



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

(Programa del año 2009)

### I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
OPERACIONES UNITARIAS III	ING. EN ALIMENTOS	7/08	2009	1° cuatrimestre

### II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
ACOSTA, ADOLFO ORLANDO	Prof. Responsable	P.Adj Exc	40 Hs
MARCHESE, JOSE	Prof. Colaborador	P.Tit. Exc	40 Hs
MORALES, MARIA ROXANA	Responsable de Práctico	JTP Simp	10 Hs

### III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	Teóricas	Prácticas de Aula	Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.	Total
Hs	4 Hs	3 Hs	1 Hs	8 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoría con prácticas de aula y laboratorio	1° Cuatrimestre

Duración			
Desde	Hasta	Cantidad de Semanas	Cantidad de Horas
09/03/2009	19/05/2009	15	120

### IV - Fundamentación

La Ingeniería en Alimentos es una rama especializada de la Ingeniería, que se funda desde ciencias básicas y se proyecta dando sustento a las tecnologías respectivas y aspectos ingenieriles orientados al diseño y a la obtención de alimentos sanos y de calidad.

Dentro de las Tecnologías Aplicadas se encuentra las Operaciones Unitarias III cuya área temática comprende a las operaciones de transferencia de materia y transferencia simultánea de materia y energía que están presentes en procesos separativos o de purificación en la industria alimentaria. Los conocimientos logrados en esta área temática constituyen una herramienta fundamental para el análisis, diseño, control, evaluación y modificación de las distintas operaciones utilizadas en la producción de alimentos

### V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

Impartir conocimientos básicos en operaciones unitarias basadas en transferencia de materia y transferencia simultánea de calor y materia que son de interés en la práctica industrial tales como: Absorción, Destilación, Extracción, Lixiviación, Secado y Operaciones con Transporte de Materia en Fases Separadas por Membranas. Capacitar al alumno para el análisis y dimensionamiento de equipos utilizados en cada una de estas operaciones básicas. Aplicar los conocimientos de fenómenos de transporte a los procesos de involucrados en las operaciones unitarias.

### VI - Contenidos

#### Tema 1: Operaciones con transporte de materia en la interfase gas-líquido.

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.

Destilación: Introducción. Equilibrio Líquido-Vapor: Diagrama de fases presión-temperatura-concentración. Equilibrio a presión constante. Equilibrio a temperatura constante. Soluciones ideales. Desviaciones del comportamiento ideal. Métodos de operación aplicados a destilación: Destilación de una sola etapa. Destilación diferencial. Destilación por arrastre de vapor. Rectificación continua. Principios de diseño de columna. Método de McCabe-Thiele: Balance para un plato. Etapas de equilibrio. Determinación de platos mínimos y reflujo mínimo. Condensadores parciales.

Tema 2: Operaciones con transporte de materia en la interfase líquido-líquido y sólido -líquido

Extracción: Introducción. Equilibrio líquido-líquido: Diagramas triangulares. Diagramas de Distribución. Selectividad. Criterios de selección del solvente. Operación en una etapa. Operación en varias etapas: Corriente cruzada. Contracorriente. Balance económico. Equipos. Diseño.

Lixiviación: Introducción: Equilibrio sólido-líquido. Cinética. Factores que influyen en extracción. Preparación del sólido.

Temperatura de lixiviación. Lixiviación en una etapa y en varias etapas. Cálculos y diagramas de equilibrio. Equipos de extracción sólido- líquido. Lixiviación de semillas vegetales. Extracción supercrítica

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: Aplicación a la manufactura de azúcar. Balance. Equipos de utilizados en cristalización

Tema 3: Operaciones con transporte de materia en la interfase gas-sólido

Secado. Introducción. Curva de Equilibrio: definiciones. Ensayos de secado: Régimen de velocidad de secado constante. Régimen de velocidad de secado decreciente. Comportamiento de los materiales en el secado. Cálculo del tiempo de secado. Operaciones de secado: Secado por lotes. Secado continuo. Equipos. Mecanismos de secado por lotes: secado por circulación tangencial. Evolución de la humedad del sólido: difusión del líquido y por movimiento capilar. Mecanismos de secado continuo: Balance de materia y entalpía. Velocidad del secado para secadores de calentamiento directo continuo: Secado bajas y altas temperaturas. Liofilización: Teoría. Velocidad de transferencia calórica y de masa. Instalaciones. Efecto sobre los alimentos.

Tema 4: Operaciones con transporte de materia en fases separadas por membranas

Introducción y clasificación de los procesos separativos por membranas. Módulos de membranas Industriales. Procesos impulsados por concentración ( permeación de gases, pervaporación, diálisis). Aplicaciones. Procesos impulsados por potencial eléctrico: (electrodialisis) Aplicaciones. Diseño de Proceso impulsados por presión.

## VII - Plan de Trabajos Prácticos

### TRABAJOS PRACTICOS DE AULA:

Trabajos Prácticos de Aula:

Problemas sobre: Balances de masa. Cálculos del numero de etapas y altura de unidades de transferencia. Eficiencia de separación en operaciones como: Absorción, Destilación, Secado, Extracción liquido-liquido, Lixiviación. Procesos con Membranas

### TRABAJOS PRACTICOS DE LABORATORIO:

Se proponen efectuar los siguiente trabajos prácticos, la realización de algunos de ellos estará sujeta a la disponibilidad de equipamiento:

1. Absorción física de CO<sub>2</sub> en una torre de esferas.
2. Lixiviación: Obtención de pigmentos naturales y azúcares a partir de remolacha (beta vulgaris).
3. Obtención del coeficiente de transferencia de masa y concentración de la capa de gel en la ultrafiltración del lixiviado de remolacha.
4. Clarificación de Jugos de Fruta. Influencia de las variables operacionales en la formación del cake

### SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO

- 1) Recomendaciones generales de orden personal

- Trabaje en el laboratorio con al menos otra persona que tenga conocimiento de ello.
- Use propipetas o pipetas automáticas para pipetear solventes orgánicos, soluciones tóxicas o ácidos o bases fuertes.
- Emplee guantes y/o gafas para manipular sustancias peligrosas, inflamables o explosivas y hágalo bajo campana.
- No lleve sus manos sin lavar a la boca u ojos si ha usado productos químicos.
- No ingiera alimentos o bebidas en el laboratorio.

## 2) Recomendaciones generales con respecto al laboratorio

- Mantenga las mesadas limpias y libres de materiales extraños al trabajo.
- Rotule inmediatamente cualquier reactivo, solución o muestra para el análisis.
- Todas las botellas y recipientes deben estar identificados de la siguiente forma: nombre, concentración, fecha de preparación y responsable. Cuando se tenga duda sobre un reactivo éste se descartará.
- Mantener limpia la campana de extracción, no usarla como lugar de almacenamiento.
- Limpiar inmediatamente cualquier derrame de productos o reactivos. Protéjase si es necesario para realizar la tarea.
- En caso de derrames de productos inflamables, tóxicos o corrosivos siga los siguientes pasos: interrumpa el trabajo, advierta a las personas próximas sobre lo ocurrido, realice o solicite ayuda para una limpieza inmediata.
- Cuando se utilicen solventes inflamables, asegurarse que no haya fuentes de calor cercanas.

## 3) Operaciones rutinarias en el Laboratorio

### a- Trabajo con material de vidrio:

Cuando se insertan partes de vidrio en tubos de goma o tapones se las debe lubricar con agua, glicerina o detergente y deben protegerse las manos con guantes o una tela doblada. Mantener el tapón entre el pulgar y el índice, nunca en la palma de la mano.

### b- Encendido de fuego:

Antes de encender una llama asegúrese que lo hace en un lugar permitido donde no haya material inflamable a su alrededor. Pruebe con solución de detergente la tubería, robinete y mechero para evitar pérdida de gas. Encienda el mechero al principio con la menor apertura posible del robinete. No abandone el laboratorio sin haber apagado los mecheros.

### c- Trabajo con ácidos y bases fuertes:

Abrir las botellas despacio y bajo campana. Antes de tocar una botella verificar que no esté húmeda. No la tome del cuello ni del tapón. Si está contenida en un recipiente, verifique el estado del mismo y tómelo sosteniéndolo por la base. Trabaje siempre con guantes. Nunca intente verificar el contenido de una botella o recipiente por su olor. Pipetear con propipeta. No apoyar la pipeta usada sobre la mesada, colocarla sobre un vidrio de reloj. Las propipetas se deben guardar con la ampolla llena de aire (sin aplastar) porque se deforman y pierden su función.

Para diluir ácidos concentrados: Agregar el ácido sobre el agua de a poco y agitando y no a la inversa para evitar proyecciones del ácido en todas direcciones. Use envases plásticos para guardar ácido fluorhídrico porque ataca al vidrio. El hidróxido de sodio también se guarda en recipientes plásticos.

En todos los casos, tapar con firmeza las botellas de manera de evitar pérdida de concentración por volatilización (HCl, HNO<sub>3</sub>), dilución (higroscopicidad del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) o carbonatación del NaOH.

## 5) Procedimiento en caso de incendio

Si se produce un incendio se debe primero informar a los demás y pedir ayuda. Si el incendio es pequeño puede intentar apagarlo o circunscribirlo cortando el gas y atacando el incendio con arena, extintor o agua. Con los equipos eléctricos no se puede usar agua. El chorro del extintor se debe dirigir a la base de la llama. Si corre el riesgo de verse atrapado o alcanzado por las llamas o una explosión o sofocarse por el humo abandone el lugar (su vida es más valiosa que cualquier equipo). Retírese del lugar en orden, sin pánico. Si hay humo, arrójese al suelo. El humo va hacia arriba. Si debe pasar por zonas de intenso calor, cúbrase la cabeza con una tela preferentemente mojada. Si se estaba trabajando con materiales peligrosos (tóxicos o corrosivos), antes de alejarse del lugar del incendio informe de esta circunstancia a los que vayan a combatir el incendio. Se debe conocer antes que nada dónde están ubicados en el Laboratorio, los elementos de lucha contra incendios, las llaves de gas, electricidad, el teléfono y los números de emergencia .

## PRIMEROS AUXILIOS

1) Ácidos corrosivos: Sulfúrico, clorhídrico, nítrico, fluorhídrico, etc.

Ingesta: Se administrará rápidamente líquidos acuosos adicionados con agentes alcalinos débiles como:

- Mg(OH)<sub>2</sub> al 8 %
- Gel de Al(OH)<sub>3</sub>

- Cal apagada (Ca(OH)<sub>2</sub>) en forma de solución azucarada.

NO usar bicarbonato de sodio pues da origen a desprendimiento de gas carbónico, lo cual puede provocar perforación en las paredes digestivas ya fuertemente traumatizadas.

Lesiones externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes alcalinos antes indicados

En boca: enjuagar con una solución de bicarbonato de sodio.

En ojos: colocar solución de bicarbonato de sodio al 22,5 % o isotónica con las lágrimas.

Derrames: NO utilizar agua. Utilizar arena, bicarbonato de sodio o mezcla de ambos protegiendo las manos con guantes de goma.

2) Alkalís cáusticos: Hidróxido de sodio o calcio, amoníaco, carbonato de sodio o potasio, etc. Las lesiones son mas peligrosos que los ácidos porque actúan a mayor profundidad en los tejidos (saponificación de triglicéridos).

Ingesta: Se puede suministrar abundante agua fría para diluir el álcali y luego soluciones acuosas de ácidos débiles.

- Vinagre al 1 %
- Ácido acético al 1 %o.
- Jugo de limón (ácido cítrico).

Lesiones Externas:

En piel: lavar la región atacada con abundante agua y aplicar compresas embebidas en los neutralizantes antes indicados.

En boca: enjuagar con agua y luego con alguna de las soluciones antes indicadas.

Derrames: Si el álcali es líquido y en poca cantidad, se puede lavar con abundante agua y drenar a la rejilla o pileta. Si es sólido, juntar con pala de plástico y verter poco a poco en la pileta, haciendo correr abundante agua. Siempre protéjase las manos con guantes de goma.

3) Metales pesados: Por ejemplo Cd, Zn, Pb, Be, Cr, Hg.

Toxicidad: En general los metales pesados y sus sales son tóxicos o cancerígenos si se ingieren en cantidades apreciables o se inhalan en forma permanente. El contacto con la piel puede producir irritación.

Lesiones: El material que entra en contacto con la piel debe ser lavado enseguida con abundante agua, al igual si se salpican los ojos.

Procedimiento Básico para Utilizar un Extintor Portátil

1.- Asegúrese que el extintor se encuentra en buenas condiciones, el precinto no está roto y la presión es la apropiada. Para los extintores de CO<sub>2</sub>, el peso es un indicador de que el mismo está lleno.

2.- Rompa el precinto y quite el anillo de seguridad. Si el extintor es de presión indirecta, percuta el cilindro de gas, empujando la palanca hacia abajo.

3.- Realice una pequeña descarga del extintor frente a Ud., a fin de verificar si no tiene problemas

4.- Dirija la boquilla del extintor hacia la base de la llama, y con el viento a su favor, dispare repetidas veces y de forma que cubra la mayor área del incendio, hasta que controle el mismo.

5.- Luego de terminar y verificar que no existen mas focos, ventile el área y recargue los extintores utilizados.

6.- Recuerde que el uso de extintores portátiles es sólo para principios de incendio.

Nota: Se entregará a los alumnos una guía sobre "SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO"

## VIII - Regimen de Aprobación

### REGIMEN PARA ALUMNOS REGULARES

1. INSCRIPCIÓN: Podrán inscribirse y cursar como regulares aquellos alumnos que hayan aprobado la asignatura Físicoquímica Aplicada y regularizada la asignatura Operaciones Unitarias II.

2. TRABAJOS PRACTICOS: La asistencia a los trabajos prácticos es obligatoria. El alumno deberá aprobar en primera instancia el 80% de los trabajos prácticos, debiendo tener a finalizar el curso el 100% de los mismos aprobados.

1. EVALUACIONES PARCIALES Y RECUPERACIONES: Se realizarán (3) Examinaciones parciales escritas sobre problemas de aula y trabajos prácticos de laboratorio. El alumno tendrá derecho a una (1) recuperación por cada parcial y tendrá derecho a una segunda recuperación solo cuando tenga aprobado 2 (dos) de las exámenes parciales [OCS N°13 art

24 inc( b)]. Cada parcial debera aprobarse con un mínimo del 70% . El alumno que trabaja y la alumna que es madre de un hijo menor de 6 años, tendrán derecho a una recuperación más sobre el total de la Evaluaciones Parciales establecida.La ausencia a los parciales deberá ser adecuadamente justificada, en caso contrario se considerará no aprobado.

3.EXAMEN FINAL: Podrán rendir el examen final de la asignatura los alumnos que hayan cumplido con los requisitos de regularización establecida en la presente asignatura y además que hayan aprobado en forma completa la asignatura Operaciones Unitarias II.

#### REGIMEN PARA ALUMNOS PROMOCIONALES

1. INSCRIPCION: Podrán cursar por el Régimen de Promoción de la asignatura, los alumnos que hayan aprobado en forma completa la materia Operaciones Unitarias II .

CLASES TEORICAS: Para mantener la condición de alumno promocional deberá asistir al 80% de las actividades teóricas programadas.

3. TRABAJOS PRACTICOS: El alumno deberá aprobar en primera instancia el 80% de los trabajos prácticos, debiendo tener al finalizar el curso el 100% de los mismos aprobados.

Deberá completar el 90% en la primera recuperación y 100% en una segunda recuperación.

4. EVALUACION PARCIALES Y RECUPERACIONES: Se realizarán (2) evaluaciones parciales teóricas escritas y (3) evaluaciones parciales de trabajos prácticos escritas, las cuales comprenderán la totalidad de los temas del Programa de Exámen de la Asignatura. El alumno tendrá derecho a recuperar (1) Evaluación de Teoría y (1) Evaluación de Trabajos Prácticos. La nota de aprobación de cada evaluación no será menor de 7 (siete).En caso de ausente sin justificación a una evaluación, el alumno tendrá la calificación de 1 (uno), la cual será promediada.

5. PERDIDA DE PROMOCIÓN: En caso de no cumplir con alguna de las condiciones establecidas del régimen para alumnos promocionales, el alumno pasará automáticamente a la condición de regular, debiendo cumplir con lo establecido en el reglamento para alumnos regulares.

6. NOTA DEFINITIVA: : La calificación final de la asignatura resultará del promedio de todas las calificaciones obtenidas en las evaluaciones parciales, incluyendo no aprobadas. Se calificará de 1 a 10 y considerándose los centésimos

### IX - Bibliografía Básica

- [1] [1] Treybal R.E., Operaciones de transferencia de masa, Ed. Mc.Graw Hill. Ed., 1980.
- [2] [2] Geankoplis, C.J., Transport Processes and Unit Operations. 3°Ed. Prentice-Hall, Inc.,1993
- [3] [3] Ibarz A., Barbosa-Cánovas G.V., Unit Operations in Food Engineering.(Cap.17a 22)Ed CRC Press, 2003
- [4] [4] Backhurst J.R., Haker J.H. and Porter J.E., Problems in Heat and Mass Transfer, Ed. Arnold Pub., 1980.
- [5] [5] Hines A., Maddox R., Mass Transfer. Fundamentals and Applications. Prentice Hall, Inc.,1985.
- [6] [6] Gaskell D., An Introduction to transport phenomena in Materials engineering, Ed. Macmillan, 1992.
- [7] [7] Foust A.S., Wenzal L.A., Clump C.W., Principios de Operaciones Unitarias, Cía.Ed. Continental S.A., 1974.
- [8] [8] F. Rodríguez y col. Ingeniería de la Industria Alimentaria Vol II. Operaciones de Procesados de Alimentos. Ed. Síntesis. 2002
- [9] [9] Fellows P, Tecnología del procesado de alimentos, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza , España, Cap 20, 1994.
- [10] [10] Marchese y col., Membranas. Procesos con Membranas. Ed. Univ., 1995.
- [11] [11] Noble R.D. and Stern S.A., Membrane Separations Technology. Principles and Applications. Ed. Elsevier, 1995.
- [12] [12] Cheryan M. , Ultrafiltration Handbook. Technomic Publissing Co. Inc ISBN N° 87762-456-9, 1986
- [13] [13] Rautenbach.R Albrecht R., Membrane Processes. Ed. Wiley & Sons. 1989

### X - Bibliografía Complementaria

- [1] [1] Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A., Problemas y Ejemplos para operaciones Unitarias Básicas y Aparatos en Tecnología Química, Moscú, 1981.
- [2] [2] Gaskell D., An Introduction to transport phenomena in Materials engineering, Ed. Macmillan, 1992.
- [3] [3] Hirschfelders, Curtiss C., Bird B. Molecular Theory of Gases and Liquids. Ed. Wiley & Sons.
- [4] [4] R.R. Bhave, Inorganic Membranes. Synthesis, Characteristics and Applications. Ed. Chapman & Hall (1991)
- [5] [5] Trabajos de especialistas,Manuales de Ingeniería, Revistas especializadas en ingenieria en alimentos

### XI - Resumen de Objetivos

Lograr que el alumno desarrolle capacidad para el análisis y diseño de equipos de transferencia de materia y de transferencia

simultánea de calor y materia. Aplicar la dicha transferencia a través de una interfase, que implique un cambio en la composición de soluciones y mezclas en operaciones de importancia industrial tales como: Absorción, Destilación, Extracción líquido líquido, Extracción sólido-líquido, Secado y Procesos con membranas

## **XII - Resumen del Programa**

Operaciones unitarias con contacto directo de dos fases inmiscibles a) gas-líquido: absorción, destilación b) líquido-líquido: extracción y sólido-líquido: lixiviación, secado. Balances. Condiciones de equilibrio. Cálculo de eficiencia. Número de unidades transferidas. Altura de unidad transferida. Equipos. Fases separadas por membranas: procesos de separación por membranas

## **XIII - Imprevistos**

Se resolverán en la medida que se presenten

## **XIV - Otros**