

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

Nombre de la asignatura:	Cinética    Química    Biológica
Carrera:	<b>Ingeniería Bioquímica</b>
Clave de la asignatura:	<b>BQF-1005</b>
SATCA*	<b>3 – 2 – 5</b>

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

Lo que distingue a los ingenieros químico y bioquímico, es que los primeros llevan a cabo transformaciones químicas, por lo general, catalizadas por sustancias inorgánicas u orgánicas. El ingeniero bioquímico diseña biorreactores y fermentadores donde se llevan a cabo tanto biotransformaciones como fermentaciones microbianas, usando como catalizadores a sustancias de origen biológico como son las enzimas, parcial o totalmente purificadas, libres o inmovilizadas, y microorganismos donde aprovecha los productos primarios o secundarios del metabolismo microbiano.

En esta asignatura se empieza por establecer los principios de la cinética de las reacciones químicas no catalizadas para sistemas líquidos y gaseosos, con el propósito de distinguir entre las ecuaciones químicas estequiométrica, de velocidad y molecular. Se proponen y demuestran modelos de la ecuación de velocidad en función de la concentración de las especies activas y en función de la temperatura.

Posteriormente se estudia la cinética de las reacciones químicas catalizadas. Se estudian las propiedades de los catalizadores sólidos y se analizan los datos experimentales para proponer y demostrar el modelo de ecuación de velocidad de reacción. Adquiridas estas competencias es recomendable, aunque el programa de la materia no lo contiene, calcular la cantidad de catalizador requerido para lograr cierta conversión del reactivo limitante en una reacción química llevada a cabo en un reactor de columna empacada o en un reactor de lecho fluidizado.

El ingeniero bioquímico, como una de sus competencias sustanciales, diseñará el biorreactor donde se llevará a cabo las biotransformaciones o las fermentaciones tanto aeróbicas como anaeróbicas. Para este propósito es necesario conocer la cinética de las reacciones químicas catalizadas por enzimas en el caso de las biotransformaciones y la cinética del crecimiento microbiano, de consumo de sustrato y de formación de producto o productos, en el caso de las fermentaciones. Las competencias requeridas para llevar a cabo estas actividades serán adquiridas en esta asignatura cuando se estudien estos temas.

### **Intención didáctica.**

Esta asignatura forma parte del área de la ciencias de la ingeniería y proporciona los fundamentos para la formación del Ingeniero Bioquímico para que en la asignatura subsecuente de Ingeniería de Biorreactores, el estudiante adquiera las competencias para la selección, adaptación o diseño de biorreactores.

El programa del curso consta de cinco unidades. Se aborda en primera instancia el equilibrio químico desde el punto de vista termodinámico. A continuación se analizan los conceptos básicos de la cinética química para entrar a continuación con el tema de la cinética enzimática y microbiana. Esta asignatura capacita al Ingeniero Bioquímica para la

---

\* Sistema de asignación y transferencia de créditos académicos

obtención de los parámetros los diferentes modelos cinéticos, que le posibilitarán el modelamiento, la simulación y la optimización de procesos donde intervienen los procesos de reacción química o bioquímica.

Hacia el final del curso se abordan los fundamentos de la electroquímica, que le permitirán al Ingeniero Bioquímico entender principios electroquímicos de diversos instrumentos de medición y de proceso del área de la Ingeniería Bioquímica.

Se recomienda al profesor hacer uso de herramientas estadísticas o de estimación de parámetros que incorporen métodos de regresión no lineal para el ajuste de datos experimentales a los modelos cinéticos.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

<p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar resultados obtenidos de experimentos diseñados, con el propósito de conocer la dependencia de la velocidad de reacción con las concentraciones o presiones parciales de los reactivos.</li> <li>• Proponer y demostrar modelos de ecuación de velocidad.</li> </ul>	<p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><b>Competencias instrumentales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de análisis y síntesis</li> <li>• Capacidad de organizar y planificar</li> <li>• Conocimientos básicos de la carrera</li> <li>• Comunicación oral y escrita</li> <li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora incluyendo dibujo asistido por computadora.</li> <li>• Habilidad para buscar, discriminar y analizar información proveniente de fuentes diversas.</li> <li>• Tomar decisiones.</li> </ul> <p><b>Competencias interpersonales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad de comunicación.</li> </ul> <p><b>Competencias sistémicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Habilidades de investigación.</li> <li>• Capacidad de aprender.</li> <li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad).</li> <li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma.</li> </ul>
--	---

### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
IT de Villahermosa Del 7 al 11 de septiembre de 2009	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: IT de Celaya IT de Culiacán IT de Durango IT de Mérida IT de Morelia IT de Tepic	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la formación y desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ingeniería Bioquímica

	IT de Tijuana IT de Tuxtepec IT de Veracruz IT de Villahermosa ITS de Tehuacán	
Instituto Tecnológico de Veracruz del 14 de septiembre de 2009 al 5 de febrero de 2010	Academia Ingeniería Bioquímica	Reunión de Academia Extraordinaria para presentar propuesta a la Reunión Nacional de Revisión Curricular de la carrera de Ingeniería Bioquímica
IT de Celaya Del 8 al 12 de febrero de 2010	Representantes de los Institutos Tecnológicos participantes de: IT de Celaya IT de Culiacán IT de Durango IT de Mérida IT de Morelia IT de Tijuana IT de Tuxtepec IT de Veracruz IT de Villahermosa ITS de Tehuacán	Reunión Nacional de Consolidación de la carrea de Ingeniería Bioquímica

### 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Interpretar resultados obtenidos de experimentos diseñados con el propósito de conocer la dependencia de la velocidad de reacción con las concentraciones o presiones parciales de los reactivos. Proponer y demostrar modelos de ecuación de velocidad.

Conocer los principios de la cinética química y de la catálisis química y enzimática; de las cinéticas de crecimiento microbiano, de consumo de sustrato y de formación de producto.

Conocer y aplicar los métodos para demostrar los parámetros de las ecuaciones de velocidad.

### 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Habilidad para aplicar el cálculo diferencial e integral para desarrollar las formas integradas de las ecuaciones de velocidad.
- Capacidad para diseñar experimentos.
- Saber preparar disoluciones.
- Aplicar la química analítica para determinar la composición del sistema reaccionante. Conocer y comprender las técnicas instrumentales utilizadas en la resolución de los problemas analíticos.
- Analizar datos experimentales obtenidos por sí u otros experimentadores. Aplicar el método de mínimos cuadrados para ajuste de rectas.
- Uso de calculadora programable, computadora, Windows, internet.
- Identificar las variables importantes de un problema.

### 7.- TEMARIO

Unidad	Temas	Subtemas
1	Equilibrio químico.	1.1. Criterio de equilibrio de una reacción química. Determinación de la constante de equilibrio químico en sistemas ideales y no

		<p>ideales, en reacciones homogéneas y heterogéneas, en función de la temperatura</p> <p>1.2. Cálculo con software de la constante de equilibrio en función de la temperatura,</p> <p>1.3. Constante de equilibrio en función de la temperatura, presión, concentración para reacciones homogéneas y heterogéneas.</p> <p>1.4. No-idealidad de los sistemas en equilibrio. Cálculo con software del coeficiente de fugacidad.</p> <p>1.5. Balances en el equilibrio. Cálculo de la temperatura, o de la presión, o de la conversión, o de la alimentación, para cualquier sistema reactivo dado.</p> <p>1.6. Equilibrio químico en reacciones complejas.</p>
2	Cinética química	<p>2.1. Tipos de reacción y ecuación de la velocidad de reacción. Factores que afectan a la velocidad de reacción. Ley de acción de masas.</p> <p>2.2. Tipos de reacción y modelos de ecuación de velocidad de reacción.</p> <p>2.2.1. Reacciones simples.</p> <p>2.2.2. Reacciones múltiples: acumulativas y competitivas.</p> <p>2.2.3. Reacciones irreversibles y reversibles.</p> <p>2.2.4. Reacciones elementales y no elementales.</p> <p>2.3. Modelos cinéticos. Comprobación de los modelos de velocidad de reacción.</p> <p>2.3.1. Método de integración.</p> <p>2.3.2. Método de la vida media.</p> <p>2.3.3. Método diferencial.</p> <p>2.4. Influencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción. Ecuación de Arrhenius.</p>
3	Catálisis	<p>3.1. Definiciones: Catalizador. Catálisis homogénea y heterogénea.</p> <p>3.2. Propiedades del catalizador en fase sólida: Área interfacial; Estructura porosa; Catalizadores monolíticos (no porosos); Catalizadores soportados y no soportados; Promotores.</p> <p>3.3. Etapas en una reacción catalítica, considerando la participación de las especies activas en la adsorción, reacción superficial y desadsorción.</p> <p>3.3.1. Velocidad global de reacción</p>

		<p>controlada por la velocidad de reacción cuando la velocidad de difusión no es limitante.</p> <p>3.3.2. Ecuación de velocidad obtenida por aplicación de un algoritmo. Comprobación del modelo y cálculo de los parámetros cinéticos en una reacción gas-sólido.</p> <p>3.4. Aplicación de la ecuación de diseño de reactores para reacciones catalíticas heterogéneas.</p> <p>3.5. Inactivación del catalizador: Por envejecimiento; Coquización; Envenenamiento.</p>
4	Cinética Enzimática	<p>4.1. Actividad catalítica de las enzimas. Sitio activo. Bases moleculares y termodinámicas de la acción catalítica de las enzimas.</p> <p>4.2. Modelos matemáticos de la cinética de una reacción enzimática.</p> <p>4.2.1. Modelo para una reacción enzimática simple cuando se logra equilibrio rápidamente.</p> <p>4.2.2. Modelo de una cinética enzimática simple con la suposición del estado pseudoestacionario.</p> <p>4.3. Determinación experimental de los parámetros cinéticos de la ecuación de Michaelis-Menten y las transformaciones de ésta.</p> <p>4.4. Efecto de condiciones del entorno: Efecto de la concentración de sustrato; de la temperatura; del pH.</p> <p>4.5. Inhibición enzimática: Irreversible; Reversible; Competitiva; No competitiva; Acompetitiva.</p> <p>4.6. Modificación de la ecuación de velocidad con diferentes tipos de inhibición.</p> <p>4.7. Inmovilización de enzimas. Métodos de inmovilización. Efecto de la inmovilización sobre la actividad catalítica. Limitaciones difusionales en sistemas con enzimas inmovilizadas.</p>
5	Cinética Microbiana	<p>5.1. Estequiometría del crecimiento microbiano. Rendimientos.</p> <p>5.2. Cinética de crecimiento. Ecuación de Monod. Inhibición del crecimiento. Otros modelos cinéticos de crecimiento microbiano.</p>

		<p>5.3. Consumo de sustrato. Consumo de sustrato para crecimiento. Consumo de sustrato para mantenimiento celular. Requerimiento de oxígeno.</p> <p>5.4. Efecto de pH y la temperatura sobre el crecimiento.</p> <p>5.5. Formación de producto. Productos finales del metabolismo energético. Productos intermedios del metabolismo primario. Productos del metabolismo secundario.</p> <p>5.6. Ejemplos de procesos biotecnológicos donde intervengan enzimas y/o microorganismos.</p>
6	Electroquímica	<p>6.1. Conductancia, características de las interfases en electroquímica, celdas electroquímicas y reacciones químicas</p> <p>6.2. Energía de Gibbs (interacciones ión – disolvente. Teoría de la doble capa)</p> <p>6.3. Potenciales electroquímicos y efectos electrocinéticos (leyes de Faraday, potencial de electrodo y celdas electroquímicas)</p> <p>6.4. Tipos de electrodos y sus actividades</p> <p>6.5. Corrosión (electroquímica de la corrosión, diagrama Pourbaix)</p> <p>6.6. Protección catódica y anódica</p>

## 8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS

- Realizar visitas a empresas para recopilar información referente al contenido de algunos de los temas y desarrollar ejemplos prácticos.
- Relacionar el contenido temático del curso en la realización de un miniproyecto de investigación, vinculado con el entorno (prácticas de laboratorio).
- Realizar talleres de solución de casos prácticos.
- Promover grupos de discusión y análisis sobre conceptos previamente investigados, después establecer definiciones necesarias y suficientes para el desarrollo del tema.
- Propiciar actividades de búsqueda, selección y análisis de información en distintas fuentes.
- Propiciar, en el estudiante, el desarrollo de actividades intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, las cuales encaminan al alumno hacia la investigación.
- Capacidad de análisis y síntesis. Capacidad de organización y planificación. Comunicación oral y escrita en la lengua nativa. Resolución de problemas. Toma de decisiones.
- Habilidad para trabajar de forma autónoma. Adaptación a nuevas situaciones.
- Propiciar el uso de software, como el Polymath o la calculadora graficadora, como herramientas que faciliten la comprensión de los conceptos, la resolución de problemas e interpretación de los resultados.

- Propiciar el uso de las nuevas tecnologías en el desarrollo de la asignatura (procesador de texto, hoja de cálculo, base de datos, graficador, Internet, etc.).
- Llevar a cabo actividades prácticas que promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, tales como: identificación manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis y trabajo en equipo.
- Proponer problemas que permitan al estudiante la integración de contenidos de la asignatura y entre distintas asignaturas, para su análisis y solución.
- Analizar y discutir, sobre la aplicación de los conceptos, en problemas reales relacionados con cinética en la ingeniería bioquímica.
- Relacionar los contenidos de esta asignatura con las demás del plan de estudios para desarrollar una visión interdisciplinaria en el estudiante.

### 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación debe ser continua y cotidiana por lo que se debe considerar el desempeño en cada una de las actividades de aprendizaje, poniendo énfasis en:

- El avance personal de cada estudiante.
- Reportes escritos de las conclusiones hechas durante las actividades.
- Información obtenida durante las investigaciones solicitadas, plasmadas en documentos escritos.
- Exámenes escritos para comprobar el manejo de contenidos teóricos y de procedimiento.

### 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

#### Unidad 1: Equilibrio Químico

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
El estudiante determinará la constante de equilibrio en un sistema ideal y no ideal. Determinará el grado de conversión de una reacción química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un resumen de los conceptos de equilibrio químico, reacción homogénea y heterogénea, constante de equilibrio, grado de conversión.</li> <li>• Discutir el efecto que producen: la temperatura, presión y adición de gases inertes, así como las ecuaciones empleadas en su cálculo para ser discutidos en clase.</li> <li>• Resolver problemas de constantes de equilibrio en reacciones homogéneas y heterogéneas teniendo como variables la temperatura, concentración, adición de gases inertes y grado de conversión.</li> </ul>

#### Unidad 2: Cinética Química

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
El estudiante conocerá los tipos de reacciones químicas. Comprenderá las teorías de la velocidad de reacción. Aplicará los métodos para determinar el orden de una reacción química. Determinar ecuaciones de rectas, así como asociar rectas a ecuaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una investigación documental de los mecanismos y tipos de reacciones químicas.</li> <li>• Ejemplificar una reacción que se presenta en la industria e identificar sus características.</li> <li>• Realizar una investigación documental y discutir las diferentes teorías de la velocidad de reacción.</li> </ul>

dadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el orden de reacción y el valor de los parámetros cinéticos de reacción partir de datos experimentales.</li> </ul>
--------	--

### Unidad 3: Catálisis

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Comprenderá las características de un catalizador. Determinará los valores de los parámetros cinéticos relevantes en una reacción catalítica para el diseño y operación de equipos y procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar la función de un catalizador en una reacción.</li> <li>Realizar una investigación documental sobre la elaboración de un catalizador y los parámetros que interfieren sobre la actividad del mismo.</li> <li>Determinar el valor de parámetros cinéticos en una reacción catalítica.</li> </ul>

### Unidad 4: Cinética Enzimática

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Comprenderá los fundamentos de la actividad catalítica de las enzimas con y sin inhibidores, los diferentes modelos matemáticos de la cinética enzimática. Determinará los valores de los parámetros cinéticos relevantes en el diseño y operación de equipos y procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exponer a través de modelos didácticos la relación enzima-sustrato y la función del sitio activo.</li> <li>Determinar el modelo matemático de una reacción enzimática.</li> <li>Realizar esquemas ilustrativos de los diferentes tipos de inhibición enzimática.</li> <li>Calcular los parámetros cinéticos de una reacción enzimática en presencia y ausencia de inhibidores.</li> <li>Discutir las ventajas y desventajas de los sistemas con enzimas inmovilizadas.</li> </ul>

### Unidad 5: Cinética microbiana

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
Comprenderá los diferentes modelos cinéticos de crecimiento microbiano. Analizará la influencia de los factores ambientales en la cinética, para predecir los parámetros cinéticos de crecimiento relevantes en el diseño y operación de biorreactores y procesos industriales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar los modelos cinéticos de crecimiento</li> <li>Determinar el modelo cinético de crecimiento de un cultivo microbiano dado.</li> <li>Determinar el valor de los parámetros cinéticos relevantes en el diseño y operación de biorreactores y procesos industriales.</li> <li>Evaluar el efecto de los factores ambientales en los parámetros cinéticos de crecimiento.</li> </ul>

### Unidad 6: Electroquímica

Competencia específica a desarrollar	Actividades de Aprendizaje
El estudiante conocerá los tipos de reacciones electroquímicas, celdas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Investigar los conceptos básicos en la</li> </ul>



<p>electroquímicas e interfases en electroquímica. Comprenderá las teorías y leyes que rigen la electroquímica. Conocerá los tipos de electrodos y sus aplicaciones en la Ingeniería Bioquímica. Aplicará los conocimientos para protecciones catódica y anódicas contra la corrosión</p>	<p>electroquímica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicará los conceptos básico de la energía libre de Gibbs para su aplicación en la Ingeniería Bioquímica</li> <li>• Evaluará los tipos de electrodos y sus aplicaciones en la Industria.</li> <li>• Analizará los problemas generados por la corrosión y su importancia en la Ingeniería Bioquímica</li> </ul>
---	---

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Fogler, H. S., *Elements of Chemical Reaction Engineering.*, USA: Prentice-Hall, 4ª ed. 2005.
2. Levenspiel, O., *Ingeniería de las Reacciones Químicas.* México Reverté. 1979.
3. Bailey E. James, Ollis David F., *Biochemical Engineering Fundamentals.* Mc Graw-Hill. 2a Edición. México. 1986.
4. Smith, J.M. *Chemical Engineering Kinetics*, 2ª edición. McGraw-Hill. New York, 1970.
5. Carberry, J.J., *Chemical and Catalytic Reactors.* McGraw-Hill. N.Y. USA ,1980.
6. Coulson, J.M. y J.F. Richardson, *Chemical Engineering*, Vol. III. 2ª edición, Pergamon-Reverté, 1984.
7. Felder, R. M. y Rousseau, R.W., *Principios Elementales de los Procesos Químicos.*, Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, 1986.
8. Froment, G. and K.B. Bischoff, *Chemical Reactor Analysis and Design*, 2ª edición. J. Wiley. 1990.
9. González, J.R. y col., *Cinética Química Aplicada.* Síntesis. Madrid, 1999.
10. Withaker J. y col. *Enzymology*, Academic Press, 1994.
11. Atkins, W.P., *Fisicoquímica.*, Addison-Wesley Iberoamericana 3a. Edición. México, 1991.
12. Crockford, H.D., Knight S., *Fundamentos de Fisicoquímica.* CECSA.México, 1978.
13. Chang, R., *Química.*, McGraw Hill.9a. Edición. México, 2007.
14. Howell, J., Buckius, R., *Principios termodinámicos para ingeniería.* McGraw Hill, México, 1990.
15. Moore, W.J. *Química Física.* Prentice Hall. México, 1986.
16. Perry, Ch. *Manual del Ingeniero Químico.* 6a edición. McGraw-Hill, México, 1992.
17. Reid, P. *The properties of Gases and liquids.* McGraw-Hill, 4a edición.
18. Shichoro, N. *Métodos numéricos con software.* Prentice Hall.
19. Carberry, J.J. *Chemical and catalytic reactors.* N.Y. USA. McGraw Hill. 1980.

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Cálculo de la velocidad de reacción con datos de concentración o presión vs tiempo, utilizando Polymath.
- Para una reacción química dada, por el análisis de los datos experimentales de concentración o presión obtenidos a diferentes tiempos, proponer el modelo más apropiado y comprobar el modelo de ecuación de velocidad, utilizando Polymath.
- Obtener datos experimentales para calcular la velocidad de reacción a diferentes temperaturas. Con estos datos, calcular los parámetros de la ecuación de Arrhenius,
- Determinación de las constantes de velocidad de reacción química (reversible e irreversible) de primer y de segundo orden.
- Determinación de parámetros cinéticos en reacciones enzimáticas.

- Evaluación de los factores que afectan la actividad catalítica en reacciones químicas y bioquímicas.