



POSADAS, 12 MAR 2007

VISTO: El Expte. N° 114-"Q"/07 cuya carátula dice "Secretaría Académica S/: Programa y Reglamento de la asignatura Ingeniería de las Bioseparaciones materia optativa de las Carreras de Bioquímica y Farmacia"; y

CONSIDERANDO:

QUE la Comisión de Asuntos Académicos en su Despacho N° 001/07 dice lo siguiente: "Se sugiere la aprobación de los programas y Reglamentos de las Carreras de ... Bioquímica y Farmacia ... Ingeniería de las Bioseparaciones. Optativa ...";

QUE fue tratado en la I Sesión Extraordinaria del Consejo Directivo del año 2007 realizada el 9 de marzo, aprobándose por unanimidad el despacho mencionado;

POR ELLO:

**EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES**

RESUELVE:

ARTÍCULO 1º: APROBAR para los años 2007/2008 el Programa y Reglamento de la Asignatura optativa INGENIERÍA DE LAS BIOSEPARACIONES del Departamento de Ingeniería Química de las Carreras de Bioquímica y Farmacia, los cuales pasan a formar parte de la presente resolución como Anexo I.

ARTÍCULO 2º: REGISTRAR. Notificar al Señor Decano. Comunicar. Cumplido. ARCHIVAR.

RESOLUCIÓN CD N° **021-07**

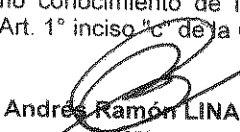
evp


Prof. Gabriela SKLEPEK
Secretaría Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales


Lic. Marta Esther YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

VISTO: se deja expresa constancia que en la fecha se tomó conocimiento de la Resolución N° 021/07 del Honorable Consejo Directivo de la FCEQyN de conformidad al Art. 1º inciso "c" de la Ordenanza N° 001/97.

12 MAR 2007


Ing. Andres Ramón LINARES
Decano
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES

AÑO 2007

PROGRAMA DE: INGENIERÍA DE LAS BIOSEPARACIONES

CARRERA: BIOQUÍMICA, FARMACIA

DEPARTAMENTO: INGENIERIA QUIMICA

PROFESOR TITULAR/Responsable de la Asignatura: Andrés Ramón Linares

CARGO Y DEDICACIÓN: Profesor Titular Exclusiva

EQUIPO DE CATEDRA	CARGO Y DEDICACIÓN
Andrés Ramón Linares	PTE
Nicolas Kolb	PTE
José Luis Herrera	ADJE
María Marcela Brousse	JTPE
Dario Ferreyra	JTPE

REGIMEN DE DICTADO		REGIMEN DE EVALUACIÓN
anual	Cuatrimestre 1º	Promocional
cuatrimestral x	Cuatrimestre 2º	SI

Indicación: Marcar según corresponda con una "x"

OTRAS CARRERAS EN LAS QUE SE DICTA LA MISMA ASIGNATURA

Denominación Curricular	Carreras en que se dicta	Año del Plan de Estudios

Prof. GRACIELA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

2021-07

PROGRAMA 2004

Asignatura	Ingenierías de las Bioseparaciones
CARRERA	Ingeniería Química
AÑO del Plan	2003
Departamento	INGENIERIA QUIMICA

REGIMEN DE DICTADO	Cuatrimestral
Cantidad de Horas	50 horas (incluyendo evaluaciones)
EQUIPO DE CATEDRA	CARGO Y DEDICACIÓN
Andrés Ramón Linares	PTE
Nicolas Kolb	PTE
José Luis Herrera	ADJE
María Marcela Brousse	JTPE
Dario Ferreyra	JTPE

CRONO- GRAMA: Distribución de modalidad de Dictado	1. Primer semana	1. Introducción a los bioproductos y las bioseparaciones 2. Ruptura celular y floculación
	2. Segunda semana	a. Trabajo práctico ruptura celular y floculación 3. Filtración
	3. Tercer semana	a. Trabajo práctico filtración 4. Sedimentación
	4. Cuarta semana	a. Trabajo práctico sedimentación 5. Extracción
	5. Quinta semana	a. Trabajo práctico extracción líquido-líquido b. Primer parcial promoción
	6. Sexta semana	6. Adsorción y cromatografía líquida a. Trabajo práctico adsorción
	7. Séptima semana	b. Trabajo práctico cromatografía c. Trabajo Práctico cromatografía
	8. Octava semana	7. Precipitación
	9. Novena semana	8. Separación por membranas y electroforesis a. Trabajo práctico electroforesis

Prof. **ANILIA E. BRLEPEK**
SECRETARÍA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. N. M.

Vic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

10. Décima semana	9. Cristalización. a. Trabajo práctico cristalización
11. Décimoprimer semana	10. Secado. a. Trabajo práctico secado por atomización
12. Decimosegunda semana	11. Diseño de bioprocesos a. Ejemplo: Producción de ácido cítrico
13. Decimotercera semana	b. Ejemplo: Producción de insulina humana. c. Ejemplo: Producción de anticuerpos monoclonales terapéuticos.
14. Decimocuarta semana	d. Parcial de promoción

FUNDAMENTACION

Las bioseparaciones comprenden las operaciones necesarias para la separación de compuestos de origen biológico, que se derivan del desarrollo celular en biorreactores o de células pertenecientes a tejidos animales o vegetales. En las últimas décadas del siglo XX se desarrolló en forma vertiginosa la biotecnología, que agregó a los productos señalados, la separación de proteínas, tarea difícil y costosa. Los bioquímicos y farmacéuticos normalmente se preparan de manera especial a través de las para tratar con las separaciones de compuestos químicos. Estos productos químicos normalmente provienen de procesos biológicos de diferentes características (microbiológicos, vegetales, animales, etc)

OBJETIVOS

- ❖ Comprender las operaciones y procesos que se utilizan para la separación de sustancias de origen biológico, ya sea derivadas del desarrollo celular en biorreactores o proveniente de células de animales o vegetales.
- ❖ Adquirir los conocimientos experimentales para lograr definir las variables comprendidas en estos procesos.
- ❖ Aprender a seleccionar el equipamiento utilizado en los procesos de bioseparación.
- ❖ Conocer los efectos que los procesos a los que se someten los bioproductos ejercen sobre ellos.

CONTENIDOS

Introducción a los bioproductos y las bioseparaciones. Ruptura celular y floculación. Filtración. Sedimentación. Extracción. Adsorción y cromatografía líquida. Ultrafiltración y electroforesis. Precipitación. Cristalización. Secado. Diseño de bioprocesos

Prof. GABRIELA E. GRIEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

021-07

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

MODULOS

1. Introducción a los bioproductos y las bioseparaciones
2. Ruptura celular y floculación
3. Filtración
4. Sedimentación
5. Extracción
6. Adsorción y cromatografía líquida
7. Separación por membranas y electroforesis
8. Precipitación.
9. Cristalización.
10. Secado.
11. Diseño de bioprocesos

Prof. GRACIELA S. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

021-07

CONTENIDOS
POR UNIDAD

1. Introducción a los bioproductos y bioseparaciones

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Clasificar los bioproductos como las pequeñas moléculas, las macromoléculas y productos en forma de partícula incluyendo las células.
- ❖ Explicar las diferencias entre las estructuras de los bioproductos.
- ❖ Explicar la diferencia entre metabolitos primarios y secundarios.
- ❖ Resumir las estructuras de las proteínas en cuatro niveles y su estabilidad y funciones.
- ❖ Explicar la estructura de otras macromoléculas que son bioproductos comerciales, tales como ácidos nucleicos y polisacáridos.
- ❖ Resumir las cuatro etapas de los procesos de separación y purificación (Downstream Processing), los objetivos de cada etapa y las operaciones típicas de las mismas.
- ❖ Explicar los conceptos de análisis de ingeniería de los balances de materiales, equilibrio y fenómenos de transporte.
- ❖ Calcular la pureza, actividad específica y rendimiento como indicadores de rendimiento en la purificación.

Contenido:

Clasificación de los bioproductos: pequeñas biomoléculas, macromoléculas (proteínas, ácidos nucleicos y oligonucleótidos, polisacáridos). Partículas. Introducción a las bioseparaciones: El análisis de ingeniería.

2. Ruptura celular y floculación

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Reconocer las dos clases de células y sus estructuras para provocar la lisis celular.
- ❖ Seleccionar entre los métodos de lisis químicos y mecánicos, dentro de cada categoría el método adecuado para cada aplicación general.
- ❖ Describir el rol de los fenómenos electrocinéticos en la floculación de las células y de las partículas insolubles.
- ❖ Identificar los mecanismos de floculación.
- ❖ Aplicar en términos generales la regla de Schulze Ardi para los problemas de floculación.

Contenido:

Elementos de la estructura celular. Lisis celular: lisis química, lisis mecánica. Floculación: doble capa eléctrica, floculación por electrolitos, la regla de Schulze-Hardy, cinética de floculación, floculantes poliméricos.

Prof. CRISTINA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

Lic. MARIA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

3. Filtración

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Calcular las velocidades de flujo de solvente y los tiempos de filtración utilizando la ley de Darcy.
- ❖ Utilizar la teoría del lavado para calcular la remoción de solutos desde las tortas de filtración.
- ❖ Estimar la concentración de polarización en filtración cruzada.
- ❖ Seleccionar medios y equipos según los requerimientos del proceso de bioproductos.
- ❖ Explicar los mecanismos de ensuciamiento de membrana.
- ❖ Seleccionar las operaciones unitarias de filtración para ajustarlas a los requerimientos de los productos y consistente con sus propiedades.
- ❖ Realizar cálculos de cambios de escala para las filtraciones convencionales y de flujo cruzado.
- ❖ Realizar los cálculos de proceso para los cuatro modos básicos de operaciones de filtración cruzada.

Contenido:

Principios de filtración: filtración convencional. Medios filtrantes y equipos. Sistemas discontinuos y continuos. Cambio de escala y diseño de sistemas de filtración.

4. Sedimentación

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Determinar la velocidad de sedimentación de una partícula y calcular los tiempos de sedimentación, los tiempos equivalentes, y los coeficientes de sedimentación en campos gravitacionales y centrífugos.
- ❖ Elegir una centrífuga apropiada para una determinada separación líquido-sólido o líquido-líquido.
- ❖ Calcular el peso molecular a partir de los datos de ultracentrifugación.
- ❖ Explicar los fundamentos de la sedimentación de flocs.
- ❖ Discernir la importancia relativa de la difusión en las operaciones de sedimentación.
- ❖ Explicar los fundamentos de la sedimentación inclinada, el fraccionamiento campo-flujo, y la elutriación centrífuga.

Contenido:

Principios de sedimentación. Métodos y coeficientes: equilibrio en sedimentación. Coeficiente de sedimentación, Tiempo de sedimentación, Análisis Sigma. Centrífugas: comparación y análisis ingenieril. Ultracentrifugación: determinación del peso molecular. Floculación y sedimentación. Sedimentación: Difusión y movimiento browniano, sedimentación isotérmica, movimiento convectivo y análisis de Péclet, sedimentación inclinada, fraccionamiento de campo de flujo. Elutriación centrífuga.

ATA
Directivo
Químicas,
Naturales

021-07

SKLEPER
CONSEJO DIRECTIVO
Ciencias Exactas
y Naturales
M.

5. Extracción

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Definir las constantes claves como: el coeficiente de partición, relación solvente a alimentación y factor de extracción.
- ❖ Explicar los factores que explican la partición de biomoléculas.
- ❖ Construir un diagrama de fases para sistemas acuosos bifásicos y comprenden sus aplicaciones a la extracción de proteínas.
- ❖ Calcular las concentraciones de solutos en sistemas de múltiples etapas en contracorriente.
- ❖ Dibujar las líneas de equilibrio y operación y utilizarlas en el cálculo de etapas de equilibrio en los sistemas de extracción en contracorriente.

Contenido:

Principios de extracción líquido-líquido: separación de fases y equilibrio de partición, cálculo de etapas en contracorriente. Extractores de platos recíprocos, extractores centrífugos.

6. Cromatografía líquida y adsorción

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Escribir, graficar y obtener los parámetros por métodos de regresión de las ecuaciones de adsorción.
- ❖ Derivar los balances de masa de lechos fijos de adsorción, hacer suposiciones que las simplifiquen y resolver las ecuaciones resultantes.
- ❖ Calcular la velocidad de la onda de choque del avance de un soluto cuando se supone una dispersión despreciable en el equilibrio local.
- ❖ Derivar los balances de masa para una serie de lechos adsorbentes agitados.
- ❖ Evaluar la performance cromatográfica por el análisis del pico de elusión.
- ❖ Predecir las separaciones cromatográficas de solutos mediante la suposición de un equilibrio local isotérmico, y dispersión despreciable
- ❖ Explicar el origen de las bandas de dispersión (spread) en cromatografía y su aplicación a la optimización de las columnas.
- ❖ Seleccionar resinas basadas en la química de la adsorción de los separandos.
- ❖ Utilizar el tamaño de partícula y la caída de presión en el cambio de escala de adsorción y cromatografía.
- ❖ Utilizar el método de la longitud no utilizada de columna (LUB) para el cambio de escala de adsorbentes de lecho fijo.

021-07
PROF. GACILIA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U.N.M.

DR. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

- ❖ Utilizar las reglas de las constantes de resolución para el cambio de escala de cromatografía de elusión.
- ❖ Seleccionar equipos para separaciones cromatograficas, incluyendo columnas, rellenos, procedimientos de relleno, bombas y desarrolladores de gradientes.

Contenido:

Equilibrio de adsorción. Dinámica de la columna de adsorción: adsorción en lechos fijos; Adsorción en lecho agitado. Efectos de la dispersión en la cromatografía. Gradientes y modificadores. Tipos de adsorbentes.: Resinas basadas en sílica; Resinas de base polimérica; Resinas de intercambio iónico; Cromatografía de interacción hidrofóbica; Cromatografía de afinidad; IMAC; Cromatografía de exclusión. Equipos: Columnas; Procedimientos de empacado; Detectores; Sistemas de fluidos; bombas. Cambio de escala; Adsorción, cromatografía.

7. Separación por membranas y electroforesis

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Comprender los fenómenos de transporte en los sistemas de membranas.
- ❖ Conocer la composición, estructura y morfología de las membranas.
- ❖ Conocer los equipos de membranas y su esquema de funcionamiento.
- ❖ Adquirir el concepto de fouling y los parámetros fisicoquímicos que influyen en el fouling.
- ❖ Comprender el análisis del proceso de membrana.
- ❖ Comprender las ecuaciones de transporte para electroforesis.
- ❖ Conocer los equipos utilizados para las separaciones electroforéticas.

Contenido:

Conceptos de ósmosis inversa, ultrafiltración, microfiltración y diálisis. Aplicaciones. Ecuaciones de transporte de disolvente y soluto (coeficiente de rechazo): ultrafiltración y microfiltración, ósmosis inversa. Membranas, características: permeabilidad, selectividad (peso molecular de corte), resistencia. Polarización.. Factores que afectan a la resolución: Presión, flujo tangencial, concentración, propiedades de la disolución. Instalaciones de separación por membranas.: Diafiltración. Diálisis. Electroforesis. Ecuaciones de transporte para la electroforesis. Electroforesis capilar y de gel: equipos y materiales. Electroforesis de proteínas.. Electroforesis de gel preparativa en discontinuo (pGE): equipo y operación. Electroforesis preparativa de flujo continuo (PCFE).

8. Precipitación

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Explicar los factores que influyen en la solubilidad de las proteínas
- ❖ Utilizar la ecuación de Cohn para predecir el equilibrio de una solución (Recuperación de precipitación)
- ❖ Identificar las diferentes etapas en el desarrollo de un precipitado.
- ❖ Calcular los tiempos de mezclas en un precipitador agitado, la cinética de crecimiento limitado por la difusión de las partículas, y la cinética de agregación de partícula-partícula.
- ❖ Realizar el balance de partículas como una función de su tamaño en un precipitador reactor de tanque agitado continuo (CSTR).

AN
Consejo Directivo
Ciencias Exactas
y Naturales

021 07

SELEPEK
CONSEJO DIRECTIVO
Ciencias Exactas
y Naturales
M. M.

9. Cristalización

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Explicar las diferencias entre cristalización y precipitación.
- ❖ Utilizar la cinética de la ley de potencia en la nucleación primaria y secundaria de los cristales.
- ❖ Calcular la velocidad de nucleación y crecimiento de los cristales a partir de la distribución de tamaños y de experiencias batch.
- ❖ Realizar el análisis ingenieril de un cristizador batch.
- ❖ Delinear estrategias de cristalización de proteínas.
- ❖ Realizar un cambio de escala de un proceso de cristalización.

Contenido:

Principios de Cristalización: Cristales: Nucleación; Crecimiento del cristal; Cinética de cristalización basadas en experiencias batch. Cristalizadores discontinuos: análisis de dilución de la cristalización batch. Proceso de cristalización de proteínas. Cálculos de diseño y cambio de escala de cristalizadores: Estudios experimentales de la cristalización como base del cambio de escala.

10. Secado

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Estudio del equilibrio en secado. isothermas de sorción, aplicación al diseño de procesos.
- ❖ Calcular las cantidades relativas de agua ligada o no ligada en los sólidos biológicos antes del secado.
- ❖ Seleccionar secaderos de acuerdo con los requerimientos del material sometido a la deshidratación: Secaderos de vacío: Estáticos, rotativos, liofilizadores, por atomización.

Contenido:

Principios del secado de material biológico: Agua en los sólidos biológicos y en el aire. Equilibrio. Descripción de la operación de secado en: Secaderos de vacío: estáticos y rotativos. Liofilizadores, secaderos por atomización. Diseño y cambio de escala de estos secaderos.

Prof. ANIELA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

11. Diseño de bioprocesos

Objetivos del tema:

El alumno será capaz de:

- ❖ Iniciar un diseño de un proceso y elegir la secuencia de operaciones necesarias.
- ❖ Establecer un flow-sheet utilizando el concepto de unidades de procedimiento.
- ❖ Aplicar los principios de ingeniería económica a los procesos de bioseparación.
- ❖ Establecer una carta de especificaciones.
- ❖ Diagramar sistemas de control de calidad.
- ❖ Apreciar las evaluaciones de impacto ambiental de los procesos.

Contenido:

Etapas de recuperación primaria: productos intracelulares; Productos extracelulares. Etapas de recuperación intermedia: Concentración de los productos. Etapas finales de purificación. Análisis del proceso. Simulación del proceso. Estimación de costos de capital. Estimación de costos de operación. Normas para la fabricación correcta y control de calidad. Sistemas de documentación. Control de calidad: en el ensayo de procesos de productos intermedios, del producto global (identidad del producto, pureza, concentración, perfil de contaminantes y actividad del producto), métodos de validación, estudios de estabilidad, programa de control medioambiental. Ejemplos de ilustración de bioseparaciones: Producción de ácido cítrico. Producción de insulina humana. Producción de anticuerpos monoclonales terapéuticos.

ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

CLASES TEORICAS: En ellas se desarrollaran los principios y fundamentos de la bioseparaciones, las técnicas de formulación y de resolución de problemas.-

CLASES DE COLOQUIOS: Se aplicarán los principios de los diferentes métodos de separación a problemas concretos, haciendo hincapié en las técnicas de resolución de las ecuaciones obtenidas en la formulación y la aplicación de métodos numéricos que permitan el uso de programas de computadoras en la resolución de los problemas.

CLASES PRACTICAS: Se realizaran experiencias en laboratorios o en planta piloto para demostrar o aplicar los principios de los procesos de separación

021-07
Prof. MARCELA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. N. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

SISTEMA DE EVALUACION

Trabajos Prácticos: se aprobarán, mediante la presentación de informes escritos sobre los trabajos prácticos realizados, en lo que deberán explicar los fundamentos teóricos del trabajo realizado, los procedimientos matemáticos y estadísticos utilizados en el análisis de los datos obtenidos en las experiencias y la conclusión alcanzada a partir de la discusión de los resultados.

Clases teóricas y coloquios: la evaluación se realizará mediante problemas de aplicación durante dos exámenes parciales, en los cuales deberán demostrar los conocimientos mediante la resolución de problemas sobre temas de la asignatura. En el segundo parcial se buscará que uno de los problemas comprendas el desarrollo de un sistema de bioseparación de un producto.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).
- Przybycien, Todd M.; Pujar, Narahari S.; and Steele Landon M.. Alternative bioseparation operations: life beyond packed-bed chromatography. Current Opinion in Biotechnology 2004, 15:469-478.

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 1

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 2

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 3

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 4

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 5

- Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988).
- Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P.. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).

Prof. MARCELA E. SKLEPER
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. Na. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

BIBLIOGRAFIA UNIDAD 6	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003). ▪ Hubble John. Biochemical Separations, Adsorption and Chromatographic Separations. http://www.bath.ac.uk/~cesjh/adsorb.htm#background
BIBLIOGRAFIA UNIDAD 7	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003). ▪ Ghosh Raja. Protein bioseparation using ultrafiltration Theory, Applications and New Developments. World Scientific. (2003).
BIBLIOGRAFIA UNIDAD 8	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).
BIBLIOGRAFIA UNIDAD 9	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).
BIBLIOGRAFIA UNIDAD 10	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003).
BIBLIOGRAFIA UNIDAD 11	▪ Betler, Paul A.; Cussler, E.L.; Hu, Wei-Shou. Bioseparations: Downstream Processing for Biotechnology. John Wileys & Sons. (1988). ▪ Harrison, Roger G.; Todd, Paul; Rudge, Scott R.; Petrides, Demetri P. Bio-separation Science and Engineering. Oxford University Press. (2003). ▪ Petrides Demetri. Bioprocess Design and Economics. http://www.intelligen.com (2000)

Prof. CRISTELA E. SKIEPER
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
L. Na. M.

Lic. MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales

----- VISTO, el programa presentado por el/la Profesor/a Ing. Andrés
LIMARES -
de la Asignatura: Ingeniería de las Bioseparaciones
correspondiente a la Carrera: Bioquímica y Farmacia
este Consejo Departamental **APRUEBA** el presente Programa, que consta de 12
Fojas, a los 21 días del mes de Febrero de 1907.

Ing. Alicia Martos
Secretaria

Por el **CONSEJO DEPARTAMENTAL**
Ing. Pedro Enrique
Firma y Aclaración
Director

----- CERTIFICO, la aprobación del presente Programa, otorgado por el Consejo Departamental que corresponde al
Periodo 2001/2002 de la Asignatura Ingeniería de las Bioseparaciones
de la Carrera: Bioquímica y Farmacia
Aprobación ratificada por el Honorable Consejo Directivo en Resolución CD N° 021/07 del 13 de
marzo de 2007
----- Se extiende la presente a los 12 días del mes de marzo de 2007.

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, QUÍMICAS Y NATURALES
Secretaría Académica

Firma y Sello

ias/

021-07
Prof. DAISIELA E. SKLEPEK
SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Facultad de Ciencias Exactas
Químicas y Naturales
U. N. M.

Lia MARTA E. YAJIA
Presidente Consejo Directivo
Facultad de Ciencias Exactas,
Químicas y Naturales