

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS**  
**DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES**



**ESTUDIO SOBRE LA PRODUCCION DE**  
**ACIDO LACTICO A PARTIR DE UN**  
**PROCESO DE FERMENTACION**  
**DE MELAZA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**  
**OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE**  
**MAESTRIA EN INGENIERIA QUIMICA**

**ELABORADA POR**

**FRANCISCO ANTONIO DAUTANT SEMPRUN**

**MONTERREY, N. L.**

**SEPTIEMBRE DE 1985**

TM

QP915

.L2

D3

c.1

# 130



1080074539

**BIBLIOTECA, DIVISION  
ESTUDIOS SUPERIORES**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES



ESTUDIO SOBRE LA PRODUCCION DE  
ACIDO LACTICO A PARTIR DE UN  
PROCESO DE FERMENTACION  
DE MELAZA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE  
MAESTRIA EN INGENIERIA QUIMICA  
ELABORADA POR  
FRANCISCO ANTONIO DAUTANT SEMPRUN

MONTERREY, N. L.

SEPTIEMBRE DE 1983

TM  
QP915  
.x2  
D3



A MI ESPOSA Y A MI HIJO

Porque son lo más grande y  
hermoso de mi ser y además  
porque son la luz que ilumina  
mi vida y la llena de dicha y  
felicidad.

*A MIS PADRES*

Quienes con su amor y comprensión siempre me han guiado por el camino correcto.

A MIS HERMANOS

Por su constante animación  
y apoyo.



**A MIS MAESTROS**

**Con respeto y admiración**

**AGRADECIMIENTO :**

Expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. Pablo Enrique Duarte por su gran preocupación, así como la gran ayuda que siempre me proporcionó durante el desarrollo del proyecto.

**AGRADECIMIENTO :**

Agradezco a la Lic. María Teresa Garza por su apoyo y orientación en el desarrollo práctico del proyecto.

# I N D I C E

	Página
LISTA DE TABLAS	1
LISTA DE FIGURAS	2
1. SINOPSIS	3
2. INTRODUCCION	6
3. GENERALIDADES	9
3.1 Perfil del Producto	10
a) Propiedades	10
b) Usos	13
3.2 Estudio de Mercado	15
3.3 Localización de la Planta Industrial	22
4. SELECCION DEL PROCESO	24
4.1 Métodos de Producción Existentes	25
4.2 Materias Primas Empleadas en la Fabricación del Acido Láctico	29
4.3 Comparación y Selección del Proceso	35
5. EXPERIMENTACION EN LABORATORIO	50
5.1 Objetivos	51
5.2 Fundamento	51
5.3 Resultados y Observaciones	52
6. DESCRIPCION DEL PROCESO	61
6.1 Descripción General del Proceso	62
6.2 Diagrama de Flujo del Proceso	73
6.3 Descripción del Equipo Principal Seleccionado	74
7. ANALISIS ECONOMICO	89
A. - Determinación del Capital Fijo Directo	92
B. - Determinación del Costo Total del Producto	93
C. - Determinación de la Utilidad Neta Anual	95
D. - Determinación de la Rentabilidad	95
E. - Determinación del Flujo de Efectivo	96
F. - Determinación de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	96

	Página
8. CONCLUSIONES	100
9. BIBLIOGRAFIA	103
10. APENDICE : Descripción de la Práctica de Laboratorio	107
11. REFERENCIAS	124

LISTA DE TABLAS

		Página
TABLA 1	Propiedades del Acido Láctico .....	12
TABLA 2	Propiedades de los Isómeros del Acido Láctico	12
TABLA 3	Usos del Acido Láctico .....	14
TABLA 4	Tendencia de Importación de Acido Láctico ...	17
TABLA 5	Características de los Organismos para la Pro ducción Comercial del Acido Láctico .....	17
TABLA 6	Análisis Promedio de la Melaza .....	37
TABLA 7	Análisis Promedio del Suero .....	38
TABLA 8	Análisis Promedio del Maíz .....	38
TABLA 9	Análisis Promedio de las Patatas .....	39
TABLA 10	Asignación de Valores a las Alternativas .....	47
TABLA 11	Asignación de Valores a los Criterios .....	48
TABLA 12	Determinación de la Función Criterio.....	49
TABLA 13	Concentraciones del Producto Obtenido por Ex- perimentación .....	53
TABLA 14	Características del Producto Final .....	56
TABLA 15	Características de los Evaporadores .....	85
TABLA 16	Características de los Filtros .....	86
TABLA 17	Características de la Caldera de Vapor .....	86
TABLA 18	Características de los Tanques Empleados ....	87
TABLA 19	Características de las Bombas Empleadas ....	88

A P E N D I C E

TABLA I	Fermentador "A" .....	111
TABLA II	Fermentador. "B" .....	112
TABLA III	Medio 21 para Lactobacillus .....	114
TABLA IV	Medio 23 para Leuconostoc .....	114

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1a	Importación de Acido Láctico .....	19
FIGURA 1b	Tendencia de Importación del Acido Láctico ...	20
FIGURA 2	Clasificación de Algunas de las Bacterias Pro- ductoras de Acido Láctico .....	34
FIGURA 3a	Comportamiento de la Concentración de Azúcar y Acido Láctico con Respecto al Tiempo en el Fermentador "A" .....	57
FIGURA 3b	Comportamiento del PH y Número de Células con Respecto al Tiempo en el Fermentador "A"	58
FIGURA 4a	Comportamiento de la Concentración de Azúcar y Acido Láctico con Respecto al Tiempo en el Fermentador "B"	59
FIGURA 4b	Comportamiento del PH y Número de Células con Respecto al Tiempo en el Fermentador "B"	60
FIGURA 5	Diagrama de Bloques de la Producción de Acido Láctico .....	63
FIGURA 6	Producción de Lactato de Calcio y Reducción de la Concentración de Azúcar durante la Fermen- tación .....	68
FIGURA 7	Diagrama de Flujo del Proceso .....	73
FIGURA 8	Evaporador de Acido Láctico .....	76
FIGURA 9	Evaporador de Lactato de Calcio .....	77
FIGURA 10	Filtro Prensa .....	80
FIGURA 11	Fermentador .....	84
FIGURA 12	Gráfica del Punto de Equilibrio .....	99

A P E N D I C E

FIGURA I	Diagrama General de la Práctica .....	121
----------	---------------------------------------	-----

S I N O P S I S



## 1. SINOPSIS

El presente estudio tiene como objetivo determinar el método de producción de ácido láctico por fermentación bacteriana a partir de mieles incristalizables de azúcar de caña, y desarrollar una evaluación económica preliminar del proyecto.

El ácido láctico es un producto de importación total, ya que no se produce en México.

La disponibilidad de las mieles incristalizables como materia prima se puede considerar como ventajosa, considerando que éstas son poco empleadas, algunas cantidades desperdiciadas y otra cantidad exportada a diversos países.

Según el consumo de ácido láctico, en base a la importación (Tabla No. 4), se estimó una capacidad de producción de la planta, de 500 toneladas por año de ácido al 50% de concentración. Sin embargo, esta concentración puede variarse en el rango de 50 a 90%, de acuerdo a los requerimientos de mercado.

Dentro de los procesos industriales para la fabricación de ácido láctico por fermentación microbiana a partir de compuestos ricos en carbohidratos, fué seleccionado el proceso fermentativo que emplea el microorganismo denominado *Lactobacillus Delbrueckii*, considerado como el que ofrece mejores rendimientos para fermentar las mieles

incristalizables de azúcar de caña, además de otras ventajas.

Se efectuó una investigación experimental en el laboratorio, con objeto de obtener datos de rendimientos, así como cualquier otra clase de información que resultara de utilidad en el desarrollo adecuado del proyecto, debido a la falta de información del tipo específico de melaza empleada.

El rendimiento del ácido láctico es del 84% con respecto a los azúcares fermentables de la melaza.

El proceso seleccionado de producción de ácido láctico consiste, básicamente en: unidades de fermentación, sedimentación de lactato de calcio, conversión de lactato a ácido láctico, filtración y concentración del producto.

La planta se consideró como una entidad aislada, localizada en la ciudad industrial de Monterrey.

En base a lo anterior se diseñó el equipo principal y además se seleccionó el equipo auxiliar y de servicio.

Finalmente se realizó una evaluación económica para estimar la factibilidad del proyecto.

# I N T R O D U C C I O N

## 2. INTRODUCCION

El presente estudio tiene como objetivo la evaluación económica para determinar la factibilidad de uno de los procesos industriales para la obtención de ácido láctico por fermentación, empleando como materias primas las mieles incristalizables que son un subproducto de la industria azucarera.

Entre las razones que motivaron esta evaluación se destacan las siguientes:

- a) El ácido láctico es un producto de múltiples aplicaciones en la industria; entre las principales se tienen las siguientes: como acidulante en productos alimenticios y bebidas, se usa también como curtiente, en la producción de ciertos plásticos y sus sales se emplean en farmacia.
- b) A la fecha no se produce ácido láctico en México y la demanda se cubre por importaciones.
- c) El consumo de ácido láctico, reflejado en las importaciones, ha mostrado un incremento en los últimos años.
- d) Las mieles incristalizables que pueden usarse como materia prima en la producción de ácido láctico son de fácil adquisición y bajo costo; actualmente se emplean como forraje, en la pro-

ducción de levaduras y para obtener alcohol por fermentación; sin embargo, aún quedan grandes cantidades que se exportan o se desperdician.

Además se trata de fomentar el interés de los estudiantes de Química para el conocimiento y aplicación; así como de describir la importancia de la fermentación láctica.

G E N E R A L I D A D E S

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1 Perfil del Producto

Es uno de los primeros ácidos orgánicos conocidos. Industrialmente se fabrica o puede obtenerse como producto metabólico de la fermentación controlada de cualquier medio que contenga carbohidratos, como del azúcar de las melazas, de la glucosa del maíz o de la lactosa del suero de la leche, etc., y por la acción de diversos microorganismos.

Se presenta bajo tres formas : - Dextrógira  
- Levógira y  
- Racémica.

El ácido comercial es de la forma inactiva o racémica, constituida por una mezcla de las formas dextrógira y levógira, y se vende en solución con un 22, 44 u 85% de ácido y algunas impurezas orgánicas.

Este ácido está muy diseminado en la naturaleza; se presenta como un componente normal de la sangre y los músculos de los animales.

#### a) Propiedades :

El ácido láctico es un componente ternario, formado por

carbono, oxígeno e hidrógeno. Es soluble en agua y en disolventes orgánicos misibles con agua, como el alcohol y la acetona; pero en general, los alcoholes son más eficaces en la extracción del ácido láctico.

A continuación se reportan otras propiedades importantes en las Tablas 1 y 2.



TABLA 1

PROPIEDADES DEL ACIDO LACTICO

PROPIEDAD	ACIDO LACTICO
1. - Nombre Comercial	Acido Láctico
2. - Nombre Químico	2-hidroxipropionico alfa-hidroxipropionico
3. - Fórmula Química	$\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$
4. - Peso Molecular	90.08
5. - Temperatura de Ebullición a la presión atmosférica	122.00°C
6. - Temperatura de Fusión del ácido puro	18.00°C
7. - Calor de Combustión	3615.00 cal/gr
8. - Peso Específico	1.206
9. - Color	Incoloro
10. - Índice de Refracción	1.4414
11. - Densidad	10.404 Lb/gal a 15°C

TABLA 2

PROPIEDADES DE LOS ISOMEROS DEL ACIDO LACTICO

Acido Láctico	Punto de Fusión °C	Constante de Disociación 25°C
D(-)	52.8	-
L(-)	52.8	-
DL	16.8	$1.38 \times 10^{-4}$

b) Usos :

Los usos del ácido láctico pueden dividirse en dos categorías:

- Alimenticios y
- No alimenticios.

En general, el ácido láctico puede usarse como acidulante en cualquier clase de alimentos o bebidas, a causa de su sabor agradable y su marcada acción conservadora.

Entra en el campo de la Medicina en forma de un lactato cálcico muy puro para corregir alteraciones del metabolismo del calcio.

Se usa en la Industria de los Plásticos, pero se esterifica más cantidad para obtener disolventes de lacas o plastificantes (lactatos de etilo, butilo, etc.)

Tiene importancia en el desencalado durante el curtido de cuero y para teñido ácido de la lana.

Se utiliza en la producción de resinas fenólicas como catalizador, y además como agente dispersante en la Industria de Pinturas.

A continuación se muestra en la Tabla 3, la distribución aproximada de los diferentes usos del ácido láctico en U.S.A., pudiendo darse en México la misma aplicación, no siendo necesariamente los mismos porcentajes.

TABLA 3  
USOS DEL ACIDO LACTICO

USO	% DEL TOTAL	USO	% DEL TOTAL
Curtiduría	37.4	Plásticos	1.2
Comerciantes (compuestos químicos, etc.)	17.3	Encurtidos	1.1
Exportación	30.0	Fabricación de cerveza	1.1
Mermeladas, jaleas y conservas	7.6	Bebidas carbonatadas	0.8
Aceitunas	1.6	Dulces	1.2
Teñido	1.3	Varios	0.4

### 3.2 Estudio de Mercado

#### a) Diferentes Grados Comerciales de Acido Láctico

Existen diversos grados comerciales del ácido láctico en los Estados Unidos de Norteamérica y algunos países europeos. En México no se cuenta con normas especiales de calidad, pero comercialmente se reconocen tres grados -dependiendo del uso a que el ácido se destine- los cuales son:

1. Acido Láctico Técnico o Comercial : La calidad técnica se vende en soluciones cuya concentración varía desde 22 a 50%. Se obtiene por la acidificación directa del líquido fermentado que resulta de un substrato impuro de carbohidrato. La cantidad y la naturaleza de las impurezas en el ácido final dependen del método de fabricación y del grado de refinación.
2. Acido Láctico para Fines Comestibles : Que también se emplea en la industria de los plastificantes; se presenta en una concentración que oscila desde 50 a 70%; para este grado se especifica que solamente se deben encontrar huellas de ácido sulfúrico, contaminantes, hierro, metales pesados, no presentar olor y ser bas-

tante claro o casi incoloro. Para fabricar el ácido láctico comestible se emplean dos métodos. En uno de ellos se refina el azúcar, y en el otro se refina el lactato o el ácido láctico.

3. Refinado de Alta Pureza (U. S. P.) : Debe tener una concentración que varía entre 85 y 90%, y además debe cumplir con una característica importante, es decir, ser completamente incoloro.

b) Importación, Consumo Aparente y Proyección del Consumo

1. Importación y Consumo : Como se mencionó anteriormente, no existe fabricación de ácido láctico por ningún método de obtención, y éste se importa principalmente de Brasil y de los Estados Unidos de Norteamérica, además de otra serie de países. El volumen de importación durante 1980 fué de aproximadamente 458 toneladas, con un valor de 658,292 dólares.

La tendencia de las compañías consumidoras es creciente, de acuerdo al valor de las importaciones observado en los últimos diez años, como se observa en la Tabla 4. (Ref. No. 1).

TABLA 4  
TENDENCIA DE IMPORTACION  
DEL ACIDO LACTICO

AÑO	VOLUMEN DE IMPORTACION	VALOR EN PESOS	VALOR EN DOLARES
1974	235.573 Tn	2,368,346	-
1975	269.469 Tn	3,713,669	-
1976	322.380 Tn	5,736,323	-
1977	213.593 Tn	6,060,579	-
1978	243.625 Tn	7,124,718	-
1979	305.412 Tn	-	412,447
1980	458.411 Tn	-	658,292
1981	456.261 Tn	-	761,584
1982	656.629 Tn	-	1,118,510
1983	323.518 Tn	-	592,672
1984	478.794 Tn	-	832,260

2. Proyección del Consumo : Es apreciable el incremento en las importaciones y en consecuencia en el consumo de ácido láctico registrados durante los años de referencia (Tabla 4); se ha estimado un crecimiento anual en el consumo de ácido láctico del orden del 5,20%,

mismo que con el transcurso de los años se aumentará, de acuerdo a una mayor aplicación del producto por las Industrias de Plásticos y Resinas.

En base a los datos anteriores y considerando además que el número de industrias consumidoras del producto en estudio es relativamente grande, por lo tanto, es de estimarse que la proyección del consumo no está supe-  
ditada a las fluctuaciones en la producción de unas cuan-  
tas empresas y cuenta con un amplio mercado.

La proyección del consumo del ácido láctico se efectuó por el método de ajuste a una recta, y se ilustra en la Fig. 1. La ecuación de regresión es:

$$C = a X_i + b$$

donde :

C = Consumo, en un tiempo base.

X<sub>i</sub> = Tiempo considerado

a y b = Coeficientes de regresión determina-  
dos por el método de mínimos cuadra-  
dos, mediante un sistema de dos ecua-  
ciones normales minimizadas.

FIG. 1a · IMPORTACION DE ACIDO LACTICO.

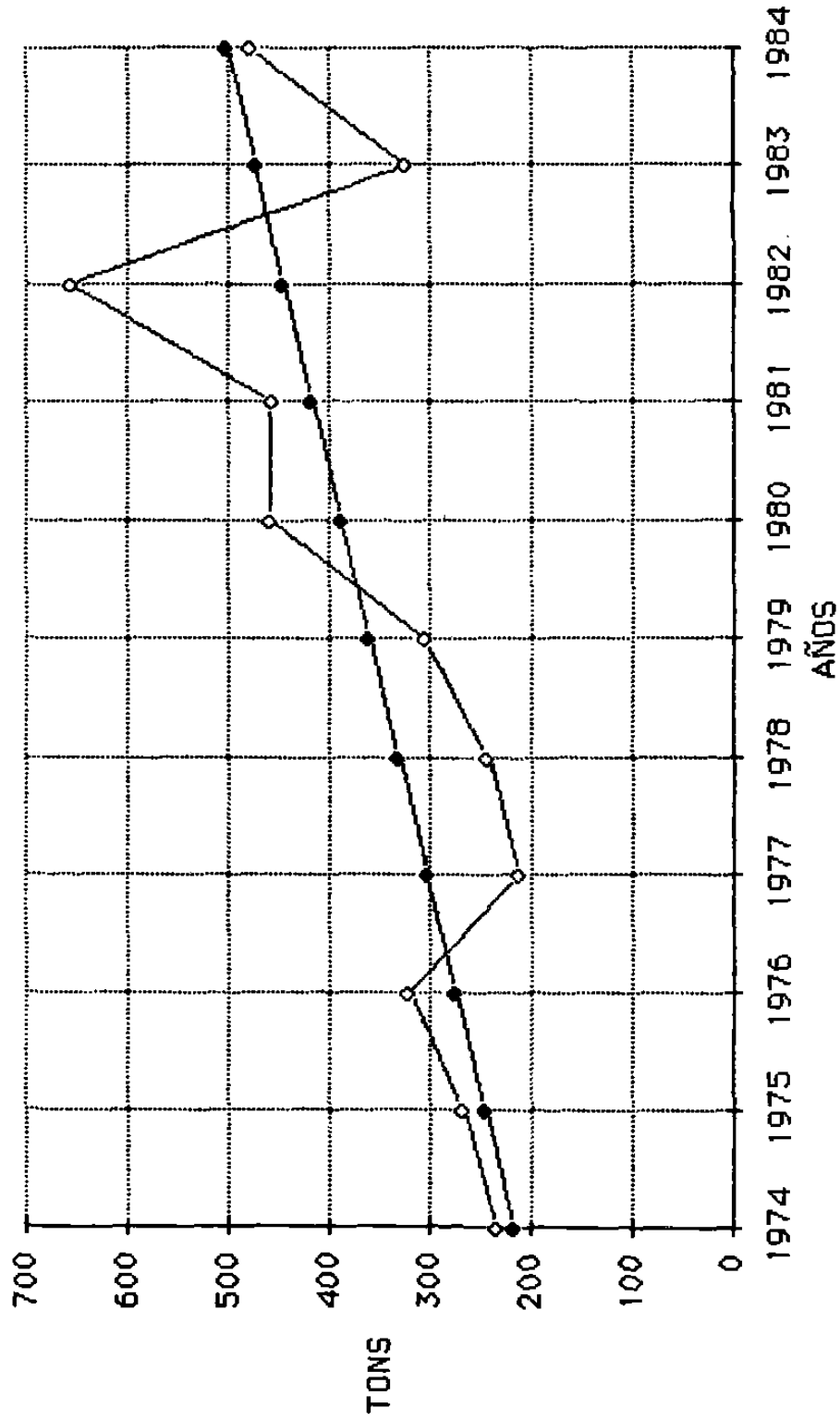
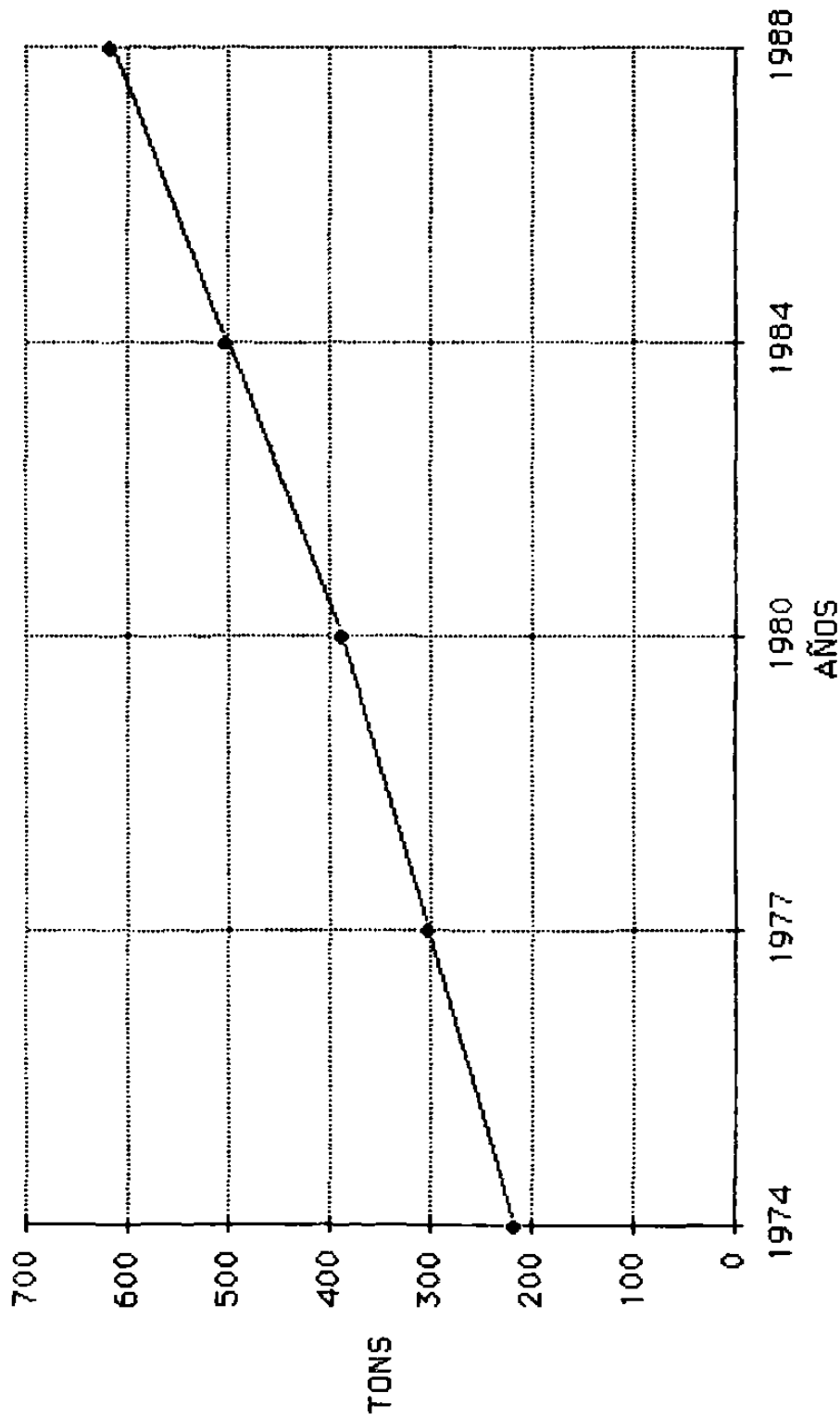




FIG. 1b - TEND IMP DE AC LACTICO



- c) Estimación de la Capacidad de la Planta para producir ácido láctico de tipo comercial, es decir, con una concentración del 50%, fué realizada en base a los datos de importación, y en consecuencia de consumo, por medio del análisis de regresión (ajuste a una recta), anotado anteriormente.

La proyección del consumo según los datos obtenidos, es de aproximadamente 500 toneladas anuales hasta el año de 1985, como podrá observarse en la gráfica de referencia, Fig. 1.

Tomando en consideración las fluctuaciones en el consumo del ácido láctico en los próximos cinco u ocho años, el período de completa instalación e inicio de producción en la Planta, los aspectos anteriormente analizados; se estimó que para una capacidad de producción de 500 toneladas anuales de ácido láctico al 50% de concentración, es apropiado realizar la evaluación preliminar de la Planta.

### 3.3 Localización de la Planta Industrial

Fué mencionado como sitio probable o adecuado, para la instalación de la planta para producir 1666,6 Kgs por día de ácido láctico al 50%, la ciudad industrial de Monterrey. Entre las razones que motivan esta localización se tienen las siguientes:

- a) La fácil disponibilidad de la materia prima (melaza de azúcar de caña), que podrá ser suministrada por la Unión Ganadera Regional, además de que también se podrá contar con este suministro de la diversidad de ingenios localizados en diferentes regiones del país como: el Ingenio del Carmen, el cual se encuentra localizado entre las ciudades de Orizaba y Córdoba; el Ingenio del Mante, ubicado en Cd. Mante, Tamaulipas; así como otros ingenios localizados en la región del Estado de Veracruz, los cuales son: Potrero, San Nicolás, Providencia, etc.
- b) La disponibilidad del servicio de energía eléctrica y agua en áreas industriales definidas es muy adecuado.
- c) Respecto a las vías de comunicación, es de estimarse que las condiciones son óptimas, ya que la región considerada cuenta con redes bastante extensas de carreteras y vías para ferrocarriles, lo cual facilita notablemente la comunica

ción con posibles consumidores del producto.

- d) Algunos otros factores secundarios como: terreno, leyes locales, protección contra inundaciones, lugar para expansión, impuestos, topografía, estructura del medio, costo de construcción, etc., se estima que son considerablemente ventajosas y positivas en la región escogida para la instalación de la planta.

S E L E C C I O N  
D E L  
P R O C E S O

## 4. SELECCION DEL PROCESO

### 4.1 Métodos de Producción Existentes

Desde el punto de vista industrial se pueden considerar fundamentalmente dos métodos para la producción de ácido láctico:

- 1) Por Fermentación :
  - Con bacterias
  - Con hongos
  
- 2) Por Métodos Químicos : Hidrólisis alcalina de los azúcares, empleando hidróxidos o carbonatos.

En el presente trabajo se tratará de los procesos fermentativos únicamente, descartando de inmediato los métodos químicos, ya que son mucho más costosos y complicados, puesto que parten de sacarosa o hidrocarburos químicamente puros.

Los métodos empleados para la obtención de ácido láctico por fermentación, generalmente están sujetos a dos fases en el proceso:

- A. - Fase de fermentación propiamente dicha
- B. - Fase de purificación del ácido láctico.

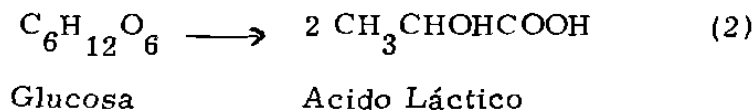
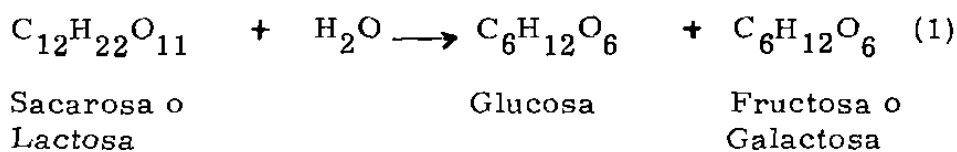
A continuación serán discutidos brevemente algunos aspectos

generales que se presentan en los procesos fermentativos de obtención de ácido láctico:

A. - Fase de Fermentación

La fermentación en general obedece a secuencias muy similares en los diferentes procesos, observando pequeñas variaciones únicamente en lo que respecta a algunas condiciones de trabajo, tales como: microorganismo adecuado, temperatura óptima de actividad, nutrientes específicos, PH requerido, etc., en base a la materia prima empleada, así como el producto que se quiere obtener.

La marcha general de las reacciones de fermentación puede expresarse como:



- Materias Primas : Pueden ser una gran variedad de compuestos ricos en carbohidratos, otras materias como licor de desechos del sulfito, el jugo de las frutas cítricas, papas hidrolizadas enzimáticamente, madera

hidrolizada por ácido, acerrín y paja también han sido propuestas.

- PH del Medio : La fermentación transcurre de modo inmejorable cuando el PH está dentro de la zona ácida pero cercano a la neutralidad, lo que tiende a producirse por la adición a la masa en fermentación de carbonato de calcio, hidróxido de calcio o cualquier otro agente neutralizante básico. El PH se puede mantener en un valor constante por regulación continua, lo cual permite incrementar los rendimientos y velocidades de producción. Si no se neutraliza el mosto a fermentar, los microorganismos no pueden tolerar la gran acidez desarrollada y se interrumpe la fermentación.

El PH óptimo del proceso fermentativo para la obtención de ácido láctico está comprendido en un rango de 5.5 a 6.5 (Ref. No. 2).

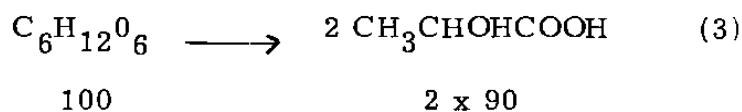
- Sustancias Nutrientes : Mediante la adición de sustancias nutrientes al medio, se obtienen mejores rendimientos de ácido láctico.
- Duración y Rendimiento de la Fermentación : Los procesos de fermentación suelen completarse entre 4 y 6



días, dependiendo de la composición empleada del medio, microorganismos y condiciones de fermentación.

El tiempo de fermentación y el rendimiento dependen de la clase, cantidad y combinación de las sustancias nutritivas empleadas.

El rendimiento teórico del ácido láctico es 100% del peso de la hexosa fermentable, conforme a la reacción total:



Utilizando como microorganismos bacterias homofermentadoras. En la práctica nunca se obtiene este rendimiento; en la industria se considera normal un rendimiento de 85%.

#### B. - Purificación del Acido Láctico

Una vez terminada la fermentación, el ácido láctico que se forma reacciona con la lechada de cal o carbonato de calcio, presente en el mosto, formándose un lactato de calcio. Este lactato formado se convierte en ácido láctico por reacción con ácido sulfúrico, precipitando sulfato de calcio insoluble. De aquí en adelante, el ácido

láctico obtenido se somete a la fase de purificación por diversos métodos, de los cuales algunos de ellos son señalados a continuación:

- A base de repetidos blanqueos con carbón vegetal y tratamientos con sulfuro de sodio para precipitar los metales ligeros.
- Extracción del ácido láctico de la solución cruda por éter isopropílico, seguido por reextracción de ácido láctico del éter, por agua.

Existen otros procesos de purificación, que son más costosos y de baja producción, como: destilación directa al vacío, esterificación del ácido láctico con metanol en presencia de un ácido fuerte como catalizador, etc.

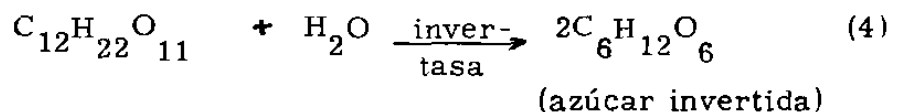
#### 4.2 Materias Primas Empleadas en la Fabricación del Acido Láctico

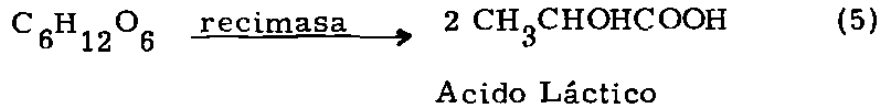
- a) *Materias Primas* : Antes de tomar la decisión de cuál de las materias primas se van a seleccionar para llevar a cabo la investigación de una planta de obtención de ácido láctico, es necesario saber que las materias primas utilizadas son cualquier producto que contenga azúcar o hidratos de carbono, y por éso han sido agrupadas en tres grandes

clases :

1. **Materias Azucaradas :** Mostos y jugos de diversas frutas, remolacha y caña de azúcar, azúcar de remolacha y de caña, melazas, sorgo azucarado, suero de la leche.
2. **Materias Amiláceas :** Grupo en el cual incluimos todos los cereales que contengan almidón (maíz, arroz, etc.), tubérculos y raíces que contienen almidón, etc., tales como patatas, batatas o patatas dulces, yuca, etc.
3. **Materias Celulósicas :** Maderas y sus residuos, paja, residuos agrícolas, líquidos sulfíticos residuales de la fabricación de papel que contienen azúcar, derivados de la celulosa y de la hemicelulosa por la hidrólisis.

Es importante conocer que el proceso fermentativo es una reacción de descomposición que involucra diferentes enzimas (producidas por microorganismos vivos) que actúan como catalizadores en la conversión de azúcares en ácido láctico:





b) Conocimientos de las Bacterias : Entre las bacterias hay diversas especies que producen ácido láctico, pero en general se consideran en dos grupos:

1. Bacterias Lácticas Verdaderas u Homofermentativas
2. Bacterias Lácticas Falsas o Heterofermentativas

- Bacterias Homofermentativas : Son organismos anaeróbicos o microaerofílicos que convierten azúcares o materiales glucídicos en ácido láctico como principal producto. Se nutren con peptonas y muchas necesitan miembros del complejo vitamínico B y ciertos aminoácidos como complemento para su crecimiento.

- Bacterias Heterofermentativas : Son aquellos organismos que producen además del ácido láctico, otros ácidos volátiles y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Entre este tipo de bacterias podemos nombrar las siguientes:

- L. Iycipersici
- L. Mannitopoeus y
- L. Acidophil-aerógenas

Los principales productos finales formados por estas bacterias son: ácido láctico, ácido acético, glicerol, etanol y CO<sub>2</sub>.

Las cepas de los microorganismos que se emplean tienen gran importancia, puesto que hay tipos de bacterias bien definidas y específicas para ciertos azúcares. Como por ejemplo: las bacterias termofilas del tipo *Delbrueckii*, cuya máxima actividad se encuentra alrededor de 50°C, son las que generalmente se emplean para fermentar las melazas, Xilosa y el suero de la leche, etc. (este tipo de bacterias es de la clasificación homofermentativas).

Véase un esquema de algunas de las bacterias productoras de ácido láctico en la página 34

- Hongos : En el presente trabajo no serán utilizados, puesto que trabajos realizados a escala industrial han reportado bajos rendimientos y los productos obtenidos no han resultado de la calidad deseada, lo que ha originado que el uso de hongos en estos procesos sea casi nulo.

Es importante conocer que el tipo de organismo que se va a seleccionar para una fermentación depende en primer lu

gar del hidrato de carbono que ha de ser fermentado y de la temperatura que se vaya a emplear. Los problemas de contaminación no constituyen un problema serio, puesto que tanto la temperatura como la deficiencia de oxígeno tienden a impedirla.

A continuación, en la Tabla 5, se podrán observar algunas características importantes de las bacterias adecuadas para la producción comercial del ácido láctico.

TABLA 5  
CARACTERISTICAS DE LOS ORGANISMOS PARA LA  
PRODUCCION COMERCIAL DE ACIDO LACTICO

ORGANISMO	SUBSTRATOS	TEMPERATURA OPTIMA °C	ACIDO PRODUCIDO
Lactobacillus:			
- Bulgaricus	Lactosa	45-50	Racémico
- Delbrueckii	Glucosa, Melaza	45-50	L (+)
- Brevis	Pentosas, Madera Hidrolizada	30	Racémico
- Plantarum	Pentosas, Líquido Sulfítico	30	Racémico
- Leichmannil	Sacarosa, Glucosa	30	D (-)
- Streptococcus lactis	Lactosa	35	L (+)
- Bacillus Congulans	Glucosa, Lactosa	45-50	L (+)
- Rhizopus Oryzae	Glucosa, Almidón	30	L (+)

La fermentación láctica se lleva a cabo a temperaturas relativamente elevadas, como se ilustra en la Tabla 5.

Schizomycetes (clase)  
Eubacteriales (orden)

	Lactobacillaceae	Corynebacteriaceae	Enterobacteriaceae (familias)
	Streptococceae	Lactobacilleae	Escherichieae
	<u>Streptococcus</u>	<u>Leuconostoc</u>	<u>Microbacterium</u>
cremoris	cerevisiae	citrovorum	flavum
faecalis		dextranicum	coli
lactis		mesenteroides	aerogenes
thermophilus			marcescens
			(species)
		<u>Lactobacillus</u>	<u>Escherichia</u>
		acidophilus	<u>Aerobacter</u>
		brevis	<u>Serratia</u>
		bulgaricus	
		casei	
		delbrueckii	
		lactis	
		leichamannii	
		plantarum	
		thermophilus	

FIG. 2 : CLASIFICACION DE ALGUNAS DE LAS BACTERIAS PRODUCTORAS DE ACIDO LACTICO.

### 4.3 Comparación y Selección del Proceso

De acuerdo al estudio realizado, en cuanto a las posibilidades de obtención de ácido láctico, fué necesario escoger el proceso de fermentación de materias primas alimenticias, ya que es el proceso que actualmente se desarrolla en diferentes países.

Ahora, refiriéndose a las condiciones de nuestra comunidad, hay que señalar que varias de las materias primas que sirven de partida para la obtención de dicho compuesto químico, son de climas tropicales, lo cual lleva a reducir aún más el campo de selección de qué materia partir o tener base para cumplir con los requisitos establecidos.

Luego de haber estudiado esta situación, se llegó a la conclusión de que las materias primas más adecuadas son:

1. La Melaza de Caña de Azúcar
2. El Suero de Leche
3. El Maíz o las Patatas

Es importante tener un cierto conocimiento de las materias primas que vamos a comparar en el siguiente tópico.

1. Melaza de Caña de Azúcar : Son las mieles incristaliza-



bles, que se obtienen como subproducto de la elaboración de la caña de azúcar. Es un líquido viscoso café oscuro de olor agradable, cuya densidad varía entre 1.34 y 1.44, dependiendo de la cantidad de sólidos disueltos.

TABLA 6  
ANALISIS PROMEDIO DE LA MELAZA

SUBSTANCIA	MELAZA DE CAÑA DE AZUCAR %	
1. Agua		20.00
2. Componentes Inorgánicos (cenizas):		
SiO <sub>2</sub>	0.50	
H <sub>2</sub> O	3.50	
CaO	1.50	
MgO	0.10	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	
Na <sub>2</sub> O		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
Sosa y Carbonatos		
Sulfatos (en SO <sub>3</sub> )	1.60	
Cloruros	<u>0.40</u>	8.00
3. Compuestos Orgánicos:		
Azucares:		
- Sacarosa	32.00	
- Glucosa	14.00	
- Fructosa	<u>16.00</u>	62.00
No Azucarados:		
- Substancias nitrogenadas, substancias gomosas solubles, ácidos libres y combinados		<u>10.00</u>
		<u>100.00</u>

2. Suero de Leche : Se obtiene de la leche agria; quizás el mayor entorpecimiento para la utilización del suero sea el alto porcentaje de agua que se halla presente en él, debido a que en la mayoría de los procesos de fermentación el agua aumenta el costo de la destilación, concentración o recuperación del producto acabado.

TABLA 7

ANALISIS PROMEDIO DEL SUERO

ELEMENTO	%
Lactosa	4.90
Compuestos Nitrogenados	0.90
Cenizas	0.60
Grasas	0.30
Acido Láctico	0.20
Agua	<u>93.00</u>
	100.00

3. El Maíz o las Patatas : El maíz junto con la cebada, es de los granos más utilizados en la fabricación del ácido láctico. Es el cereal más rico en azúcar.

TABLA 8

ANALISIS PROMEDIO DEL MAIZ

ELEMENTO	%
Agua	de 8.4 a 21.60
Celulosa	de 2.0 a 7.00
Almidón	de 57.3 a 61.50
Substancias Nitrogenadas	de 6.1 a 15.30
Grasas	de 1.7 a 10.60
Cenizas	de 0.8 a 4.10

Las patatas se emplean en gran escala en la alimentación, tanto humana como de animales, así como para diversas aplicaciones industriales, entre las cuales es de importancia la producción de ácido láctico (principalmente usada en Europa, específicamente en Alemania).

TABLA 9  
ANALISIS PROMEDIO DE LAS PATATAS

ELEMENTO	%
Agua	de 70.00 a 80.00
Fécula	de 14.00 a 24.00
Materias Nitrogenadas	de 1.80 a 2.40
Materias Minerales	de 0.80 a 1.20
Materias Grasas	de 0.10 a 0.30
Cenizas	de 0.80 a 1.00

Hay que tener en cuenta que, según la materia prima utilizada difieren las instalaciones y los productos para fabricar una misma cantidad de ácido.

El plan más sencillo es cuando se parte de productos que contienen azúcar, como es la melaza de caña de azúcar, ya que en estos casos puede prescindirse de varias etapas antes de la fermentación del mosto, como son la etapa de molienda, maceración, etc., etapas que no pueden ser suprimidas cuando se parte de materias primas de categoría amiláceas.

Entonces, el costo de las instalaciones es menor si se parte

de la melaza.

Otro punto en el cual se basa la comparación, es el costo unitario por kilogramo, así como la localización de la misma materia prima en la cercanía de nuestra comunidad, es decir, de fácil obtención de los proveedores:

1. La melaza de caña de azúcar : Materia prima localizada en "La Unión Ganadera - Expo Nuevo León", con un costo de 13 pesos por kilogramos (\$13/Kg), y en Almacenes y Servicio (UMPAZA) con un costo de 12.50 pesos por kilogramo (\$12.50/Kg).
2. El suero de la leche : Materia prima localizada en cualquier industria lechera, con un costo aproximado de 82 pesos por litro (\$82/Lt), y donde también es posible adquirir cajas de suero con un costo aproximado de 1,636 pesos por 20 litros (\$1,636/20 Lts).
3. El Maíz o las Patatas :  
Maíz : Materia prima localizada en el "Mercado de Abastos", local de nombre "Central de Abarrotes Monterrey", donde el costo es de 44 pesos por kilogramo (\$44/Kg), y donde el bulto de maíz trae un contenido aproximado de 50 Kgs. También es posible localizarla en "GMC Alimen-

tos, S.A.", a un costo de 44 pesos por kilogramo (\$44/Kg) y donde el bulto tiene un contenido de aproximadamente 44 Kgs.

Patatas : Materia prima localizada en el "Mercado de Abastos", local de nombre "Papas Baru", donde el costo es de 42 pesos por kilogramo (\$42/Kg), y donde el bulto contiene un peso no mayor de 45 Kgs.

Por lo tanto, como se observa, es mucho mejor como materia prima la patata que el maíz, en función del costo. Entonces es nuestra tercera materia prima de comparación para seleccionar la más óptima. Ver Tabla de Costos de Materias Primas.

TABLA  
COSTOS DE MATERIAS PRIMAS

MATERIA PRIMA	COSTO UNITARIO
1. Melaza	\$ 13.00/Kg
2. Suero de Leche	\$ 82.00/Lt
3. Patatas	\$ 42.00/Kg

NOTA: Hay que hacer énfasis en que la información expuesta en este punto, fué proporcionada por los mismos dueños de los locales visitados.

## Toma de Decisión

Una vez realizadas las investigaciones sobre las materias primas, en cuanto a su localización en el área urbana de Monterrey y de sus alrededores, que constituyen, junto con los costos unitarios y el proceso de fabricación, las bases fundamentales para la selección de la misma, la cual nos encamina a desarrollar un proyecto con bases firmes.

Para concluir, considero que el proceso más adecuado para desarrollar es el de Fermentación de Materias Primas Azucaradas, utilizando la Melaza.

Ahora, para dar una afirmación ingenieril de la selección realizada, es conveniente aplicar el concepto de toma de decisión, es decir, cómo escoger varias alternativas. Hay que tomar en cuenta que una de las dificultades más grandes a las que se enfrenta un ingeniero, es la de tomar una decisión correcta. Para ello es necesario basarse en un método que permita la selección adecuada de una alternativa entre varias propuestas, pero además hay que estar conciente y tomar conocimiento de que para tomar una decisión es imprescindible contar con tres elementos que faciliten esta elección, como son:

a) Las posibles alternativas

- b) Los beneficios que se van a obtener, y
- c) Las dificultades de llevar a cabo la decisión.

Entonces, para llevar a cabo esta selección, se basa fundamentalmente en un patrón común llamado "criterio". Además, el objetivo al seleccionar entre diferentes alternativas, debe ser seleccionar o encontrar aquella solución al problema que satisfaga más ampliamente los requisitos establecidos, y estos requisitos son los criterios que se usan en la selección, es decir, es una función de criterio, la cual se puede expresar como sigue:

$$F_c = \sum A_i X_i$$

donde:

$F_c$  = Función de Criterio

$A_i$  = Peso o Valor dado a cada Alternativa

$X_i$  = Peso o Valor dado a cada Criterio

Hay que tomar en cuenta que esta función de criterio tiene sus restricciones y es necesario cumplirlas:

- a) El peso de las alternativas deberá estar comprendido entre cero y uno.

$$0 < A_i < 1 \quad \text{y} \quad \sum A_i = 1$$



- b) El peso de cada criterio deberá estar comprendido entre cero y uno.

$$0 < X_i < 1 \quad \text{y} \quad \sum X_i = 1$$

La asignación de valores, tanto a las alternativas como a los criterios, se hará de acuerdo al grado de importancia que tengan, es decir, que el criterio más importante de to dos tendrá un valor máximo de 1 y aquel criterio que no sea tan importante, o que pueda ignorarse, tendrá un valor de  $X_i = 0$ .

Proceso de Decisión para Seleccionar la Alternativa más  
Adecuada en el Proceso de Fermentación Láctica

Primer Paso. - Determinación de Criterios

Se usarán los siguientes criterios:

- a) Economía : El menor costo, desde luego; un primer criterio, pero no necesariamente el único.
- b) Complejidad del proceso : Otro criterio importante, ya que trabajar con materias primas azucaradas es más simple que con materias primas amiláceas.
- c) Mantenimiento : Criterio necesario para conservar el equipo en condiciones óptimas.
- d) Instalación : Criterio basado en el hecho de que como se necesita menos equipo es más fácil su instalación, cuando se trabaja con materias primas azucaradas.
- e) Localización de la materia prima : Es muy importante, al igual que los criterios "a" y "b", considero que estos tres criterios son la base del estudio que aquí realizamos.

Segundo Paso. - Determinación de Alternativas

1. La melaza de caña de azúcar

2. El suero de la leche, y
3. Las patatas.

Entonces llamaremos :

- $A_1$  = La melaza  
 $A_2$  = El suero, y  
 $A_3$  = Las patatas

Tercer Paso. - Asignación de Valores a las Alternativas

TABLA 10

ALTERNATIVAS				
CRITERIO	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	RAZONAMIENTO
Economía (C <sub>1</sub> )	0.50	0.20	0.30	El costo unitario de la materia prima melaza, es menor que el costo de las otras materias.
Complejidad del proceso (C <sub>2</sub> )	0.40	0.30	0.30	El plan más sencillo es cuando se parte de materias primas que contienen azúcar, porque se puede prescindir de varias etapas.
Mantenimiento (C <sub>3</sub> )	0.40	0.30	0.30	Es aproximadamente el mismo mantenimiento que requieren el empleo en M. P. azucaradas como M. P. amiláceas.
Instalación (C <sub>4</sub> )	0.40	0.30	0.30	El costo de las instalaciones es menor si se parte de materias primas azucaradas.
Localización de la materia prima (C <sub>5</sub> )	0.40	0.30	0.30	Los tres tipos de materia prima se localizan fácilmente, aunque la que nos da mayor beneficio es, sin duda, la melaza.

M. P. = Materia Prima.

Cuarto Paso. - Asignación de Valores a los Criterios

TABLA 11

VALORACION		
CRITERIO	$X_i$	RAZONAMIENTO
(C <sub>1</sub> )	0.80	El precio de las materias primas es importante para su adquisición. A menor costo, mayores posibilidades de adquisición.
(C <sub>2</sub> )	0.70	El proceso representa también un punto importante, ya que la menor complejidad sirve para desarrollar a nivel de planta piloto o industrialmente, el proceso con mayor eficacia.
(C <sub>3</sub> )	0.50	Hay que dar importancia al mantenimiento del equipo, pues de eso dependerá que la vida útil del equipo sea más larga.
(C <sub>4</sub> )	0.50	Se requiere que la instalación del equipo se lleve a cabo con el mayor cuidado, considerando todos los factores que sean necesarios.
(C <sub>5</sub> )	0.70	Es importante, ya que se requiere que se localice en la comunidad en la cual nos desenvolvemos o en las proximidades de ella.

Quinto Paso. - Determinación de la Función de Criterio

TABLA 12

TABLA DE RESULTADOS

Criterio	$X_i$	$A_1$	$X_iA_1$	$X_i$	$A_2$	$X_iA_2$	$X_i$	$A_3$	$X_iA_3$
$C_1$	0.80	0.50	0.40	0.80	0.20	0.16	0.80	0.30	0.24
$C_2$	0.70	0.40	0.28	0.70	0.30	0.21	0.70	0.30	0.21
$C_3$	0.50	0.40	0.20	0.50	0.30	0.15	0.50	0.30	0.15
$C_4$	0.50	0.40	0.20	0.50	0.30	0.15	0.50	0.30	0.15
$C_5$	0.70	0.40	0.28	0.70	0.30	0.21	0.70	0.30	0.21
$F_c = \sum X_iA_i$			1.36			0.88			0.96

Entonces la decisión es en base a la función de criterio establecida, la cual es  $F_c = \sum X_iA_i = 1.36$ , que corresponde a la alternativa  $A_1 = \underline{\text{Melaza}}$

EXPERIMENTACION  
EN EL  
LABORATORIO

## 5. EXPERIMENTACION EN EL LABORATORIO

### 5.1 Objetivo

El objetivo fundamental que llevó a la experimentación a nivel de laboratorio, es la falta de información acerca del tipo específico de melaza empleada, con el fin de obtener datos sobre rendimientos, así como de cualquier otra clase de información que resulte de sumo provecho en el desarrollo adecuado del proyecto.

### 5.2 Fundamento

El ácido láctico es uno de los ácidos orgánicos que primero se ha conocido. Puede ser obtenido químicamente, pero la manera más adecuada de prepararlo a nivel industrial es por la fermentación controlada del azúcar de las melazas, o de la lactosa del suero de la leche. Es la causa del sabor ácido de la leche agria, formándose por la fermentación del azúcar de la leche (lactosa) por el *Streptococcus Lactis*. Ciertas bacterias poseen una capacidad exaltada para producir ácido láctico, por lo tanto, el *Lactibacillus Delbrueckii* es el microorganismo que se utiliza de modo más general que ningún otro tipo.

Hay que tomar en cuenta que la fermentación láctica está sujeta a varias consideraciones generales, las cuales si no se adecúan



a la situación correcta, pueden traer trastornos en el proceso; ellas son:

- El tipo de organismo a seleccionarse para una fermentación.
- Hidratos de carbono que pueden emplearse.
- Temperatura de fermentación.
- Concentración de azúcar.
- Relación de oxígeno.
- PH
- Factores de crecimiento de las bacterias lácticas.
- Substancias nutritivas necesarias en la fermentación de azúcares.
- Duración de la fermentación, y
- Rendimientos.

Las fermentaciones industriales para la obtención de ácido láctico son relativamente costosas, debido a las dificultades que representa la recuperación y purificación del producto final.

### 5.3 Resultados y Observaciones

Cálculos :

- Melaza alimentada = 1,809 gr - 1,350 ml
- Densidad de la melaza = 1.34 gr/ml

- Azúcar en la melaza = 62%
- Gramos de azúcar en la melaza = (0.62) x (1809 gr)
- = 1122 gr

TABLA 13

CONCENTRACIONES DEL PRODUCTO OBTENIDO  
POR EXPERIMENTACION

MUESTRA	TRANSMITANCIA %	ABSORVANCIA	CONCEN- TRACION g/ml de Ac. Láctico
P	95	0.038	3.4672
S	-	0.056	5.1186
R	80	0.090	8.2117
Z	79.5	0.100	9.1241

P y S = Muestras con una sola filtrada.

R = Muestra con 2 filtradas.

Z = Muestra con 3 filtradas.

Obtención de los gramos del producto final :

$$\begin{aligned}
 \text{Gramos de ácido} & \\
 \text{láctico en P} & = (3.4672 \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}) \times 2.5 \times 10^5 \text{ unidades de} \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{dilusión} \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \times 1 \text{ gr} \quad \times 65 \text{ ml} \\
 & \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 10^6 \mu\text{g} \\
 & = 56.342 \text{ gr de ácido}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gramos de ácido} \\ \text{láctico en S} &= (5.1186 \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}) \times 2.5 \times 10^5 \text{ unidades de} \\ & \hspace{15em} \text{dilusión} \\ & \times \frac{1 \text{ gr}}{10^6 \mu\text{g}} \times 96 \text{ ml} \\ &= 122.846 \text{ gr de ácido} \\ & \hspace{15em} \underline{\hspace{10em}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gramos de ácido} \\ \text{láctico en R} &= (8.2117 \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}) \times 2.5 \times 10^5 \text{ unidades de} \\ & \hspace{15em} \text{dilusión} \\ & \times \frac{1 \text{ gr}}{10^6 \mu\text{g}} \times 205 \text{ ml} \\ &= 420.85 \text{ gr de ácido} \\ & \hspace{15em} \underline{\hspace{10em}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gramos de ácido} \\ \text{láctico en Z} &= (9.1241 \frac{\mu\text{g}}{\text{ml}}) \times 2.5 \times 10^5 \text{ unidades de} \\ & \hspace{15em} \text{dilusión} \\ & \times \frac{1 \text{ gr}}{10^6 \mu\text{g}} \times 125 \text{ ml} \\ &= 285.128 \text{ gr de ácido} \\ & \hspace{15em} \underline{\hspace{10em}} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el rendimiento obtenido en el laboratorio se estimó de la siguiente manera :

Rendimiento = y

Entonces :

$$\% \text{ y} = \frac{\text{Gramos de ácido láctico obtenido}}{\text{Gramos de azúcar alimentada}}$$

Por consiguiente, el total de gramos de ácido láctico obtenido es :

$$\begin{array}{rcl} \text{Gramos totales} & & \\ \text{de ácido} & = & 885.166 \text{ gr} \\ & & \underline{\hspace{2cm}} \end{array}$$

Entonces :

$$\% \text{ y} = \frac{885.166 \text{ gr de ácido} \times 100}{1122 \text{ gr de azúcar}}$$

$$\underline{\% \text{ y} = 79\%}$$

Hay que tomar en cuenta que aproximadamente se obtuvo en pérdidas como un 5%; ésto en el manejo del material, debido a la falta de práctica o entrenamiento adecuado, lo cual añadido a lo anterior, nos proporciona un rendimiento total de un 84%, que se considera excelente en vista del primer trabajo realizado sobre este tema.

TABLA 14  
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO FINAL

NO. DE VARIABLE	VARIABLE MANEJADA	P	MUESTRAS			Z
			S	R		
1	# de Filtradas	1	1	2	3	
2	PH	4.5	4.5	4.5	4.5	
3	Color	Obscuro	Obscuro	Amarillo Intenso	Coloración Amarillenta Leve	
4	Olor	Picante	Picante	Picante	Picante	
5	Volumen (ml)	65.0	96.0	205.0	125.0	
6	Rendimiento Total			84%		

En esta sección se muestran los resultados graficados en las Figs. 3 y 4.

FERMENTADOR 'A'

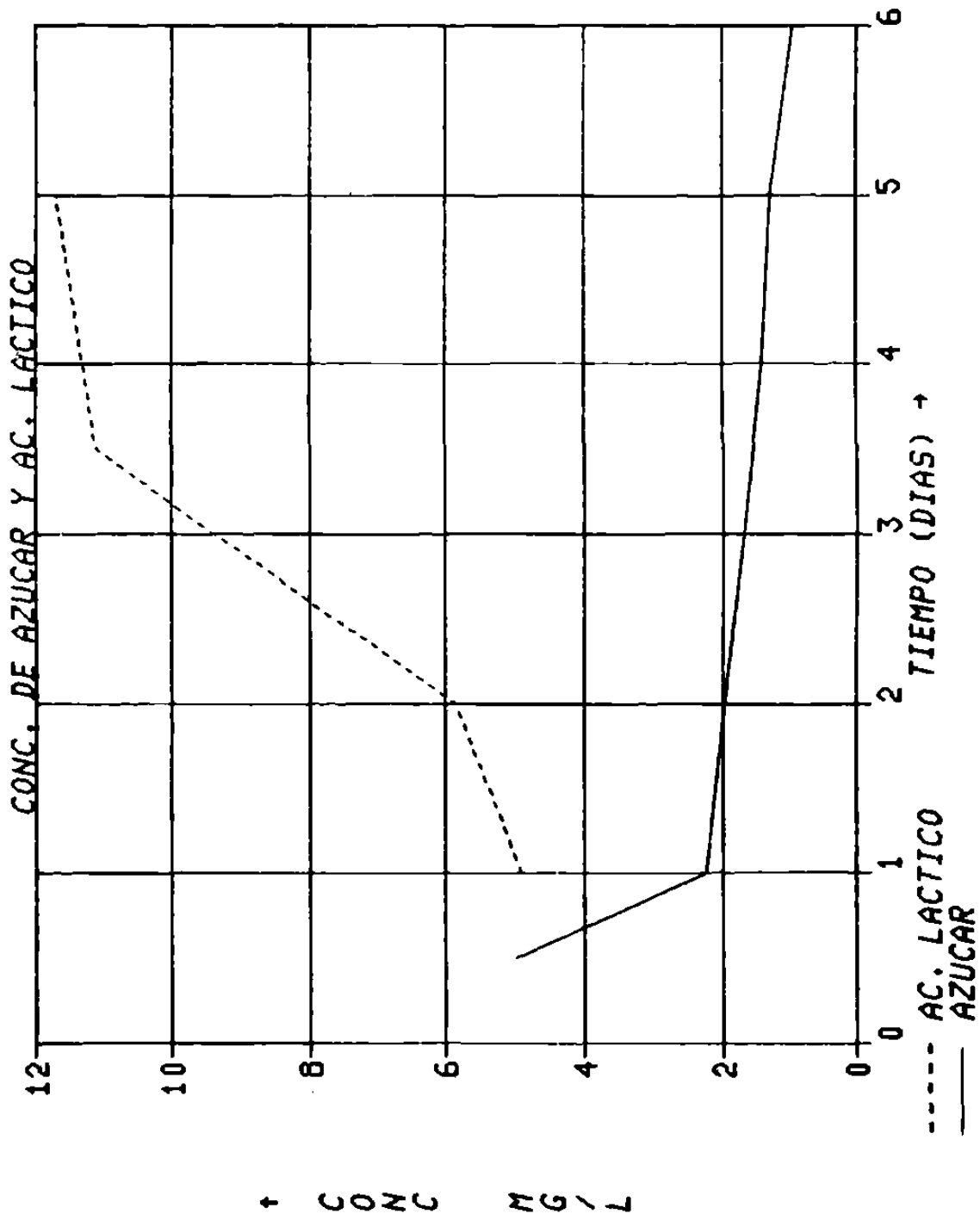


FIGURA NO 3a

FERMENTADOR 'A'

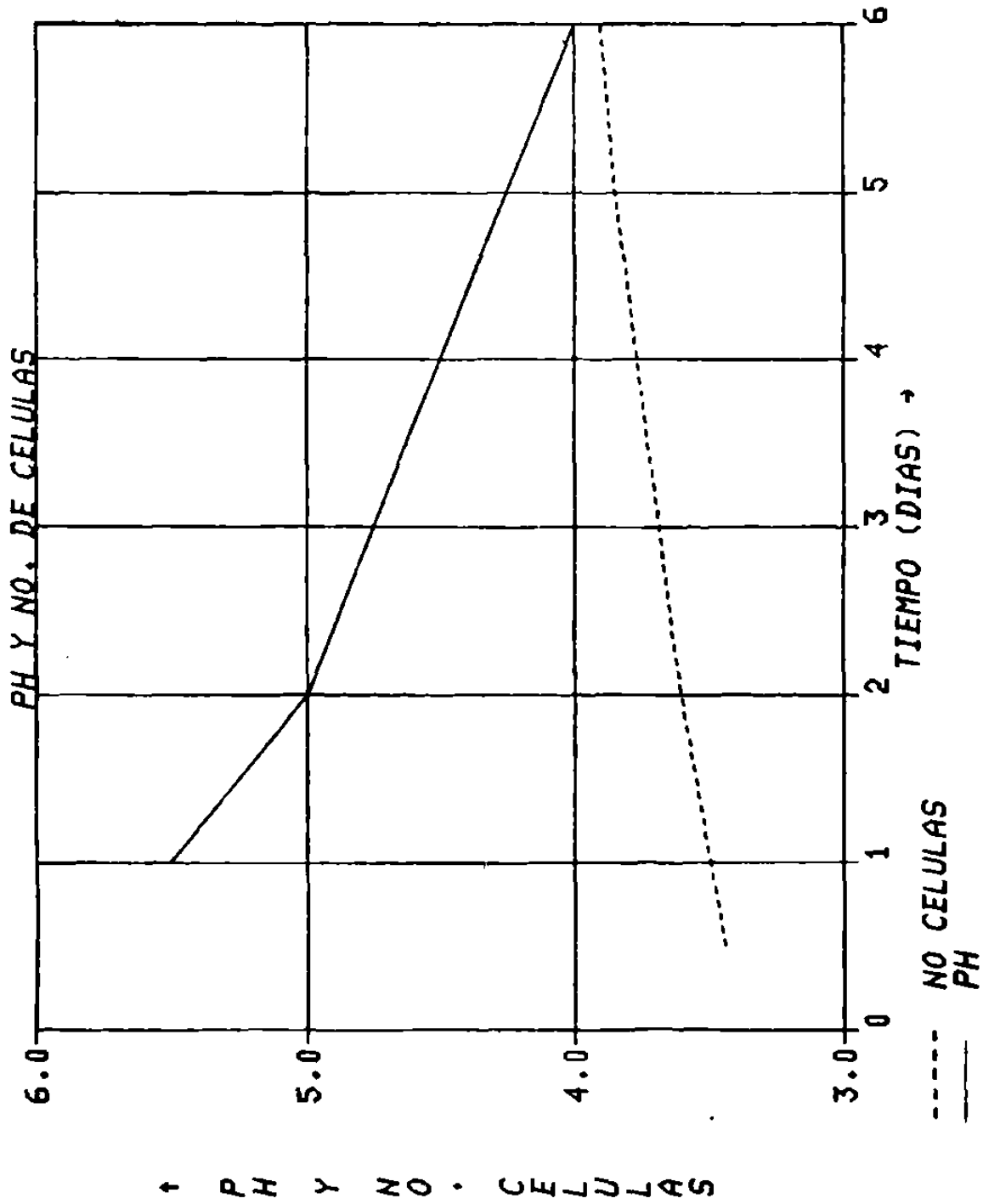


FIGURA NO 3b

FERMENTADOR 'B'

CON. DE AZUCAR Y AC. LACTICO

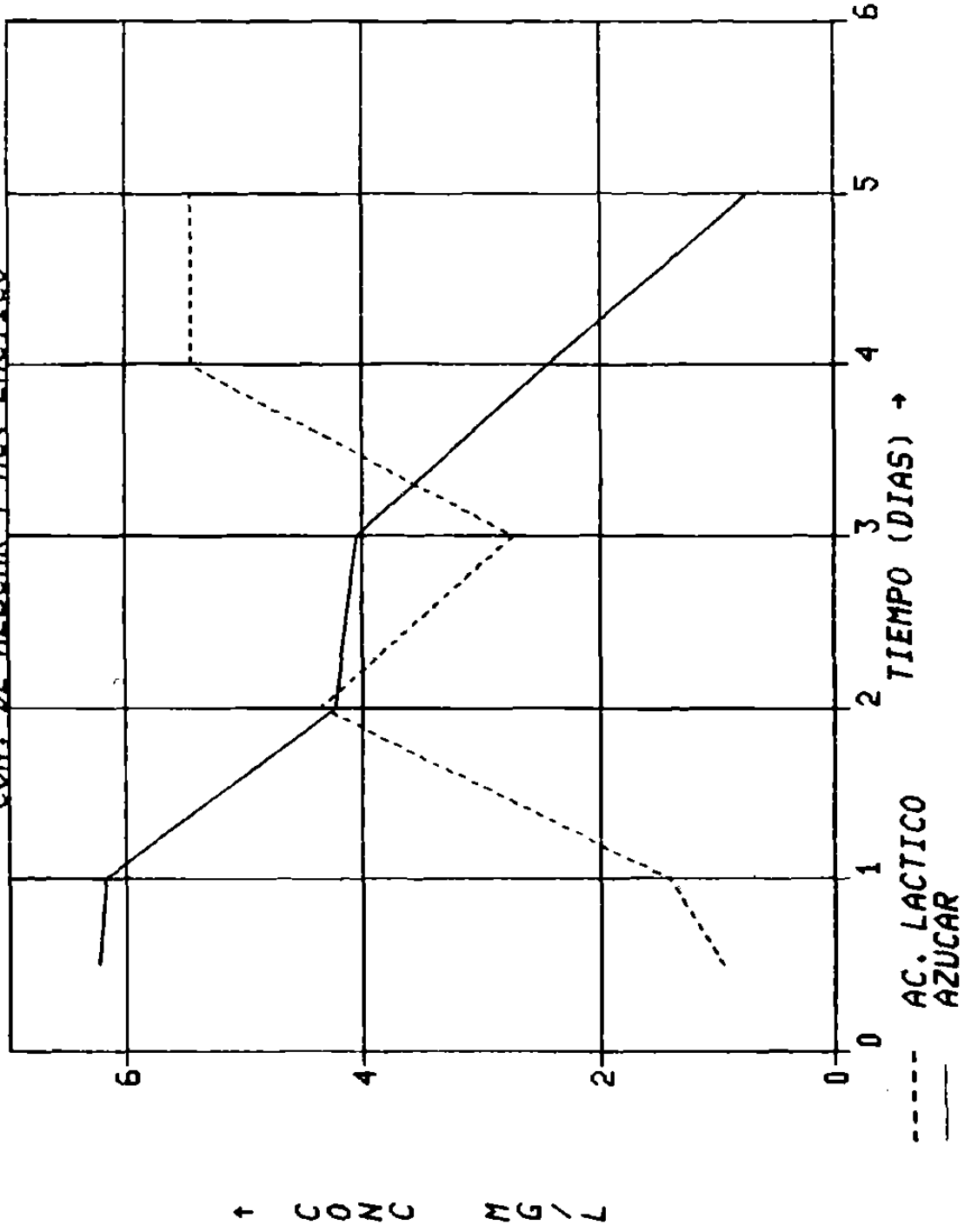
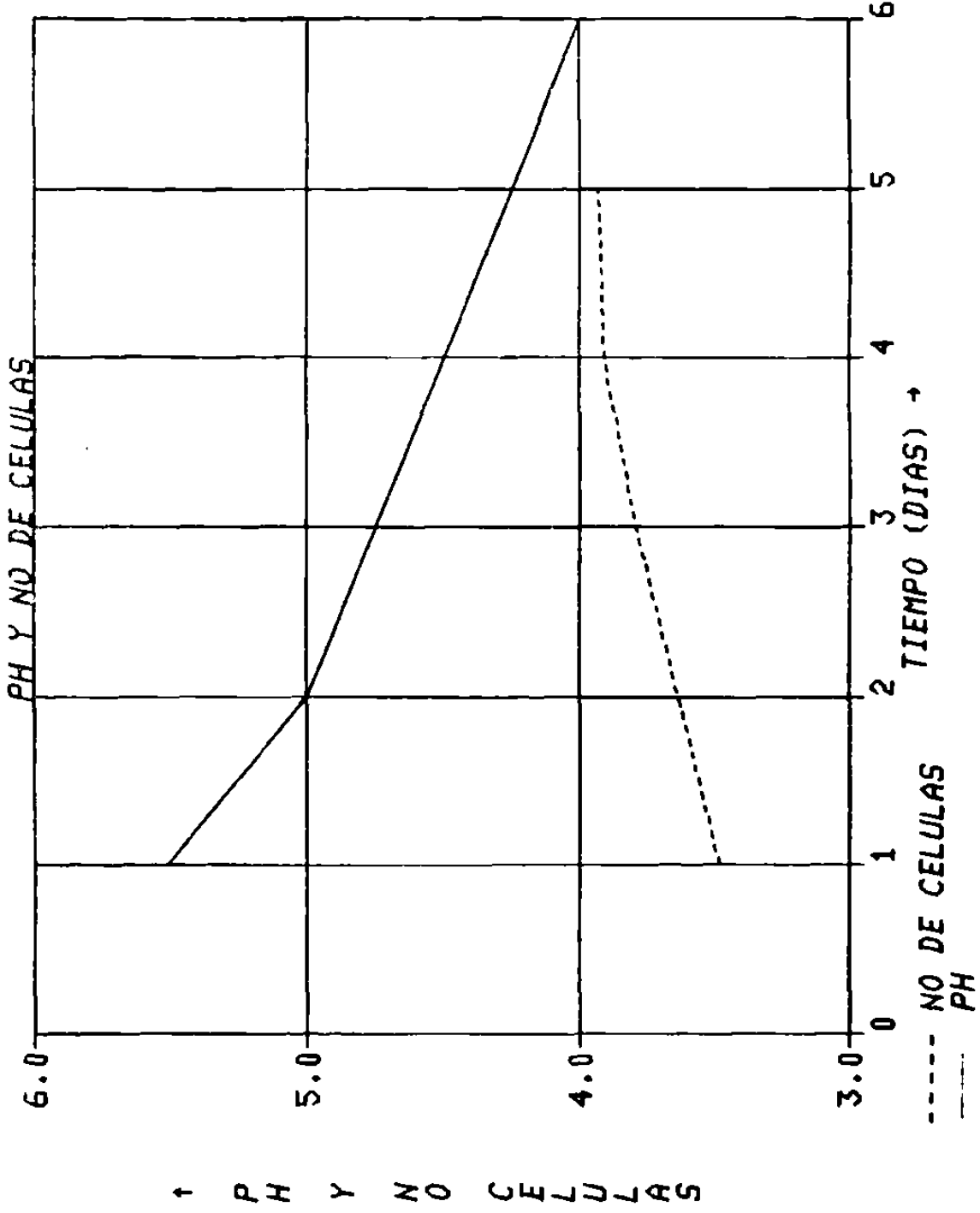


FIGURA NO 4a



FERMENTADOR 'B



↑ PH Y NO CELULAS

FIGURA NO 4b

D E S C R I P C I O N  
D E L  
P R O C E S O

## 6. DESCRIPCION DEL PROCESO

### 6.1 Descripción General del Proceso

Las melazas procedentes de la fábrica de azúcar deben ser almacenadas en los tanques correspondientes, de los cuales partiremos para llevar a cabo nuestro proceso de elaboración de ácido láctico.

Antes de ver con detenimiento el proceso, es bueno recordar en forma somera la composición de la melaza:

#### Contenido General de la Melaza :

	%
- Agua	20.00
- Componentes Inorgánicos	8.00
- Componentes Orgánicos:	
- Azucares	62.00
- No azucarados	10.00

Nota: La preparación de la melaza para que sea fermentada consiste en diluirla convenientemente y añadirle las sales nutrientes necesarias para el crecimiento de la bacteria.

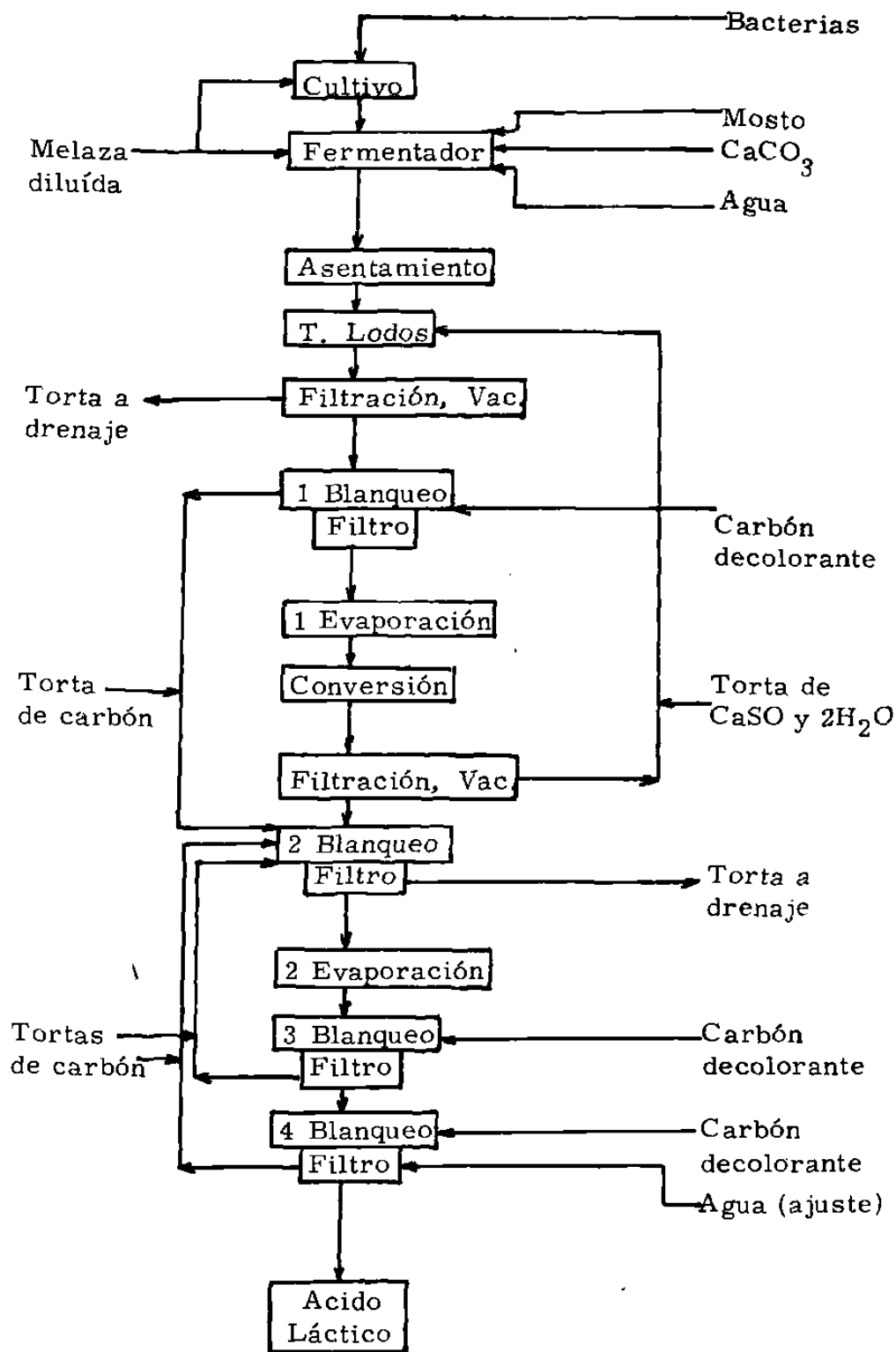


FIG. 5 - DIAGRAMA DE BLOQUES  
PRODUCCION DE ACIDO LACTICO

**Pesado :**

De los tanques de almacenamiento se toma la cantidad requerida de melaza y se lleva a la báscula, la cual va a servir para efectuar el registro cuantitativo de lo que entra en fabricación.

**Dilusión :**

Consiste en llevar la melaza ya pesada correctamente al tanque de dilusión, dicha operación se puede efectuar en un tanque provisto de un agitador de paletas planas, lo que permite un ahorro en tiempo y en la calidad del mezclado. La melaza diluída a partir de aquí se llama mosto, tiene una densidad de 1.075 Kg/Lt; es de buen criterio tomar una muestra del mosto y calcularle el PH con un potenciómetro para verificar el PH original.

**Antiséptico :**

Antes de colocar la melaza diluída o mosto en la cuba de fermentación es conveniente lavar todos los accesorios, así como la misma cuba con agua caliente, para lograr esterilizar el medio y así evitar contaminantes. También se le puede rociar a la cuba una mezcla de cal con agua, lo cual tiene el mismo fin de lo anterior y además que se precipiten algunas sales presentes, como sales de calcio.

### Exceso de Acidez :

Que se modifica por la acción del carbonato de calcio, ya que las bacterias del ácido láctico no toleran altas concentraciones de ácido.

### Nutrientes :

Una vez verificada la acidez del mosto, prosigue la etapa correspondiente de añadir las sales que contribuyen los nutrientes de las bacterias, lo cual va a permitir la existencia de la misma, y ellas son: raíces o brotes de malta y otros substratos nitrogenosos orgánicos, como es el fosfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .

### Siembra de la Bacteria :

Consiste en inocular el mosto estéril con bacterias de cepas seleccionadas para garantizar el óptimo desarrollo de la fermentación. La inoculación se cultiva (teniendo una cepa adecuada de *Lactobacillus Delbrueckii*) sucesivamente en un tubo de ensayo; en un frasco de 500 ml; y finalmente en un frasco de 6 Lts conteniendo 3 Lts de cultivo. Después de 24 horas de inoculación, los frascos de 6 Lts se usan para inocular los tanques de cultivo.

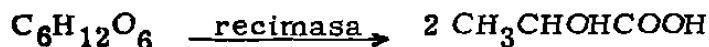
### Preparación del Mosto :

Los tanques de cultivo son cargados previamente con un volumen del 5% del volumen total del mosto, en el volumen obtenido el sustrato es alimentado en la proporción siguiente: 15% de azúcar invertida, 0.375% de raíces o brotes de malta como nutrientes, 0.25% de fosfato de amonio dibásico y 10% de carbonato de calcio como solución reguladora, añadidos inicialmente o en forma intermitente durante del proceso fermentativo. Una vez que se tiene lista la carga, los 3 Lts de cultivo de la bacteria son agregados.

Después de 24 horas y manteniendo la temperatura del medio entre 45 y 50°C, estos tanques son usados para alimentar los fermentadores.

### Fermentación :

Proceso en el cual el mosto se transforma en ácido láctico, producido por fermentos lácticos verdaderos, en el cual dicho ácido es el único producto. La transformación del azúcar expuesto al proceso fermentativo se rige de acuerdo a la siguiente reacción:



Esta reacción se realiza en presencia de las bacterias, que son microorganismos anaeróbicos y unicelulares, productores de las enzimas (recimasa) que actúan como catalizadores de la fermentación.

Los fermentadores son llenados hasta el 80% de su capacidad total; manteniendo la temperatura entre 45 y 50°C; esta temperatura es superior a la óptima de fermentación de otros microorganismos, con lo que se evitan contaminaciones y no es necesario efectuar una pasteurización, sino únicamente lavar con agua caliente antes de volver a llenarlos.

El curso de la fermentación se va regulando por control del PH y de la reducción en el contenido de azúcar. Cuando el contenido de azúcar ha disminuído de 15% al 1%, la fermentación se considera completa; el tiempo de fermentación es de 4 a 6 días. En la Fig. 6 se puede observar la tendencia seguida de la producción de ácido láctico y la reducción de azúcar durante la fermentación.

#### Asentamiento :

Del fermentador el licor se bombea a un tanque de asentamiento, en donde se le añade cal hidratada hasta alcanzar un PH de 10. La temperatura se aumenta hasta 82 u 85°C; la elevación



PROCESO DE FERMENTACION

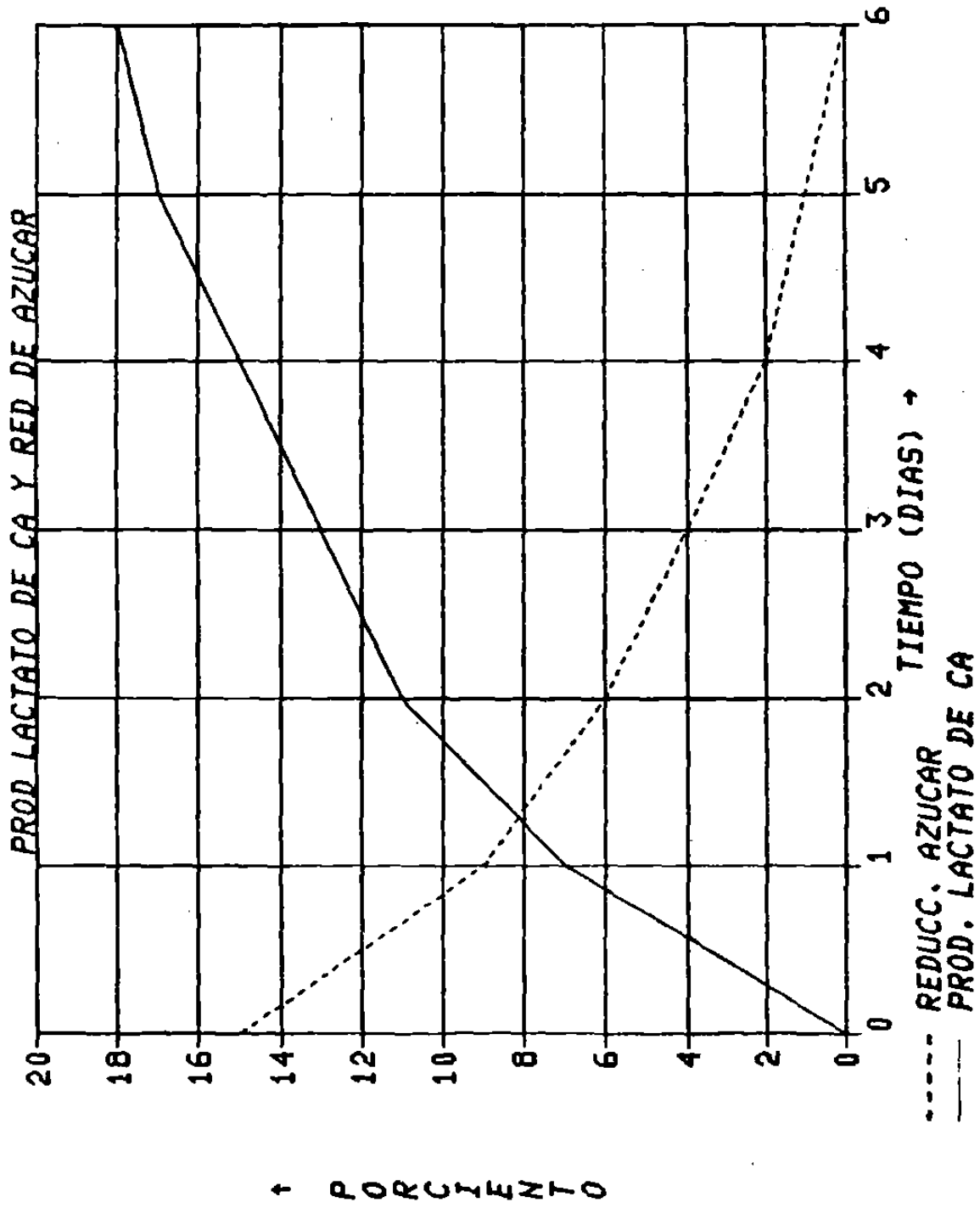


FIGURA NO 6

de la temperatura y el PH obtenido, coagulan las proteínas presentes, haciendo que el asentamiento sea completo y por consiguiente la filtración más fácil.

Una sedimentación eficiente se obtiene agitando lentamente, entre los 10 y 20 minutos, tiempo que será necesario como mínimo, mantener la solución en el tanque.

El líquido claro se decanta por la parte superior del tanque y se bombea al primer tanque de blanqueo por contacto con carbón vegetal activado. Los lodos del tanque de asentamiento son transferidos por gravedad a un tanque colector de lodos, en donde se junta con los lodos del sulfato de calcio (yeso) obtenidos subsecuentemente en el proceso, para que actúen como ayuda de filtro.

#### Primera Fase de Blanqueo y Filtración :

La mezcla de lodos del tanque colector se filtra en un filtro rotatorio continuo a vacío. El filtrado obtenido (solución de lactato de calcio), se junta con la mezcla lactato-carbón y se filtra en un filtro prensa.

El licor de lactato de calcio de esta última filtración, se bombea a un tanque almacén intermedio para posteriormente alimentarlo a un evaporador; la torta de carbón se manda a un

segundo tanque de blanqueo.

Evaporación de la Solución de Lactato de Calcio :

El licor de lactato de calcio blanqueado se concentra en un evaporador estándar de tubos cortos verticales, a vacío, hasta una concentración de 32%. El evaporador deberá ser operado a un vacío conveniente para reducir en lo más posible la temperatura de ebullición de la solución y prevenir su descomposición o cristalización.

Conversión del Lactato de Calcio :

El lactato de calcio concentrado reacciona con ácido sulfúrico para obtener ácido láctico, precipitando el calcio como sulfato de calcio.

El lactato de calcio concentrado en el evaporador se bombea a un tanque de conversión, donde se trata con ácido sulfúrico industrial (diluído al 32% en volumen), dosificándose por medio de una bomba proporcionadora.

Segunda Fase de Blanqueo y Filtración :

El sulfato de calcio que precipitó en el tanque de conversión se separa de la solución por medio de otro filtro continuo rotatorio a vacío, y se manda al tanque colector de lodos anterior.

El ácido láctico obtenido (licor filtrado), se envía a un tanque de segundo blanqueo con carbón obtenido del primero, tercero y cuarto blanqueo. La carga de este segundo blanqueador se filtra en un filtro prensa similar al del primer blanqueador. La torta obtenida se desecha (al drenaje) y el filtrado se bombea a un tanque de almacenamiento intermedio.

#### Evaporación de la Solución Diluída de Acido Láctico :

La solución diluída obtenida de la filtración anterior deberá tener una concentración aproximada de 32%. La solución se bombea a un evaporador de simple efecto, que opera a iguales condiciones que el anterior, hasta donde se concentra la solución de ácido láctico hasta un 52% en peso.

#### Tratamiento Químico, Blanqueos y Filtraciones Finales :

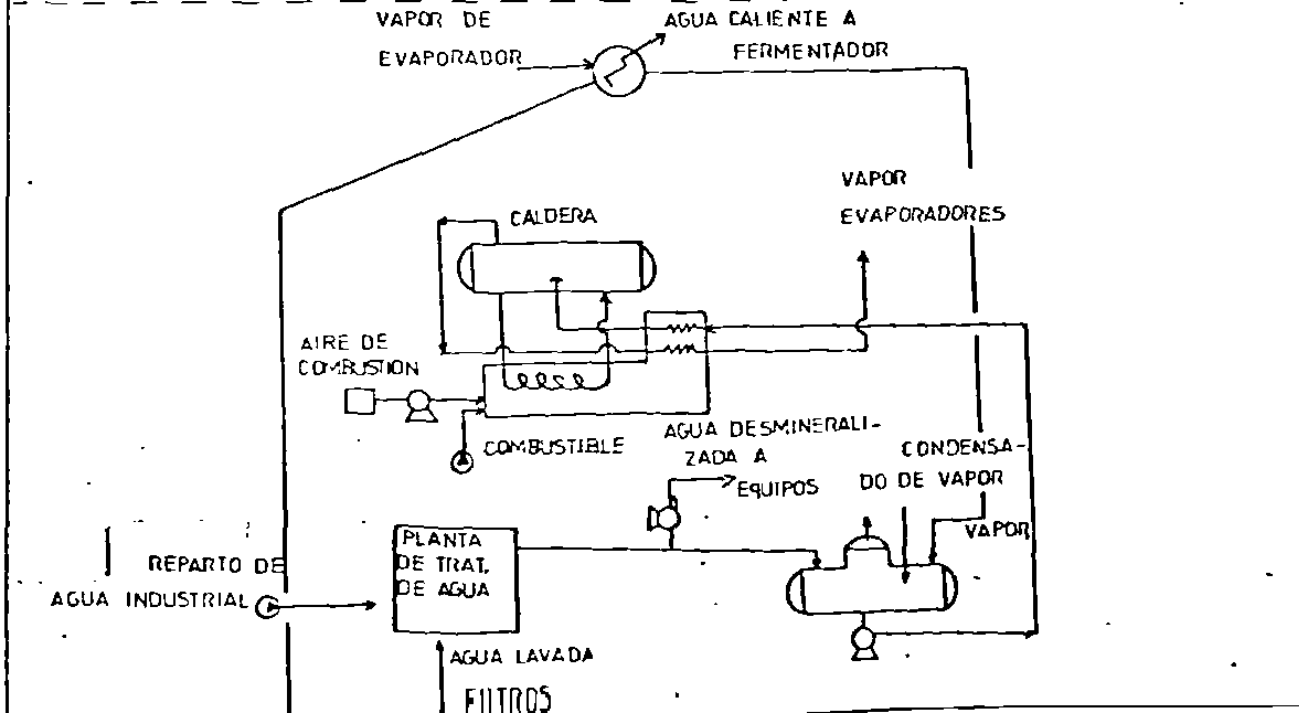
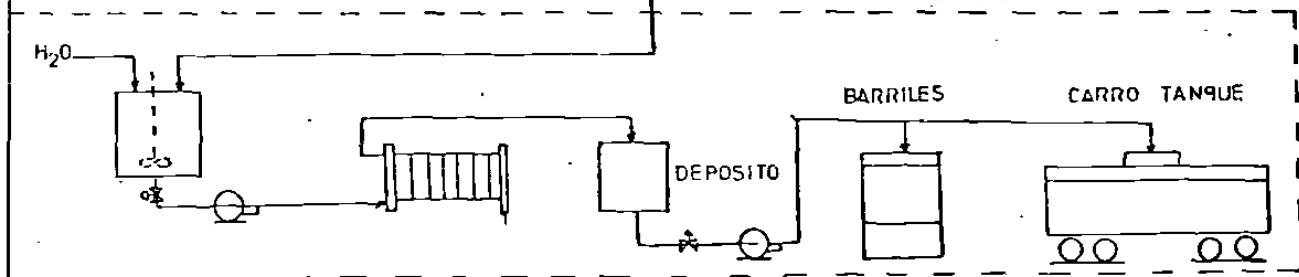
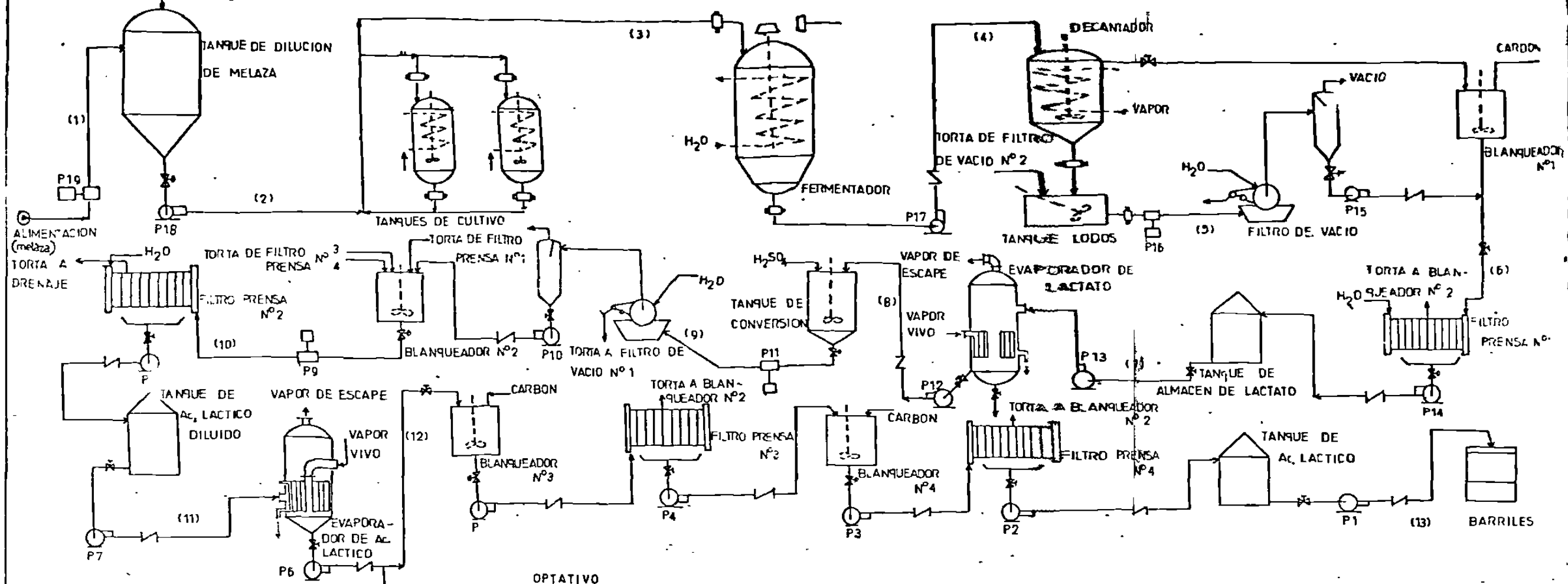
El licor concentrado de ácido láctico obtenido de la evaporación anterior se bombea a un tanque de tratamiento químico y tercer blanqueo, a base de sulfuro de sodio para precipitar los metales ligeros y empleando como blanqueador carbón activado nuevo.

El contenido del tercer blanqueo y tratamiento químico se filtra en un filtro prensa (similar a los anteriores). La torta obtenida se manda al tanque de segundo blanqueo.

El filtrado se pasa a un tanque de cuarto blanqueo, donde se le agrega otra vez carbón activado nuevo y se ajusta con agua (la solución de ácido láctico) a 50% de concentración.

Esta solución final se filtra nuevamente en un filtro prensa; la torta obtenida se envía al tanque de segundo blanqueo.

La solución filtrada de ácido láctico al 50% se manda a un tanque de almacen final.



CORRIENTES	1	2	3	4	5	6	7	8
FLUJO (Kg/hr)	68.75	424.75	458.40	458.40	63.33	428.26	454.13	132.72
PRESION (Kg/cm <sup>2</sup> g)	1.43	1.50	1.50	1.59	1.48	1.58	1.23	1.46
TEMPERATURA (C)	25	25	30	45	40	35	30	60

CORRIENTES	9	10	11	12	13			
FLUJO (Kg/hr)	153.00	174.06	197.32	70.96	69.44			
PRESION (Kg/cm <sup>2</sup> g)	1.38	1.68	1.43	1.34	1.45			
TEMPERATURA (C)	55	40	30	63	25			

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO  
"PRODUCCION DE ACIDO LACTICO"

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE  
NUEVO LEON,

MAESTRIA EN CIENCIAS

FRANCISCO A. DAUTANT S.

FIG. N° 7

### 6.3 Descripción del Equipo Principal Seleccionado

#### Evaporadores :

Son aparatos utilizados para la evaporación de la solución de lactato de calcio y posteriormente la evaporación de ácido láctico.

Industrialmente, para el proceso de obtención de ácido láctico a partir de melaza de caña de azúcar, se recomiendan evaporadores del tipo tubos verticales de las variedades canasta y verticales comunes y corrientes, como se muestran en las Figs. 8 y 9.

En ambos, la solución hierve en la parte interior de los tubos verticales con el medio caliente, que generalmente es vapor condensándose, retenido en la caja a través de la cual pasan los tubos.

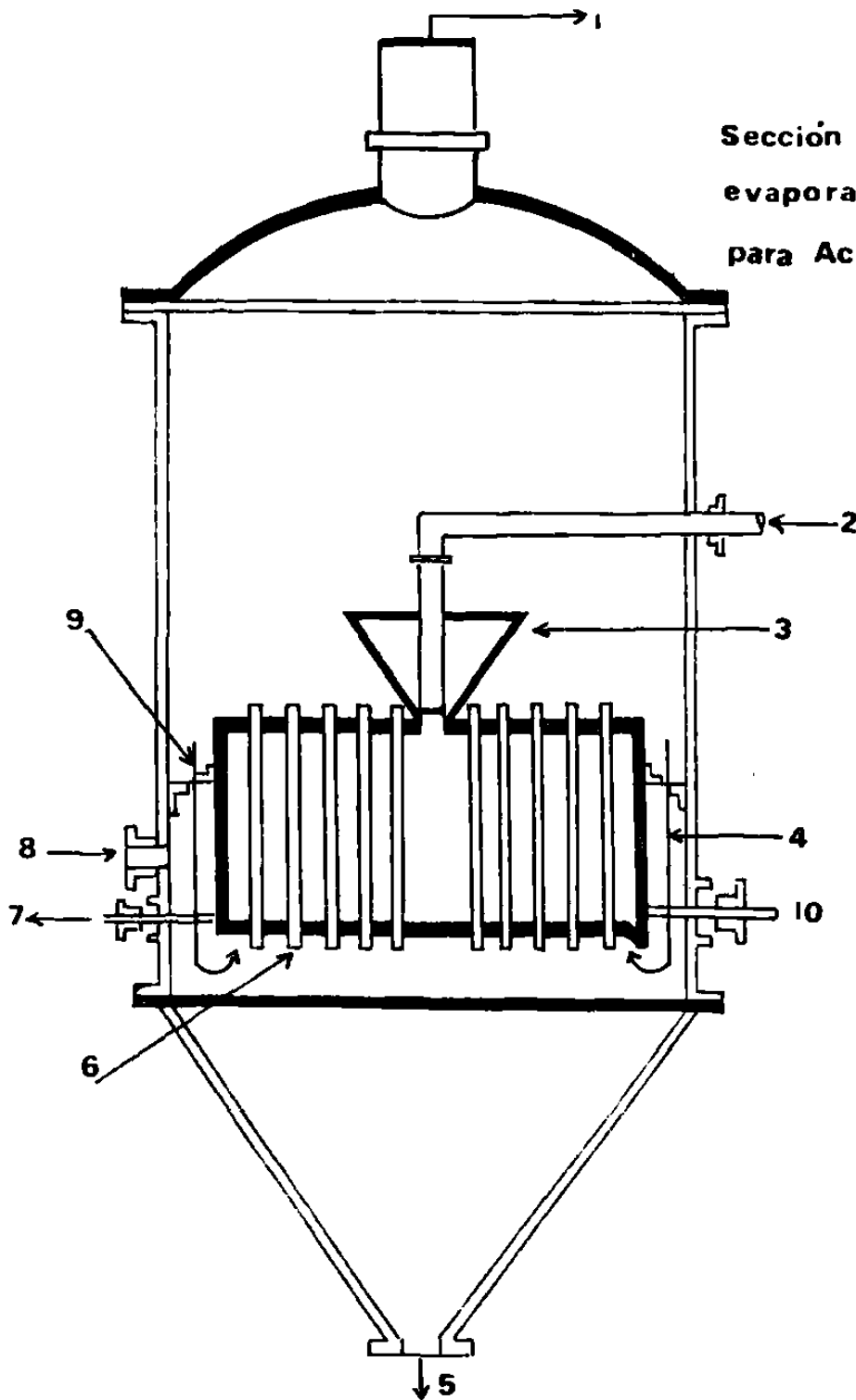
En el evaporador de canasta, la caja del vapor forma una canasta colgada en el centro del evaporador. El calentamiento o el hervido del líquido dentro de los tubos ocasiona un flujo hacia arriba a través de los mismos, en tanto que el líquido no evaporado fluye hacia abajo a través del anillo alrededor de la canasta.

En el evaporador común y corriente de tubos verticales, la caja de vapor tiene forma de rosca. El líquido fluye hacia arriba a través de los tubos, y hacia abajo a través del orificio central.

Sus aplicaciones son muy variables, dando buenos resultados con disoluciones poco viscosas o que no formen mucha espuma, debido a que la circulación sería lenta y los coeficientes que se obtendrían son pobres.



Sección long. de un evaporador tipo cesta para Ac láctico.



1. Vapor

2. Vapor que se condensa fuera del haz de tubos

3. Pantalla de choque

4. Retorno del liquido

10. Orificio de purga

5. Producto concentrado

6. Liquido hirviendo dentro de los tubos

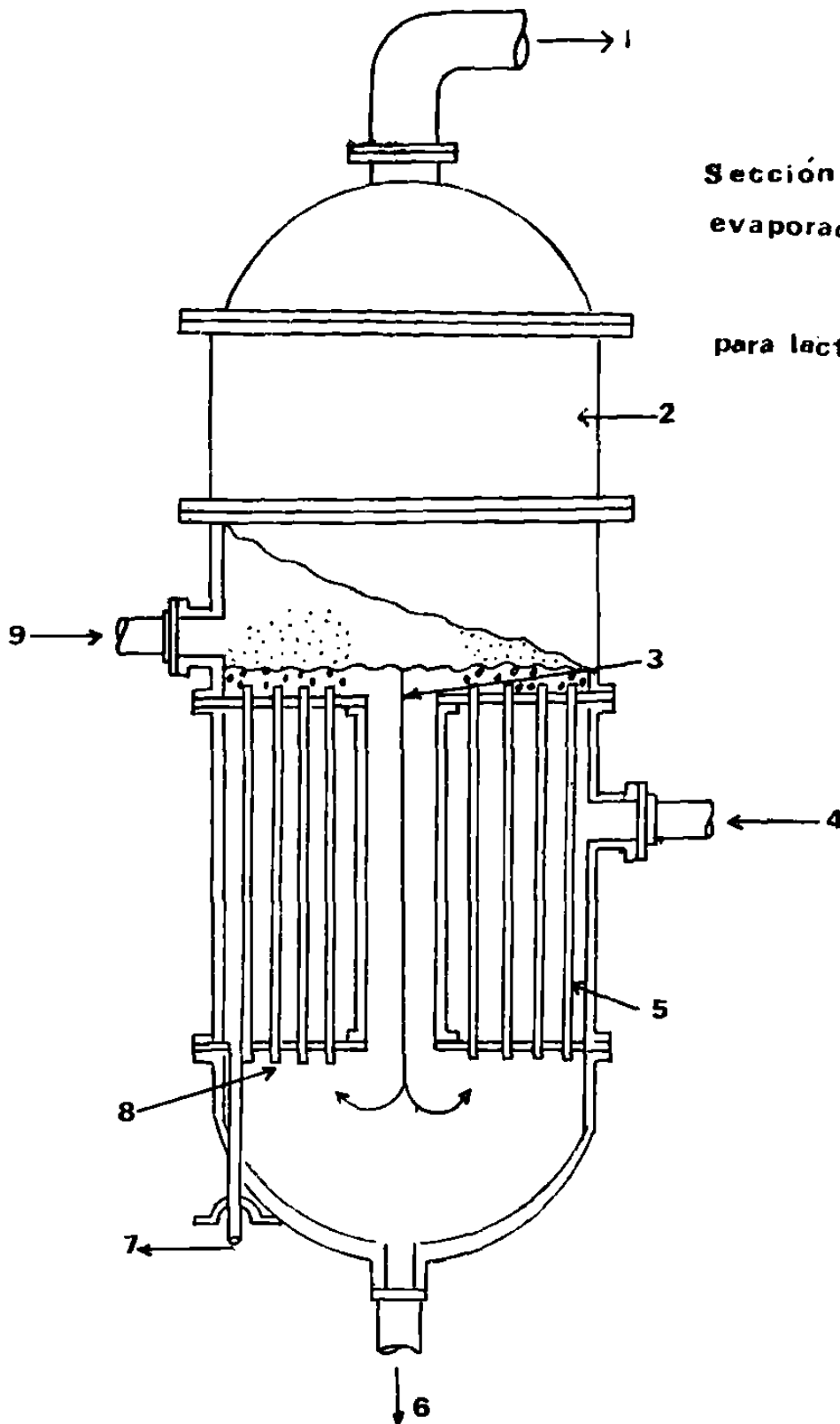
7. Condensado

8. Alimentación

9. Retorno hacia abajo del liquido por la corona

fig. 8

Sección long. de un  
evaporador de tubos  
verticales  
para lactato de calcio



1. Vapor

2. Zona de separación de espumas

3. Sentido de circulación del líquido

4. Vapor de agua

5. Vapor condensado en el exterior de los tubos

6. Solución concentrada

7. Condensado

8. Ebullición en el interior de los tubos

9. Alimentación

fig. 9

### Filtros Prensa :

El filtro prensa ha sido el aparato para filtración más ampliamente usado en la industria química. Dichos filtros tienen la ventaja de su bajo costo inicial, bajo mantenimiento y extrema da flexibilidad.

Por otra parte, la necesidad de desarmarlos manualmente después de cierto tiempo representa otra ventaja importante.

El filtro prensa está diseñado para efectuar cierta variedad de funciones, la secuencia de las cuales se controla manualmente.

Durante la filtración, el filtro prensa: a) permite la entrada de la pasta alimenticia hacia la superficie filtrante, a través de su propio ducto; b) permite que la suspensión alimentada sea forzada contra las superficies filtrantes; c) permite que el filtrado, que ha pasado a través de las superficies filtrantes, salga a través de su propio ducto, mientras que, d) retiene los sólidos que se encontraban originalmente en la suspensión.

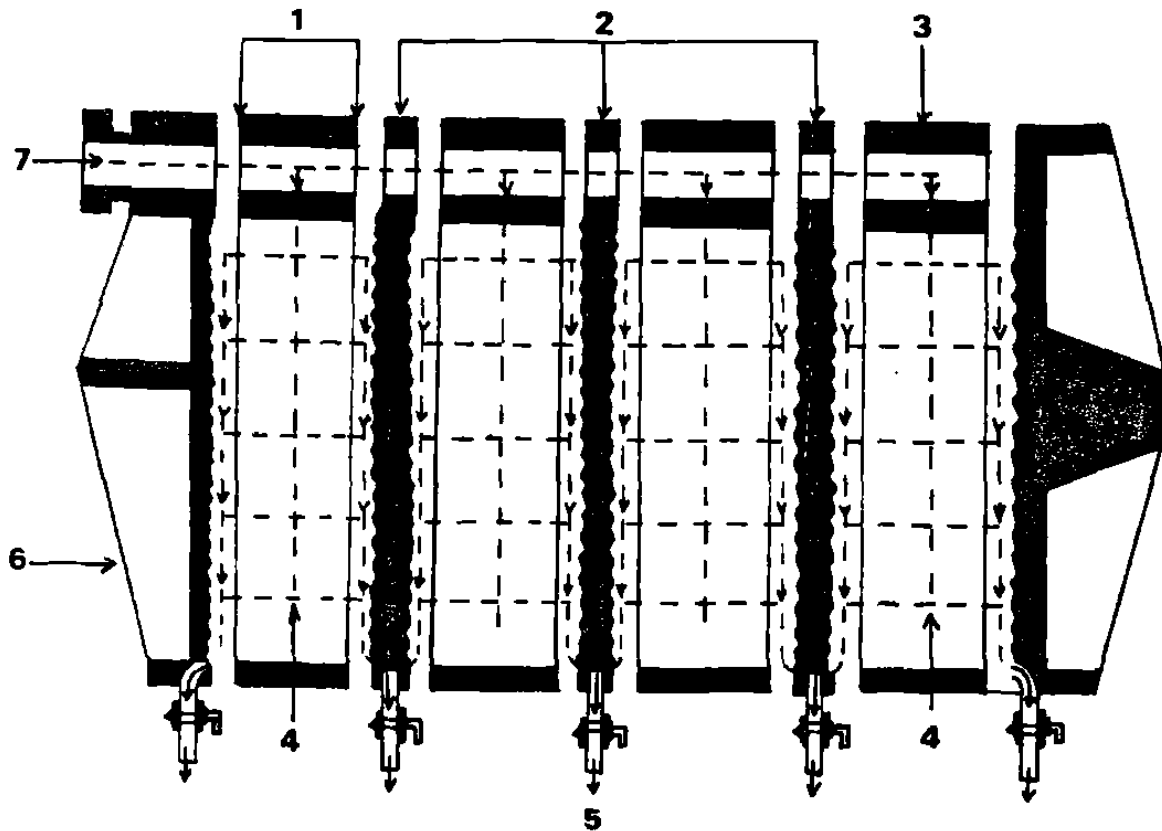
Estos aparatos según información especializada, indican que aproximadamente los filtros prensa están sujetos a un 2 ó 3% de pérdida con respecto a la pasta alimentada a dicho aparato.

Durante la secuencia de lavado, la prensa: a) permite alimen

tar agua limpia a los sólidos filtrados a través de su propio ducto, b) permite forzar el agua de lavado a través de los sólidos retenidos en el filtro y c) permite que el agua de lavado y las impurezas se puedan retirar de dicho filtro por otro conducto.

El diseño más usual de filtros prensas, consiste en placas y marcos alternados. En la página 80, se representa un filtro prensa en operación.

**SECCION DE UN FILTRO-PRENSA  
LONG.**



- 1. PAÑO
- 2. PLACA
- 3. MARCO
- 4. TORTA
- 5. DESAGUES DEL FILTRADO
- 6. CABEZAL
- 7. ENTRADA DEL LIQUIDO

fig. 10

## Fermentadores :

El uso industrial de microorganismos, requieren que sean cultivados en recipientes grandes, que contienen cantidades considerables de medios nutritivos. Estos recipientes se llaman comunmente fermentadores, y pueden ser bastante complicados en su diseño, debido a que con frecuencia tienen que permitir el control y observación de muchas facetas microbiales y la biosíntesis.

Los fermentadores, tanto industriales como los de pequeña escala (de laboratorio), están diseñados para proporcionar:

- Las mejores condiciones posibles para el crecimiento y biosíntesis para los cultivos microbiales importantes industrialmente, para permitir facilidad de manipulación para todas las operaciones asociadas con el uso de fermentadores:
- Adición intermitente de agente antiespumante, según cuando lo requiera el medio.
- Alguna forma de control de temperatura debe de estar disponible para mantener una temperatura constante predeterminada en el fermentador durante el crecimiento del microorganismo.
- Debe proporcionar medios asépticos para el retiro de

muestras de cultivo durante la fermentación, así como para la introducción de inóculo al iniciarse la fermentación.

- Se requiere de un mecanismo para detectar los valores de PH del medio de cultivo, y para ajustar esos valores durante el crecimiento, aún si éste consiste sólo en retirar una muestra del fermentador para determinar el PH y después agregar álcali o ácido al medio de fermentación.
- El fermentador debe de tener tanques adicionales de inóculo, los cuales son fermentadores de tamaño más pequeño, en los cuales se produce el inóculo y luego se agrega directamente al fermentador.
- Estos recipientes tienen que ser suficientemente fuertes para resistir las presiones de grandes volúmenes de medio acuoso, pero al mismo tiempo, los materiales con los cuales se fabrican no tienen que ser corroídos por el producto de la fermentación, ni contribuir con iones tóxicos al medio de crecimiento.

Hay diferentes tipos de fermentadores, los cuales difieren de acuerdo a la capacidad o volumen total a manejar. Sin embargo, el volumen real de operación en un fermentador siempre es menor que el volumen total, debido a que hay que dejar un espa

cio vacío en la parte superior del fermentador, sobre el medio de cultivo líquido, para evitar la salpicadura, la espuma y la aereación del líquido. Este espacio vacío ocupa  $1/5$  ó  $1/4$  del volumen del fermentador.

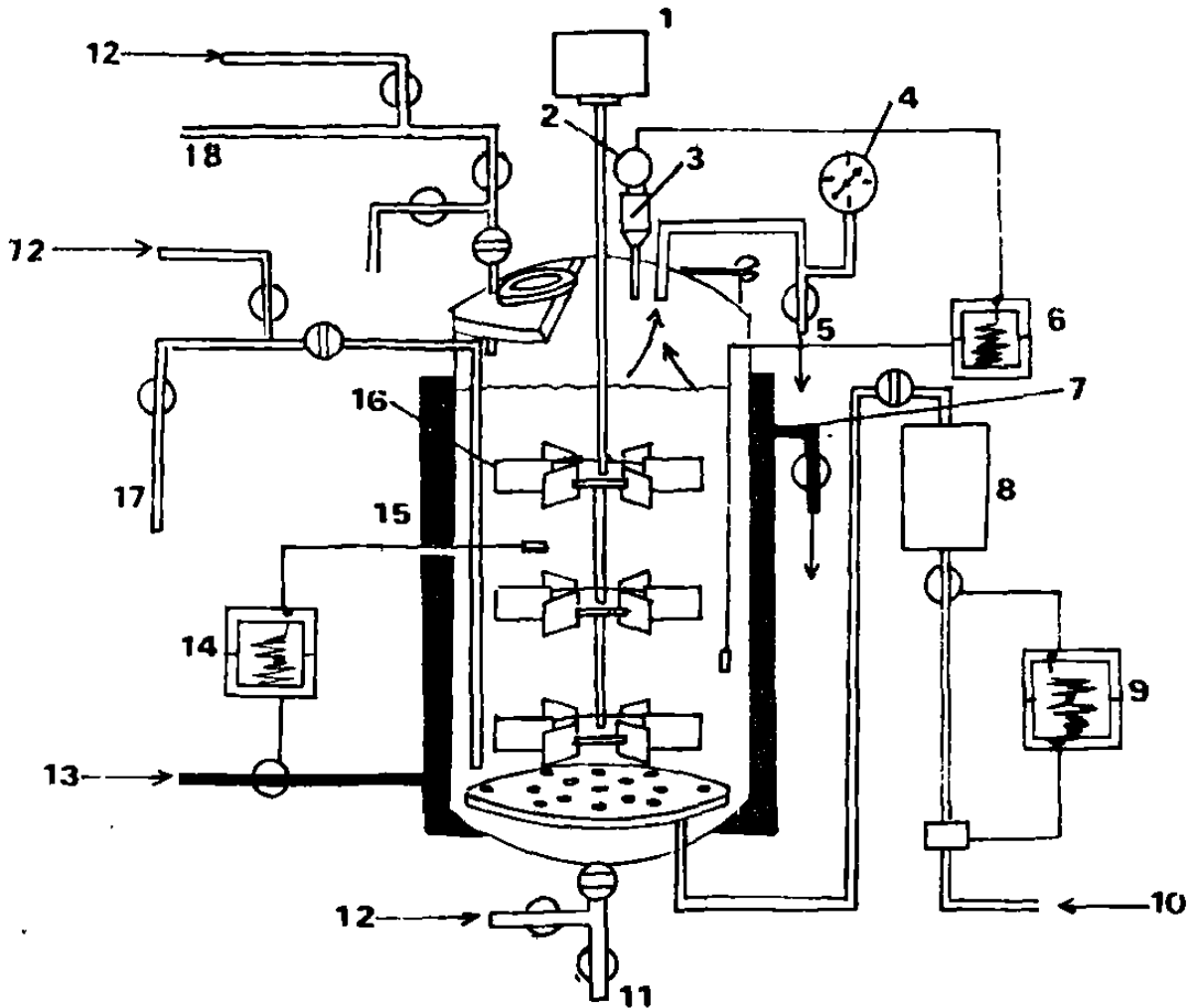
Los pequeños fermentadores de laboratorio (como el utilizado en la sección práctica de este proyecto) tienen un volumen total de 12 a 15 litros de capacidad máxima, los cuales se utilizan con mucha frecuencia en las investigaciones comerciales existentes y en desarrollo de nuevos procesos de fermentación.

Además, en dicho aparato varias variables con controles adecuados pueden probarse lado a lado, y las condiciones óptimas de fermentación, según se determinan en estos fermentadores, con frecuencia son aplicables a mayor escala, en tanques de fermentación más grandes. Los pequeños tanques se usan para producir inóculo para inocular tanques más grandes, y éstos sirven como inóculo para tanques aún más grandes.

Por lo tanto, los fermentadores grandes o pequeños son algo si milares en su diseño mecánico. (Ver Fig.11)



# FERMENTADOR



1.MOTOR

2.BOMBA

3.RESERVORIO Ac/BASE

4.INDICADOR PRESION

5.LINEA DE DESCARGA

6.INDICADOR PH

7.SALIDA DE AGUA

8.FILTRO DE AIRE

9.INDICADOR FLUJO DE AIRE

10.SUMINISTRO DE AIRE

11.LINEA DE RECOLECCION

12.VAPOR

13.AGUA PARA ENFRIAMIENTO

14.INDICADOR TEMPERATURA

15.CHAQUETA DE ENFRIAMIENTO

16.IMPULSOR

17.LINEA DE MUESTREO

18.ADICION DE NUTRIENTE

fig.11

TABLA NO. 15

CARACTERISTICAS DE LOS EVAPORADORES

CARACTERISTICAS	EVAPORADOR DE LACTATO	EVAPORADOR DE ACIDO
- Alimentación (kg/hr)	454.13	197.32
- Concentración Inicial	9.10 % $\pm 9 \%$	18.70 %
- Producto (kg/hr)	<sup>12.4</sup> 132.72	70.96
- Concentración Final	32.00 %	52.00 %
- Agua Evaporada (kg/hr)	<sup>13</sup> 321.41	126.36
- Presión de Vacío (kg/cm <sup>2</sup> )	0.16	0.16
- Presión de Vapor de Calentamiento (kg/cm <sup>2</sup> )	1.76	1.76
- Densidad Aproximada (kg/lts)	1.12	1.294
- Temperatura Alimentación (°C)	25.00	35.00
- Temperatura de Ebullición de la Solución (°C)	60.00	63.00
- Calor Necesario (BTU/lb)	1,628,520.00	606,390.00
- Vapor de Calentamiento (kg/hr)	777.00	289.00
- Coeficiente Total de Transmisión (BTU/hr-°F-pie <sup>2</sup> )	277.00	269.00
- Area de Calentamiento (pie <sup>2</sup> )	58.00	24.00
- Costo Actualizado (Dlrs. )	26,130.00	10,235.00

Material : Acero Inoxidable

COSTO TOTAL DE LOS EVAPORADORES : 36,365.00 Dólares.

TABLA NO. 16

CARACTERISTICAS DE LOS FILTROS

TIPO DE FILTRO	VOLUMEN A FILTRAR (Lts/hr)	GASTO (Gal/min)	pH	DENSIDAD (Kg/lt)	AREA (pie <sup>2</sup> )	COSTO (Dólares)
- De Vacío No. 1	199	0.88	10	1.12	13	11,759
- De Vacío No. 2	137	0.60	5.5	1.12	10	15,362
- Prensa No. 4	72	0.25	5.5	1.294	16.15	20,904
- Prensa No. 3	55	0.30	5.5	1.294	16.15	20,904
- Prensa No. 2	135	0.74	5.5	1.294	16.15	20,904
- Prensa No. 1	382	2.10	5.5	1.294	16.15	20,904

Material : Acero Inoxidable

COSTO TOTAL DE LOS FILTROS : 110,737 Dólares

TABLA NO. 17

CARACTERISTICAS DE LA CALDERA DE VAPOR

NOMBRE	CAPACIDAD (Kg/hr)	TEMPERATURA DEL VAPOR (°C)	PRESION DEL VAPOR (Psig)	COSTO ACTUALIZADO (Dls.)
Caldera de Vapor	1,383	116	25	13,065

Sistema de Agua de Enfriamiento : Capacidad 10 Lts/min.,  $\Delta T = 15^{\circ}C$

TABLA NO. 18

CARACTERISTICAS DE LOS TANQUES EMPLEADOS

NOMBRE DEL TANQUE	CAPACIDAD		DIMENSIONES		MATERIAL	PRESION DE TRABAJO (Psig)	NO. DE TANQUES	COSTO ACTUALIZADO (Dlrs.)
	(lts)	D	(M)	H				
- Fermentador	525	0.73	1.25		a	16.63	7	64,019
- Tanque Almacen de Melaza	19,394	2.44	4.15		b	32.12	1	11,758
- Tanque Almacen H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,359	1.48	2.52		a	21.28	1	5,226
- Tanque Dilusión Melaza	395	1.50	2.55		b	18.67	1	1,307
- Tanque Dilusión H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	291	0.60	1.02		a	17.35	1	3,658
- Tanque Almacen Acido Láctico	4,026	1.44	2.46		a	19.20	1	13,065
- Tanque Almacen Pro-ducto Final	1,417	1.02	1.73		a	17.91	1	7,186
- Tanque Almacen Lactato de Calcio	10,995	2.02	3.43		b	20.14	1	9,146
- Tanque de Conversión	130	0.46	0.78		a	15.92	1	4,573
- Tanque prepara-cultivos	230	0.56	0.95		b	16.16	3	3,920
- Tanque de Blanqueo No. 1	422	0.68	1.16		b	16.53	1	6,271
- Tanque de Blanqueo No. 2	224	0.55	0.94		a	16.18	1	6,271
- Tanque de Blanqueo No. 3	62	0.36	0.61		a	15.80	1	3,266
- Tanque de Blanqueo No. 4	60	0.36	0.61		a	15.80	1	3,266
- Tanque de Asentamiento	235	0.56	0.95		b	16.16	1	4,050
- Tanque Colector de Lodos	95	0.41	0.70		b	15.79	1	2,352

MATERIAL: a: Acero Inoxidable  
b: Acero al Carbón

COSTO TOTAL DE LOS TANQUES: 149,328 Dlrs.

TABLA NO. 19

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS EMPLEADAS

BOMBAS	FLUJO EN (kv/hr)	FLUJO EN (Gal/min)	ALTURA (pies)	TIPO (pulg)	MATERIAL	HP	COSTO ACTUA LIZADO (Dls.)
P-1	69.44	0.2363	7	1 1/2 x 1 1/2	a	1.5	1,150
P-2	69.44	0.2363	7	"	a	1.5	1,150
P-3	71.58	0.3152	3	"	a	1.0	1,050
P-4	68.83	0.3031	2	"	a	0.5	850
P-5	70.96	0.2415	3	"	a	1.0	1,050
P-6	70.96	0.2415	3	"	a	1.0	1,050
P-7	197.32	0.7788	6	"	a	1.5	1,050
P-8	197.32	0.7750	10	"	a	2.0	1,150
P-9	174.07	0.6844	3	"	a	1.0	1,050
P-10	132.72	0.5278	4	"	a	1.0	1,050
P-11	153.00	0.6015	1	"	a	0.5	850
P-12	132.72	0.5216	3	"	a	1.0	1,050
P-13	454.13	1.7854	9	"	a	2.0	1,150
P-14	454.13	1.7854	14	"	a	2.5	1,150
P-15	13.01	0.0511	3	"	a	1.0	1,050
P-16	63.33	0.2535	1	"	a	0.5	850
P-17	458.40	1.8350	9	"	a	2.0	1,150
P-18	424.75	1.7003	4	"	a	1.0	1,050
P-19	68.75	0.2752	8	"	a	2.0	1,150

Material : a : Acero Inoxidable

NOTA: - Hay que considerar una bomba que conduce el agua que se obtiene en forma de vapor, el cual se es-  
 capa del evaporador de lactato y que la lleva al fermentador como aprovechamiento del mismo vapor.  
 - Hay que considerar otra bomba, la cual conduce el vapor que se saca del evaporador de ácido láctico  
 a la caldera.

ANALISIS ECONOMICO

## 7. ANALISIS ECONOMICO

Para la evaluación económica del proyecto se consideraron las siguientes bases :

1. La mayor parte del equipo empleado en el proceso se fabricará en México.
2. El equipo de importación (evaporadores, condensadores) se está considerando en su costo el porcentaje adecuado para colocarlos en la Ciudad de Monterrey; este impuesto sobre importaciones es del orden del 42%, distribuído de la manera siguiente : 3% de fletes, 4% de refacciones y 35% del permiso de importación.
3. El costo de instalación varía desde equipos como condensadores, bombas, etc., de un 10% del costo de compra a equipos de mayor estructura y cimentación en un 25%.
4. Se considera una depreciación en línea recta en un tiempo de vida de 12 años.
5. Se consideró una tasa de impuesto federal del orden del 52%, distribuído en dos partes : 42% para el fisco, y el 10% requerido para el reparto de utilidades.
6. La estimación de los costos de los equipos principales, así co-

mo los factores que cada uno involucra en el análisis económico correspondiente, fueron tomados del libro "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", en las gráficas adecuadas, así como en otros textos (Ref. No. 3); y posteriormente estos costos fueron actualizados hasta el primer cuarto del año en curso, es decir, hasta Abril de 1985.

7. Algunos precios se cotizaron con información de precios de proveedores.
8. Se utilizó una cotización del peso con respecto al dólar de 330 pesos/dólar.

COSTO TOTAL DEL EQUIPO PRINCIPAL :

1. Tanques y Fermentadores	149,328	Dlls.
2. Planta Generadora de Vapor	13,065	"
3. Bombas	20,050	"
4. Filtros	110,732	"
5. Evaporadores	51,638	"
6. Condensadores	10,370	"
7. Sistema de Agua de Enfriamiento	<u>1,500</u>	"
Costo Total del Equipo Principal	356,683	Dlls.



**A. - DETERMINACION DEL CAPITAL FIJO DIRECTO**

1. Costo Total Directo de la Planta :		(DlIs.)
a) Costo del Equipo	356,683	
b) Costo de Instalación	60,027	
c) Tubería de Proceso	53,502	
d) Instrumentación	54,384	
e) Servicios Eléctricos	39,235	
f) Edificio de Proceso	52,620	
g) Adecuación de Terreno	9,274	
h) Servicios de Distribución	42,802	
i) Inversión en Tierra	<u>22,727</u>	
Costo Total Directo de la Planta	691,254	691,254
2. Costo Total Indirecto de la Planta :		
a) Ingeniería y Supervisión	66,853	
b) Construcción y Contratista	<u>53,482</u>	
Costo Total Indirecto de la Planta	120,335	<u>120,335</u>
3. Costo Total de la Planta (1 + 2)		811,584
4. Contingencias		<u>71,337</u>
5. Capital Fijo Directo (3 + 4)		<u>882,927</u>

B. - DETERMINACION DEL COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

I. Determinación del Costo de Manufactura del Acido Láctico

1. Costos Dependientes de la Mano de Obra Operacional : (DlIs. / Año)

1.1 Mano de Obra Operacional 22,575

1.2 Supervisión 2,258

1.3 Suministros Operacionales 1,129

1.4 Laboratorio 3,386

Costos Dependientes de la Mano de Obra Operacional 29,348 29,348

2. Costos Dependientes del Capital Fijo Directo :

2.1 Mantenimiento 52,976

2.2 Depreciación 70,634

2.3 Seguros 8,829

2.4 Impuestos Locales 26,448

Costos Dependientes del Capital Fijo Directo 158,887 158,887

3. Materia Prima :

3.1 Melaza 19,500

3.2 Costo de Carbonato de Calcio 130,019

3.3 Costo de Acido Sulfúrico 7,301

3.4 Fosfato de Amonio y Extracto de Malta 18,417

3.5 Costo de Carbón 86,924

Costo de Materia Prima 262,161 262,161

4. Servicios (potencia y agua)	3,363
5. Otros Costos de la Planta (médicos, seguridad, res- taurant, etc.)	<u>38,904</u>
Costo Total de Manufactura	492,663

II. Determinación de los Gastos Generales

1. Gastos Administrativos	21,000	
2. Ventas	7,300	
3. Financiamiento	<u>26,488</u>	
Gastos Generales	54,788	<u>54,788</u>

III. Determinación del Costo Total del Producto

Costo Total del Producto (I + II)	<u>547,451</u>
-----------------------------------	----------------

Producción Total de Acido Láctico :

500,000 Kg/año

Costo Total del Producto :

1.10 Dlls/Kg

Precio de Venta Probable del Acido Láctico :

2.00 Dlls/Kg

C. - DETERMINACION DE LA UTILIDAD NETA ANUAL

1. Utilidad de Operación :	(Dlrs.)
a) Ingresos Neto Anuales	1,000,000
b) Gastos Totales Anuales	<u>547,451</u>
Utilidad de Operación (a - b)	452,549
2. Utilidad Gravable :	
a) Reparto de Utilidades	<u>45,255</u>
Utilidad Gravable (1 - 2a)	407,204
3. Utilidad Neta Anual :	
a) Impuestos	<u>171,026</u>
Utilidad Neta Anual (2 - 3a)	<u><u>236,178</u></u>

D. - DETERMINACION DE LA RENTABILIDAD

Rentabilidad sobre el capital total de inversión.

El capital total de inversión se considera como el resultado de la inversión fija (capital fijo directo) y el capital de trabajo.

1. Capital Total de Inversión :	(Dlrs.)
a) Inversión Fija	882,927
b) Capital de Trabajo	<u>76,473</u>
Capital Total de Inversión	959,400      959,400
2. Rentabilidad :	

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad Neta Anual}}{\text{Capital Total de Inversión}} \times 100$$

$$= \frac{236,178}{954,400} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \underline{\underline{25\%}}$$

E. - DETERMINACION DEL FLUJO DE EFECTIVO

$$F. E. = tD + (1 - t) S - (1 - t) C$$

F. E. = Flujo de Efectivo

D = Depreciación

S = Ingresos Netos

C = Gastos Netos

t = Tasa de Interes

$$F. E. = (0.52) (65,311) + (1 - 0.52) (1,000,000) - (1 - 0.52) (547,451)$$

$$F. E. = 251,185 \text{ Dlls/año}$$

F. - DETERMINACION DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Se estimó de la forma siguiente :

$$V P = - I + A (P/A, i, n)$$

donde :

V P = Valor Presente de flujo de dinero = 0

I = Inversión = Capital Fijo Directo = 882,927 Dlls

A = Anualidades = 251,185 Dlls/año

i = Interes

n = Período de Tiempo (años) = 12

entonces,

$$\frac{882,927}{251,185} = (P/A, i, 12)$$

$$3.515 = (P/A, i, 12)$$

$$i = 26\%$$

(Ref. No. 4)

G. - DETERMINACION DEL TIEMPO DE PAGO

Se estimó de la siguiente manera :

$$\begin{aligned} \text{Tiempo de pago} \\ \text{después de im-} &= \frac{\text{Capital Fijo Directo}}{\text{Flujo de Efectivo} + \text{Cantidad Depreciada}} \\ \text{puestos} &= \frac{882,927 \text{ Dlls}}{(251,185 + 65,311) \text{ Dlls/año}} \\ \\ \text{Tiempo de Pago} &= \underline{\underline{2.8 \text{ años}}} \end{aligned}$$

H. DETERMINACION DEL CAPITAL DE TRABAJO

1 mes de Materia Prima	26,216 Dlls
1 mes de Sueldo	4,636 "
1 mes de Producto Elaborado al costo de producción	<u>45,621</u> "
Capital de Trabajo	76,473 Dlls

I. - DETERMINACION DE LA DEPRECIACION

1. Depreciación en línea recta
2. Tiempo de vida útil (12 años)
3. Valor de rescate del equipo = 0
4. Cantidad recuperada :
  - a) Inversión en Tierra 22,727 Dlls
  - b) Capital de Trabajo 76,473 "
  - 99,200 "
5. Valor original = Capital Fijo Directo 882,927 Dlls

entonces ,

$$\begin{array}{l} \text{Cantidad Depreciada} \\ \text{Anualmente} \end{array} = \frac{(882,927 - 99,200) \text{ Dlls}}{12 \text{ años}}$$

$$\text{Cantidad Depreciada} = \underline{\underline{65,311 \text{ Dlls/año}}}$$

# GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

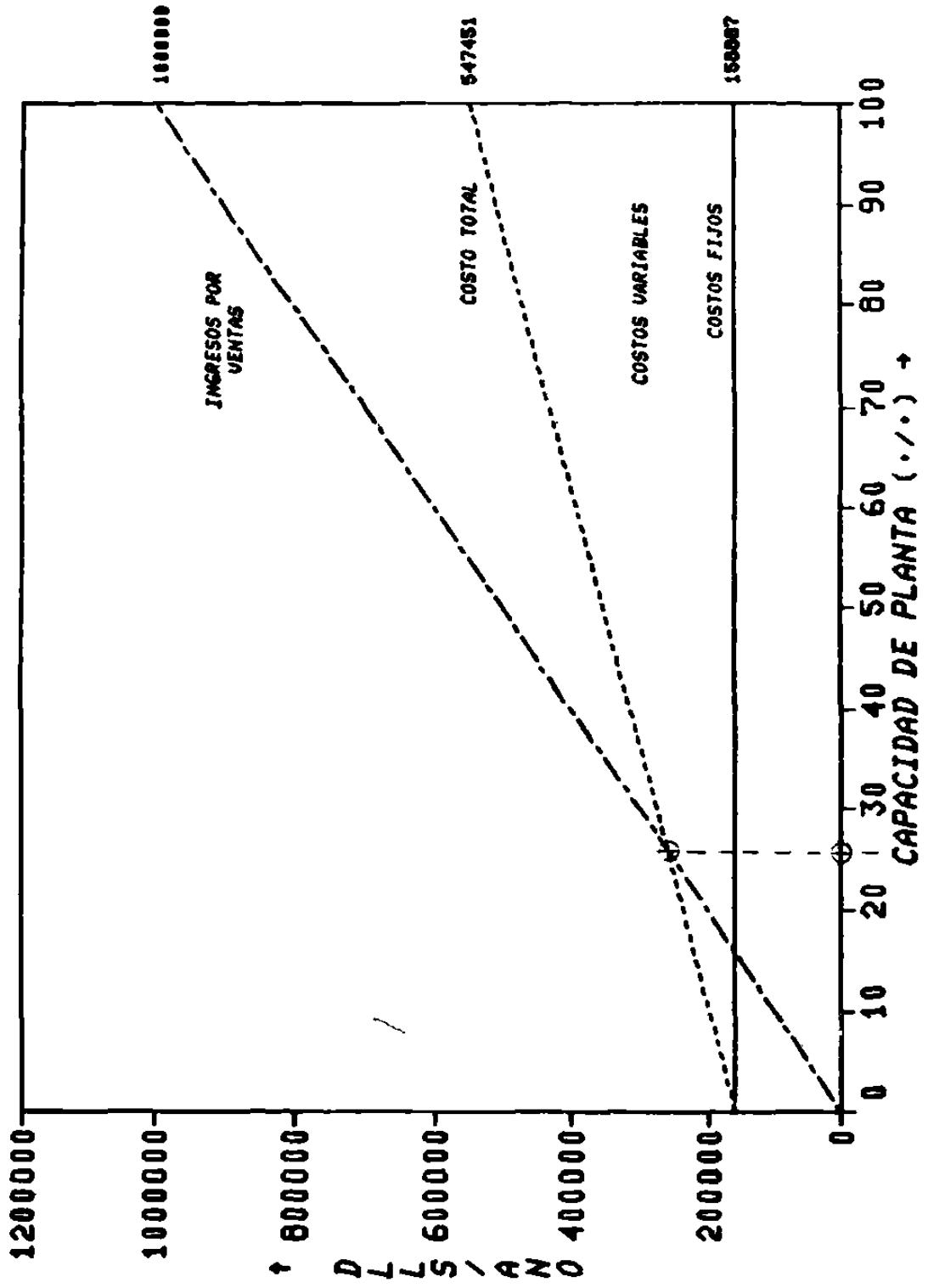


FIGURA NO 12



## CONCLUSIONS

## 8. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio para la obtención de ácido láctico al 50% de concentración, por medio de un proceso de fermentación utilizando microorganismos anaeróbicos (*Lactobacillus Delbrueckii*), que transforman las mieles incristalizables en ácido como único producto de dicho proceso.

Posteriormente se llevó a cabo un estudio de mercado, basándose en los datos recabados del Instituto Mexicano del Comercio Exterior. acerca del consumo de ácido láctico en los últimos 10 años, los cuales llevaron a establecer que la cantidad de ácido que se consumiría para el año de 1985 sería del orden de 500 Toneladas anuales.

Consecuentemente se realizó un estudio comparativo de las materias primas, de las que se puede partir para la obtención del ácido, así como de los procesos unitarios que requieren cada una de ellas, para servir de base al proceso general de fermentación, aplicando un concepto de toma de decisión llamado Función Criterio, dando como resultado la utilización de materias primas azucaradas y en particular la melaza de caña de azúcar.

Una vez seleccionada la materia prima y el proceso a emplear. se procedió a una investigación práctica en el laboratorio, con el objeto de obtener datos sobre rendimientos. En esta experimentación se ob

tuvo un 84% de rendimiento de ácido con respecto a los azúcares fermentables de la melaza, considerándose este resultado como excelente.

El proceso de fermentación es de 6 días. Durante este período, las variaciones de pH, concentraciones de azúcares y de ácido láctico, así como del número de células en el mosto de fermentación mostraron resultados congruentes con información teórica de un proceso similar de otras materias primas (Ref. No. 5 ). Además se desarrolló un medio de cultivo basándose en el Catálogo de Cultivos Microbianos (Ref. No. 6 ), el cual proporcionó la base para el crecimiento adecuado de la bacteria; este medio consiste en una mezcla de leche descremada, jugo de tomate, extracto de malta; se ajusta el pH a 7.0 y se esteriliza a  $15 \text{ lb/plg}^2$  durante 15 min. Durante la fermentación el proceso se controló a un pH = 5.5 y a  $45^{\circ}\text{C}$  de temperatura. Se emplearon dos tipos de precipitante, el carbonato de calcio y el de zinc. Por rendimiento y costo, el primero se considera el más adecuado. Se emplea ácido sulfúrico como acidulante del lactato de calcio y filtraciones a base de carbón activado para purificación del ácido láctico obtenido.

El análisis económico preliminar muestra un flujo de efectivo anual de 251,185 Dlls., una tasa interna de retorno del 26% y un período de recuperación de 2.8 años.

De acuerdo a estos resultados, la factibilidad económica del proyecto puede considerarse como satisfactoria.

El equipo seleccionado, de hecho viene a ofrecer una situación que se considera ventajosa para futuros aumentos de la capacidad de producción de la planta. Este hecho se fundamenta en que si se aumenta la capacidad de producción de la planta no es necesario invertir en más equipo para integrarlo a la planta, dado que únicamente será necesario aumentar la cantidad de recipientes de fermentación, cuyos costos comparados con el monto del equipo, resultan ser considerablemente menores y por lo tanto se requerirá de una pequeña inversión.

Por último, lo que procedería a este estudio sería una optimización en la síntesis de proceso y un análisis económico más riguroso, de acuerdo a la información de proveedores, en base a datos de ingeniería detallada y condiciones de financiamiento.

Por lo tanto, técnicamente es posible la elaboración de ácido láctico, empleando el método de fermentación a partir de mieles incristalizables de azúcar de caña.

B I B L I O G R A F I A

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. Enciclopedia de Química Industrial, Tomo IV  
Dirigida por el Prof. Dr. Fritz Ullmann  
Editorial Gustavo Gill, S.A.  
Barcelona
2. Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 13  
Kirk, Othmer  
A Wiley Interscience Publication  
New York, 1981
3. Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis  
Volume 15, Pages 125-149  
Edited by Foster Dee Snall and Leslie S. Ettre
4. Fields, Marion L.  
Laboratory Manual in Food Preservation  
Avi Publication Company, Inc.  
Westport, Connecticut
5. Industrial Fermentation Equipment for Pilot Plant and  
Production Facilities  
New Brunswick Scientific Co., Inc.
6. Karassik, Igor J., Kutzsch, William C., Fraser, Warren H.  
and Messina, Joseph P.  
Pump Handbook  
McGraw Hill, Inc. 1976
7. Ledezma de Sierra, J.  
Microbiología General, Manual de Laboratorio  
Facultad de Ciencias Químicas  
U.A.N.L., Departamento de Microbiología
8. Norris Sheeve, R.  
Industrias de Proceso Químico  
Editorial Dosat, S.A.  
Madrid

9. Oldfield, J. F. T. and Shore, M.  
The Measurement of Lactic Acid in Beet Sugar Processing  
Part I : A routine high precision Method for the determination of lactic acid.  
Part II: A rapid Method for the determination of lactic acid in molasses and process juices.  
Reprinted from The International Sugar Journal  
1970, 1972, 3-4 and 35-40
10. Pelczar  
Microbiología, 4a. Edición
11. Perry, John H.  
Manual del Ingeniero Químico, 3a. Edición, Tomos I y II  
Unión Topográfica  
Editorial Hispano-Americana
12. Peter, Max S., and Timmerhans, Klaus D.  
Plant Design and Economic for Chemical Engineers, 3rd. Edition  
McGraw Hill International Book Company
13. Rase, H. F. y Barrow, M.H.  
Ingeniería de Proyectos para Plantas de Procesos, 7a. Edición  
Editorial C. E. C. S. A.  
México 1981
14. Rhodes, Aland and Fletcher, Derek L.  
Principios de Microbiología Industrial  
Editorial Acribia  
Zaragoza, España
15. Rose, H. A.  
Microbiología Química, 2a. Edición  
Editorial Alhambra, S. A.  
España 1977
16. Tewari, H.K. and Vyas, S. R.  
Utilization of Agricultural Waste Materials for the Production of Calcium Lactate by Fermentation  
Reprinted from Journal of Research  
Vol. VII, No. 4, December 1971, 460-462

17. Watty B., Margarita  
Química Analítica, 1a. Edición  
Departamento de Ingeniería y Ciencias Químicas  
Universidad Iberoamericana  
Editorial Alhambra Mexicana, 1982
  
18. Wiley, John and Sons, Inc.  
Industrial Microbiology  
L. E. Casida Jr.  
Pennsylvania State University



A P E N D I C E

DESCRIPCION DE LA PRACTICA  
DE LABORATORIO

## 10. APENDICE : DESCRIPCION DE LA PRACTICA DE LABORATORIO

### 1. Objetivo

El objetivo fundamental que llevó a la experimentación a nivel de laboratorio, es la falta de información acerca del tipo específico de melaza empleada, con el fin de obtener datos sobre rendimientos, así como de cualquier otra clase de información que resulte de sumo provecho en el desarrollo adecuado del proyecto.

### 2. Materiales y Métodos

#### A) Materiales:

- Autoclave
- Centrífuga
- Cuba de Evaporación
- Espectofotómetro
- Fermentador (tipo batch)
- Incubadora, y además
- Equipo Complementario

#### B) Métodos

A continuación se procederá a la identificación de los métodos empleados para la determinación de carbohidratos, así

como la determinación de ácido láctico en las muestras de pruebas.

### "Determinación de Azúcares por el Método de La Antrona"

Es uno de los métodos más comunmente utilizados para cuantificar azúcares totales.

La intensidad del color desarrollado en la muestra en estudio va a estar en función de la concentración de azúcar presente. La cuantificación se hará en base al color desarrollado, utilizando espectrofotómetro. En este equipo la cantidad de luz que absorbe la muestra se denomina absorbancia, en cambio la luz que pasa a través de la solución se le llama transmitancia. Existe una fórmula que nos relaciona ambos términos:

A = Absorbancia, T = Transmitancia

$$A = - \log T$$

$$A = \frac{1}{\log T}$$

Dicho proceso consiste en:

1. - Desproteinizado
2. - La determinación de los azúcares.

1. Desproteinizado : Dicha técnica se utiliza, como su

nombre lo indica, para eliminar las proteínas presentes en la muestra analizada. Esta consiste en forma somera, en la toma de alicuota de la solución destinada a la determinación de carbohidratos, agregándose como reactivos sulfato de zinc e hidróxido de sodio, agitando-se, luego reposar y posteriormente se procede a centrifigar; donde el sólido se descarta y el sobrenadante se procesa. (Ref. No. I ).

2. Determinación de azúcares : Técnica usada para determinar las concentraciones de azúcar presentes en cada una de las muestras problemas analizadas por este método. (Ref. No. II ).

Los resultados obtenidos en el desarrollo de esta técnica fueron:

TABLA I

FERMENTADOR A

MUESTRA TUBO NO.	ABSORBANCIA	TRANSMITANCIA	CONCEN TRACION ( $\mu$ g/Lt)
1	1.60	20.19	4.9844
3	0.72	48.68	2.2430
5	0.75	47.24	2.3364
7	0.60	54.88	1.8692
9	0.44	64.40	1.3707
11	0.45	63.76	1.4019
13	0.435	64.73	1.3551
15	0.412	66.23	1.2835
17	0.33	71.89	1.0280
19	0.30	74.08	0.9346

TABLA II

FERMENTADOR B			
MUESTRA TUBO NO.	ABSORBANCIA	TRANSMITANCIA	CONCEN TRACION ( $\mu$ g/Lt)
2	2.00	13.53	6.2305
4	1.98	13.81	6.1682
6	1.40	24.66	4.3614
8	1.36	25.67	4.2368
10	1.35	25.92	4.2056
12	1.30	27.25	4.0498
14	0.95	38.67	2.9595
16	0.78	45.84	2.4299
18	0.60	54.88	1.8692
20	0.24	78.66	0.7477

Las curvas correspondientes a estos valores se ilustran en la Sección 5.

#### "Determinación de Acido Láctico"

Para la identificación de ácido láctico en las muestras analizadas, se ha empleado el proceso de cromatografía en papel, que es una de las técnicas cromatográficas más simples y de las más antiguas. Como su nombre lo indica, el proceso se realiza sobre tiras de papel de cromatografía utilizando un estándar de ácido láctico como referencia.

Esta técnica incluye los siguientes pasos:

- Aplicación de la muestra sobre el papel.
- Elección del disolvente, el cual se preparó en la siguiente proporción:

Etanol -- Acido Fórmico -- Agua Destilada

5 : 2 : 1

- Elección de la técnica, se empleó la técnica Ascendente, que permite que el disolvente suba por el papel, el cual se suspende mediante algún artificio colocado en la parte superior de la cuba para cromatografía. La duración del ascenso del disolvente sobre el papel se estima en tiempo de 2 horas, cuando se usa una cuba pequeña, y de aproximadamente 2 días cuando se utiliza una cuba más grande.
- Métodos Químicos, consistente en la utilización de un agente de revelado (Azul Bromotinol). Este nos sirve para identificar en la cromatografía la presencia de ácido. (Ref. No. III).
- Determinación de Acido Láctico, para la determinación del ácido se empleó la técnica basada en los siguientes reactivos:
  - Sulfato de cobre al 25%
  - Sulfato de cobre al 5%
  - Hidróxido de calcio
  - p-Fenilfenol y
  - Solución de lactato estándar.

NOTA: Un color violeta en la solución filtrada es un indicio de la presencia de ácido láctico en las

muestras, y además que el proceso se realiza de acuerdo a las especificaciones. (Ref. No. IV)

"Medios de Cultivo"

Utilizados para mantener viva la bacteria durante el período de existencia de la misma. El *Lactobacillus Delbrueckii* fué obtenido del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

TABLA III  
MEDIO 21 PARA LACTOBACILLUS

COMPONENTES	CANTIDAD INDICADA EN EL MANUAL	CANTIDAD UTILIZADA EN EL LABORATORIO
- Leche Descremada (Skin Milk) o Leche Sveltes	100.0 gr	30.0 gr
- Jugo de Tomate	100.0 gr	30.0 gr
- Extracto de Levadura	5.0 gr	1.5 gr
- Agua Destilada	1000 ml	300 ml

Filtrar el jugo de tomate y dejar toda la noche a 10°C  
Ajustar pH = 7.0  
Esterilizar a 15 Lb/15 min.  
(Ref. No. V )

TABLA IV  
MEDIO 23 PARA LEUCONOSTOC

COMPONENTES	CANTIDAD INDICADA EN EL MANUAL	CANTIDAD UTILIZADA EN EL LABORATORIO
- Triptona	10.0 gr	3.0 gr
- Extracto de Levadura	10.0 gr	3.0 gr
- Jugo de Tomate filtrado y ajustado el pH = 7.0	200 ml	60 ml
- Agua Destilada	1000 ml	300 ml
- pH final	7.2	7.2

Esterilizar a 15 Lb/15 min.  
(Ref. No. V )



### 3. Procedimiento

1. Comprobación de la Viabilidad de la Bacteria, la cual es efectuada de la siguiente manera:

a) Inicialmente se limpia el área de trabajo con un desinfectante comercial.

b) Con la utilización de un mechero se calienta la boca del tubo de ensayo que contiene el microorganismo *Lactobacillus Delbrueckii*, ésto se realiza para evitar contaminantes; posteriormente con un aza de sembrar (calentada al rojo vivo), se toma una gota del medio el cual contiene al microorganismo y se observa al microscópico, y se deben de detectar organismos móviles, o sea, vivos.

2. Preparación del Medio de Producción, lo cual se efectuó de la forma siguiente: tomando como base = 1100 ml de solución total, se calculan las cantidades necesarias de cada componente:

<u>ELEMENTO</u>	<u>COMPOSICION</u>	<u>CANTIDAD</u>
- Melaza	15 %	165.0 ml
- Extracto de Malta	0.375 %	4.125 gr
- Fosfato Dibásico de Amonio	0.25 %	2.75 gr
- Agua Destilada	84.375 %	928.125 ml

NOTA: El carbonato de calcio no se agregó inicialmente, debido a que dicho reactivo neutralizaba el medio a un pH = 7.0, lo que favorecía el crecimiento de contaminantes e impedía el desarrollo del *Lactobacillus Delbrueckii*.

3. Esterilización del Medio de Producción, se llevó a cabo a través del Método de Thindalización.
4. Exceso de Acidez, una vez concluido el proceso de Thindalización, se midió el pH y se obtuvo una lectura de pH = 5.0, posteriormente se ajustó con  $\text{CaCO}_3$  el pH a 5.5 y se comenzó a inocular.
5. Siembra de la Bacteria, ya ajustado el pH a 5.5, se procedió a dividir el medio de producción preparado anteriormente de la forma siguiente:
  - colocar 50 ml de medio en dos matraces de 125 ml c/u
  - colocar 500 ml de medio en dos matraces de 1000 ml c/u

Una vez colocada la cantidad indicada, primero se inoculan los 2 matraces de 125 ml con 5 ml de cepa adecuada de *Lactobacillus Delbrueckii* en una incubadora a 45°C de temperatura constante durante 24 horas, luego se transfiere dicho inóculo a los matraces de 1 Lt para constituir la segunda transferencia e igualmente se incuban durante 24 horas para posteriormente ser transferidos a los tanques de fer -

mentación de 16 litros, en los cuales se van a tener 9 litros de medio de producción preparados de la forma indicada:

ELEMENTO	COMPOSICION	CANTIDAD
- Melaza	15 %	1.35 Lt
- Extracto de Malta	0.25 %	22.50 gr
- Fosfato Dibásico de Amonio	0.375 %	33.95 gr
- Agua Destilada	84.375 %	7.60 gr

Para preparar esta cantidad de medio se tomó como base cálculo 9 litros de mezcla total.

NOTA: En cada transferencia (0.05 Lt - 1 Lt - 9 Lts) es conveniente estar tomando muestras de pH y ajustarlo si así lo requiere, a 5.5 con  $\text{CaCO}_3$ .

6. Fermentación, etapa en la cual el medio de producción o mosto se transforma en ácido láctico por acción de la bacteria *Lactobacillus Delbrueckii*, la cual desdobra la sacarosa a glucosa o azúcar invertida y ésta a su vez a ácido láctico, como se ilustra en las reacciones de la Pág. 26 .

Este proceso dura 6 días, durante los cuales se estuvieron muestreando 10 ml de muestra de cada uno de los fermentadores (A y B), 2 veces al día, es decir, cada 12 horas. En cada muestreada se tomaba lectura del pH y si lo necesitaba se añadía carbonato de calcio a cada uno de ellos. Hay que recordar que la disminución en el pH, era indicio de

producción de ácido. Para verificar qué tipo de ácido se estaba obteniendo, se realizaban pruebas de cromatografía de las muestras contra un estándar de ácido láctico puro. Las muestras se tomaban para posteriormente determinar cómo descendía la concentración de azúcar, y a su vez para la determinación del mismo ácido, utilizando la técnica mencionada en la Ref. No. III.

7. Precipitación, etapa consistente en precipitar el lactato de calcio con  $\text{CaCO}_3$  una vez finalizada la fermentación. Es importante mencionar que de los 9 litros alimentados al Fermentador A, se recuperaron 8,600 litros, los cuales requirieron de 424 gr de  $\text{CaCO}_3$  para dar un precipitado color lechoso. El  $\text{CaCO}_3$  se fué añadiendo hasta que la mezcla no disolvía el compuesto.

Además de precipitar el lactato se comprobó el desprendimiento de  $\text{CO}_2$ , debido a la presencia de ácido, que se manifestó por la presencia de una densa espuma al estar agitando la mezcla.

Este mismo tratamiento se realizó en el Fermentador B, pero utilizando  $\text{ZnCO}_3$  como sal, para precipitar al lactato de zinc. En este fermentador se recuperaron 8.800 litros, los cuales requirieron de aproximadamente 250 gr

para precipitar todo el lactato de zinc, que al igual que el Fermentador A, da un color lechoso.

8. Centrifugación. Una vez precipitada la mezcla con  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{ZnCO}_3$ , y homogeneizada, se procede a centrifugarla a 3000 rpm para recuperar el lactato y separarlo de la solución que contiene:  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{ZnCO}_3$  que no reaccionó, azúcar no fermentada, así como otras impurezas que pueden alterar los cálculos posteriores del rendimiento.
9. Purificación. Con la pasta recuperada de la centrifugación se procede a la etapa de purificación, tanto del lactato de calcio como el de zinc.

	Fermentador A	Fermentador B
- Lactato de Calcio	429.2 gr	-
- Lactato de Zinc	-	515.0 gr

Este lactato se colocó en una cuba de calentamiento para concentrar, es decir, para evaporar la cantidad de agua en exceso.

Este proceso de purificación consistió en pesar adecuadamente una cantidad de lactato centrifugado y posteriormente concentrado, disolverlo con ácido sulfúrico, y añadirle

carbón activado vegetal para eliminar las impurezas; esto se repetirá de acuerdo a la pureza con que se desee el ácido láctico.

**NOTA:** Hay que tener presente que las condiciones básicas para el desarrollo adecuado de esta fermentación son: una temperatura de 45°C aprox. y un valor de pH = 5.5 también aproximado.

9. Tratamiento de las Muestras. Estas muestras, las cuales fueron tomadas durante el curso de la fermentación (exactamente hasta el sexto día de la misma) serán tratadas para la determinación de carbohidratos utilizando la técnica de la Pág. 110, así como para la determinación de ácido láctico, empleando la técnica reportada en la Pág. 112. (Ver diagrama general de la práctica en la Fig. No. I.

DIAGRAMA GENERAL DE LA PRACTICA

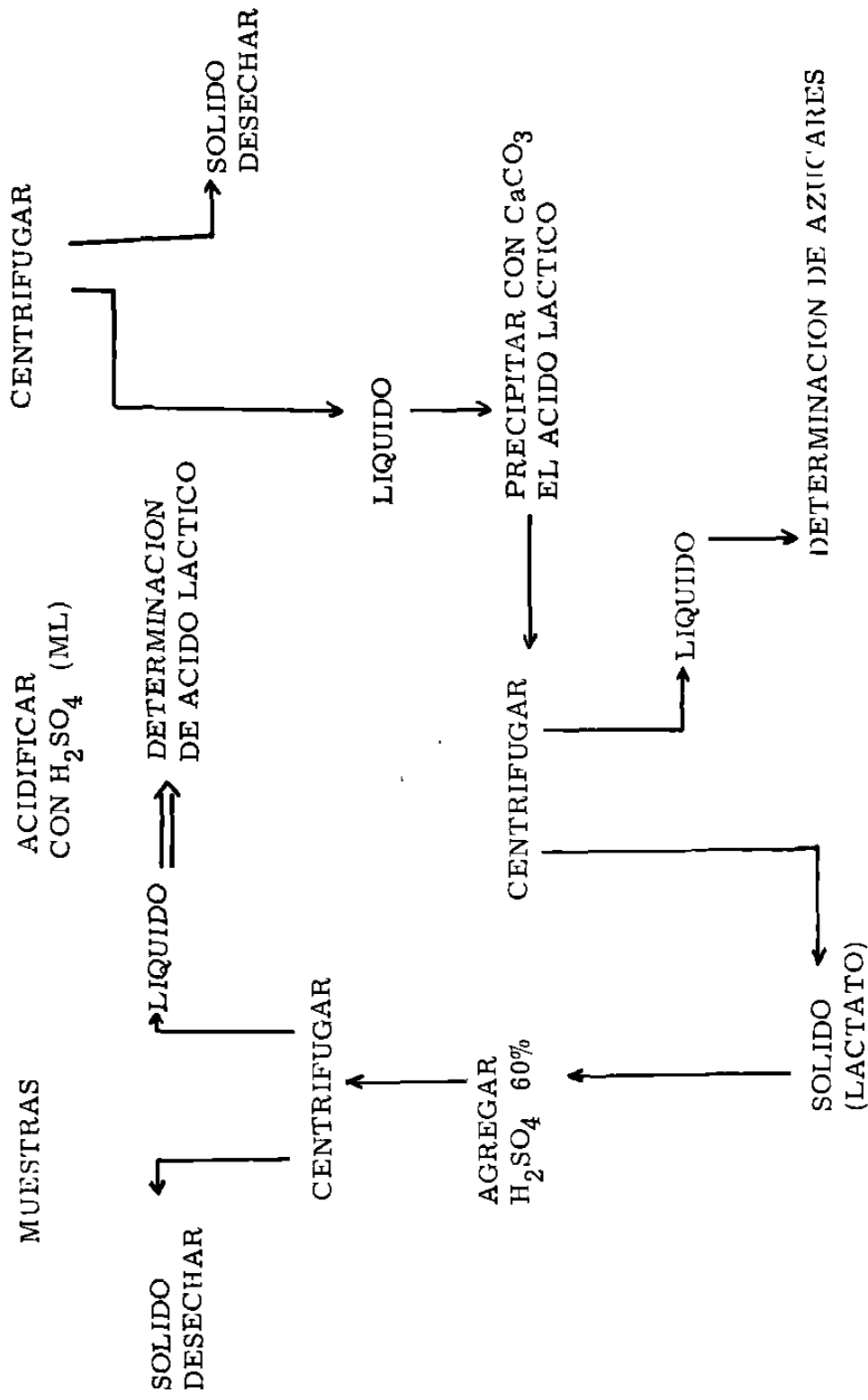


FIGURA NO. I





R E F E R E N C I A S

## 11. REFERENCIAS

- REF. NO. 1 "Guía Estadística de Importación"  
Instituto Mexicano del Comercio Exterior
- REF. NO. 2 "Industrial Microbiology"  
John Wiley & Sons
- REF. NO. 3 "Chemical Process Economics"  
John Happel and Donald Jordan  
Second Edition  
Marcell Decker, Inc. 1975
- "Modern Cost Engineering Method and Data"  
Edited by The Staff of Chemical Engineering  
Editorial McGraw Hill
- "Plant Design and Economics for Chemical  
Engineers"  
Max S. Peters and Klaus D. Timmerhans  
Third Edition  
Editorial McGraw Hill
- "Process Plant Estimating, Evaluation and  
Control"  
Craftsman Book Co., 1974
- "Technical Economics for Chemical Engineers"  
American Institute of Chemical Engineers  
AIChE Today Series
- REF. NO. 4 "Análisis y Evaluación de Proyectos"  
Págs. 267-283  
Raúl Coss Bu  
Editorial Limusa, México 1981
- REF. NO. 5 "Industrias de Proceso Químico"  
R. Norris Shreve  
Editorial Dossat, S.A.  
Madrid

- REF. NO. 6 "Catálogo de Cultivos Microbianos"  
Departamento de Bioingeniería y Biotecnología  
Centro de Investigaciones  
Estudios Avanzados, I. P. N.

A P E N D I C E

- REF. NO. I "Microbiología"  
Pelczar  
4a. Edición
- REF. NO. II "Manual de Prácticas de Bioquímica"  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Monterrey, Febrero 1978
- REF. NO. III "Handbook of Cromatografic"  
Págs. 10-100
- REF. NO. IV "Colorimetric Methods of Analysis"  
Vol. III - Third Edition  
Snell, Foster Dee  
New York
- REF. NO. V "Catálogo de Cultivos Microbianos"  
Departamento de Bioingeniería y Biotecnología  
Centro de Investigaciones  
Estudios Avanzados, I. P. N.

