



Subsistema de **Universidades
Politécnicas**

Manual de Asignatura

INBi-CV
REV00

Thumbnail of a syllabus form for a course at a polytechnic university. The form includes fields for course name, credits, and a detailed table of weekly topics and activities.

Thumbnail of a detailed syllabus table for a course. The table is organized into columns for weeks, topics, and activities, with a header row in yellow.

**INGENIERIA EN
BIOTECNOLOGIA**

**INGENIERÍA DE
BIOREACTORES**



DIRECTORIO

Dr. José Ángel Córdova Villalobos.

Secretario de Educación Pública

Dr. Rodolfo Tuirán Gutiérrez

Subsecretario de Educación Superior

Mtra. Sayonara Vargas Rodríguez

Coordinadora de Universidades Politécnicas

ORIGINAL

PÁGINA LEGAL

Participantes

Universidad Politécnica del Estado de Morelos: Dr. Adrián Gómez de Jesús, MC. José Luis Rivera Corona.

Universidad Politécnica de Pachuca: Dr. Sergio Alejandro Medina Moreno, Dr. Arturo Cadena Ramírez.

Universidad Politécnica Metropolitana de Puebla: Dra. Norma Elena Rojas Ruíz, MNTIC. Sergio I. Barcelata Cavazos.

Universidad Politécnica de la Zona Centro de Guadalajara: Dra. Luz Adriana Vizcaíno Rodríguez

Universidad Politécnica de Tlaxcala: Dr. Saúl Tlecuitl Beristaín, Armando Ordaz Hernández.

Universidad Politécnica de Pénjamo: MC. Francisco Javier Vicente M.;

Universidad Politécnica de Sinaloa: Victor Alfonso Rodríguez Tirado;

Universidad Politécnica de Gómez Palacio: Raúl Antonio Alvarado Arroyo;

Primera Edición: 2012

DR © 2012 Coordinación de Universidades Politécnicas.

Número de registro:

México, D.F.

ISBN_____

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
PROGRAMA DE ESTUDIOS	3
FICHA TÉCNICA	4
DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS Y EL PROYECTO	6
INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	13
GLOSARIO	27
BIBLIOGRAFÍA	29


ORIGINAL

INTRODUCCIÓN

Una de las metodologías que ha hecho posible la producción masiva de los derivados de la biotecnología es la tecnología de cultivo celular a gran escala, conocida también como tecnología de la fermentación. Su desarrollo ha permitido establecer las condiciones necesarias para el cultivo de bacterias, levaduras, células vegetales y animales; para la síntesis de toda una gama de metabolitos de interés en los diferentes sectores industriales (alimentaria, farmacéutica, textil, ambiental, etc.). Un punto en el que todos los autores de este tema coinciden es en considerar al biorreactor –muchas veces llamado fermentador– como el corazón de esta técnica de cultivo. Este equipo es el recipiente donde se promueve la actividad metabólica deseada, sea ésta la propagación celular, la síntesis de algún compuesto de alto valor agregado o la eliminación de alguna molécula indeseable. Su principal función es la de proveer un ambiente controlado para asegurar el éxito de la bioconversión (como las que producen el yogurt o la cerveza; las que depuran aguas residuales municipales e industriales; o con las que se sintetizan vacunas o antibióticos). Por estas razones, la asignatura “Ingeniería de Biorreactores” constituye uno de los pilares en la formación del Ingeniero en Biotecnología.

Durante el desarrollo del curso, el alumno será capacitado para resolver hábilmente las tareas de definir, seleccionar, adaptar, operar o diseñar, el núcleo de un buen número de procesos biotecnológicos. El contenido temático no está enfocado a un tipo de biorreactor en particular sino que exhibe la variedad de configuraciones útiles del equipo, haciendo énfasis en la susceptibilidad de adecuación del fermentador a diferentes requerimientos específicos. Se presenta, discute y analiza información relativa a las características tanto comunes como distintivas de los diferentes tipos de biorreactores empleados en los procesos biotecnológicos. Se retoman los diferentes regímenes de operación bajo los cuales puede funcionar un reactor y se pronostican, con herramientas matemáticas y computacionales, sus valores de rendimiento y productividad.

Una vez revisados tanto las configuraciones como los modos de operación, se analizan los fenómenos de transporte involucrados en el funcionamiento de un biorreactor, sea éste un tradicional tanque agitado, un “airlift” de tubo central o uno de lecho fijo. Todo con la finalidad de llevar paso a paso al educando a la parte medular del curso: el escalamiento y diseño de biorreactores. Estas dos actividades se refieren a la aplicación de un conjunto de acciones y procedimientos útiles para transferir la escala operación de un proceso; desde los resultados obtenidos en el laboratorio hasta los que se pueden lograr a nivel de producción industrial, pasando por la planta piloto. Se enfatiza la importancia de la correcta selección y aplicación de los llamados criterios de escalamiento, todos aplicables en casos y condiciones específicas y con objetivos también particulares. Se analizan, por supuesto los



criterios típicos, tales como el coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno, la potencia volumétrica consumida, el análisis dimensional, la velocidad en la punta del impulsor y el esfuerzo cortante, entre otros.

En la parte final del curso, se aborda el estudio de las operaciones que brindan soporte al correcto funcionamiento del biorreactor industrial. Aspectos que involucran la esterilización del aire suministrado, limpieza y sanitización de tuberías, medición y control de los valores de pH, temperatura y espuma entre otros, son discutidos en función de la relación costo/beneficio que representan.

ORIGINAL

PROGRAMA DE ESTUDIO																		
DATOS GENERALES																		
NOMBRE DEL PROGRAMA EDUCATIVO:		Ingeniería en Biotecnología																
OBJETIVO DEL PROGRAMA EDUCATIVO:		Formar profesionales líderes altamente competentes en la aplicación y gestión de procesos biotecnológicos que incluyan la propagación y acoplamiento de organismos de interés industrial, así como el dominio de las técnicas analíticas para el control, evaluación y seguimiento de los procesos con una sólida formación en Ingeniería y las ciencias de la vida, para apoyar la toma de decisiones en materia de aplicación, control y diseño de procesos biotecnológicos industriales; además de ser profesionistas responsables con el ambiente y entorno productivo y social.																
NOMBRE DE LA ASIGNATURA:		INGENIERÍA DE BIORREACTORES																
CLAVE DE LA ASIGNATURA:		INH-0V																
OBJETIVO DE LA ASIGNATURA:		El alumno será capaz de aplicar los conceptos y criterios necesarios para la adaptación, selección, diseño, acoplamiento y operación de reactores biológicos.																
TOTAL HRS. DEL CUATRIMESTRE:		120 hrs																
FECHA DE EMISIÓN:		Agosto de 2012																
UNIVERSIDADES PARTICIPANTES:		Universidad Politécnica del Estado de Morelos: M.C. José Luis Rivera Corona, Dr. Adrián Gómez de Jesús Universidad Politécnica de Puebla: Dr. Sergio Alejandro Medina Moreno, Dr. Arturo Osuna Ramírez; Universidad Politécnica Metropolitana de Puebla: Dra. Norma Elena Rojas Ruiz, MNTIO. Sergio I. Barcoleta Osvezo; Universidad Politécnica de Tlaxcala: Dr. Saúl Treviño Barrientos, Armando Ortiz Hernández; Universidad Politécnica de Pánuco: M.C. Francisco Javier Vicente M.; Universidad Politécnica de Biñaje: Víctor Alfonso Rodríguez Trías; Universidad Politécnica de Gómez Palacio: Rudi Antonio Álvarez Arroyo.																
CONTENIDOS PARA LA FORMACIÓN			ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE										EVALUACIÓN					
UNIDADES DE APRENDIZAJE	RESULTADOS DE APRENDIZAJE	EVIDENCIAS	TÉCNICAS SUGERIDAS		ESPACIO EDUCATIVO			MOVILIDAD FORMATIVA		MATERIALES REQUERIDOS	EQUIPOS REQUERIDOS	TOTAL DE HORAS				TÉCNICA		OBSERVACIÓN
			PARA LA ENSEÑANZA (PROFESOR)	PARA EL APRENDIZAJE (ALUMNO)	AULA	LABORATORIO	OTRO	PROYECTO	PRÁCTICA			TEÓRICA	NO PRESENCIAL	PRÁCTICA	NO PRESENCIAL	TÉCNICA	INSTRUMENTO	
UNIDAD 1: Introducción a la ingeniería de biorreactores	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: *Identificar los factores que definen un proceso de fermentación, consumo de sustrato, cinética enzimática y de crecimiento y formación de producto.	EPI. Documento en que se describe un proceso de fermentación láctica, acética o alcohólica, que considere la subestrometría de la reacción y la cinética de crecimiento, producto formado y factores de inhibición de crecimiento o acumulación de productos en procesos de fermentación.	Confirmación Discusión guiada	Investigación documental Aprendizaje basado en problemas.	X	NA	Biblioteca	NA	NA	Pizarra, Plumones, Borrador y apoyos audiovisuales. Equipo de laboratorio de acuerdo al protocolo de la práctica.	Cañón electrónico y laptop	6	0	8	2	Documental	* Rúbrica para documento sobre el proceso de fermentación que considere la estequiometría de la reacción y la cinética de crecimiento, producto formado y factores de inhibición de crecimiento o acumulación de productos en procesos de fermentación.	
	*Describir los tipos de biorreactores y su aplicación en distintos bioprocesos.	EDI. Exposición donde se describan semejanzas y diferencias entre los diferentes tipos de biorreactores conforme a su aplicación en bioprocesos.	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción Programada		NA		NA	NA								Campo	* Guía de observación para la exposición de los tipos de biorreactores.
UNIDAD 2: Generalidades de los biorreactores	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: * Identificar ventajas y desventajas técnicas de distintas configuraciones de biorreactores	EPI. Cuadro comparativo de las ventajas y desventajas técnicas de las diferentes configuraciones de biorreactores.	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Investigación documental	X	NA	Biblioteca	NA	NA	Pizarra, Plumones, Borrador y apoyos audiovisuales, material del laboratorio de biotecnología.	Cañón electrónico, laptop, placa de calentamiento con agitador magnético, termocaula, agitador eléctrico con controlador de temperatura, bomba peristáltica.	9	0	12	3	Documental	*Rúbrica para cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de los biorreactores.	
	* Esbozar modelos de biorreactor considerando sus características técnicas y su aplicación para bioprocesos	EDI. Práctica para elaboración de prototipo de biorreactor en laboratorio o in silico para producción de biomasa y generación de producto. EPI. Reporte del prototipo de biorreactor, que incluya características técnicas	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada		X		Compañerismo entre parámetros cinéticos y rendimientos de un mismo bioproceso en dos biorreactores distintos.	Elaboración del prototipo de biorreactor en laboratorio o in silico para producción de biomasa y generación de producto.							Campo	*Guía de observación para la práctica de elaboración del prototipo de un biorreactor a nivel laboratorio o in silico.	
UNIDAD 3: Uso de biorreactores con distintos regímenes de operación	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: *Plantear ecuaciones para distintos regímenes de operación (lote, lote alimentado, continuo, continuo con recirculación de biomasa y multietapas) y sus ecuaciones representativas	EDI. Cuestionario acerca de regímenes de operación (lote, lote alimentado, continuo, continuo con recirculación de biomasa y multietapas)	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada	X	X	Biblioteca	NA	NA	Pizarra, Plumones, Borrador y apoyos audiovisuales. Equipo de laboratorio de acuerdo al protocolo de la práctica.	Cañón electrónico y laptop	12	0	16	4	Documental	*Cuestionario acerca de regímenes de operación (lote, lote alimentado, continuo, continuo con recirculación de biomasa y multietapas) y sus ecuaciones representativas.	
	* Determinar los parámetros de rendimiento conforme a volumen de producción, tiempo, eficacia y eficiencia en distintos regímenes de operación de un biorreactor	EPI. Reporte de práctica de laboratorio que incluya el cálculo para la determinación de los parámetros de rendimiento, eficacia y volumen de producción de uno de los distintos regímenes de operación.	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada Estudio de caso		X	X	Laboratorio	NA	NA	Equipos de laboratorio de acuerdo a la práctica					Documental	*Lista de cotejo para el reporte de práctica de laboratorio que incluya el cálculo para la determinación de los parámetros de rendimiento, eficacia y volumen de producción de uno de los distintos regímenes de operación.	El alumno practicará en las horas prácticas no presenciales la resolución de ejercicios
UNIDAD 4: Procesos de transferencia en biorreactores	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: *Valorar la relación entre el consumo de potencia respecto al análisis de las dimensiones del biorreactor, velocidad de agitación y tiempo de mezcla	EDI. Cuadros de estudios de caso de procesos de transferencia en biorreactores.	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada Estudio de caso	X	NA	Biblioteca	NA	NA	Pizarra, Plumones, Borrador y apoyos audiovisuales	Cañón electrónico y laptop	9	0	12	3	Documental	* Cuestionario de estudios de caso de procesos de transferencia en biorreactores.	
	* Determinar requerimientos de transferencia de oxígeno considerando el gas utilizado, el coeficiente volumétrico de transferencia y consumo de masa.	EDI. Práctica de procesos de transferencia en biorreactores.	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada Estudio de caso		X	X	Laboratorio	NA	NA						Campo	* Guía de observación de práctica de procesos de transferencia en biorreactores	El alumno practicará en las horas prácticas no presenciales la resolución de ejercicios
UNIDAD 5: Diseño y escalamiento de biorreactores	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: *Identificar los procesos metabólicos afectados por el escalamiento	EDI. Exposición acerca los procesos metabólicos afectados por el escalamiento	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada Estudio de caso	X	NA	Biblioteca	NA	NA	Pizarra, Plumones, Borrador y apoyos audiovisuales	Cañón electrónico y laptop	9	0	12	3	Documental	*Guía de observación para la exposición acerca los procesos metabólicos afectados por el escalamiento	
	*Determinar la región efectiva de escalamiento y el Principio de similitud geométrica, química, física y mecánica) considerando el proceso de esterilización en base a la ecuación de Arrhenius. *Establecer los criterios de escalamiento (velocidad de punta del impulsor, número de Reynolds, potencia volumétrica. Coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno (kLa) y Tiempo de mezclado) a través de modelado matemático	EPI. Presenta un modelo del escalamiento de un proceso, considerando la región efectiva de escalamiento, el principio de similitud y los criterios de escalamiento	Confirmación Discusión guiada Señalizaciones	Aprendizaje basado en problemas Instrucción programada Estudio de caso		X	NA	Biblioteca	Modelo de escalamiento de un proceso	NA						Documental	*Lista de cotejo para el modelo del escalamiento de un proceso, considerando la región efectiva de escalamiento, el principio de similitud y los criterios de escalamiento	El alumno practicará en las horas prácticas no presenciales la resolución de ejercicios



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

FICHA TÉCNICA

INGENIERÍA DE BIOREACTORES

Nombre:	INGENIERÍA DE BIOREACTORES	
Clave:	INBi-CV	
Justificación:	Esta asignatura permitirá al alumno contar con las herramientas mínimas necesarias para la selección, modificación, operación y diseño de reactores a ser usados en procesos Biotecnológicos.	
Objetivo:	El alumno será capaz de aplicar los conceptos y criterios necesarios para la adaptación, selección, diseño, escalamiento y operación de reactores biológicos.	
Habilidades:	Responsabilidad, Igualdad, Solidaridad	
Competencias genéricas a desarrollar:	Capacidad para análisis y síntesis; para aprender; para resolver problemas; para aplicar los conocimientos en la práctica; para adaptarse a nuevas situaciones; para cuidar la calidad; para gestionar la información; y para trabajar en forma autónoma y en equipo.	
	Capacidades a desarrollar en la asignatura	Competencias a las que contribuye la asignatura
	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las condiciones de cultivo para alcanzar la escala piloto a través de la aplicación de criterios de escalamiento adecuados. • Establecer las condiciones de cultivo aplicando las estrategias normales del escalamiento para su aplicación a nivel piloto. • Establecer las condiciones de cultivo aplicando las estrategias normales de escalamiento para su aplicación a nivel industrial. • Simular las condiciones de operación para la proyección de procesos biotecnológicos utilizando software de simulación adecuado • Emplear métodos de simulación para la elaboración de proyectos de procesos biotecnológicos utilizando software adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar microorganismos de interés biotecnológico para su uso a escala industrial considerando los criterios de escalamiento adecuado. • Diseñar la ingeniería básica de procesos biotecnológicos para la operación en procesos biotecnológicos a través de técnicas adecuadas de ingeniería. • Controlar la producción industrial para la operación en procesos biotecnológicos a través de técnicas adecuadas de ingeniería. • Transferir biotecnología para dar soluciones a problemáticas actuales mediante la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

<ul style="list-style-type: none"> • Interpretar planos de procesos biotecnológicos para su estudio y mejora, utilizando la simbología adecuada • Identificar el proceso biotecnológico para su control y operación mediante la interpretación de manuales y procedimientos de operación. • Interactuar con las disciplinas de la ingeniería para integrar el proceso mediante los procedimientos de operación • Operar el proceso biotecnológico para mantener las condiciones de producción mediante el seguimiento de los manuales y procedimientos de operación. • Adaptar la tecnología seleccionada para mejorar la planta productiva a través de modificaciones o adecuaciones al proceso. 					
<p>Estimación de tiempo (horas) necesario para transmitir el aprendizaje al alumno, por Unidad de Aprendizaje:</p>	<p>Unidades de aprendizaje</p>	<p>HORAS TEORÍA</p>		<p>HORAS PRÁCTICA</p>	
		<p>presencial</p>	<p>No presencial</p>	<p>presencial</p>	<p>No presencial</p>
	<p>1. Introducción a la ingeniería de biorreactores</p>	<p>6</p>	<p>0</p>	<p>8</p>	<p>2</p>
	<p>2. Generalidades de los biorreactores.</p>	<p>9</p>	<p>0</p>	<p>12</p>	<p>3</p>
	<p>3. Uso de biorreactores con distintos regímenes de operación</p>	<p>12</p>	<p>0</p>	<p>16</p>	<p>4</p>
	<p>4. Procesos de transferencia en biorreactores</p>	<p>9</p>	<p>0</p>	<p>12</p>	<p>3</p>
<p>Total de horas por cuatrimestre:</p>	<p>120 hrs.</p>				
<p>Total de horas por semana:</p>	<p>8 hrs.</p>				
<p>Créditos:</p>	<p>7</p>				



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA: “ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BIORREACTOR EN LABORATORIO O *in silico* PARA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y GENERACIÓN DE PRODUCTO”.

Nombre de la asignatura:	INGENIERIA DE BIOREACTORES		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Generalidades de los biorreactores		
Número:	1/1	Duración (horas) :	15
Resultado de aprendizaje:	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: * Esbozar modelos de biorreactor considerando sus características técnicas y su aplicación para bioprocesos		
Requerimientos (Material o equipo):	Material de laboratorio, computadora		
<p>El profesor Realizará: Confirmación, Discusión guiada, Señalizaciones</p> <p>El Alumno Realizará: Un modelo de biorreactor haciendo uso de materiales comunes de laboratorio, con el objeto de identificar los componentes de un biorreactor y su función de acuerdo a la configuración y sistema de producción elegido.</p>			
<p>Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la unidad de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ED1. Práctica para elaboración de prototipo de biorreactor en laboratorio o <i>in silico</i> para producción de biomasa y generación de producto. – EP2. Reporte del prototipo de biorreactor, que incluya características técnicas 			



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA: “DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RENDIMIENTO, EFICACIA Y VOLUMEN DE PRODUCCIÓN DE UNO DE LOS DISTINTOS REGÍMENES DE OPERACIÓN”.

Nombre de la asignatura:	Ingeniería de Biorreactores		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Uso de biorreactores con distintos regímenes de operación		
Número :	1/1	Duración (horas) :	8
Resultado de aprendizaje:	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: Determinar los parámetros de rendimiento conforme a volumen de producción, tiempo, eficacia y eficiencia en distintos regímenes de operación de un biorreactor		

Actividades a desarrollar:

Material	Medio de cultivo
Glucosa	Medio PDA.
Extracto de levadura	Medio no Convencional
Sulfato de amonio	
Fosfato de potasio	
Sulfato de magnesio	
Fosfato de calcio	
Sulfato ferroso	
Sulfato de Zinc	
Sulfato cúprico	
Reactivo de Bradford	
Reactivo DNS	
2,6-Dimetoxifenol (DMP)	
Incubadora	
Incubadora orbital	
Espectrofotómetro	
Cajas Petri	
Matraces Erlenmeyer de 125ml	
Horador de tapones de goma de 4 mm de diámetro	

ANTES DE LA PRÁCTICA

Se tomará como modelo de estudio la práctica “Cinética de crecimiento, consumo de sustrato y producción de la enzima lacasa de *Pleurotus ostreatus*” para la cuantificación de rendimiento aparente, eficacia y eficiencia de la fermentación.

DURANTE LA PRÁCTICA

Fermentación en medio líquido para la producción de enzimas lacasas.

La fermentación en medio líquido se realizará por triplicado en matraces Erlenmeyer de 125 ml con 50 ml de medio a pH 6.5, cuya composición se muestra en la Tabla. Los matraces se incubaran a 25 °C en agitación orbital a 120 rpm. Se tomaron muestras cada 24 h durante 19 días, determinando cada uno de los días el sustrato, producto, biomasa por las técnicas antes descritas (azúcares reductores, Bradford, peso seco). Elaborar gráficamente la cinética de consumo, producción de enzima y biomasa de la fermentación para calcular los siguientes parámetros.

AL FINAL DE LA EXPERIMENTACIÓN

Para determinar el rendimiento teórico de producto se realiza el cálculo estequiométrico a partir de la reacción total. Para determinar a productividad del proceso (PP), es la cantidad de producto producido por litro por hora. Estos parámetros se determinarán de la siguiente manera:

$$Y_{x/s} = \frac{x - x_0}{S_0 - S}$$
$$P_p/s = \frac{P - P_0}{S_0 - S}$$
$$PP = \frac{PE}{t}$$

Donde:

x₀= Biomasa inicial

x= Biomasa

S₀= Sustrato inicial en g/L

S= Sustrato

P₀=Producto inicial

P= Producto

Y_{x/s}= Rendimiento aparente de biomasa respecto al sustrato

P_{p/s}= Rendimiento aparente de producto respecto al sustrato

PP= Productividad del proceso

2. Socializar resultados de los diferentes equipos y obtener conclusiones de los aprendizajes obtenidos.

Evidencia a generar en el desarrollo de la práctica:

EP1. Reporte de práctica de laboratorio que incluya el cálculo para la determinación de los parámetros de rendimiento, eficacia y volumen de producción de uno de los distintos regímenes de operación.



DESARROLLO DE LA PRÁCTICA: "PROCESOS DE TRANSFERENCIA EN BIORREACTORES".

Nombre de la asignatura:	Ingeniería de biorreactores		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Procesos de transferencia en biorreactores		
Nombre de la práctica:	PROCESOS DE TRANSFERENCIA EN BIORREACTORES		
Número:	1/1	Duración (horas) :	8 hrs
Resultado de aprendizaje:	<p>*Determinar requerimientos de transferencia de oxígeno considerando el gas utilizado, el coeficiente volumétrico de transferencia y consumo de masa.</p> <p>* Calcular requerimientos de enfriamiento en un biorreactor, considerando la generación de calor metabólico y la disipación de calor por trabajo mecánico,</p>		
	Material		
	Bioreactor	Levadura liofilizada	
	Tubos de ensayo	Medio de cultivo con glucosa como fuente de carbono	
	Balanza		
	Termómetro		
	Densímetro		
	Parrilla de calentamiento		
	Compresor o bomba de aire		
	Rotámetro		
<p>Actividades a desarrollar en la práctica:</p> <p>Antes de la práctica</p> <p>El coeficiente volumétrico de transferencia de masa $K_L a$ se determinará a través del método de coeficiente de rendimiento. Al estado estacionario, la velocidad de consumo de oxígeno por las células es igual a la velocidad de transferencia de oxígeno, entonces, el valor de $K_L a$ se calcula a partir de este supuesto a través de la siguiente fórmula:</p>			

$$k_L a = \frac{\mu X (K' / Y_o)}{(C^* - C)}$$

Dónde:

$K_L a$ = coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno (h^{-1}).

μ = velocidad específica de crecimiento (h^{-1})

X = concentración celular ($g\ l^{-1}$)

K' = factor de conversión = $31.25\ (mmol\ O_2\ g\ O_2^{-1})$

Y_o = rendimiento de biomasa por unidad de oxígeno consumido ($g\ células\ g\ O_2^{-1}$)

C^* = concentración de oxígeno disuelto a saturación ($0.19\ mmol\ O_2\ L^{-1}$)

C = Concentración de oxígeno disuelto ($mmol\ O_2\ L^{-1}$)

Durante la práctica

1. Definir metodologías para determinar la concentración celular y de sustrato de una muestra de cultivo
2. Para encontrar los valores de Y_o , debe determinarse primero el valor de Y_s (rendimiento de biomasa por unidad de sustrato consumido), apoyándose en la figura 1.
3. La concentración de oxígeno disuelto (C) se determina por interpolación, considerando la concentración de oxígeno al 100% como $0.19\ mmol\ O_2\ L^{-1}$ a $35^\circ C$ y $pH=6$

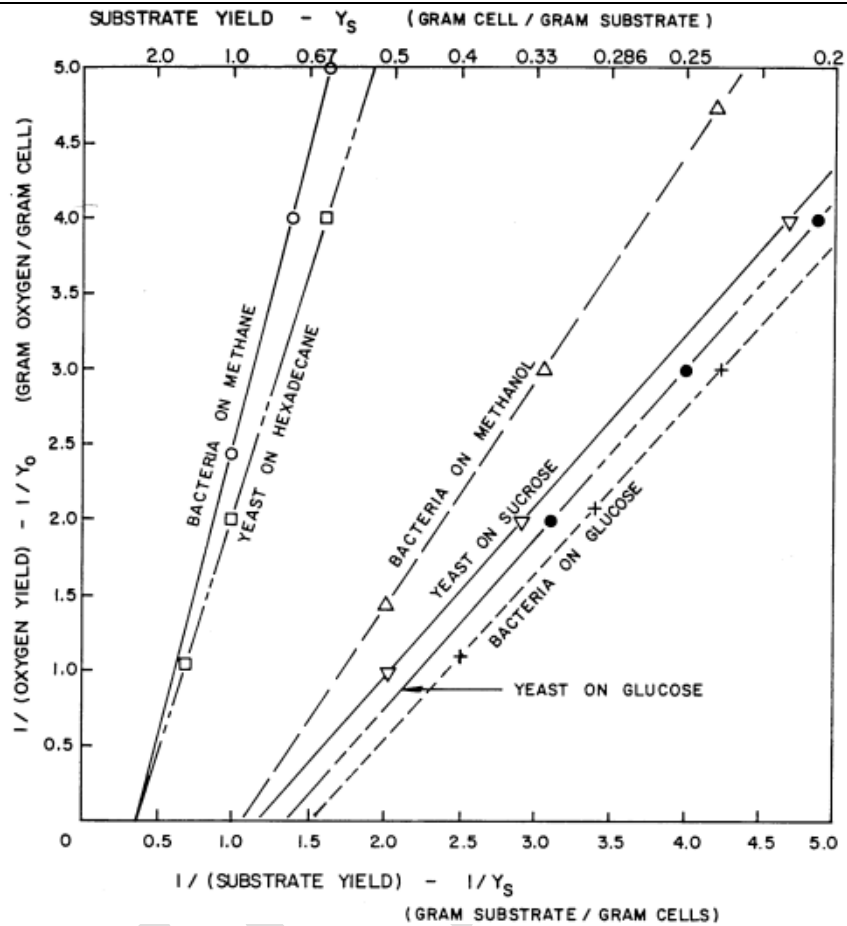


Figura 1. Relación entre los rendimientos de sustrato y oxígeno de distintas cepas en diferentes sustratos.

Nota: puede utilizarse cualquier otro método para la determinación de K_{La} (por ejemplo el método dinámico) y se sugiere para la determinación de glucosa el método de Miller o del ácido dinitrosalicílico (DNS). La concentración de biomasa puede obtenerse por peso seco o por densidad óptica

Al final de la experimentación

Con los datos obtenidos del experimento, calcular el valor de K_{La} , OTR y OUR del cultivo

Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la práctica:

ED1: Práctica de procesos de transferencia en biorreactores.



**MODELO DEL ESCALAMIENTO DE UN PROCESO, CONSIDERANDO LA
REGIÓN EFECTIVA DE ESCALAMIENTO, EL PRINCIPIO DE SIMILITUD Y LOS
CRITERIOS DE ESCALAMIENTO**

Nombre de la asignatura:	INGENIERIA DE BIOREACTORES		
Nombre de la Unidad de Aprendizaje:	Diseño y escalamiento de biorreactores		
Número:	1/1	Duración (horas) :	15
Resultado de aprendizaje:	Al completar la unidad de aprendizaje el alumno será capaz de: * Establecer los criterios de escalamiento (Velocidad de punta del impulsor, número de Reynolds, potencia volumétrica, Coeficiente volumétrico de transferencia de oxígeno (kLa) y Tiempo de mezclado) a través de modelado matemático.		
Requerimientos (Material o equipo):	Bioreactor, material de laboratorio		
<p>El profesor Realizará: Confirmación, Discusión guiada, Señalizaciones"</p> <p>El Alumno Realizará: Un bioproceso a escala laboratorio para establecer variables de estado y operación, determinar parámetros cinéticos y estequiométrico, para en función de esa información, establecer un modelo de escalamiento adecuado</p>			
<p>Evidencias a las que contribuye el desarrollo de la unidad de aprendizaje:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El alumno presentará un modelo del escalamiento de un proceso, considerando la región efectiva de escalamiento, el principio de similitud y los criterios de escalamiento 			



Instrumentos de Evaluación

ORIGEN



RÚBRICA PARA DOCUMENTO SOBRE UN PROCESO DE FERMENTACIÓN DONDE ESTAN LOS ASPECTOS QUE SE TIENEN QUE EVALUAR SOBRE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN

LOGOTIPO DE LA UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s)		Matrícula		Firma	
Asignatura: Ingeniería de biorreactores		Grado y grupo		Fecha	
Unidad de aprendizaje: Introducción a la ingeniería de biorreactores			Nombre y firma del profesor:		
Aspecto a evaluar	Competente 10	Independiente 9	Básico avanzado 8	Básico umbral 7	Insuficiente 6
Análisis (3 puntos)	El alumno ha hecho un análisis profundo y exhaustivo de los procesos fermentativos y lo ha expresado en el documento	Ha hecho un buen análisis de los procesos fermentativos, pero no ha tenido en cuenta ideas secundarias Para la elaboración del documento.	El alumno ha analizado algunos aspectos de los procesos fermentativos, pero faltan otros que son importantes	El alumno sólo ha analizado la bibliografía existente respecto a los procesos fermentativos superficialmente.	El documento carece de un análisis y coherencia.
Organización (2 puntos)	La información acerca de los procesos fermentativos, parámetros cinéticos y estequiométricos están vinculados y organizados de manera lógica.	La mayor parte de la información acerca de los procesos fermentativos, parámetros cinéticos y estequiométricos está vinculada y organizada de manera lógica.	La mayor parte de la información acerca de los procesos fermentativos, parámetros cinéticos y estequiométricos y están vinculados, pero no están organizados de forma clara.	Los argumentos no están claramente vinculados ni organizados.	El trabajo no está articulado, impide una lectura lógica
Información (3 puntos)	Toda la información presentada en el trabajo es clara, precisa, y está sustentada con bibliografía reciente y relevante.	La mayor parte de la información en el trabajo es clara, precisa, y está sustentada con bibliografía relevante pero no reciente.	La mayor parte de la información en el trabajo está presentada de forma clara y precisa, pero no es está sustentada con bibliografía reciente y relevante	Hay varios errores de información. El trabajo es un mero resumen de trama sin ningún análisis.	La información que presenta no es relevante; no rescata la relevancia del texto.
Estilo Gramática (2 puntos)	Demuestra buen dominio y precisión de las reglas gramaticales y del lenguaje técnico.	En general, el trabajo está bien escrito, pero hay algunos errores de gramática o problemas de estilo que no dificultan la lectura del documento	Demuestra cierto dominio de las, pero hay varios errores que dificultan la lectura del documento	Carece del dominio de las reglas y existen errores que impiden la comprensión del contenido.	El trabajo muestra graves faltas de ortografía y problemas de redacción.



**GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LA
EXPOSICIÓN DE LOS TIPOS DE
BIORREACTORES.**

**LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD**

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	A) Puntualidad para iniciar y concluir la actividad.			
10%	B) Atención a indicaciones			
10%	C) Orden y disciplina			
	Técnicos			
10%	Presenta una clasificación de los tipos de biorreactores y sus aplicaciones.			
15%	Describe las características constructivas de distintos tipos de biorreactores			
15%	Describe la forma en que operan los diferentes tipos de biorreactores			
	Desempeño			
10%	No titubea durante la presentación ni solo lee las diapositivas			
10%	Responde adecuadamente a preguntas de los profesores			
10%	Responde las preguntas del auditorio			
100%	CALIFICACIÓN			



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

RUBRICA PARA CUADRO COMPARATIVO DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS BIORREACTORES.

LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s)		Matrícula		Firma	
Asignatura: Ingeniería de biorreactores		Grado y grupo		Fecha	
Unidad de aprendizaje: Generalidades de los biorreactores			Nombre y firma del profesor:		
Aspecto a evaluar	Competente 10	Independiente 9	Básico avanzado 8	Básico umbral 7	Insuficiente 6
Análisis (3 puntos)	El alumno ha hecho un análisis profundo acerca de las ventajas y desventajas de tipos de biorreactores y lo ha expresado en el cuadro.	Ha hecho un buen análisis acerca de las ventajas y desventajas de tipos de biorreactores, pero no ha tenido en cuenta ideas secundarias para la elaboración del cuadro.	El alumno ha analizado solo algunos relevantes aspectos acerca de las ventajas y desventajas de tipos de biorreactores.	El alumno sólo ha un análisis superficial y el cuadro no cubre los aspectos más importantes de los biorreactores.	La información del cuadro carece de un análisis.
Organización (2 puntos)	El cuadro comparativo Incluye los tipos más importantes de biorreactores, es claro, preciso y está organizado de manera lógica.	El cuadro comparativo Incluye la mayoría de los tipos más importantes de biorreactores, es claro, preciso y está organizado de manera lógica.	El cuadro comparativo Incluye la mayoría de los tipos más importantes de biorreactores, es claro, pero es poco preciso aunque está organizado de manera lógica.	El cuadro comparativo No Incluye la mayoría de los tipos más importantes de biorreactores, es poco claro y preciso.	El cuadro comparativo No Incluye los tipos más importantes de biorreactores, no es poco claro ni preciso.
Información (3 puntos)	Toda la información acerca de los tipos de biorreactores y sus características está sustentado con bibliografía relevante y confiable	La mayor parte de la información acerca de los tipos de biorreactores y sus características está sustentado con bibliografía relevante y confiable	La mayor parte de la información acerca de los tipos de biorreactores y sus características está sustentado con bibliografía confiable, pero que no es actual o relevante	La mayor parte de la información acerca de los tipos de biorreactores y sus características no está sustentado con bibliografía confiable, no es actual o relevante	La información acerca de los tipos de biorreactores y características no está sustentada con bibliografía confiable,
Estilo Gramática (2 puntos)	Demuestra buen dominio y precisión de las reglas gramaticales.	En general, el trabajo está bien escrito, pero hay algunos errores de gramática o problemas de estilo que no dificultan la comprensión.	Demuestra cierto dominio de las, pero hay varios errores que dificultan la comprensión.	Carece del dominio de las reglas y existen errores que dificultan la lectura del documento.	El trabajo muestra graves faltas de ortografía y problemas de redacción.



GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LA PRÁCTICA DE ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN BIORREACTOR A NIVEL LABORATORIO O *in silico*.

LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	A) Puntualidad para iniciar y concluir la actividad.			
10%	B) Atención a indicaciones			
10%	C) Orden y disciplina			
	Técnicos			
10%	Durante la elaboración del prototipo considera los requerimientos y suministros mínimos para su funcionamiento			
15%	Ubica cada componente del biorreactor conforme a una configuración determinada			
15%	Considera la capacidad y variables de operación a la que trabajará el reactor.			
	Desempeño			
10%	Cada miembro del equipo tiene funciones definidas.			
10%	Los miembros del equipo identifican la configuración del biorreactor que se elabora			
10%	Responden a preguntas del profesor durante el desarrollo de la práctica			
100%	CALIFICACIÓN			



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

LISTA DE COTEJO PARA EL REPORTE DEL
PROTOTIPO DE UN BIORREACTOR.

LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		NO	SI	
10%	Es entregado puntualmente (hora y fecha solicitada).			
10%	Cero errores ortográficos			
10%	Orden y limpieza en el documento escrito			
30%	Presenta en introducción los aspectos básicos y aplicaciones de la configuración elegida para el biorreactor			
	Incluye diagrama del prototipo de biorreactor			
	Describe la forma en que se construyó el biorreactor			
40%	Presenta fórmulas y ecuaciones que permitan establecer condiciones de operación del biorreactor			
	Presenta conclusiones y discusión de los resultados de la práctica			
	Presenta bibliografía (al menos cinco fuentes consultadas)			
100%	CALIFICACION:			



CUESTIONARIO ACERCA DE REGÍMENES DE OPERACIÓN Y SUS ECUACIONES REPRESENTATIVAS

LOGOTIPO DE LA UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Responde las siguientes preguntas

1. Proponga las condiciones de operación necesarias para depurar (con al menos un 75% de eficiencia de remoción) un efluente industrial que contiene 1400 ppm de DQO. El biosistema propuesto es el de cultivo continuo en simple etapa con recirculación externa de biomasa, usando para esa operación una centrífuga tubular (que opera con un 65% de eficiencia en la separación). El caudal a tratar es de 3 m³/h y el volumen total del reactor es de 45 m³. Se ha observado que la microbiota presente en el reactor tiene el siguiente comportamiento:

$$\mu = \mu_{max} \frac{s}{ks + s + \frac{s^2}{ki}}$$

$$qs = m + \frac{\mu}{Yg}$$

ks = 2 ppm
 ki 15 ppm
 μmax = 0.28 h⁻¹
 m = 0.12
 Yg = 0.60

2. Se desea obtener abundante cantidad de levadura para panificación aprovechando al máximo el sustrato suministrado (glucosa, a 120 g por litro de medio). Proponga las condiciones de operación necesarias para obtener la máxima productividad del proceso, empleando un biorreactor airlift que opera bajo régimen continuo. El equipo tiene un volumen de reacción de 30 L y un kLa' de 180 h⁻¹. En pruebas por lote, se ha observado que la cepa de *Saccharomyces cerevisiae* empleada tiene el siguiente comportamiento:

$$\mu = \mu_{max} \frac{s}{ks + s}$$

$$qs = m + \frac{\mu}{Yg}$$

$$qO2 = mO2 + \frac{\mu}{YO2g}$$

Donde

$$\mu_{\max} = 0.39 \text{ h}^{-1}$$

$$k_s = 0.18 \text{ g/L}$$

$$k_d = 0.07 \text{ h}^{-1}$$

$$m = 0.11$$

$$Y_g = 0.56$$

$$m_{O_2} = 0.045$$

$$Y_{O_2g} = 0.95$$

$$C_{\text{crit}} = 1.9 \text{ ppm y } c^* = 6.5 \text{ ppm}$$

ORIGINAL



Subsistema de
Universidades
Politécnicas

LISTA DE COTEJO PARA EL REPORTE DE
PRÁCTICA DE LABORATORIO DE UNO DE LOS
DISTINTOS RÉGIMENES DE OPERACIÓN.

LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s) y/o Equipo:	Firma del alumno(s):
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar las características que se solicitan y califique en la columna "Valor Obtenido" el valor asignado con respecto al "Valor del Reactivo". En la columna "OBSERVACIONES" haga las indicaciones que puedan ayudar al alumno a saber cuáles son las condiciones no cumplidas.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	Es entregado puntualmente (hora y fecha solicitada).			
10%	Cero errores ortográficos			
10%	Orden y limpieza en el documento escrito			
40%	Define el régimen de operación utilizado en el proceso			
	Incluye cálculos para la determinación de los parámetros de rendimiento			
	Determina a través de cálculos los parámetros estequiométricos reactivos y productos			
30%	Define volumen de producción.			
	Determina parámetros cinéticos de biomasa, sustrato y producto			
100%	CALIFICACIÓN:			



**CUESTIONARIO GUÍA PARA ESTUDIOS DE CASO
DE PROCESOS DE TRANSFERENCIA EN
BIORREACTORES.**

**LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD**

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Responde las siguientes preguntas

1. Una cepa de *E. coli* se cultiva a 35 °C en un medio de cultivo cuya composición se describe a continuación:

Componente	g l ⁻¹
Glucosa	20.0
Sacarosa	8.5
CaCO ₃	1.3
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.3
Na ₂ HPO ₄	0.09
KH ₂ PO ₄	0.12

Para el cultivo se utiliza un reactor de tanque agitado con un volumen de operación de 20 m³ y altura de líquido de 3.5m. Aire a 25 °C se asperja desde el fondo del tanque a una tasa de 25 m³ min⁻¹. La tensión de oxígeno en el fermentador se mide utilizando un electrodo polarográfico localizado en la parte superior y en el fondo del recipiente. En la parte superior, la lectura es de 50% de saturación de aire; la lectura en el fondo es de 65% de saturación. La velocidad de flujo del gas dejando el reactor se determina con un medidor rotatorio de gas y se encuentra es de 407 L s⁻¹. El contenido de oxígeno en el gas de salida es de 20.15%

- Calcula la presión en el aspensor. (la presión estática debida a la altura del líquido está determinada por la ecuación: $P_s = \rho g h$. donde ρ es la densidad del líquido, g es la aceleración gravitacional y h es la altura del líquido.
 - Estima la solubilidad de oxígeno en el fondo del tanque
 - ¿Cuál es la velocidad de transferencia de oxígeno OTR?
 - Calcula el gradiente de concentración $(C^*_{AL}-C_{AL})_L$.
 - Determina el valor de K_{La} .
 - ¿Cuál es la concentración celular máxima que puede soportar el fermentador si la demanda de oxígeno del microorganismo es de 7.4 mmol g⁻¹ h⁻¹?
2. El método dinámico es utilizado para medir el K_{La} en un fermentador operado a 30 °C. Se colectaron datos de concentración de oxígeno disuelto como función del tiempo de re-oxigenación en la siguiente tabla:

Tiempo (s)	C_{AL} (% de aire a saturación)
10	43.5
15	53.5
20	60.0
30	67.5
40	70.5
50	72.0
70	73.0
100	73.5
130	73.5

La concentración al equilibrio de oxígeno en el medio de cultivo es de $7.9 \times 10^{-3} \text{ Kg m}^{-3}$. Determina el valor de K_{La}

3. Una cepa genéticamente modificada de levadura es cultivada en un bio-reactor a 30°C para producción de proteína heteróloga. Los requerimientos de oxígeno son de $80 \text{ mmol L}^{-1} \text{ h}^{-1}$; La concentración crítica de oxígeno es de 0.004 mM . La solubilidad de oxígeno en el medio de fermentación se estima es 10% más baja que en agua debido al efecto de los solutos.
 - a) ¿Cuál es el coeficiente de transferencia de masa mínimo para sustentar el cultivo en el reactor, si se asperja aire a aproximadamente 1 atm de presión?
 - b) ¿Cuál es el coeficiente de transferencia de masa requerido si se utiliza oxígeno puro en lugar de aire?

	GUÍA DE OBSERVACIÓN DE PRÁCTICA DE PROCESOS DE TRANSFERENCIA EN BIORREACTORES	LOGOTIPO DE LA UNIVERSIDAD
---	--	---------------------------------------

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN				
Nombre(s) del alumno(s):		Matricula:		
Producto:		Fecha:		
Asignatura:		Periodo cuatrimestral:		
Nombre del Profesor:		Firma del Profesor:		
INSTRUCCIONES				
Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.				
Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	A) Puntualidad para iniciar y concluir la actividad.			
10%	B) Atención a indicaciones			
10%	C) Orden y disciplina			
	Técnicos			
10%	Controla el flujo másico de oxígeno entrante al sistema			
15%	Controla los factores que influyen en el proceso de transferencia de oxígeno			
15%	Describe por lo menos una forma de medir el oxígeno consumido por el sistema			
	Desempeño			
10%	Lee la metodología y objetivos previo al desarrollo de la práctica			
10%	Ubica las hojas de seguridad de reactivos que representen un riesgo potencial.			
10%	En el equipo todos tienen funciones específicas y las desempeñan conforme a la planeación			
100%	CALIFICACIÓN			



**GUÍA DE OBSERVACIÓN PARA LA EXPOSICIÓN
ACERCA LOS PROCESOS METABÓLICOS
AFECTADOS POR EL ESCALAMIENTO**

LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre(s) del alumno(s):	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados “SI” cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque “NO”. En la columna “OBSERVACIONES” ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
10%	A) Puntualidad para iniciar y concluir la actividad.			
10%	B) Atención a indicaciones			
10%	C) Orden y disciplina			
	Aspectos técnicos			
10%	Especifica que procesos metabólicos son susceptibles de ser afectados por el proceso de escalamiento			
15%	Describe las posibles causas de la afectación por escalamiento			
15%	Describe la forma en que podría atenuarse la afectación por el escalamiento			
	Desempeño			
10%	No titubea durante la presentación ni solo lee las diapositivas			
10%	Responde a preguntas de los profesores con argumentos basados en la bibliografía			
10%	Responde las preguntas del auditorio			
100%	CALIFICACIÓN			



**LISTA DE COTEJO PARA EL MODELO DEL
ESCALAMIENTO DE UN PROCESO**

**LOGOTIPO DE LA
UNIVERSIDAD**

DATOS GENERALES DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Nombre del alumno o equipo:	Matricula:
Producto:	Fecha:
Asignatura:	Periodo cuatrimestral:
Nombre del Profesor:	Firma del Profesor:

INSTRUCCIONES

Revisar los documentos o actividades que se solicitan y marque en los apartados "SI" cuando la evidencia a evaluar se cumple; en caso contrario marque "NO". En la columna "OBSERVACIONES" ocúpela cuando tenga que hacer comentarios referentes a lo observado.

Valor del reactivo	Característica a cumplir (Reactivo)	CUMPLE		OBSERVACIONES
		SI	NO	
	El modelo cumple con los requisitos de:			
10%	a. Representa un bioproceso mediado cultivos celulares o reacciones catalizadas por enzimas			
10%	b. Especifica las variables de estado y operación.			
10%	d. Establece parámetros cinéticos y estequiométricos			
10%	e. El documento está sustentado con bibliografía			
	Aspecto técnico. El modelo se diseñó considerando:			
20%	a. El principio de similitud			
20%	b. La región efectiva de escalamiento			
20%	d. Criterios de escalamiento			
100%	CALIFICACION			

GLOSARIO

Agitación. Es la operación unitaria que consiste en poder producir movimientos irregulares y turbulentos en un fluido, por medio de dispositivos mecánicos que actúan sobre el mismo. La agitación encuentra amplia aplicación industrial para acelerar ciertas operaciones como la extracción, la mezcla, la absorción, la transferencia de calor y en algunas reacciones químicas.

Bioproceso. Cualquier proceso en que se empleen células viables, no viables o sus componentes (como enzimas o cloroplastos) para la producción de biomasa, compuestos químicos, polímeros o macromoléculas.

Biorreactor. Tanque en el que células, extractos celulares o enzimas, llevan a cabo una reacción biológica.

Biorreactor "airlift". Tipo de biorreactor en donde el contenido es agitado neumáticamente por un flujo de aire o en ocasiones por otro tipo de gas.

Biorreactor CSTR (tanque agitado en sistema continuo). Tipo de biorreactor agitado mecánicamente con adición y remoción continua de materia y energía.

Biorreactor de lecho fluido. Tipo de biorreactor en donde biocatalizadores (células o enzimas) son inmovilizadas en una fase sólida, a través de la cual se hace circular una fase fluida (líquida o gaseosa) de manera que se permite una eficiente transferencia de masa.

Centrifugación. Es la "operación unitaria" que utiliza la fuerza centrífuga cuando es necesario aplicar una fuerza superior a la de la gravedad, para lograr la separación de sólidos y fluidos de diferentes densidades.

Diagrama de flujo. Es un diagrama o dibujo lineal, utilizado para señalar las etapas sucesivas en una producción industrial, los materiales que ingresan y se obtienen del proceso, los subproductos, los desperdicios y la información más relevante del proceso, tales como las temperaturas y las presiones.

Estado estacionario. En un proceso continuo, si todas las propiedades de un sistema tales como temperatura, presión, volumen, masa, etc., no varían con el tiempo, el proceso se dice está al estado estacionario.

Extracción. Es la operación unitaria en la que uno de los constituyentes de una sustancia sólida o líquida es transferido a un líquido, denominado disolvente.

Filtración. Es la operación unitaria por medio de la cual una mezcla heterogénea de un fluido y de las partículas de un sólido se separa en sus componentes, gracias al concurso de un medio filtrante que permite el paso del fluido, pero retiene las partículas del sólido.

K_{La} . Coeficiente volumétrico de transferencia de masa

Mezcla. Es una unión heterogénea de sustancias, la cual no puede ser representada por medio de una fórmula química. Sus componentes pueden estar o no dispersos uniformemente y normalmente se pueden separar por medios mecánicos. A los líquidos uniformemente dispersos se les denomina soluciones.

OTR. Velocidad de transferencia de oxígeno.

OUR. Velocidad de consumo de oxígeno.

Parámetros cinéticos. Son aquellas constantes que están asociadas con expresiones cinéticas de velocidad para un sistema o bioproceso, por ejemplo velocidad específica de crecimiento, velocidad específica de muerte celular, velocidad específica de consumo de sustrato u oxígeno, etc.

Parámetros estequiométricos. Son aquellos que definen las relaciones estequiométricas en reacciones o actividades biológicas, por ejemplo, rendimiento de biomasa por unidad de sustrato (Y_{xs}), rendimiento de producto por unidad de sustrato Y_{ps} , etc.

Proceso en continuo. Proceso que permite que los materiales fluyan hacia dentro y hacia afuera del sistema. Si las velocidades de flujo de entrada y salida del sistema son iguales, el proceso continuo puede ser operado indefinidamente.

Proceso en lote (batch). Proceso que opera en un sistema cerrado. Todos los materiales son agregados al sistema al inicio del proceso; el sistema es entonces cerrado y los productos son removidos solo cuando el proceso o reacción se ha completado.

Proceso en lote alimentado (Fed-batch). Permite la entrada pero no la salida de materiales durante el proceso.

Región de control. Es el espacio en el sistema que queremos modelar, es elegido por el modelador de forma tal, que las variables de interés (pH, temperatura, presión, etc.), son uniformes en cualquier lugar de la región de control.

Variables de estado. Son las velocidades volumétricas expresadas en términos de las variables de estado, por ejemplo velocidad volumétrica de generación de biomasa, velocidad volumétrica de consumo de sustrato, etc.

Variables intermediarias. Son aquellas variables que definen el estado de un proceso, por ejemplo concentración celular, concentración de sustrato limitante, temperatura, etc.

Variables de operación. Son aquellas variables que pueden ser establecidas por el operador, que permiten controlar el proceso, por ejemplo velocidad de dilución flujo volumétrico de alimentación, concentración de flujos de entrada, etc.

Velocidad específica. Es el cociente de la velocidad volumétrica entre la concentración celular que promueve la actividad o reacción. Usualmente en bioprocesos, se definen velocidades específicas para crecimiento, consumo de sustrato y generación de producto

Velocidad volumétrica. Cantidad de masa generada o consumida en un bioproceso, por unidad de tiempo, por unidad de volumen.

BIBLIOGRAFÍA:

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

Título: Biochemical Engineering
Autor: Harvey W. Blanch; Douglas S. Clark
Año: 2007
Editorial o referencia: Marcel Dekker Inc.
Lugar y año de la edición: New York
ISBN o registro: ISBN: 082-4-78-9490

Título: Bioreaction Engineering Principles
Autor: John Villadsen, Jens Nielsen, Gunnar Lidén
Año: 2011
Editorial o referencia: Springer; New York, USA. 3rd Edition, July 15,
Lugar y año de la edición: 2011
ISBN o registro: ISBN 978-1-4419-9687-9

Título: Bioprocess Engineering Principles
Autor: Pauline M. Doran
Año: 2008
Editorial o referencia: Elsevier Science & Technology Books
Lugar y año de la edición: 1995
ISBN o registro: ISBN: 122-20-8552

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Título: BIOCHEMICAL ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY
Autor: GHASEM D. NAJAFPOUR
Año: 2007
Editorial o referencia: Elsevier
Lugar y año de la edición: Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands, 2007
ISBN o registro: ISBN-13: 978-0-444-52845-2
ISBN-10: 0-444-52845-8

Título: Bioprocessing for Value-Added Products from RENEWABLE Resources: New Technologies and Applications
Autor: Shang-tian Yang
Año: 2007
Editorial o referencia: Elsevier Science
Lugar y año de la edición: 1era edición (Enero 11, 2007)
ISBN o registro: ISBN-10: 0444521143
ISBN-13: 978-0444521149

Título: Biological Reaction Engineering: Dynamic Modelling
Fundamentals with Simulation Examples
Autor: I. J. Dunn, E. Heinzle, J. Ingham, J. E. Pfenosil
Año: 2003
Editorial o referencia: ILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
Lugar y año de la edición: Saarbrücken, Germany. Second, Completely Revised
Edition 2003
ISBN o registro: ISBN: 3-527-30759-1

ORIGINAL