continuos.

**RA 3.** Evalúa críticamente microorganismos y tecnologías emergentes para fermentaciones industriales, proponiendo estrategias innovadoras de selección, mejora genética y operación de biorreactores.

---

#### IV. CONTENIDO:

1. **PARTE I. INTRODUCCIÓN**  
Introducción. Fermentaciones industriales. Clasificación de las fermentaciones: por fase, por régimen temporal. Biorreactores para fermentaciones. Clasificación de los fermentadores: por suministro de energía, por tipo de aireación, por configuración.
2. **PARTE II. GENERALIDADES DE LAS FERMENTACIONES**  
Estequiometría del cultivo celular. Balance de materia elemental, cociente respiratorio, factores de rendimiento. Estequiometría de procesos con formación de productos del metabolismo. Balance de electrones. Balance de materia en fermentaciones: balance de fermentaciones por lotes y balance de fermentaciones continuas. Materia prima de las fermentaciones. Fuentes de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y metales. Medios sintéticos y complejos. Formulación básica de medios de cultivo líquidos.
3. **PARTE III. MICROORGANISMOS PARA FERMENTACIONES INDUSTRIALES** Microorganismos como bioagentes. Particularidades del metabolismo de los microorganismos. Tipos de metabolismo microbiano: fermentativo, respiratorio, metanogénico, fototrófico. Selección de microorganismos industriales: selección fisiológica, mutagénesis, tecnología del ADN recombinante. Principios de ingeniería metabólica, análisis de flujo metabólico. Bioprospección de microorganismos y organismos para procesos biotecnológicos.
4. **PARTE IV. CINÉTICA DEL CULTIVO DISCONTINUO**  
Modelamiento matemático de procesos de fermentación. Enfoques para el modelamiento de las fermentaciones: modelos determinísticos y estocásticos, segregados y no segregados, estáticos y dinámicos, estructurados y no estructurados. Cultivo celular por lotes. Modelos no estructurados de crecimiento celular: Malthus, Monod, modelos modificados de Monod con o sin inhibición, modelo logístico, modelos que consideran el mantenimiento y el metabolismo endógeno, entre otros modelos. Estimación de parámetros cinéticos: linealización de los modelos, regresión no lineal. Modelos estructurados de crecimiento celular: modelos de compartimentalización, modelos metabólicos. Cinética de formación de productos del metabolismo y de consumo de sustrato. Modelos con múltiples sustratos, co-fermentación. Modelos de crecimiento de hongos filamentosos. Modelos de expresión genética y de microorganismos recombinantes. Modelos de crecimiento en fermentaciones por lotes alimentados.
5. **PARTE V. CINÉTICA DEL CULTIVO CONTINUO Y FERMENTADORES CONTINUOS** Balance de fermentaciones continuas. Modelos en estado estacionario. Cultivo continuo como método de estudio de la cinética de crecimiento. Modelos de biorreactores ideales: mezcla perfecta y flujo pistón. Modelos de biorreactores continuos reales. Biorreactores en serie. Aplicaciones de la cinética del cultivo continuo en el tratamiento de aguas residuales. Dinámica de los procesos de cultivo continuo. Estabilidad de las fermentaciones continuas, métodos de estudio de la estabilidad de las fermentaciones continuas: análisis de Lyapunov, simulación dinámica, análisis no lineal o de bifurcaciones. Fermentaciones oscilatorias.
6. **PARTE VI. BIORREACTORES PARA CULTIVO CELULAR CON CONFIGURACIONES ESPECIALES** Fermentadores con recirculación de células. Fermentadores con células inmovilizadas, cinética del cultivo con células inmovilizadas. Fermentación en estado sólido. Procesos de

fermentación integrados: sacarificación y fermentación simultánea, fermentación extractiva, fermentación acoplada a membranas. Cinética del cultivo de células vegetales y animales. Introducción a los fenómenos de transferencia en fermentadores: transferencia de masas y de calor.

## V. **METODOLOGÍA:**

La asignatura se desarrollará bajo la modalidad de seminario investigativo alemán, bajo las siguientes pautas:

- Selección y entrega oportuna de las fuentes bibliográficas que servirán de base al estudiante para el desarrollo de los temas seleccionados. El estudiante debe analizar de manera crítica, aumentar y sintetizar por escrito el contenido de esta base documental.
- Orientación oportuna sobre el contenido, estructura y condiciones de la síntesis escrita que debe generar el estudiante como resultado del análisis de la bibliografía recomendada.
- Orientación permanente al estudiante durante el desarrollo del seminario.
- Confrontación final con el estudiante, previa revisión y valoración de su síntesis escrita. Esta confrontación tendrá como elementos sustantivos el contenido de síntesis del docente orientador, la síntesis escrita del estudiante, y una presentación oral del estudiante para fijar su posición frente al tema.
- Evaluación del desempeño del estudiante durante toda la actividad, considerando cada uno de los componentes señalados anteriormente.

## VI. **CRITERIOS GENERALES DE EVALUACIÓN:**

La evaluación será un proceso constante, formativo y dirigido a identificar los resultados de aprendizaje. Integrará todos los tópicos revisados durante el curso como participación en clase, realización de talleres, presentación de artículos científicos, desarrollo de actividades presenciales y remotas, pruebas escritas y socialización de propuestas de forma oral (seminarios). Las estrategias y porcentajes de evaluación serán acordadas con el Profesor responsable durante la presentación de la asignatura. La nota mínima aprobatoria será de 3,5.

## VII. **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. Stanbury, P. F., Whitaker, A., & Hall, S. J. (2017). Principles of Fermentation Technology (3rd ed.). Elsevier.
2. Doran, P. M. (2012). Bioprocess Engineering Principles (2nd ed.). Academic Press.
3. Nielsen, J., & Villadsen, J. (2017). Bioreaction Engineering Principles (3rd ed.). Springer.
4. Shuler, M. L., & Kargi, F. (2017). Bioprocess Engineering: Basic Concepts (3rd ed.). Prentice Hall.
5. Glassey, J., Montague, G. A., & Morris, A. J. (2010). Advanced Control of Bioprocesses. Wiley.

## WEBGRAFÍA

1. Bioprocess Online – Noticias y recursos sobre ingeniería de bioprocesos  
<https://www.bioprocessonline.com>
2. BRENDA: The Comprehensive Enzyme Information System  
<https://www.brenda-enzymes.org>
3. ScienceDirect – Journal of Biotechnology  
<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-biotechnology>
4. PubMed – Base de datos de artículos científicos en microbiología industrial y biotecnología
5. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>