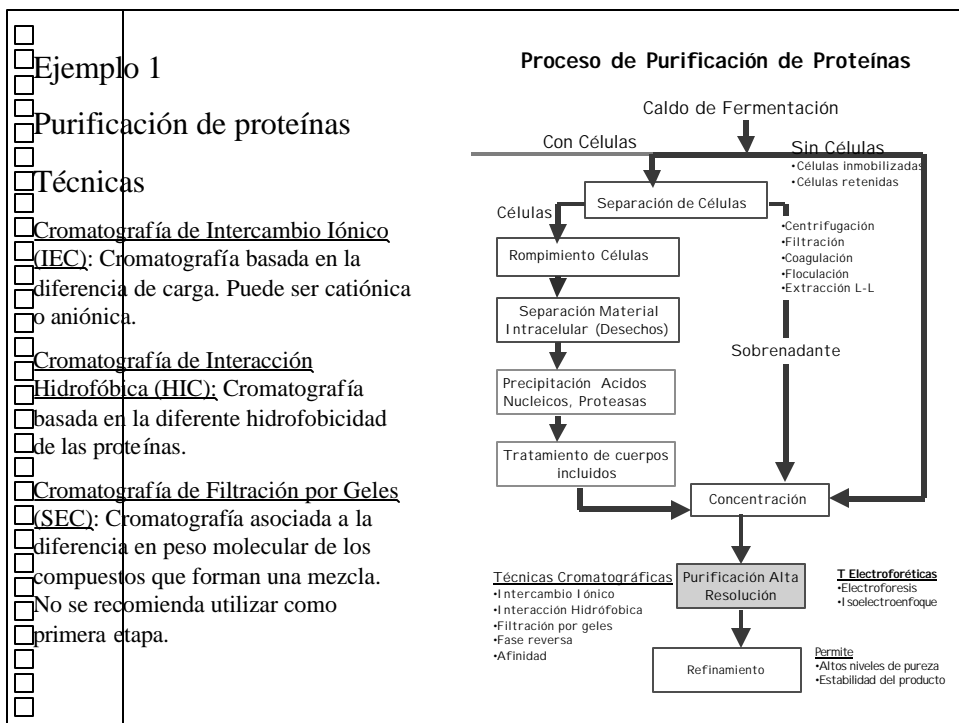


## Reglas

1. Cuando sea posible, reducir la carga de separación por medio de división y mezclas de corrientes
2. Siendo todas las otras cosas iguales, intente separar las especies que se encuentran en mayor cantidad, al principio

- Siendo todo lo demás igual, separar en partes iguales**
- Remover primero las especies corrosivas**
- Dejar las separaciones difíciles para el final**
- Siendo el resto igual, desechar aquellas separaciones que involucren especies que no están normalmente presentes en el proceso. Sin embargo, si se adiciona una especie extraña, se debe remover inmediatamente después de ser utilizada**

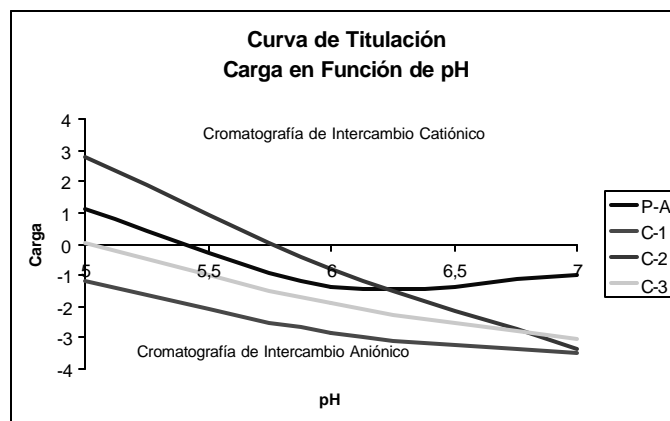
<input type="checkbox"/>	8.	Siendo el resto de las cosas igual, evitar los alejamientos de las condiciones ambientales. En su defecto, preferir lo alto en vez de lo bajo.
<input type="checkbox"/>	8.	Al utilizar destilación o equipos similares, seleccionar una secuencia que finalmente remueva el producto valioso como destilado, siendo el resto igual.
<input type="checkbox"/>	9.	En un sistema de destilación, se debe preferir aquella secuencia que remueva las especies una a una desde el tope, todo el resto siendo igual.



## Purificación de Proteínas

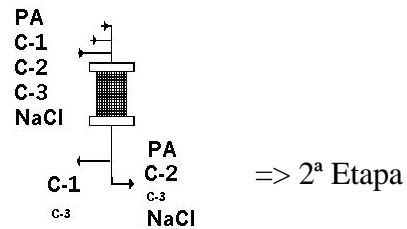
Proteína	Conc. g/l	pI	Mw KDa	Hidro	Carga		
					pH 5	pH 6	pH 7
P-A	7.70	5.3	48.3	0.48	1.12	-1.36	-1.00
C1	7.06	4.7	85.6	0.48	-1.17	-2.83	-3.50
C2	6.80	5.6	93.4	0.93	2.78	-0.81	-3.32
C3	4.83	5.0	203.0	0.36	0.04	-1.92	-3.07

## Curvas de Titulación

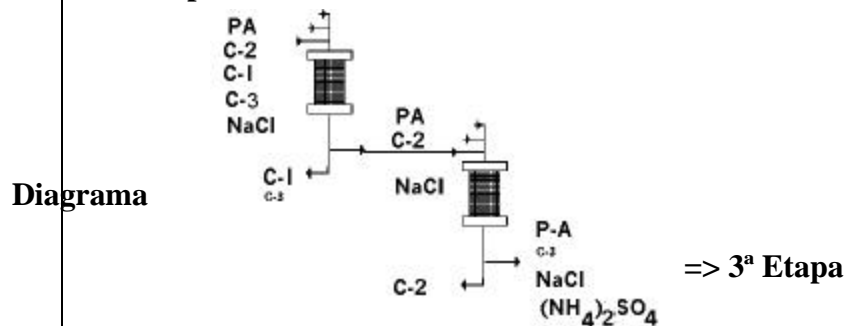


[illegible]

### Diagrama

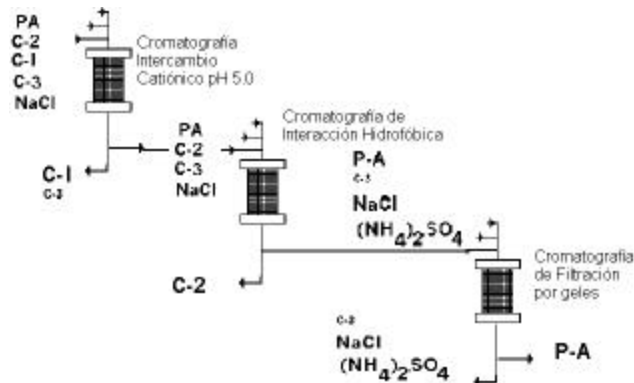
[illegible]

- El contaminante en mayor porcentaje es C-2.
- Para ello se recurre a una Cromatografía de Interacción Hidrofóbica, allí se separa P-A y C-3 (remanente) de C-2.
- En esta etapa se adiciona Sulfato de Amonio que se debe eliminar posteriormente.



### 3ª Etapa

- Se recurre a una **Cromatografía de Filtración por Geles** que separa los residuos de C-3 (mínimos) y principalmente las sales ( $\text{NaCl}$  y  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ )



### Ejemplo 2: Limitaciones Técnicas

#### Suero: Desde Contaminante a producto comercial

- Producción de queso se utiliza como materia prima leche y que genera:
  - ♦ Queso 1Kg
  - ♦ Suero 8-10 Kg
    - (DBO 140 ton/día, población 60000 personas)
- ⇒ Es importante la conversión de este contaminante a un producto valioso

## ¿Cómo convertirlo en producto comercial?

## Alternativas

<u>Proteína</u>	á-lactoalbúmina 14.4 KDa â-lactoglobulina 36 KDa proteasa-peptona 200 KDa ■solubles en agua ■precipitan como un gel cuando se concentra el suero por evaporación hasta un 50 a 60% de sólidos.
<u>Lactosa: C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub></u>	MW : 342 ■principal azúcar de la leche. ■soluble en agua sólo hasta un 10% de sólidos.
<u>Ácido láctico: CH<sub>3</sub>CHOHCOOH</u>	■MW 90 ■se forma por la acción del <i>Bacillus acidi lactici</i> en la lactosa. ■líquido viscoso e incoloro ■soluble en agua, etanol y éter a cualquier concentración.

<u>Sales Minerales</u>	■MW 50-100 ■sales inorgánicas de sodio y calcio ■en solución se encuentran como iones, y por esto son más movibles ■Estas sales limitan el sabor de los alimentos.
<u>Agua</u>	■Esta es la única sustancia volátil en el suero. ■La evaporación de agua requiere 970 BTU/lb. ■Esta vaporización es algo costosa.

Compuestos del suero y sus propiedades					
Compuesto	Composición %	mw	Volatilidad	Solubilidad en agua	
Agua	93.4	18	Volátil	-	
Proteínas	0.9	10000-200000	No-volátil	Hasta 50%	
Lactosa	5.0	342	No-volátil	Hasta 10%	
Ac.Láctico	0.2	90	No-volátil	Muy Soluble	
Sales	0.5	20-100	No-volátil	Muy Soluble	

Compuestos del suero y sus propiedades					
Proteínas	<input type="text"/>	Agua	<input type="text"/>	Sal	<input type="text"/>
	┆		┆	A.Láctico	┆
Lactosa	<input type="text"/>			Proteína	<input type="text"/>
	┆				┆
Agua	<input type="text"/>	Proteína	<input type="text"/>	Lactosa	<input type="text"/>
Ac. láctico		Lactosa			
Sal	mw	Ac. láctico	Volatilidad	Solubilidad	
		Sal			



## Alternativas de proceso

- Diferencia de solubilidad y mw de las proteínas y la lactosa.
  - ◆ Solubilidad: Si se evapora el agua primero cristaliza la lactosa y luego las proteínas, pero con las sales.
  - ◆ MW: gran diferencias => se pueden aplicar operaciones de membrana. Puede separar las sales y el ac. Láctico desde las proteínas y la lactosa.

## Operaciones de membrana

- Se tiene una membrana a través de la cual pueden pasar los compuestos de menor tamaño y quedan los de mayor, ie, la movilidad a través de la membrana depende del tamaño.
- La fuerza impulsora es una presión que se ejerce sobre la solución. Esta presión se ve limitada por la tolerancia de la membrana, por esta razón solo se puede aplicar para sueros concentrados hasta un 25% (algunos casos 10%).

### Ultrafiltración con una membrana que solo retiene Proteínas

Especie	Inicial	Permeado	Concentrado
Agua	0.934	$0.934 x$	$0.934 (1-x)$
Proteína	0.009	0	0.009
Lactosa	0.050	$0.050 x$	$0.050 (1-x)$
Ac. láctico	0.002	$0.002 x$	$0.002 (1-x)$
Sales	0.005	$0.005 x$	$0.005 (1-x)$

x: Fracción de agua removida

$x^*$  Fracción máxima de agua removida

Dado que la concentración máxima de sólidos en el concentrado puede llegar a un 25%  $\Rightarrow$  la cantidad de agua debe ser un 75% (Y). Se puede calcular  $x^*$ .

$$Y = 0.75 = \frac{0.934 (1-x^*)}{[0.934 (1-x^*) + 0.009 + 0.05 (1-x^*) + 0.002 (1-x^*) + 0.005 (1-x^*)]} \Rightarrow x^* = 0.97$$

### Composición del Concentrado y Filtrado obtenido por ultrafiltración

Composición del producto % pp						
Especie	% agua removido				96.5	96.5
	0	80	90	95		
Composición del producto % pp					Concentrado	Filtrado
Proteína	14	44	61	76	82	-
Lactosa	74	49	34	21	16	88
Ácido láctico	3	2	1	1	1	4
Sales	8	5	3	2	2	9
Sólidos	7	10	14	20	25	6
Agua	93	90	86	80	75	94

**Por restricciones técnicas sólo se puede separar hasta un 82% de proteína y no completamente de la lactosa. La corriente de lactosa si puede quedar libre de proteína.**

## Conclusiones

- Un equipo de membrana puede ser utilizado para separar el suero en los productos deseados, pero no completamente.
- Los balances de masa nos permiten evaluar las limitaciones en el rendimiento del equipo (82% de concentrado seco). No todas las operaciones se pueden separar al 100%.
- Existen límites técnicos en las operaciones que impiden que sean factibles mayores niveles de recuperación.
- Se requieren de otras operaciones, ie secado.

## Evaporación de Agua

- Existen diferentes forma de evaporar el agua (Secado)
  - ♦ No adiabático por Conducción (secado completo): Se forma una torta sólida que se debe remover de la superficie caliente y luego moler.
  - ♦ Contacto directo con aire caliente ( Aspersión o spray), se forman gotas aisladas que al ponerse en contacto con el aire tienden a formar gránulos que son fáciles de manejar. El sólido nunca llega a altas temperaturas.
    - Secado efectivo requiere que la solución este lo más cerca posible del punto de saturación (50% sólidos para proteínas, 10% sólidos para lactosa)
    - Se deben ajustar utilizando un evaporador u otro microfiltro con otro tamaño de corte.

