



Ministerio de Cultura y Educación  
Universidad Nacional de San Luis  
Facultad de Química Bioquímica y Farmacia  
Departamento: Química  
Area: Tecnología Química y Biotecnología

(Programa del año 2021)  
(Programa en trámite de aprobación)  
(Presentado el 01/04/2021 20:25:17)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
OPERACIONES UNITARIAS III	ING. EN ALIMENTOS	38/11	2021	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
BARBERO, BIBIANA PATRICIA	Prof. Responsable	P.Asoc Exc	40 Hs
OCHOA, NELIO ARIEL	Prof. Colaborador	P.Tit. Exc	40 Hs
PALATNIK, DIANA RAQUEL	Responsable de Práctico	JTP Semi	20 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	Hs	Hs	Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
E - Teoría con prácticas de aula, laboratorio y campo	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
05/04/2021	08/07/2021	14	120

### IV - Fundamentación

En muchas industrias alimentarias existen procesos de separación que se emplean para obtener un producto valioso o bien, para eliminar algún compuesto indeseado desde una materia prima o producto final. Este curso se enfoca particularmente al estudio de las operaciones de separación gobernadas por la transferencia de materia y por la transferencia simultánea de materia y energía que ocurren en la interfase de un sistema gas-líquido (absorción, destilación, humidificación) o sólido-fluido (lixiviación, deshidratación, adsorción, intercambio iónico, cristalización). Además, se abordará el estudio de la separación a través de membranas (microfiltración, ultrafiltración, ósmosis inversa).

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Se espera que los alumnos desarrollen capacidades para el análisis y dimensionamiento de equipos empleados en las operaciones unitarias que involucran la transferencia de materia y la transferencia simultánea de materia y energía.

### VI - Contenidos

**Parte 1: Operaciones con transporte en la interfase gas-líquido.**

**TEMA 1: ABSORCIÓN**  
Solubilidad de gases en líquidos en el equilibrio: Sistemas de dos componentes. Sistemas multicomponentes. Soluciones ideales y no ideales. Elección del disolvente para la absorción. Transferencia de un componente. Balance de materia: Flujo a contracorriente. Relación mínima líquido-gas. Flujo en corriente paralela. Operación a contracorriente en varias etapas:

Mezclas diluidas de gases. Factor de absorción. Platos reales y eficiencia de plato. Equipos de contacto continuo: Altura equivalente de plato teórico. Número de unidad transferida. Altura de unidad transferida. Número y altura de unidad transferida para soluciones diluidas. Métodos gráficos para el cálculo del número de unidades de transferencia y altura de unidad de transferencia.

### **TEMA 2: DESTILACIÓN**

Introducción. Equilibrio líquido-vapor. Destilación de mezclas binarias en una sola etapa. Rectificación continua de mezclas binarias. Principios de diseño de columnas de destilación. Modelo matemático. Cálculos del número de platos, relación de reflujo, diámetro de la columna. Rectificación discontinua. Destilación por arrastre de vapor. Descripción de equipos. Aplicaciones en la industria alimentaria.

### **TEMA 3: HUMIDIFICACIÓN**

Introducción. Definiciones: humedad absoluta, humedad relativa, punto de rocío, volumen húmedo. Propiedades del aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Torres de enfriamiento. Relación general para el contacto aire-agua. Línea de operación. Altura de la torre. Aplicaciones.

## **Parte 2: Operaciones con transporte en la interfase sólido –fluido**

### **TEMA 4: ADSORCIÓN E INTERCAMBIO IÓNICO**

Introducción. Procesos de equilibrio. Cinética del proceso. Operación por etapas. Columnas de lecho fijo. Columnas de lecho móvil. Aplicaciones.

### **TEMA 5: SECADO**

Introducción. Curva de equilibrio. Mecanismos de secado. Régimen de velocidad de secado constante. Régimen de velocidad de secado decreciente. Cálculo del tiempo de secado. Equipos. Secado por lotes. Secado continuo. Balances de materia y entalpía. Secado spray. Liofilización. Otros tipos de secado. Aplicaciones en la industria alimentaria.

### **TEMA 6: LIXIVIACIÓN**

Introducción. Equilibrio sólido-líquido. Diagramas triangulares y rectangulares. Factores que influyen en extracción sólido-líquido. Preparación del sólido. Temperatura de lixiviación. Lixiviación en una etapa y en varias etapas. Cálculos y diagramas de equilibrio. Equipos para extracción sólido- líquido. Extracción supercrítica. Aplicaciones en la industria de alimentos.

### **TEMA 7: CRISTALIZACIÓN**

Introducción. Equilibrio sólido-líquido. Cristalización-saturación. Metaestabilidad. Solubilidad-Temperatura. Pureza. Generación de cristales. Nucleación y velocidad de crecimiento de cristales. Calor de cristalización. Cristalización en equilibrio. Balance. Equipos utilizados en cristalización. Aplicaciones en la industria de alimentos.

## **Parte 3: Operaciones con transporte entre fases separadas por membranas**

### **TEMA 8: MICROFILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y ÓSMOSIS INVERSA**

Introducción. Estructuras de las membranas poliméricas e inorgánicas. Módulos de membranas industriales. Clasificación de los procesos separativos por membranas. Procesos impulsados por potencial eléctrico: Electrodialisis (ED). Aplicaciones. Procesos impulsados por presión: Microfiltración (MF) y Ultrafiltración (UF): Sistemas de flujo de alimentación. Interpretación del flujo permeado. Concepto de los coeficientes de tamizado y rechazo de la membrana. Ósmosis Inversa (OI). Aplicaciones de la MF-UF-OI en la industria de los alimentos: Tratamiento de leche, suero de leche, concentración de jugos de fruta.

## **VII - Plan de Trabajos Prácticos**

Los trabajos prácticos consisten en la resolución de problemas, realización de experimentos, preparación de una exposición

oral y respuestas a cuestionarios.

### RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Apuntan a adquirir destreza en la aplicación de balances de masa y entalpía; cálculos del número de etapas y altura de unidades de transferencia; y eficiencia de separación en las distintas operaciones estudiadas en el curso. Se espera que los alumnos desarrollen la capacidad de resolver cálculos que podrían presentarse en situaciones reales y que hagan un análisis crítico de tales resultados.

Los enunciados de los problemas a resolver se presentan en una guía por cada tema.

### TRABAJOS EXPERIMENTALES

El objetivo de los experimentos propuestos es observar algunos fenómenos de transferencia de masa y evaluar el efecto de variables de proceso. Se plantean experimentos relacionados a los temas:

1. Absorción: ensayos en una columna de pared mojada sobre el sistema agua-dióxido de carbono. Evaluación del efecto de la temperatura y el caudal de líquido.
2. Desorción: ensayos a realizar en el mismo equipo empleado para absorción, pero en condiciones de operación propuestas por los alumnos.
3. Lixiviación: ensayos de extracción de compuestos solubles desde té o remolacha. Evaluación del efecto de distintas condiciones de proceso, tales como tiempo, temperatura, naturaleza del disolvente, modo de contacto sólido-líquido. Se busca que los alumnos desarrollen la capacidad de planificar experimentos, adquieran destreza en la preparación y manipulación de soluciones, fortalezcan la capacidad de observación e interpretación de resultados experimentales y la capacidad de redacción de informes escritos.

### EXPOSICIÓN ORAL

Se intenta desarrollar la capacidad de búsqueda, clasificación y organización de información, así como la destreza para la comunicación oral de la misma. Esta tarea se lleva a cabo sobre el tema de Secado (o Deshidratación), ampliando la temática presentada en las clases teóricas hacia el secado por radiación solar y microondas, secado por atomización o spray, liofilización y deshidratación osmótica.

### CUESTIONARIOS

Para afianzar los conceptos básicos de cada operación unitaria estudiada en el curso, se proponen cuestionarios, a modo de guías de estudio. Los cuestionarios de extracción supercrítica, cristalización y operaciones con membranas se presentan como obligatorios.

### TRABAJOS PRÁCTICOS DE CAMPO

Se visitarán distintos laboratorios e instalaciones de la UNSL donde se puede apreciar el funcionamiento de equipos que involucran operaciones de transferencia de materia y transferencia simultánea de materia y energía. Por ejemplo:  
Laboratorios del área de Tecnología Química: destilador simple, ablandador de agua mediante intercambio iónico, equipos de microfiltración, ultrafiltración y ósmosis inversa.  
Laboratorios de INTEQUI: destilador simple, destilador por arrastre con vapor, ablandador de agua mediante intercambio iónico, equipo de ósmosis inversa, torres de adsorción para secado de aire comprimido.  
Edificio Rectorado: ablandadores de agua por intercambio iónico y torre de enfriamiento.  
En caso de existir disponibilidad económica y condiciones sanitarias seguras, se realizará una visita a planta industrial.

### CONSIDERACIONES SOBRE SEGURIDAD E HIGIENE

Se informará a los alumnos respecto a las medidas de Seguridad e Higiene que deberán respetar, especialmente durante la realización de los prácticos de laboratorio y las visitas a realizar.

## VIII - Regimen de Aprobación

Para REGULARIZAR la asignatura se requiere:

- Presentar como mínimo el 80% de la resolución de problemas.
- Realizar los experimentos propuestos y aprobar los informes correspondientes.
- Presentar la exposición oral.
- Presentar las respuestas de los cuestionarios obligatorios.

- Aprobar 2 (dos) exámenes parciales de resolución de problemas con un mínimo de 7 (escala 1 a 10). Cada parcial tendrá una primera opción de recuperación durante la semana siguiente a la fecha del parcial, y una segunda recuperación al final de cuatrimestre. La inasistencia a las evaluaciones parciales deberá ser justificada, en caso contrario, se considerará no aprobado.

Para APROBAR la asignatura POR RÉGIMEN DE PROMOCIÓN sin examen final se requiere:

- Presentar el 100% de la resolución de problemas.
- Realizar los experimentos propuestos y aprobar los informes correspondientes.
- Presentar la exposición oral.
- Presentar las respuestas de todos los cuestionarios.
- Aprobar 2 (dos) exámenes parciales de resolución de problemas con un mínimo de 8 (escala 1 a 10) en primera instancia.
- Aprobar 2 (dos) cuestionarios sobre contenidos teóricos durante la semana posterior al examen parcial de trabajos prácticos.
- Aprobar un coloquio integrador durante la última semana del cursado.

Para APROBAR la asignatura MEDIANTE UN EXAMEN FINAL (alumnos regulares) se requiere:

- Haber cumplido con las condiciones de regularidad
- Aprobar un examen oral sobre los contenidos teóricos de la asignatura.

Para APROBAR la asignatura COMO ALUMNO LIBRE se requiere:

- Aprobar un examen escrito de resolución de problemas.
- Aprobar un examen escrito sobre los trabajos experimentales, el que incluirá el análisis e interpretación de datos obtenidos durante una experiencia.
- Aprobar un examen oral sobre los contenidos teóricos de la asignatura.

## **IX - Bibliografía Básica**

- [1] Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. McCabe W. L., Smith J. C. y Harriot P. 7° Ed. Editorial Mc. Graw Hill. 2007.
- [2] Unit Operations in Food Engineering. Ibarz A., Barbosa-Cánovas G.V., Editorial CRC Press, 2003.
- [3] Transport Processes and Unit Operations. Geankoplis, C.J., 3° ed., Editorial Prentice-Hall, Inc., 1993.
- [4] Ingeniería de la Industria Alimentaria Vol II. Operaciones de Procesados de Alimentos. F. Rodríguez y col. Editorial Síntesis, 2002.
- [5] Operaciones de transferencia de masa. Treybal R.E., Editorial Mc.Graw Hill, 1980.
- [6] Las operaciones de la Ingeniería de los Alimentos. Brennan G.J., Butters J.R., Cowell N.D. y Lilley A.. 2° ed., Editorial Acribia, 1980
- [7] Ingeniería de procesos de Separación. Wankat P. 2° ed., Editorial Pearson Educación, 2008.
- [8] Manual del Ingeniero Químico. Perry Robert 5°, 6°, 7° ú 8° ed., Editorial Mc Graw – Hill.

## **X - Bibliografía Complementaria**

- [1] Tecnología del procesado de alimentos. Fellows P, 2° ed., Editorial Acribia, S.A., 2007.
- [2] Membranas. Procesos con Membranas. Marchese y col., Editorial Univ., 1995.
- [3] Membrane Separations Technology. Principles and Applications. Noble R.D. and Stern S.A., Editorial Elsevier, 1995.
- [4] Ingeniería Industrial alimentaria. Vol. II. Técnicas de separación. P. Mafart, E. Beliard. Editorial Acribia, 1994.
- [5] Handbook of food engineering. Heldman D. y Lund D. B.. Editorial Marcel Dekker Inc. , 1992.
- [6] Fundamentals of food process engineering. R. Toledo. Editorial Aspen Publishers, 1992.
- [7] Artículos de revistas especializadas.

## **XI - Resumen de Objetivos**

Se espera que los alumnos desarrollen capacidades para el análisis y dimensionamiento de equipos empleados en las operaciones unitarias que involucran la transferencia de materia y la transferencia simultánea de materia y energía.

## **XII - Resumen del Programa**

Operaciones unitarias con transporte en la interfase gas-líquido (absorción, destilación, humidificación) y en la interfase

sólido-fluido (adsorción e intercambio iónico, secado, lixiviación, cristalización) así como las operaciones de separación a través de membranas. Balances. Condiciones de equilibrio. Cálculo de eficiencia. Número de unidades transferidas. Altura de unidad transferida. Equipos. Aplicaciones en la industria alimentaria.

### **XIII - Imprevistos**

A raíz de la pandemia ocasionada por coronavirus, el dictado de la asignatura es semi-presencial. Las clases teóricas, la resolución de problemas, los cuestionarios y la presentación de los informes de experimentos se realizan a través de la plataforma Classroom. Las clases teóricas se distan en forma asincrónica, en formato video. La resolución de problemas y respuestas a los cuestionarios también son asincrónicas. Los experimentos, algunas clases de consultas, la exposición oral, las visitas y los exámenes parciales se realizarán en forma presencial, mientras la condición sanitaria local lo permita. Si no fuera así, se replanificarán estas actividades para realizarlas de manera no presencial.

### **XIV - Otros**

--

<b>ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA</b>	
	<b>Profesor Responsable</b>
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	