

2000 000 0000 0000  
00000000 00 00 0000

2000 46



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**ANÁLISIS DE UN PROCESO FERMENTATIVO PARA LA  
PRODUCCIÓN DE ÁCIDO LÁCTICO A PARTIR DE LA SACAROSA**

**T E S I S**

Que para obtener el título de  
**INGENIERO QUÍMICO**  
presenta

**FAUSTINO LINARES HERNÁNDEZ**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



México, D. F.

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

	Página
<b><u>INTRODUCCION.</u></b>	1
<b>CAPITULO I    <u>GENERALIDADES DEL ACIDO LACTICO.</u></b>	
1.1 Características del Producto Acido Láctico.	4
1.2 Estructura y Propiedades Físicas.	7
1.3 Propiedades Químicas.	15
1.4 Métodos Generales de Obtención.	20
1.5 Usos del Acido Láctico.	24
1.6 Derivados del Acido Láctico.	30
1.7 Grados Industriales de Acido Láctico.	37
1.8 Recuperación, Extracción y/o Purificación del Acido Láctico.	38
<b>CAPITULO II    <u>ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE OBTENCION, SELECCION Y SINTESIS DEL PROCESO PARA ACIDO LACTICO.</u></b>	
2.1 Selección del Microorganismo.	44
2.2 Mantenimiento de los Cultivos.	44
2.3 Preparación del Pie de Cultivo.	45
2.4 Planta de Fermentación.	45
2.5 Extracción.	47
2.6 Clarificación.	47
2.7 Evaporación.	48
2.8 Preservativos.	48
2.9 Precipitación.	48
2.10 Secado.	48
Diagrama General para la Producción de Acido Láctico.	49
Selección del Proceso.	50
Diagrama del Proceso Seleccionado.	52
Análisis de las Variables de Proceso.	53
1.- Microorganismos Usados.	53
2.- Carbohidratos convenientes para su Utilización.	57
3.- Temperatura de la Fermentación.	59
4.- Concentración de Azúcar.	60

	Página
5.- Relación de Oxígeno.	60
6.- Potencial de Hidrógeno ( pH ).	60
7.- Factores de Crecimiento para las Bacterias de Acido Láctico.	61
8.- Nutrientes Accesorios en la Fermentación.	62
9.- Duración de la Fermentación.	62
10.- Rendimiento.	62
11.- Selección del Organismo apropiado.	62
12.- Régimen de Flujo.	63
13.- Medio de Cultivo.	66
14.- Agitación.	67
15.- Espumación.	68
Reacciones de Fermentación.	70
Selección de los Sistemas de Separación.	72
Integración de Funciones.	74
Descripción del Proceso.	75
Diagrama del Proceso.	77
Técnica de Operación.	78
Diagrama de Flujo para la Producción de Lactato de Calcio y Acido Láctico.	82

### CAPITULO III LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Factores que intervienen en la Localización.	83
A) Materias Primas.	84
B) Mercado.	85
C) Agua.	85
D) Mano de Obra.	85
E) Electricidad.	85
F) Combustible.	85
G) Facilidad de Transporte.	85
H) Servicios de Comunicaciones.	86
I) Tarifas de Transporte.	86
J) Aspectos Fiscales.	86
K) Control Ambiental.	86
L) Factores de la Comunidad.	86

CAPITULO IV ANALISIS DEL MERCADO.

4.1 Oferta	87
4.1.1 Producción del Acido Láctico en México.	87
4.1.2 Principales Países Exportadores hacia México ( 1970 - 1987 ).	87
Tabla 4.1 Importaciones Comparativas de Acido Láctico ( 1970 - 1987 ).	89
4.1.3 Principales Fuentes de Abastecimiento en México.	94
4.1.4 Aspectos Legales.	94
4.2 Demanda.	96
4.2.1 Consumo Nacional ( 1970 - 1987 ).	96
4.2.2 Importación de Acido Láctico en México.	96
Gráfica 4.A	98
4.2.3 Localización de los Consumidores.	99
4.2.4 Distribuidores por Zona Económica.	99
4.3 Estructura de Precios.	99
4.3.1 Precio Promedio Anual de Importación ( 1970 - 1987 ).	100
Gráfica 4.B	101
4.3.2 Valor de Importaciones Anuales ( 1970 - 1987 ).	102
Gráfica 4.C	103
4.3.3 Precio Promedio Anual Nacional ( 1970 - 1987 ).	104
4.3.4 Precio de Mercado Nacional.	104
Gráfica 4.D	105
4.3.5 Precio del Acido Láctico en el Mercado Internacional.	106
4.4 Comercialización del Producto.	106
4.5 Presentación del Producto.	106
4.6 Fletes.	107
4.7 Disponibilidad y Precio de Materias Primas.	107
4.7.1 Principales Fabricantes y Distribuidores de Materias Primas.	108

CAPITULO V DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.

5.1 Proyección de la Demanda Nacional.	111
5.1.1 Método de Mínimos Cuadrados.	111
Gráfica 5.A	113

## Página

5.1.2	Proyección en Base a las Importaciones Anuales ( 1970 - 1998 ).	114
	Gráfica 5.B	115
5.1.3	Proyección de la Demanda en Base al Producto Interno Bruto y a las Importaciones Anuales.	116
	Gráfica 5.C	119
	Gráfica 5.D	120
5.1.4	Exportaciones.	122
5.1.5	Capacidad de la Planta.	123
<b>CAPITULO VI</b>	<b><u>DISEÑO PRELIMINAR DE LA PLANTA.</u></b>	
	Diseño de Tanques y Balance de Materia.	124
	Medio de Cultivo.	133
	Balance de Masa Tabulados.	134
	Balance de Materia en el Medio de Cultivo.	135
	Cantidad de Componente que se Emplea Diaria, Mensual y Anualmente.	136
	Balance de Energía.	137
	Cálculo de los Servicios.- Vapor.	137
	Agua de Enfriamiento.	141
	Energía Eléctrica.	144
	Resultados.	145
<b>CAPITULO VII</b>	<b><u>ESTUDIO DE VIABILIDAD.</u></b>	
	Costo de Materias Primas.	149
	Costo de Servicios Auxiliares.	149
	Estimado de la Inversión.	149
	Análisis Financiero.	153
	Monto de la Inversión.	153
	Tabla 7.1	
	Programa de Ventas.	153
	Tabla 7.2	
	Precios.	153
	Cartera de Clientes.	154
	Tabla 7.3	
	Consumo de Materias Primas.	154
	Tabla 7.4	

Página

Consumo de Servicios Auxiliares.	155
Tabla 7.5	
Mano de Obra Directa y Supervisión de Planta.	155
Tabla 7.6	
Programa de Depreciación y Amortización.	156
Tabla 7.7	
Crédito Refaccionario.	156
Tabla 7.8	
Capital de Trabajo.	157
Tabla 7.9	
Estados Financieros Proforma.	158
Tabla 7.10	
Estado de Origen y Aplicación de Recursos Proforma.	160
Tabla 7.11	
Balance General Proforma.	161
Tabla 7.12 y 7.12-"A"	
Razones Financieras.	162
Tabla 7.13	
Tasa Interna de Retorno de la Inversión.	162
Tabla 7.14	

<u>CONCLUSIONES Y RESULTADOS.</u>	178
-----------------------------------	-----

<u>BIBLIOGRAFIA.</u>	182
----------------------	-----

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

Debido a los graves problemas económicos que nuestro país afronta - actualmente, se hace necesario el desarrollo de estudios de carácter - técnico - económico para tratar de establecer, implementar y desarrollar plantas productivas en México; aprovechando los recursos naturales, la fuerza de trabajo, las Tecnologías que de alguna u otra forma se han desarrollado en el país y la planta productiva actual nacional y así colaborar positivamente al fortalecimiento económico del país.

Es importante analizar históricamente algunos de los principales - acontecimientos económicos que aunados a los problemas estructurales ocasionaron la crisis nacional actual.

En 1976 el país experimentó una severa crisis, debido a desequilibrios de la balanza de pagos y de las finanzas públicas, las cuales se - habían vuelto prácticamente insostenibles. En los años subsecuentes al - descubrimiento de yacimientos de petróleo y el acceso a cantidades importantes de crédito externo cuadyuvieron a una rápida recuperación y a alcanzar elevadas tasas de crecimiento; sin embargo, el crecimiento de la - demanda resultante fue superior a la capacidad de respuesta del aparato productivo interno, lo cual obligó a realizar importaciones crecientes - sin precedentes, mientras que las exportaciones no petroleras se estancaron. La inflación se aceleró y el financiamiento del desarrollo se hizo cada vez más dependiente del petróleo y del endeudamiento externo.

En el caso de la deuda externa, los fondos provenientes de los préstamos fueron utilizados para fines productivos. Sin embargo, la caída de los precios del petróleo impidió obtener las divisas necesarias para hacer frente a compromisos internacionales, lo cual propició que parte de esos préstamos fuesen convertidos a pesos para financiar el déficit del presupuesto del gobierno federal. La conversión o monetización de esos dólares tuvo un efecto inflacionario, porque se transformaron a pesos en una proporción mucho mayor que el incremento de bienes y servicios que - podrían derivarse de las inversiones.

Cuando se dejaron de recibir divisas, el aparato burocrático ya era tan grande y poderoso que exigía un financiamiento interno y, como consecuencia, se provocó el crecimiento desaforado de la deuda interna.

Los fondos que el Banco de México recogía, al través del encaje legal, los usaba para financiar el déficit presupuestal del sector público, lo cual limitaba los fondos disponibles para la producción privada.

Los graves desequilibrios hicieron crisis a partir de 1981 y particularmente en 1982, año en el cual la situación era sumamente delicada: La tasa de desempleo se había duplicado; en diversos sectores la producción se había detenido; un gran número de empresas se encontraban en la situación de no poder seguir operando por carecer de capital de trabajo y divisas para importar insumos o hacer frente a su deuda; la inflación había alcanzado niveles del 100 %; el ingreso nacional al igual que el producto se había contraído y el sistema financiero ya no captaba suficiente ahorro; los ingresos del sector público no alcanzaron a cubrir el gasto y México estaba en virtual suspensión de pagos con el exterior.

No obstante que el actual gobierno se planteó desde un principio como objetivos principales de política económica el abatimiento de la inflación, la estabilidad cambiaria, el fortalecimiento del ahorro público y privado y la protección al empleo y a la planta productiva, así como recuperar la capacidad de crecimiento, la realidad demuestra que la estrategia seguida hasta ahora no ha dado los resultados esperados.

En el caso concreto de la política cambiaria, implementada con miras a lograr estabilizar el mercado de cambios podemos hacer una comparación del ritmo de deslizamiento que se estableció en diciembre de 1982 en 13 y 14 centavos diarios en el mercado "controlado", con el ritmo actual del deterioro de nuestra moneda frente al dólar, que es del orden de los tres pesos diarios. Es cierto que durante 1983 y 1984 la política cambiaria rindió dividendos, lo que se puede observar particularmente en el comportamiento que tuvo la balanza de pagos. Sin embargo, ya desde 1985 se manifestó un aceleramiento en el ritmo de deslizamiento del peso frente al dólar, que con el advenimiento imprevisto de la crisis petrolera, se ha agravado durante 1986.

Las difíciles condiciones del entorno macroeconómico en que se desarrollan las actividades productivas del país han provocado el debilitamiento de las mismas.

Las limitantes para la actividad productiva, han sido en primer lugar a la baja demanda, la falta de liquidez, la escasez de crédito e -

incertidumbre respecto a la situación económica, así como el control de cambios. En estos momentos la demanda real está cayendo, el crédito es aun escaso y caro y además, los compromisos financieros de muchas empresas ahogan su sana operación.

Durante 1986, las dificultades que ha enfrentado nuestro país por lograr la renegociación de su deuda se han acentuado frente a la crisis económica más grave de su historia contemporánea.

Ante la magnitud de los problemas que ahora se abaten sobre nuestro México, y en apoyo al gobierno actual, es prioritario lograr un país con crecimiento firme y sostenido, el compromiso es seguir invirtiendo para preservar el empleo y eficientar el aparato productivo nacional.

En la actualidad el Acido Láctico que se consume en México no es producido en el país y la totalidad del consumo es cubierta por la importación, por lo que se plantea la posibilidad de su producción en nuestro país.

La finalidad de este trabajo es realizar un estudio preliminar que permita evaluar económicamente si existen posibilidades de instalar en el país una planta para la producción industrial de Acido Láctico considerando los beneficios que trae consigo la realización de un proyecto de inversión como son:

- a) Sustituir la importación, que en nuestro país es cada día mayor, evitando de esta manera la fuga de divisas.
- b) Promover el producto de origen nacional hacia los mercados externos con el objeto de iniciar su exportación.
- c) Mejorar la balanza comercial en lo que se refiere al renglón de la industria química.
- d) Mantener la planta productiva nacional, a través de la integración de cadenas productivas de gran importancia.
- e) Contribuir a la generación de empleos, dando lugar al desarrollo íntegro de técnicos y profesionistas del país.

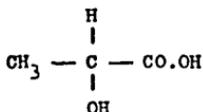
La gran variedad de aplicaciones que tiene el Acido Láctico lo hace de interés e importancia, por otra parte se tratará de evitar que en algunos casos se utilicen productos sucedáneos que no cumplen satisfactoriamente la función que se requiere.

## CAPITULO I

## GENERALIDADES DEL ACIDO LACTICO.

## 1.1 CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO ACIDO LACTICO.

El Acido Láctico ( Acido 2-Hidroxipropanoico, Acido  $\alpha$ -Hidroxipropiónico, Acido Etilidénláctico ),  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ , de peso molecular 90.08,  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ; C 40.00 %, H 6.71 %, O 53.29 %, es un ácido alifático sustituido y pertenece al grupo de los  $\alpha$ -Hidroxiácidos, además es el hidróxido más sencillo entre los que contienen un átomo de carbono asimétrico. Es conveniente empezar a hablar de ácidos lácticos, debido a que la molécula de ácido láctico contiene un átomo de carbono asimétrico, y este átomo de carbón permite considerar la existencia de dos isómeros ópticamente activos, el ácido láctico dextrógiro y el ácido láctico levógiro, y además de otro ácido láctico ópticamente inactivo, el cual es una mezcla equimolecular de los dos primeros, una mezcla racémica, o sea que existe en dos formas ópticamente activas y como una mezcla racémica inactiva.



Este ácido orgánico, en una u otra de sus tres formas, está ampliamente distribuido en la Naturaleza, lo cual hace a este ácido de interés e importancia. El Acido Láctico está presente en muchos productos alimenticios, por ejemplo, el Acido Láctico es el principal componente ácido de la leche *agri*a o cortada naturalmente ( de ahí se deriva su nombre ) y es un componente normal en la sangre y los tejidos musculares de los animales. Se han observado valores anormalmente mayores de ácido láctico en la sangre humana en casos de enfermos de neumonía ( pulmonía ), tuberculosis, y enfermedades del corazón o sea corazón debilitado ( colapso, ataque ).

El Acido Láctico, como un componente sin nombre de la leche cortada debe haber sido conocido por experiencia humana desde los días cuando el primer hombre tenía su ganado lanar y vacuno. Desde entonces el hombre había observado mucho el *agri*amiento de la leche; pero fue solamente hasta 1780 en que Scheele descubrió el Acido Láctico, la sustancia

química que origina este fenómeno. Scheele aisló e identificó al Acido Láctico como el ácido principal en la leche cortada aclarando con ello la verdadera naturaleza del agriamiento. El Acido Láctico fue descubierto como un producto de fermentación por Blondeau en 1847. A pesar de que otros habían demostrado la naturaleza microbiológica del agriamiento, así permaneció hasta que Pasteur, ( 1857 ), 77 años después del trabajo inicial de Scheele, investigó la fermentación y describió un organismo causante de ello. Fue investigado por Pasteur como uno de sus primeros problemas microbiológicos. Schultze ( 1868 ) demostró la presencia de las bacterias de Acido Láctico en cultivos de levaduras de las destilerías. Pero no fue sino hasta el año de 1877 en que las bacterias de ácido láctico fueron aisladas en cultivos puros, Lister había aislado el *Streptococcus lactis*. Durante este mismo período Delbrück estaba esforzándose por determinar la temperatura más favorable para la fermentación del Acido Láctico en las destilerías. El concluyó que las temperaturas relativamente altas favorecieron los altos rendimientos de Acido Láctico en las fermentaciones bacterianas usando organismos tales como el *Lactobacillus Delbrueckii*. Actualmente sabemos, que muchos microorganismos pueden producir al menos pequeñas cantidades de ácido láctico, y que éste ácido está presente en muchos alimentos y bebidas fermentadas.

El Acido Láctico ha sido identificado en la fermentación por levaduras y es un componente principal del licor del maíz húmedo el cual es un producto secundario de la industria de la molienda del maíz húmedo. También es encontrado en el jugo gástrico.

El Acido Láctico ordinario de fermentación descubierto por Scheele corresponde al ácido láctico inactivo, aunque según los azúcares empleados y las enzimas que hayan intervenido en la fermentación puede ser dextrógiro o levógiro.

El Acido Láctico Sintético es naturalmente inactivo, ya que las mismas probabilidades existen para que se forme el dextrógiro o el levógiro.

El Acido Láctico Dextrógiro o Sarcóláctico se encuentra en muchos órganos animales. Berzelius lo descubrió en el jugo muscular. Se produce durante la fermentación butírica.

El Acido Láctico juega una parte muy importante en Bioquímica.

Según estudios de Salkowski, la cantidad de ácido láctico contenido en el músculo aumenta con el trabajo, debido, según estudios posteriores - de Meyerhof ( 1923 ), la energía necesaria para la acción muscular es - suministrada normalmente por la transformación del glucógeno ( almidón del hígado ), a través de una serie complicada de reacciones, en ácido láctico, con desprendimiento de calor por efecto del esfuerzo. A ésta - acumulación de ácido láctico se debería la fatiga muscular.

El Acido Láctico Levógiro es producido por la fermentación de la - Sacarosa debido al *Bacillus acidilaevo lacti* y puede obtenerse también por desdoblamiento racémico ( mezcla del dextro y levodácticos ).

También muchos químicos ilustres, tales como Liebig, Berzelius, - Wurtz, Kekulé, Streecker y Wislicenus han contribuido mucho al desarrollo histórico y clásico de nuestros conocimientos del ácido láctico los cuales fueron fascinantes para ellos a causa de su isomerismo óptico. - A través de sus estudios grandes avances fueron hechos en la comprensión científica de la tercera dimensión en la química del carbono.

La mayoría de los primeros estudios del Acido Láctico guardaban relación con fenómenos fisiológicos, con la estereoquímica y campos afines.

El primer trabajo, dirigido a identificar y caracterizar los diferentes ácidos lácticos ( forma dextrógiro y levógiro, y la mezcla racémica ), fue obstaculizado por sus propiedades físicas desfavorables. - Siendo extremadamente solubles en agua y en los solventes orgánicos miscibles con el agua, pero insolubles en la mayoría de otros disolventes orgánicos, los isómeros ópticos del ácido láctico fueron obtenidos solamente con considerable dificultad, y hasta entonces solamente en forma de sólidos de punto de fusión bajo, higroscópicos y generalmente mal - definidos.

Sin embargo, ultimamente, las formas ópticamente activas del ácido láctico y muchos de sus derivados fueron preparados en estado puro y - estudiados intensamente. Estas investigaciones fueron importantes en el desarrollo de la química del ácido láctico, así como de las teorías básicas de la Estereoquímica.

Los descubrimientos en la química del ácido láctico fueron seguidos por métodos fáciles de fabricación comercial y el aprovechamiento - de esta materia fácilmente preparada. La manufactura y los usos princi-

pales del ácido láctico fueron desarrollados por químicos norteamericanos, y la industria estaba bien establecida en los Estados Unidos antes de que la fabricación del ácido láctico fuera emprendida en otros países. La primera fábrica en producir Acido Láctico con buen éxito sobre unas bases comerciales fue establecida en Littleton, Massachusetts en 1881 por Charles E. Avery. Esta fue seguida por el establecimiento de varias otras plantas en los Estados Unidos, y subsecuentemente en Inglaterra, Holanda ( Países Bajos ), y Alemania. La planta más recientemente establecida en 1963 está en la Ciudad de Texas, Texas, donde la Compañía - Monsanto está sintetizando ácido láctico a partir de lactonitrilo, un producto secundario a partir de la síntesis del acrilonitrilo. Dos compañías japonesas ( Musashino y Daicel ) sintetizan Acido Láctico por un proceso similar.

En aquel tiempo un esfuerzo estaba siendo realizado para sustituir el lactato de calcio por los tartratos siendo usados en las levaduras - en polvo. El intento para reemplazarlos fue desafortunado, pero muchos nuevos usos para el ácido láctico fueron encontrados.

Muchos de los recientes estudios reflejan un interés creciente en los aspectos sintéticos e industriales de la química del Acido Láctico y la conversión de abundantes carbohidratos - pasando por el ácido láctico como un intermediario - en productos industrialmente valiosos, incluyendo productos químicos intermedios, solventes, plastificantes y - resinas.

Desde 1881 la producción de Acido Láctico por fermentación ha llegado a ser una industria muy importante.

## 1.2 ESTRUCTURA Y PROPIEDADES FÍSICAS.

### Estructura y Formas Inoméricas:

Los dos isómeros ópticamente activos del ácido láctico se presentan en la Naturaleza, pero el ácido láctico comercial obtenido por fermentación es usualmente la forma DL- ( una mezcla racémica ), la cual es ópticamente inactiva. Los ácidos ópticamente activos han sido preparados por fermentación directa bajo condiciones controladas y también - por la resolución de la mezcla racémica, es decir por una separación de la mezcla racémica en enantiomorfos con el uso de reactivos que son -

ópticamente activos los cuales son generalmente obtenidos a partir de fuentes naturales. La resolución del ácido láctico es innecesaria porque los microorganismos están disponibles para la producción específica del compuesto ópticamente puro.

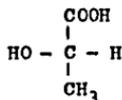
Un método usado para la resolución de ácido láctico depende sobre las buenas solubilidades del lactato de zinc y del lactato de zinc amonio, y la habilidad de estas sales para formar soluciones sobresaturadas. La resolución también puede ser llevada a cabo con bases orgánicas ópticamente activas de las cuales la más efectiva es la morfina o sea el lactato de morfina (resolución de sal con alcaloides), sin embargo, la estricnina, la brucina, la quinina y  $\alpha$ -metilbenzilamina también pueden ser usadas.

La conversión de ácidos lácticos ópticamente activos hacia formas ópticamente inactivas fue debida a una enzima (racemasa) la cual es producida por un número de bacterias, incluyendo algunas bacterias de ácido láctico.

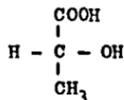
La literatura es confusa con respecto a la designación de las formas isoméricas del ácido láctico ya que los caracteres "d" y "l" han sido usados para referirse a la rotación óptica y a la configuración.

El Ácido Láctico tiene un carbono asimétrico y como consecuencia las siguientes fórmulas para los estereoisómeros ópticamente activos fueron propuestas en 1891:

Isómeros ópticamente activos del Ácido Láctico.



Ácido L(+)-Láctico



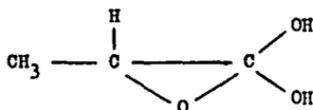
Ácido D(-)-Láctico

El ácido frecuentemente conocido como ácido "sarcoldáctico" o ácido "paraláctico", la forma presente en la sangre, tiene una rotación (+) pero la configuración L por el átomo de carbono asimétrico y es dextrorrotatorio o dextrógiro, por consiguiente es correctamente designado como Ácido L(+)-Láctico; y su enantiomorfo es el Ácido D(-)-Láctico el cual tiene una rotación (-) y posee la configuración D en el carbono

asimétrico y es levorotatorio o levógiro. Esto significa que cuando son colocados en un plano de luz polarizada, el dextrógiro L(+) hace girar la luz hacia la derecha, mientras que el levógiro D(-) la hace girar hacia la izquierda. Sin embargo una mezcla racémica de las formas D y L, es ópticamente inactiva, porque la rotación de la luz neutraliza una a otra.

Debería también ser señalado que la configuración L del ácido láctico es metabolizada por el animal o el cuerpo humano mientras que la configuración D no es metabolizada y es excretada.

Por otra parte es interesante notar, que las diferentes sales del ácido láctico poseen rotaciones ópticas invertidas. El Acido L(+)-láctico es dextrógiro, sin embargo, las sales y ésteres de este ácido isomérico generalmente son levógiros; mientras que el Acido D(-)-láctico que es levógiro, sus sales y ésteres son dextrógiros. Esta aparente anomalía ha sido racionalizada por la hipótesis de que los átomos de carbono 1 y 2 aceptan un cambio tautomérico de hidrógeno para equilibrar en la forma de óxido de etileno.



#### Estado Físico:

El Acido Láctico en las tres formas es usualmente obtenido como líquido siruposo, debido a que las tres formas del ácido láctico son higroscópicas, el ácido racémico más que los isómeros ópticamente activos, además son incoloros, muy solubles en agua y en disolventes orgánicos miscibles con agua, tales como el alcohol, la acetona, glicerol y éter a temperaturas ordinarias, a pesar de que es insoluble en cloroformo, disulfuro de carbono. No cristaliza a partir de la solución como lo hacen otros ácidos, sin embargo, puede ser obtenido en forma cristalina pura de punto de fusión bajo debido a que pueden cristalizar por fuerte enfriamiento aunque en rendimiento bajo, por destilación a presiones bajas seguido por cristalización fraccional.

Originalmente el Acido Láctico fue cristalizado por destilación fraccionada de una solución racémica de ácido láctico a ca 70 - 130 Pa ( 0.5 a 1.0 mm. Hg ). Después de repetidas destilaciones, el ácido láctico puro

fue obtenido ( p.f. = 16.8°C.). El Acido Láctico en soluciones acuosas - rápidamente forma ésteres intermoleculares los cuales complican la preparación del ácido láctico cristalino. La destilación al vacío puede eliminar el exceso de agua a temperaturas bajas y entonces el ácido láctico es destilado a partir de los ésteres intermoleculares. El ácido láctico puede ser cristalizado solamente cuando está substancialmente libre de ácido - lactoil láctico.

El Acido Láctico tiene un sabor agrio agradable, pero no tiene olor. Tiene buenas propiedades de solvente, además muchas de sus sales son bastantes solubles en agua. Así que estas diferentes propiedades han permitido al ácido láctico encontrar un amplio uso comercial.

El Acido Láctico no puede ser destilado bajo presión normal sin descomposición.

#### PROPIEDADES DE LOS ISOMEROS OPTICOS DEL ACIDO LACTICO.

FORMA OPTICA DEL ACIDO LACTICO	PUNTO DE FUSION °C.	ROTACION [α] 21-22 5461	CONSTANTE DE DISOCIACION A 25°C.
D(-)	52.8	-2.6	--
L(+)	52.8	+2.6	--
racémico DL	16.8	inactivo	1.38 x 10 <sup>-4</sup>

#### Temperatura:

La temperatura de fusión del Acido DL-láctico inactivo es p.f. = 16.8°C. y es inferior al punto de fusión de los otros dos isómeros del ácido láctico cuyo p.f. = 52.8°C. También su punto de fusión bajo significa que es un líquido en las temperaturas más comunmente encontradas.

La temperatura de ebullición del Acido DL-láctico inactivo es -- T. Eb. = 122<sup>5</sup> °C. En virtud de la facilidad con la cual el Acido Láctico sufre la autoesterificación cuando se calienta, es difícil determinar el punto de ebullición a presiones reducidas, e imposible a la presión atmosférica. Calculado por el Método de Kinney, el punto de ebullición del Acido Láctico a la presión atmosférica sería aproximadamente 190°C. Diversos investigadores han reportado los siguientes puntos de ebullición a presión

reducida: 119°C a 12 mm. y 82 - 85 °C. a alrededor de 1 mm.

El Acido Láctico es volátil con vapor sobrecalentado.

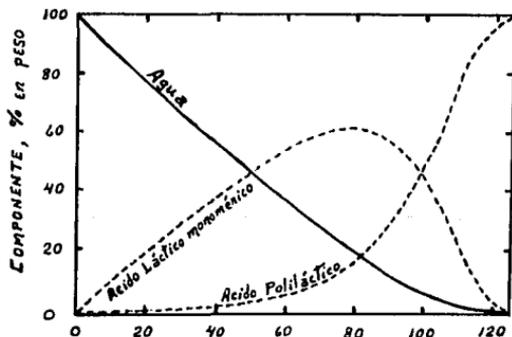
En Solución y su composición:

Las propiedades de las soluciones acuosas del Acido Láctico son particularmente importantes, puesto que el ácido es usualmente encontrado en esta forma y suele manejarse en solución.

La composición de soluciones diluidas conteniendo menos de 20 % de ácido láctico corresponde esencialmente al ácido láctico monomérico y agua.

Sin embargo, las soluciones de más alta concentración son más complejas a causa de la autoesterificación de los llamados ácidos polilácticos con diversas longitudes de cadena.

Cuando el Acido Láctico es concentrado arriba de 50 % es parcialmente convertido en anhídrido láctico, por lo tanto el ácido láctico 85 a 90 % usual contiene 10 - 15 % de anhídrido láctico.



ACIDOSIS TOTAL DESPUÉS DE LA HIDRÓLISIS (expresada como ácido láctico monomérico), %  
COMPOSICIÓN DE LOS SISTEMAS DE ACIDO LÁCTICO Y AGUA.

La composición de equilibrio del ácido láctico acuoso, por consiguiente, depende sobre la concentración.

La distribución del Acido Láctico entre el agua y numerosos disolventes orgánicos que no se mezclan con el agua ( inmiscibles ), según estudios de soluciones acuosas diluidas de ácido láctico ( 2 - 10 % ). - Esto se muestra en la siguiente tabla:

DISTRIBUCION DEL ACIDO LACTICO ENTRE EL AGUA Y DIVERSOS DISOLVENTES.

DISOLVENTE	$K = \frac{C_w}{C_B}$	$C_w$
Alcohol n-butílico	1.37	1.34
Alcohol isobutílico	1.60	1.41
Alcohol n-amílico	2.45	1.65
Alcohol isoamílico	2.22	1.59
Alcohol bencílico	2.33	1.63
Ciclo hexanol	1.74	2.60
Eter etílico	9.8	1.88
Eter isopropílico	35.0	2.27
Cloroformo	100.0	1.87
Nitroetano	11.0	1.81
Pineno	80.0	1.87
Acetato de Etilo	4.07	1.77
Acetato n-butílico	8.2	2.00
Acetato ciclohexílico	13.00	2.08
Carbonato de Etilo	21.0	2.12
Lactato n-butílico	1.88	2.56
Metilisobutilcetona	7.9	3.55
Diisobutilcetona	36.0	2.22
Oxido de Mesitilo	3.76	1.84
Ciclohexanona	1.87	2.26
Furfural	3.32	1.84

$C_w$  = concentración en la fase acuosa.

$C_B$  = concentración en la fase disolvente, g/100 ml.

En general, los alcoholes son más eficaces en la extracción del Acido Láctico.

Viscosidad y Densidad:

La viscosidad absoluta y densidad del ácido láctico acuoso ( probablemente DL- ) a 25°C se da en la siguiente tabla:

VISCOSIDAD Y DENSIDAD DEL ACIDO LACTICO ACUOSO A 25°C.

Concentración de Acido Láctico %	Viscosidad, centipoises cP	Densidad g/ml.	Concentración de Acido Láctico %	Viscosidad, centipoises cP	Densidad g/ml.
0	0.89	---	64.89	6.96	1.1518
9.16	1.15	1.0181	75.33	13.03	1.1748
24.35	1.67	1.0545	85.32	28.50	1.1948
45.48	3.09	1.1054			

Acido (DL)-Láctico ordinario  $f_4^{20} = 1.249^{15}$

Acido L(+)-Láctico ( sarcoláctico, paraláctico, dextrógiro)  $f = 1.2485$

Calor de Combustión.- Para el Acido (DL)-Láctico es 3,615 cal/g.

Gravedad Específica.- Para el Acido (DL)-Láctico es  $1.2060^{25}$  o  $1.249^{15}$

Propiedades Termodinámicas:

PROPIEDADES TERMODINAMICAS DEL ACIDO LACTICO.

PROPIEDAD	VALOR
Constante de disociación <sup>b</sup>	
pKa ( a 25°C )	3.862
Ka ( a 25°C )	$1.37 \times 10^{-4}$
Calor de Disociación ( $\Delta H$ , a 25°C ), joule/mol <sup>c</sup>	263.0
Energía Libre de Disociación ( $\Delta F$ ), KJ/mol <sup>c</sup>	20.9
Calor de Solución ( $\Delta H$ ) a 25°C para L(+), KJ/mol <sup>c</sup>	7.79
Calor de Dilución ( $\Delta H$ ), KJ/mol <sup>c</sup>	-4.19
Calor de Fusión ( $\Delta H$ ), KJ/mol <sup>c</sup>	
racémico	11.35
Acido L(+)-Láctico	16.87
Energía Libre ( $\Delta F$ ) de solución, KJ/mol <sup>c</sup>	0
Energía Libre ( $\Delta F$ ) de dilución, KJ/mol <sup>c</sup>	0
Energía Libre ( $\Delta F$ ) de fusión, KJ/mol <sup>c</sup>	0

Entropía ( $\Delta S$ ) de solución, J/(mol-K) <sup>c</sup>	26
Entropía ( $\Delta S$ ) de dilución, J/(mol-K) <sup>c</sup>	15
Entropía ( $\Delta S$ ) de fusión, J/(mol-K) <sup>c</sup> racémico	39

b: El ácido probablemente contiene ácido lactoíl-láctico

c: Para convertir J a cal, dividir por 4.184

Índice de Refracción  $n_D$  : Para el Acido (DL)-Láctico es  $n_D^{20} = 1.4414$

Poder Inversor : El poder inversor del Acido Láctico es 1.07

Constante de Disociación : Everett y Wynne - Jones hicieron un estudio minucioso para expresar la constante de disociación de varios electrolitos débiles a diversas temperaturas con exactitud mediante la ecuación:

$$\ln. K = \frac{A}{T} + \frac{B \ln. T}{R} + C$$

donde A, B y C son constantes empíricas. Demostraron que esta ecuación cerca del valor máximo de K concuerda en la forma con la ecuación de Harned y Embree:

$$\log K - \log K_m = p (T - T_m)^2$$

donde  $K_m$ ,  $T_m$  y  $p$  son constantes empíricas. La primera representa el valor máximo que alcanza K, y la segunda la temperatura en que ocurre el máximo.

Las constantes para calcular la constante de disociación del ácido láctico (débil).

	-A	-B	C
Acido Láctico	2,578.0	40.2	54.7716

La constante de disociación K del ácido láctico en solución acuosa a 25°C es  $K = 1.374 \times 10^{-4}$ .

Peso del Líquido por Galón :

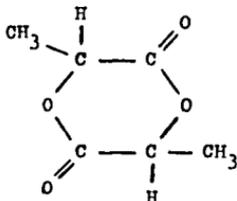
El peso por galón del Acido Láctico (85 - 90 %) es de 10.1 lb./gal. o 1.020 Kg./lt.

Peso Molecular : El peso molecular del Acido Láctico es 90.08

Moles por Litro : Para el Acido Láctico 85 % son 11.3 moles/lt.



El equilibrio entre los diferentes componentes es alcanzado lentamente y puede tomar varias semanas a la temperatura ordinaria. Predomina el polímero lineal; pero los polímeros cíclicos también pueden ser formados; sin embargo la lactida, aunque escasa al principio, se forma con buenos rendimientos cuando la mezcla parcialmente autoesterificada se destila a presión reducida. El dímero cíclico conocido como lactida ( 3,6-dimetil-p-dioxano-2,5-dione ), puede ser formado con buenos rendimientos:

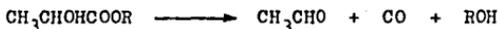


3,6-dimetil-p-dioxano-2,5-dione

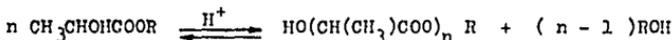
Este compuesto es formado en la fase vapor cuando el ácido láctico es deshidratado bajo alto vacío y destilado a temperatura alta y presión baja.

Cuando el ácido láctico es pirolizado, se descompone en acetaldehído, monóxido de carbono y agua. Estas mismas reacciones ocurren a temperaturas más bajas cuando el ácido láctico es calentado en presencia de ácidos minerales. Con cantidades catalíticas de ácidos minerales, se forma el ácido poliláctico; mientras que, con cantidades mayores de ácido mineral, el ácido láctico se descompone en acetaldehído, monóxido de carbono, ácido fórmico y agua.

La pirólisis de los ésteres ( monoésteres ) o derivador acil del ácido láctico resulta en la formación de acetaldehído y monóxido de carbono, debido al calor fuerte.

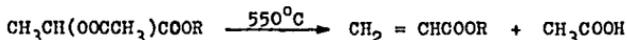


Bajo condiciones más suaves, y particularmente en presencia de un ácido mineral catalizador, los ésteres lácticos sufren una autocondensación para producir ésteres de ácido poliláctico:



En estas reacciones, los monoésteres lácticos exhiben un comportamiento similar a aquel del mismo ácido láctico.

Sin embargo, los diésteres del ácido láctico, muestran un comportamiento completamente diferente cuando están sometidos a la pirólisis; se forman ésteres acrílicos y ácido acético cuando se parte de ésteres lácticos acetilados:



El rendimiento del éster acrílico depende mucho de la estructura del radical alcohólico, R. Cuando R es un grupo termicamente estable, es decir que no es capaz de formar por sí mismo una olefina, el rendimiento del éster acrílico es alto.

El ácido láctico muestra las reacciones típicas de los ácidos orgánicos; muchas sales de este ácido han sido reportadas y generalmente todas son solubles en agua. El ácido láctico sufre fácilmente la esterificación con muchos alcoholes, y numerosos ésteres lácticos han sido preparados por esterificación catalizada por un ácido. La esterificación usualmente tiene lugar bajo condiciones anhidras pero es complicada por el hecho de que los ésteres del ácido poliláctico son producidos simultáneamente. Esto puede ser minimizado usando un exceso de alcohol en la esterificación. Terminada la esterificación es necesario neutralizar el catalizador ácido con una base, tal como el acetato de sodio, a fin de impedir la autoalcoholización del éster láctico durante la destilación, y preferiblemente conviene destilar el éster láctico bajo presión reducida. La conversión de ácido láctico en éster láctico suele ser bastante buena. Los subproductos son ésteres del ácido poliláctico los cuales en realidad son una fuente del ácido láctico, y pueden ser recirculados para producir ácido láctico; y por consiguiente, el rendimiento final del éster láctico es usualmente alto. La constante de equilibrio para la esterificación del ácido láctico con alcohol etílico es  $2.71 \pm 0.06$ .

Los ésteres lácticos se hidrolizan más fácilmente que los ésteres de ácidos grasos, tales como el ácido acético, pero con menos facilidad que los ésteres del ácido clorhídrico. Sin embargo, los lactatos (ésteres) de alcoholes secundarios son en general considerablemente más resistentes a la hidrólisis que los ésteres de los alcoholes primarios correspondientes. Los ésteres lácticos y la lactida fácilmente sufren la alcoholización con va-

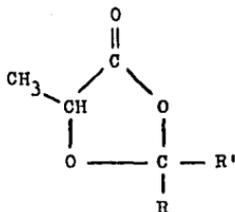
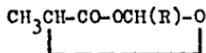
rios alcoholes. La alcoholisis de la lactida en presencia de vestigios de catalizador produce ésteres del ácido lactil-láctico, mientras que cantidades mayores de catalizador producen el éster láctico monomérico.

Un excelente método para la preparación de ésteres lácticos es la alcoholisis del lactato de metilo con un alcohol superior.

La lactamida,  $\text{CH}_3\text{CHOHCONH}_2$ , las lactamidas sustituidas pueden ser preparadas fácilmente por amonólisis o aminólisis del lactato de metilo o por la deshidratación de las sales del ácido láctico con aminas primarias y secundarias y convertidas en lactamidas sustituidas (Deshidratación de las sales del ácido láctico con aminas o amoniaco).

El Acido Láctico también muestra muchas de las reacciones características de los Alcoholes. De manera que puede ser esterificado con ácidos orgánicos, anhídridos, y cloruros de ácidos. Puede ser alquilado con agentes alquilantes tales como diazometano y sulfato dimetilico. El Acido Láctico y sus ésteres pueden ser convertidos en cloroformatos con fósforo, en carbamatos con ácido cianico, y en alofanatos y uretanos con isocianatos ( todos ellos derivados típicos de alcoholes ). Los ésteres lácticos sufren deshidrogenación ( oxidación ) hacia el correspondiente éster piruvico, y pueden ser convertidos ésteres de ácidos inorgánicos por tratamiento con oxicloriguro de fósforo y cloriguro de tionilo.

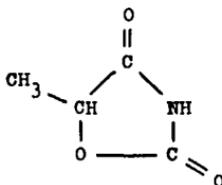
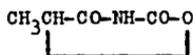
Además de la autoesterificación, el ácido láctico sufre reacciones que implican la participación simultanea de los grupos hidroxilo y carboxilo. Con aldehidos y cetonas un tipo de compuesto acetal cíclico es formado según su estructura. El producto de la reacción con el aldehido tiene la estructura:



2 sustituido-5 metil-1,3, dioxol-4-ona.

$\text{R}' = \text{H}$ , alquil, o aril.

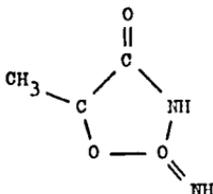
Los lactatos de alquilo reaccionan con urea, formando 5-metil-2,4-oxazolidinodiona.



5-metil-2,4-oxazolidinodiona

Este mismo compuesto también es preparado por la acción de la lactamida sobre el carbonato de metilo.

Cuando un lactato de alquilo es tratado con guanidina, se forma un compuesto análogo, 2-imino-5 metil-4-oxazolidona.



2-imino-5 metil-4-oxazolidona

El ácido láctico es un ácido débil con propiedades buenas de solventes, y polimeriza fácilmente para la producción de polímeros.

#### 1.4 METODOS GENERALES DE OBTENCION :

El Acido Láctico puede ser manufacturado por fermentación o por sin tesis; ambos métodos son bien comprendidos y usados industrialmente en la actualidad. Aunque se han escrito diversos métodos para preparar sintéticamente ácido láctico, éste compuesto aun se fabrica en los Estados Unidos por fermentación. En los Estados Unidos, más del 85 % del ácido láctico que es vendido es hecho por una ruta sintética, y todo el ácido láctico que es producido en Japón es sintético. El ácido láctico producido por los fabricantes europeos, cuya capacidad combinada es aproximadamente la mitad de la capacidad mundial estimada, es producido por procesos de fermentación.

El margen de operación en la fermentación es pequeño, y el costo de un sustrato relativamente puro contra un sustrato impuro debe ser valorado contra el costo de refinación y purificación subsiguiente del ácido según las especificaciones del mercado. Así, la selección del material de arranque debe estar basado sobre el costo total del proceso. El ácido láctico obtenido por Fermentación requiere unos carbohidratos no tóxicos de bajo costo, usualmente un subproducto o un material residual y emplea organismos conocidos como bacterias homolácticas pertenecientes al género Lactobacillus, aunque en ocasiones emplea a un hongo filamentoso perteneciente al género Rhizopus; mientras que el ácido láctico obtenido por un proceso Sintético puede usar un producto químico orgánico el cual es un subproducto o que presenta un problema de eliminación residual, probablemente de origen de petróleo, o posiblemente de carbón.

El ácido Láctico es habitual producirlo en la forma más pura posible en la etapa inicial y después refinar el producto.

#### F E R M E N T A C I O N :

El procedimiento en general consiste en la fermentación de un carbohidrato al que se le ha añadido un mineral adecuado y nutrientes proteínicos en presencia de un exceso de carbonato de calcio. Generalmente es preferido usar una concentración de bacterias termofílicas. La fermentación es usualmente conducida en presencia de un gran exceso de carbonato de calcio, el cual neutraliza todo el ácido láctico creado por la fermentación, resultando una solución conteniendo lactato de calcio y dióxido de carbono; de manera que el pH no llega a ser tan bajo como para inhibir

la fermentación. Esta solución es primero alcalinizada con hidróxido de calcio y hervida. El hidróxido de magnesio, la piedra caliza y otros nutrientes e ingredientes que pueden haber estado en el agua son eliminados por filtración debido a que precipitan. El líquido filtrado es acidificado con ácido sulfúrico para regenerar el ácido láctico y para precipitar el calcio como sulfato de calcio, el cual es eliminado por filtración. Este ácido es concentrado y más tarde refinado por una serie de procedimientos.

En la práctica real, el rendimiento teórico de 100 % nunca es logrado. Probablemente una porción del carbohidrato es utilizado por el organismo en su metabolismo. Además, se producen otras pérdidas durante el tratamiento subsecuente, de manera que en la práctica comercial los rendimientos de 85 % son considerados normales.

#### ACIDO LACTICO A PARTIR DEL SUERO DE LA LECHE.

El ácido láctico a partir de la lactosa ha sido producido comercialmente desde el año de 1936 en Norwich, N. Y., en una planta operada por la Compañía de Derivados Sheffield.- Acido Láctico grado Técnico, y Acido Láctico grado U.S.P., Lactato de Calcio, y Lactato de Sodio son manufacturados a partir del suero de la leche.

#### ACIDO LACTICO A PARTIR DEL SUERO DEL QUESO.

La producción de lactato de calcio y ácido láctico a partir del suero de la leche libre de albúmina, conteniendo nutrientes adicionales, ha sido descrito por Campbell.

#### PRODUCCION DE ACIDO LACTICO POR FERMENTACION CONTINUA.

Un procedimiento para la producción de ácido láctico a partir de la lactosa del suero dulce de la leche sobre una base de semifábrica por fermentación continua fue trabajado por Whittier y Rogers.

#### ACIDO LACTICO A PARTIR DEL AZUCAR DE ALMIDON DE MAIZ.

La producción comercial de ácido láctico a partir del azúcar de almidón de maíz ha sido descrita por Inskeep, Taylor, y Breitzke ( 1956 ).

#### ACIDO LACTICO A PARTIR DE MELAZAS DE TIRAS NEGRAS.

Un proceso para la producción de ácido láctico ( grado U.S.P. y para plásticos ) y lactato de metilo a partir de melazas de tiras negras ha sido descrito por Needle y Aries ( 1949 ).

**ACIDO LACTICO A PARTIR DE PAPAS.**

Un método para la producción de ácido láctico a partir de papas fue descrito por Cordon y asociados.

**LA PRODUCCION DE LACTATO DE CALCIO BLANCO.**

Un proceso para la producción de lactato de calcio blanco ha sido desarrollado por Daly, Walsh, y Needle. Las características principales de este proceso son el uso de una leche no desnaturalizada como el nutriente y el rápido secado del lactato de calcio producido.

**LA PRODUCCION DE ACIDO DEXTROLACTICO.**

Tatum y Peterson ( 1935 ) han descrito un método para la producción de ácido L(+)-láctico en una pequeña escala.

**ACIDO LACTICO A PARTIR DEL LICOR DE SULFITO RESIDUAL.**

La producción de ácido láctico a partir del licor de sulfito residual ha sido estudiada por Leonard, Peterson, y Johnson ( 1948 )

**ACIDO L(+)-LACTICO A PARTIR DE AICACHOFAS DE JERUSALEN.**

La producción de ácido L(+)-láctico a partir de alcachofas de Jerusalem ha sido estudiado por Andersen y Greaves ( 1942 ).

**PRODUCCION DE ACIDO LACTICO POR MOHOS ( HONGOS ).**

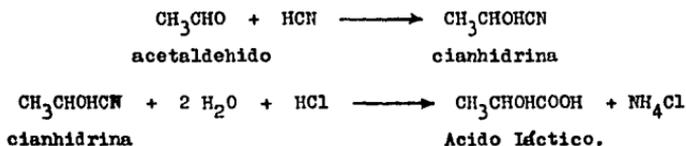
Métodos de producción: En general, el ácido L(+)-láctico puede ser producido por concentraciones seleccionadas de mohos por un método de Cultivo-Superficial o por un Método de Fermentador Rotatorio. La investigación de Ward, Lockwood, Tabenkin, y Wells, indican la superioridad del proceso de fermentador rotatorio sobre el proceso de cultivo superficial.

**S I N T E S I S :**

Hasta 1963 el Acido Láctico fue manufacturado en los Estados Unidos solamente por fermentación. En aquel año la manufactura por síntesis fue iniciada por la Compañía Monsanto.

La reacción básica del proceso sintético está basada en la conversión de lactonitrilo en ácido láctico. El lactonitrilo es un subproducto de la síntesis del acrilonitrilo. La reacción de síntesis del ácido láctico fue descubierta en 1863 por Wislicenus quien preparó lactonitrilo a partir del acetaldehído y la cianhidrina ( preparado con acetaldehído y

ácido cianhídrico ) y lo hidrolizó hasta una solución acuosa de ácido láctico crudo. La hidrólisis en medio ácido da  $\alpha$ -ácidos-alcoholes ( $\alpha$ -hidroxidácidos ):



La misma reacción es usada en la actualidad: el ácido láctico es aislado y purificado por esterificación con alcohol metílico, y el lactato de metilo resultante es purificado por destilación. Una vez que el éster de metilo ha sido producido y destilado, puede ser hidrolizado con un ácido fuerte como catalizador para producir un ácido láctico semirefinado. La purificación es realizada por una combinación de vapor, tratamiento de carbón, e intercambiador de iones. El ácido láctico sintético es producido en tres grados: técnico, alimenticio, y U.S.P., y refinado y ajustado en dos concentraciones, 50 % y 88 % de solución ácida. El ácido láctico sintético es agua-blanca y tiene una estabilidad calorífica excelente.

Otros posibles métodos químicos de sintetizar el ácido láctico incluyen la degradación de azúcares con álcalis ( preferiblemente sacarosa con cal o hidróxido de sodio ); la interacción entre el acetaldehído y el monóxido de carbono y agua a temperaturas y presiones elevadas; hidrólisis del acetato de vinilo, oxidación, e hidrólisis; e hidrólisis del ácido  $\alpha$ -cloropropiónico ( preparado por clorinación del ácido propiónico ). Una síntesis de ácido láctico, basada sobre la oxidación con ácido nítrico del propileno y el cual produce un subproducto de ácido oxálico, ha sido realizada pero no ha sido desarrollada sobre una escala industrial.

Otros métodos para sintetizar ácido láctico está basado sobre la hidrólisis continua de lactonitrilo en una solución acuosa de ácido sulfúrico. El ácido láctico resultante es extraído con éter isopropílico y es recuperado por reextracción con agua. El extracto acuoso es concentrado bajo presión reducida 33.3 kPa ( 250 mm. Hg. ) hasta la concentración deseada.

Los métodos sintéticos son generalmente más caros que la fermentación y debido a esta razón no se emplean mucho.

#### 1.5 USOS DEL ACIDO LACTICO :

El Acido Láctico tiene muchos usos. Los principales usos del ácido láctico son en productos alimenticios, fermentaciones, y en productos - farmacéuticos, aunque tiene numerosos usos industriales en productos no alimenticios de considerable interés en la industria química. Los ácidos se añaden a diversos productos alimenticios para conservar el producto - disminuyendo el pH y para mejorar el sabor. La mayoría de las bacterias no viven ni se reproducen en medio ácido; por consiguiente, los ácidos - impiden casi todas las putrefacciones producidas por las bacterias. Los ácidos se usan en casi todas las industrias alimenticias.

En general, el Acido Láctico grado comestible es uno de los principales acidulantes y puede usarse en cualquier clase de alimentos o bebidas y sirve como preservativo en tales productos alimenticios. Las siguientes propiedades del ácido láctico grado comestible hacen que sea - apropiado en gran variedad de productos alimenticios:

- a) Es relativamente no volátil y prácticamente inodoro.
- b) Todavía tiene un sabor ácido suave agradable que contrasta con el sabor picante y penetrante de otros ácidos alimenticios, haciéndolo un buen acidulante cuando es usado en combinación con materiales aromáticos en alimentos y bebidas.
- c) Sin embargo, es un ácido relativamente fuerte y tiene buen poder preservativo ( cuando es usado en una salmuera ) o agente de encurtido - ( cuando es usado con vinagre ), e impide los cambios putrefactivos.
- d) No oculta ni domina otros sabores.
- e) En algunos productos alimenticios impide su alteración.
- f) También tiene la ventaja de que es distribuido comercialmente en forma líquida y es fácil de usar.

Una o más de estas propiedades han contribuido al uso creciente del ácido láctico del grado comestible en los alimentos y remedios para animales siendo usado parcialmente para ajustar el pH en diversos productos - tales como: En la fabricación de la cerveza, jaleas y mermeladas, en la fabricación del queso, la mantequilla, las claras de huevos desecadas, -

aceitunas, extractos saboreadores, jugos de frutas y esencias, limonadas, jarabes, en la fabricación de bebidas carbonatadas no alcohólicas, en las nieves y sorbetes.

El ácido láctico es usado en la fabricación de la cerveza para acidu-  
lar mostos y para ajustar el pH del agua dura. También es usado para inhi-  
bir el desarrollo de las bacterias de ácido butírico en la manufactura de  
la cerveza durante la fermentación. Puesto que el ácido láctico es forma-  
do naturalmente en la fermentación de la mayor parte de la cerveza, el á-  
cido láctico es preferido en lugar de otros ácidos para estos propósitos.

El pH de la jaleas debe ser ajustado alrededor de 3.1 a 3.4 para -  
asegurar el cuajado adecuado. El suave sabor del ácido láctico produce un  
producto de mejor sabor que la mayoría de otros ácidos alimenticios y tam-  
bién hace que la jalea congule más lentamente. El uso del ácido láctico -  
elimina la necesidad de un proceso de disolución distinto tal como el re-  
querido cuando el ácido cítrico o ácido tartárico son usados.

El pH de los quesos procesados es generalmente ajustado de 4.8 a 5.1  
con ácido láctico como una medida preservativa. Pequeñas cantidades son -  
adicionadas a la mantequilla no salada por la misma razón. El ácido lácti-  
co es la selección natural debido a que es normalmente encontrado en to-  
dos los tipos de productos de la leche agriada.

El ácido láctico es usado para ajustar el pH de las claras de huevos  
antes de que sean secadas. A un pH de casi 4.8 las claras llegan a ser -  
bastante delgadas para permitir el fácil asentamiento de trozos de cascá-  
ron y otras partículas extrañas. Así, el ácido láctico asiste en la elimi-  
nación de estas partículas indeseables.

El ácido láctico también es usado como un acidulante por un gran nú-  
mero de otros alimentos, tales como sopas, sauerkraut ( col agria o berza  
fermentada ), carne picada, adobos, salmueras, escabeche, conservas en -  
vinagre, en la preparación de encurtidos, pectina líquida, dulces, azúcar  
cande, y en los productos de panadería y/o repostería, y de la misma mane-  
ra en alimentos ácidos en conserva.

El Ácido Láctico puede ser usado en la curación de la carne y en pro-  
ductos vegetales y pescado enlatado.

En el empaquetado de aceitunas del tipo estandar, el ácido láctico -

es el ácido de selección para ajustar el pH de la salmuera en la manufactura de aceitunas verdes en vinagre. Da una salmuera clara y resulta en vida prolongada en anaquel y sabor perfeccionado.

El Acido Láctico también se utiliza en las alcachofas y otros productos para hacerlos cocer a temperaturas bajas, y en los espárragos y otras hortalizas para que no se oscurescan al cocerlos. En mayonesas el ácido láctico puede ser usado para detener los desperdicios bacterianos. Las aves de corral que son tratadas con ácido láctico muestran menos tendencias para deshidratarse en almacenamiento. El ácido láctico también es usado en combinación con otros alimentos ácidos para mejorar el sabor de bebidas carbonatadas de jugo de frutas. También es reportado que es excelente en la acidificación de jugo de frutas para la producción de vino.

En las nieves y los sorbetes suele usarse ácido láctico para producir el sabor picante. La cantidad de ácido necesaria varía según la cantidad de azúcar y según la cantidad de ácido de fruta contenido en las combinaciones de frutas que se ponen en el producto. Un total de no menos de 0.30 % ni más de 0.40 % calculado como ácido láctico, suele ser necesario para dar sabor picante satisfactorio cuando el contenido de azúcar es de 28 - 32 %. Los sorbetes requieren algo más de ácido que las nieves.

El ácido láctico es especialmente adecuado para la manufactura de sorbetes y bebidas efervescentes porque no oculta los delicados sabores de frutas usados en estos productos. Además, no hay peligro de cristalización en el producto terminado.

En todas estas aplicaciones su función primaria es impartir un sabor ácido. Otra vez su ventaja es su suave sabor y fácil manejo en forma líquida.

El ácido láctico como nutriente de levaduras puede ser asimilado por el *saccharomyces cerevisiae* en condiciones de aereación enérgica. La importancia práctica se ve en la fabricación industrial de levadura.

En la Industria Química, el Acido Láctico grado crudo o Técnico tiene uno de los usos industriales más grandes en tenería como un agente desencalante en la industria del curtido del cuero, el cual se ha usado desde hace mucho tiempo como un acidulante para desencalar las pieles, para remojar e hinchar el cuero para suelas y en el curtido vegetal. El ácido láctico es considerado superior a los ácidos minerales más ácidos.

porque incluso un trabajador inexperto encuentra dificultad para dañar una piel con ácido láctico.

Hay varios usos en el campo textil. El ácido láctico crudo es usado en la tintura ácida de ciertos tipos de buenas lanas, particularmente el verde oliva pardusco usado en el ejército, la seda y otros artículos textiles. El ácido láctico es usado en el proceso de mordiente crómico del tinte de la lana porque reduce el cromato contenido en la lana y previene la oxidación de las fibras. En textiles en el acabado o brillantes de la seda y rayón implica pasar el hilo a través de un baño de ácido débil. El ácido láctico es usado ampliamente para el control del pH debido a que ayuda a mejorar la brillantez del hilo sin dañar la resistencia y elasticidad de la fibra. El lactato de amonio es usado como un catalizador en la aplicación de varios tipos de resinas terminadas para rayón y buenos algodones. El ácido láctico es preferido como el controlador de pH durante los procesos de revestimiento de celofán. El ácido láctico también es usado en la producción de agentes catiónicos húmedos siendo usados ahora en un número de operaciones de acabado textil.

En la litografía, el ácido láctico es un ingrediente estandar en el desarrollo de soluciones de grabado profundo. La fórmula básica contiene 3.5 a 4 % de ácido láctico y casi 40 % de cloruro de calcio disuelto en agua. Sin embargo, hay numerosas modificaciones de esta fórmula. Cualquier grado, el técnico de 44 % o el comestible de 50 % son satisfactorios, aun que algunos fabricantes están usando las concentraciones más altas. El ácido láctico es usado en una formulación ácida para fabricar un electrolito para la preparación de superficies para grabados en impresión offset.

El ácido láctico puede fácilmente ser incorporado en las formulaciones para limpieza ácida y de compuestos pulidores. Es no volátil, inofensivo a la madera, y no cristaliza, ya que estas propiedades son importantes en este tipo de aplicación. El ácido láctico ha sido usado como un promotor de flujo en la preparación de las membranas de acetato de celulosa y es usado en el tratamiento de la madera.

El ácido láctico es algunas veces adicionado al ácido clorhídrico usado para el tratamiento de acidificación de pozos de petróleo y agua. Su propósito aquí es el de incrementar la solubilidad del hierro contenido en la piedra caliza.

El ácido láctico es usado en cemento impermeabilizante al agua.

Otros usos de ácido láctico en productos no alimenticios incluye - aplicaciones en adhesivos, en galvanoplastia y electropulimento, en insecticidas y fungicidas, en plásticos y resinas, tintas especiales, y como un fundente para soldaduras de estaño.

Todos los grados y concentraciones de ácido láctico son usados en - varias aplicaciones industriales. Algunos fabricantes usan el grado comestible y otros pueden usar el grado técnico para lo que parece ser el mismo proceso. Esto es particularmente cierto en el campo de los plásticos en la manufactura de resinas de naturaleza fenolformaldehído.

El Acido Láctico reacciona con anhídrido maleico para formar ácido carboximetoxisuccínico. También es usado en una formulación para producir un antácido soluble en agua de sales de magnesio y aluminio. Su habilidad para formar ácidos polilácticos poliméricos encuentra aplicación en la - producción de resinas. En la fabricación de resinas de fenol-formaldehído, el ácido láctico es útil para neutralizar el catalizador alcalino, ya que se forma una sal no cristalizable, la cual no perjudica a la transparencia y a la resistencia de la resina. En esta aplicación es requerido un ácido láctico muy puro y esencialmente libre de hierro como el ácido - agua-blanca en la Industria del Plástico.

El Acido Láctico es un reactivo de flotación y se usa en forma líquida. La cantidad usada es de 0.125 - 0.50 Kg./Ton. y su aplicación ordinaria es como depresor.

El ácido láctico es también usado en el campo farmacéutico como lactato de calcio para terapia con calcio. También se emplea en la producción de otras sales, las cuales analizaremos en la parte correspondiente a derivados del ácido láctico.

El Acido láctico también es la materia prima usada para la preparación de ésteres, tales como los lactatos de metilo, etilo y n-butilo, los cuales son usados como disolventes de laca y pequeñas cantidades de ellos se usan directamente en Plásticos.

Durante y después de la Segunda Guerra Mundial, nuevas aplicaciones potenciales para el ácido láctico y sus derivados han sido encontradas. Así, se ha descrito el uso del ácido láctico como un extendedor de glicol en resinas alquídicas. También se ha descrito la preparación de revestimientos por la reacción del ácido poliláctico con aceites secantes o -

con pequeñas cantidades ( 1 - 6 % ) de sales de metales polivalentes, tales como el aluminio, cromo, cobalto, hierro, plomo, manganeso, torio, - estaño, titanio, y zinc. La adición de dicitlopentadieno a ácido láctico resulta en la formación de un éter-éster dihidrodicitlopentadiénico - del ácido láctico. Este éter absorbe rápidamente el oxígeno del aire, - especialmente en presencia de secantes, para dar una película insoluble de barniz comportándose en este respecto como los aceites secantes. Este éter-éster puede polimerizarse también calentándolo con peróxidos hasta obtener un aceite viscoso autooxidable.

Muchos ésteres lácticos de punto de ebullición alto han sido evaluados preliminarmente como plastificantes para resinas. Los ésteres mixtos del ácido láctico y del ácido adípico de los tipos:

$\text{ROOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{COOR}$  y  $(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOCH}(\text{CH}_3)\text{COOR})_2$  han mostrado ser - plastificantes eficientes para copolímeros de cloruro de vinilo. Mezclas de tales ésteres fueron preparadas por esterificación de un lactato de - alquilo con ácido adípico ( u otro ácido dibásico, tal como el ácido sebásico ). El ácido láctico y el lactato de metilo usados con un alcohol son equivalentes al lactato de alquilo en esta esterificación.

La más nueva utilización principal del ácido láctico es en la producción de polímeros y diferentes ésteres grasos del ácido láctico para ser usados en el mejoramiento de la pasta.

El principal uso para el ácido láctico sintético grado alimenticio es en la fabricación de estearoil-2-lactilatos de calcio y sodio para la industria de la repostería. Solamente el ácido láctico producido sintéticamente tiene la claridad del agua-blanca y la estabilidad calorífica - alta necesitada para fabricar estos y otros alimentos emulsores. El - estearoil-2-lactilato de calcio.- ( ( estearil-lactil-lactato- )<sub>2</sub>Ca ). - aumenta la tolerancia de mezcla en las masas. La procesa más fácil y mejora la calidad de las levaduras impregnadas en productos de panaderías en las cuales es ampliamente usado. Esta sal de calcio tiene muy poca - habilidad de emulsificación en los sistemas agua-aceite. Sin embargo hay poca necesidad para las propiedades emulsificantes para el pan y las sales de calcio exhiben buen acondicionamiento de masa la cual no es observada con otros lactilatos de acil. Sin embargo, para una mayor praca, la levadura impregnada en el producto cocido, el estearoil-2-lactilato de - sodio es usado debido a que es un acondicionador de la masa y un emulsificador. Otros lactatos son usados en mezclas preparadas y varios produc

tos horneados sin levadura.

Los ésteres grasos del ácido lactilato de mono- y diglicéridos - son usados en presencia de mezclas de pastas y otros productos de panaderías y en materias grasas líquidas. En la preparación de mezclas de pastas el gliceril lactopalmitato mejora la textura de la pasta, y el gliceril lactoestearato aumenta el volumen de la pasta y permite tolerancia - en la mezcla.

El Ácido Láctico ha sido reportado que es un bactericida efectivo - pulverizado en el aire. Un nuevo germicida conteniendo lactato de n-dodecilamina y salicilato de n-dodecilamina ha sido probado como un desinfectante, fungicida, anticéptico, y agente resistente a la mancha de humedad. Los lactatos de alquilol amina con óxido mercúrico amarillo son solicitados por ser útiles como germicidas, bactericidas, o fungicidas.

Varios derivados del ácido láctico parecen tener considerable eficiencia como repelentes a los mosquitos. Dos de los derivados más prometedores son lactato de n-octilo y lactato de 2-butoxiethyl.

#### 1.6 DERIVADOS DEL ACIDO LACTICO :

##### SALES:

De las sales del ácido láctico que se encuentran disponibles en el comercio ( de calcio, sodio, antimonio, cobre, hierro y estroncio ), las más importantes y las más ampliamente usadas son el lactato de calcio y el lactato de sodio. Estas sales pueden ser preparadas como productos - primarios de la fermentación controlando el pH durante la fermentación - con carbonato de calcio o carbonato de sodio. Las sales del ácido láctico también pueden ser preparadas convenientemente por la reacción de neutralización del ácido libre con carbonatos o hidróxidos metálicos. Los - lactatos también tienen usos importantes.

Lactato de Calcio,  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , peso molecular 308.3; cristaliza como pentahidrato incoloro, el cual es ligeramente eflorescente y - pierde agua de hidratación a 100 - 120°C. El hidrato tiene una solubilidad de 3.1 g. en 100 g. de agua a 0°C., 5.4 g. a 15°C., y 7.9 g. a 30°C, pero es muy soluble en agua caliente. El lactato de calcio es ampliamente

usado en medicina en la terapia a base de calcio al organismo y ha sido empleado como un coagulante de la sangre en el tratamiento de las hemorragias y es administrado antes de las operaciones dentales para inhibir el sangrado. Tiene numerosas aplicaciones alimenticias, por ejemplo, - inhibe o suprime la decoloración de muchas frutas y vegetales y mejora - las propiedades de la leche en polvo seca, la leche desnatada azucarada, y los productos alimenticios cocidos. También es usado para secar el queso cuajado para el Queso Suizo. Las soluciones de azúcar pueden ser convertidas en jaleas por la adición de lactato de calcio. Esta sal se ha descrito como un agente conveniente para dar consistencia a las manzanas durante el procesamiento. El lactato de calcio también es usado como un agente gelatinizante en budines y pasteles rellenos y es usado para acelerar la curación de productos de carne. El lactato de calcio también se emplea principalmente en la fabricación de las levaduras en polvo, en la panificación y en los productos farmacéuticos.

Lactato de Sodio,  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Na}$ , peso molecular 112.1 ; es muy higroscópico y por lo tanto siempre es vendido en solución acuosa en las calidades: Técnico de 50 %, comestible de 50 % y comestible de 60 %.

Es difícil obtener la sal cristalina porque es muy higroscópica y extremadamente soluble en agua y en alcohol. Por su higroscopicidad, el lactato de sodio es altamente adaptable como un sustituto del glicerol - sobre todo cuando éste último escasea o tiene precio alto, por ejemplo, como un plastificante y como un humectante en el papel y en los textiles. También el lactato de sodio es empleado para ayudar a retener la humedad en algunos productos como el tabaco. Sin embargo el uso más grande del lactato de sodio es para alimentación intravenosa en el tratamiento de - conomisión, en donde se requiere una solución de lactato de sodio muy altamente purificado.

#### Otras Sales:

Lactato de Aluminio,  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Al}$ , un sólido granular, muy soluble en agua, se usa como un antisudorífico.

Lactato de Antimonio,  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Sb}$ , es usado como mordiente en la tinción de textiles.

Lactato de Cobre, ( lactato cúprico ),  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Cu} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , el cual es soluble en agua, puede ser usado en baños de galvanoplastia ( para el

depósito electrolítico de metales ).

Lactato de Hierro, ( lactato ferroso ),  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_3\text{Fe}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , el cual también es soluble en agua, se usa para el tratamiento de anemia, como un ingrediente de tónicos y en alimentos para niños o sea en la fabricación farmacéutica.

Lactato de Titanio, es usado para revestir con vidrio para ayudar en la prevención de rasguños o abrasión durante la manipulación mecánica o producción de líneas.

Lactato de Zirconio, es usado por la industria de los cosméticos como un antitranspirante.

Lactato de Estroncio,  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Sr}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , encuentra también algún uso en medicina.

Lactato de Potasio, es muy higroscópico y se usa como sustituto del glicerol.

#### ESTERES:

Para la producción comercial de los lactatos de metilo, etilo y n-butilo se usan los procedimientos convencionales de esterificación con gran rendimiento. El ácido láctico es usualmente el material de arranque; sin embargo pueden ser usadas también las sales del ácido láctico a partir de las cuales se libera el ácido con ácidos minerales. En el caso del lactato de metilo, el ácido poliláctico es un intermediario más conveniente que el ácido láctico, porque el éster es formado en parte por esterificación y en parte por reacciones de alcoholólisis. Por este método, el problema de separar el lactato de metilo del agua puede ser prácticamente eliminado usando ácido poliláctico de un grado de polimerización moderadamente elevado. El lactato de etilo se prepara no solamente a partir del ácido láctico de fermentación, sino también sintéticamente con cianhidrina de acetaldehído ( lactonitrilo ) el cual reacciona con alcohol etílico y producen lactato de etilo. Del mismo modo, el lactato de metilo puede ser producido por la reacción del metanol con una solución acuosa de lactonitrilo usando un catalizador ácido.

El ácido láctico puede ser convertido suavemente en acrilato de metilo por medio de la siguiente secuencia de reacciones: esterificación -

hacia lactato de metilo, acetilación, y pirólisis a 550°C.

Aunque los derivados del ácido láctico tienen punto de ebullición elevado, los varios ésteres y éteres tienen alto poder de solvente. Un número de usos potencialmente importantes incluye: la preparación de lacas, barnices, tintas y organosoles. El alto poder solvente de los derivados del ácido láctico es debido a la presencia de dos o tres de los siguientes grupos: hidroxil alcohólico, éster, y éter.

Muchos ésteres del ácido láctico han sido reportados en la literatura. Algunos de estos son líquidos con punto de ebullición elevado y con propiedades interesantes han sido evaluados preliminarmente como plastificantes para plásticos de celulosa y resinas de vinilo. También se han descrito muchas mezclas azeotrópicas de lactato de metilo y de lactato de etilo.

La hidrólisis de los ésteres lácticos ha sido estudiada extensamente. En general, la rapidez de la hidrólisis de ésteres de ácidos orgánicos es aproximadamente proporcional a la fuerza del ácido orgánico. Los ésteres lácticos son hidrolizados más rápidamente que los ésteres propiánicos correspondientes. La rapidez de la hidrólisis alcalina (saponificación) de los lactatos n-alquílicos disminuye a medida que aumenta el tamaño del grupo alquilo; la diferencia más acentuada en la rapidez está entre el metilo y el etilo. La rapidez de la hidrólisis catalizada con ácido de los lactatos n-alquílicos hasta el butilo es virtualmente independiente del grupo alquilo y lo propio sucede sustancialmente en el caso de la hidrólisis no catalizada. Los ésteres lácticos de alcoholes secundarios son considerablemente más resistentes a la hidrólisis que aquellos de los alcoholes primarios correspondientes.

Los lactatos de metilo, etilo y butilo son acetilados fácilmente con anhídrido acético para producir los derivados acetílicos los cuales son ligeramente solubles en agua y hierven a aproximadamente 25°C más alto que el éster láctico correspondiente.

Lactato de metilo,  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_3$ , peso molecular 104.10; punto de fusión p.f. = -66°C.; punto de ebullición p.eb. 760 = 145°C.; eb. 10 = 42°C.;  $d_4^{20} = 1.0939 \text{ g./cm}^3$ ;  $n_D^{20} = 1.4239$ ; viscosidad, 2.94 centipoises a 20°C.; miscible con agua, destila como una mezcla azeotrópica (aproximadamente 25% del éster, p.eb., 99°C.). Es en muchas consideraciones un

derivado clave y potencialmente importante del ácido láctico. Los ésteres lácticos de los alcoholes superiores pueden ser preparados fácilmente por alcoholólisis ( transesterificación ) del lactato de metilo con el alcohol apropiado. Además, la recuperación del ácido láctico a partir del líquido crudo de fermentación en forma del éster de metilo puede ser un método práctico para la purificación del ácido láctico. El lactato de metilo es también un compuesto intermedio clave en la conversión del ácido láctico en ésteres acrílicos.

El lactato de metilo puede ser acetilado con ácido acético o anhídrido acético para producir  $\alpha$ -acetoxipropionato de metilo o ácido  $\alpha$ -acetoxipropiónico como el producto predominante. En la amonólisis el lactato de metilo es considerablemente más reactivo que los lactatos de alquilo superiores.

La cinética de la esterificación de ácido láctico de 85 % y de 44 % con metanol ha sido reportada en la literatura. La reacción no es una reacción sencilla de primero, segundo o tercer orden. También se ha estudiado el efecto de la temperatura, la concentración del ácido mineral catalizador y la razón molar del ácido láctico y el alcohol.

Lactato de Etilo,  $\text{CH}_3\text{CHOHCOOCH}_2\text{CH}_3$ , peso molecular 118.13, punto de fusión p.f. =  $-25^\circ\text{C}$ .; punto de ebullición p.eb. $_{760}$  =  $154^\circ\text{C}$ .; eb. $_{10}$  =  $51^\circ\text{C}$ .;  $d_4^{20}$ , 1.0348 g./cm $^3$ ,  $n_4^{20}$  1.4132; viscosidad, 2.61 centipoises a  $20^\circ\text{C}$ ., es miscible con el agua. Los ésteres lácticos de los alcoholes superiores pueden ser preparados fácilmente por alcoholólisis ( transesterificación ) del lactato de etilo con el alcohol apropiado. El lactato de etilo puede servir también como un éster volátil en la purificación del ácido láctico. El lactato de etilo es usado en solventes para lacas y también es usado algunas veces como un lubricante en la fabricación de tabletas medicinales y cubierta de tabletas.

Lactato de n-butilo,  $\text{CH}_3\text{CHOHCOO}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$ , peso molecular 146.18; punto de fusión p.f. =  $-43^\circ\text{C}$ .; punto de ebullición p.eb. $_{760}$  =  $187^\circ\text{C}$ .; eb. $_{10}$  =  $75^\circ\text{C}$ .;  $d_4^{20}$ , 0.9837;  $n_4^{20}$ , 1.4217; presión de vapor a  $20^\circ\text{C}$ .; 0.4 mm. Hg.; viscosidad, 3.58 centipoises a  $20^\circ\text{C}$ .; Tensión Superficial, 30.6 dinas/cm. a  $20^\circ\text{C}$ .; punto de inflamación ( copa TAF abierta ),  $75.6^\circ\text{C}$ . (  $168^\circ\text{F}$ . ); es soluble en agua en la proporción de 4.36 g./100 ml. a  $25^\circ\text{C}$ . El lactato de butilo es usado como disolvente de punto de ebulli-

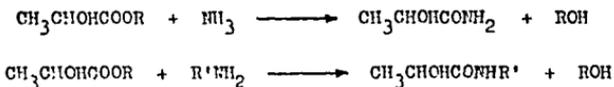
ción alto en las formulaciones de lacas. Es un solvente poderoso para ni trocelulosa, acetato butirato de celulosa, etil celulosa, lacas, ciertos grados de polímeros de vinilo, y otras gomas y resinas así como tintas y colorantes. La alta tolerancia de esta solución de nitrocelulosa para el alquitrán de hulla y diluyentes del petróleo hace al lactato de butilo excepcional en la clase de solventes de punto de ebullición elevado.

Lactida, Es el éster cíclico dimérico del ácido láctico. A causa de la - baja solubilidad y lenta velocidad de la hidrólisis de la lactida en agua puede ser usada como un acidificador suave continuo en los sistemas acu- sos. En los sistemas anhidros la lactida es neutra y relativamente no - reacciona. Sin embargo, reacciona y neutraliza las materias alcalinas - presentes o formadas en tales sistemas. Por consiguiente, la lactida es usada, como un componente neutro en sistemas anhidros donde pequeñas can- tidades de alquilo pueden formar durante la reacción o almacenaje, y de- ben ser neutralizados inmediatamente. Su única estructura también sugie- re su uso como un intermediario químico.

Los ésteros del ácido láctico, los cuales pueden ser representados - por la fórmula general  $CH_3CHOR.COOR$  y los cuales son insolubles en agua, pueden ser usados como solventes, plastificantes, y modificadores en la manufactura de tintas, plásticos, y lacas. Los ésteres del ácido láctico, los cuales tienen la fórmula general  $CH_3.CHOR.COOR$ , pueden ser usados - para muchos de los mismos propósitos como los ésteres. Los ésteres mayo- res, por ejemplo, el butil éster, amil éster, y lauril éster, poseen ma- yor estabilidad que los ésteres menores, son insolubles en agua, y por consiguiente son más deseables que los segundos.

#### AMIDAS:

Las amidas del ácido láctico, lactamidas, se preparan fácilmente - por la reacción de los ésteres lácticos con amoníaco y aminas:



La reactividad de los ésteres lácticos para la amonólisis es consi- derablemente mayor que la de los ésteres de ácidos alifáticos no sustitui

dos, excepto el ácido fórmico. El lactato de metilo es el éster láctico más reactivo hacia la amonólisis; el rendimiento es casi cuantitativo. - Muchas lactamidas sustituidas han sido preparadas por aminólisis del lactato de metilo. Las alquilaminas primarias reaccionan fácilmente y casi cuantitativamente a la temperatura ordinaria. Las aminas secundarias, - con pocas excepciones, no son convenientes para ésta reacción. Las excepciones notables son la dimetilamina, la morfina, la piperidina, la pirrolidina, y la dietanolamina, las cuales dan rendimientos muy elevados. - Sin embargo, las lactamidas derivadas de las aminas secundarias no reactivas fueron obtenidas fácilmente por deshidratación de la sal amina del ácido láctico por codestilación con un solvente de punto de ebullición - elevado, tal como el xileno.

Las lactamidas N-alquil-sustituidas son en general sólidos de punto de fusión bajo y con punto de ebullición elevado. Los miembros más bajos, metil-lactamida, etil-lactamida, n-propil-lactamida y n-butil-lactamida, son muy solubles en agua, mientras que los miembros más altos son solo - ligeramente solubles en agua. Las lactamidas N-hidroxialquil-sustituidas, por ejemplo N-2-hidroxietil-, N-N-bis( 2-hidroxietil- ) y N-2-hidroxipropil-lactamida, son líquidos viscosos solubles en agua con propiedades - higroscópicas.

La lactamida es un compuesto cristalino blanco. La lactamida racémica hierve a 76.4 - 77.6°C., pero el punto de fusión es severamente influenciado por las impurezas. Las lactamidas son muy solubles en agua y en etanol y es ligeramente soluble en éter etílico y benceno. La densidad de una solución acuosa 50 % de lactamida a 25°C. es 1.093 g./cm<sup>3</sup>. La lactamida sólida tiene una densidad de 1.138 g./cm<sup>3</sup> a 25°C.

## 1.7 GRADOS INDUSTRIALES DEL ACIDO LACTICO.

El Acido Láctico es vendido en la actualidad en varios grados comerciales enumerados por orden creciente de calidad:

- a) Acido Láctico grado " crudo " o " técnico " , claro u obscuro, es - un producto colorido preparado para uso comercial en concentraciones de 22, 44, 50, 66, 80 y 88 %. Este grado de ácido láctico puede ser - preparado por la acidificación directa del líquido fermentado empleando ácido sulfúrico. Este grado de ácido láctico contiene muchas de - las impurezas del medio de fermentación, y encuentra muchos usos industriales donde la pureza del producto no es tan esencial. La cantidad y la naturaleza de las impurezas en el ácido láctico final dependen del sustrato inicial, así como del método de fabricación y del - grado de refinación.
- b) Acido Láctico grado comestible o para Tratamiento de Productos Alimenticios, es de color pajá y es vendido a 50, 80 y 88 % de concentración. Así que, recibe refinación adicional por encima de aquella realizada al ácido láctico grado técnico. Existen dos métodos generales para la fabricación de Acido Láctico grado comestible. En uno de ellos, el sustrato ( azúcar ) es un carbohidrato refinado de manera que el producto de fermentación requiere un mínimo de refinación, y en el - otro el producto lactato o ácido láctico requiere de más extensa - purificación.
- c) Acido Láctico grado para Industria es comercializado de 50 y 80 % de concentración.
- d) Acido Láctico grado U.S.P. puesto en venta a no menos de 85 %, ni más de 90 % de concentración. Las especificaciones de la Farmacopea de - los Estados Unidos para ácido láctico son muy estrictas. En comparación con la relativa facilidad de producción de ácido láctico, la purificación para grado U.S.P. es bastante difícil. Por lo menos los - tres siguientes procedimientos básicos para la producción de Acido - Láctico grado U.S.P. son realizables: Uno de ellos es la extracción con disolventes. Un segundo procedimiento, es la destilación con vapor de agua bajo alto vacío; y el tercer procedimiento es la destilación de un éster volátil, tal como el lactato de metilo.
- e) Acido Láctico grado Analítico Analítico de muy alta pureza para análisis químicos.

Las normas pueden ser establecidas por los consumidores, los requisitos dependen del uso que se hará del ácido láctico. El color, el sabor, y el olor son importantes, además del contenido de cenizas. Es de suma importancia que los iones calcio y sulfato estén en equilibrio químico. La proporción de ácido sulfúrico libre tiene que ser despreciable.

La Tecnología de la producción del ácido láctico se ha perfeccionado hasta el punto de que es posible producir cualquier calidad exigida por el mercado. Los perfeccionamientos técnicos que se introduzcan serán principalmente para reducir el costo.

#### 1.8 RECUPERACION, EXTRACCION Y/O PURIFICACION DEL ACIDO LACTICO.

La tecnología de la recuperación del ácido láctico a partir del licor de fermentación varía considerablemente, dependiendo del grado o calidad del ácido láctico que se desea obtener.

En la purificación de ácido láctico, el objeto es eliminar todos los ingredientes que contienen impurezas. Estas pueden incluir azúcar no fermentada, sustancias nitrogenadas, materia colorida, sulfato de calcio o sulfato de sodio, y otras sales.

El ácido láctico es recuperado del líquido fermentado en una larga serie de tratamientos físicos y químicos.

Varios métodos o procedimientos pueden ser empleados para la recuperación y purificación del ácido láctico:

a) Un método de recuperación y purificación del ácido láctico es por la acidificación directa del líquido fermentado empleando ácido sulfúrico. En este proceso el líquido fermentado resulta de un sustrato relativamente impuro de carbohidrato, el cual es acidificado con ácido sulfúrico para eliminar el calcio a partir del lactato de calcio derivado del caldo de fermentación después de haber sido calentado y filtrado, seguido posteriormente por filtración, concentración, y refiltración para eliminar el sulfato de calcio adicional y otras impurezas suspendidas. La concentración por evaporación se realiza para obtener la concentración deseada del ácido láctico grado "crudo" o "técnico".

Otros métodos para la recuperación y purificación del ácido láctico pueden ser:

b) En el primer caso, la papilla de fermentación está compuesta de un azúcar altamente refinado o jarabe, un mínimo de material nutritivo, y carbonato de calcio relativamente puro. Después de que la fermentación ha terminado, el líquido es acidificado con ácido sulfúrico y el sulfato de calcio se separa por filtración. El ácido láctico de color claro es entonces concentrado y refinado por tratamiento con carbón activado y/o resina de intercambio de iones. Si es necesario, el hierro y el cobre pueden ser eliminados en este punto por precipitación en forma de ferrocianuros añadiendo la cantidad estequiométrica de ferrocianuro de sodio o ferrocianuro de calcio. El carbón y los ferrocianuros de metales pesados se separan por filtración, y el ácido láctico es diluido hasta la concentración apropiada de un ácido grado comestible o para Tratamiento de Productos Alimenticios.

c) En el segundo tipo de proceso el sustrato es un carbohidrato de bajo precio, tal como los residuos de la fábrica de conservas alimenticias, melaza ( miel de caña ), suero de la leche, etc. . Un método de purificación de ácido láctico es por el proceso de cristalización del lactato de calcio. En este procedimiento el líquido de fermentación calentado y filtrado al terminar la fermentación contiene lactato de calcio crudo y clarificado. El líquido se concentra hasta aproximadamente 25 % de sólidos por evaporación a temperaturas elevadas. Esta solución es entonces enfriada para permitir la cristalización del lactato de calcio. El producto cristalino es separado por filtración o centrifugación y se vuelve a disolver en agua. Después se acidifica con ácido sulfúrico y también se le adiciona carbón decolorante y agentes químicos. El sulfato de calcio y otras materias precipitadas son filtradas para ser eliminadas. Los precipitados son lavados en el filtro y la pasta filtrada es eliminada, el líquido filtrado y los lavados constituyen una solución de ácido láctico crudo de color claro. Después se concentra dicho ácido en un evaporador de vacío. Al ácido concentrado se le agrega Norit, suficiente cal y ácido sulfúrico. Nuevamente agentes químicos son adicionados para eliminar hierro y cualquier metal pesado todavía presente. La mezcla es filtrada, se concentra, se enfría, se deja que se produzca la cristalización, y se separan los cristales. Repitiendo esta operación el ácido láctico se ajusta a la concentración deseada. Por este

proceso son obtenidos ácido láctico grado comestible, grado U.S.P. y un grado plástico.

d) En un procedimiento alternativo de refinación, patentado por Jeneman, el ácido láctico libre es extraído directamente a partir del líquido impuro de fermentación calentado y filtrado, por el uso de varios disolventes, uno de los cuales es el éter isopropílico, seguido por la reextracción del ácido láctico a partir del éter isopropílico con agua. En este proceso, la solución concentrada de ácido láctico crudo es continuamente alimentada en la parte superior de una torre de extracción - líquido-líquido mientras que el éter isopropílico es introducido por el fondo. La solución de ácido láctico en el éter isopropílico es eliminada desde la parte superior de la torre y bombeada hacia una segunda torre de extracción. Aquí es pasada hacia arriba a través de una contracorriente de agua la cual extrae el ácido láctico del éter isopropílico. La solución acuosa purificada de ácido láctico es retirada por el fondo de la segunda torre y el éter isopropílico es bombeado desde la parte superior de esta torre hacia el fondo de la primera torre para una nueva extracción de la solución de ácido láctico crudo o impuro. Este procedimiento permite obtener un ácido algo más puro que el requerido para la calidad comestible; es el ácido láctico de calidad para plásticos que tiene una concentración muy pequeña de impurezas, en particular de cenizas. Este proceso se afirma que es costoso y peligroso, a causa de la inflamabilidad del éter y la posibilidad de que sean formados peróxidos explosivos.

e) Un método de alternativa consiste en la conversión de lactato de calcio del líquido fermentado en lactato de zinc por el uso de carbonato o sulfato de zinc. El lactato de zinc cristaliza más rápidamente que los otros lactatos a causa de la solubilidad del lactato de zinc relativamente más baja. El lactato de zinc es purificado con cristalizaciones repetidas y disuelto en agua. Adicionando el sulfuro de hidrógeno al lactato de zinc, el ácido láctico es liberado y el sulfuro de zinc es precipitado. El carbón animal es adicionado para decolorar la solución, la cual es entonces filtrada. El filtrado, el cual contiene el ácido láctico, es concentrado por evaporación en vacío.

f) El ácido láctico puede ser obtenido parcialmente purificado en otro proceso oxidando suavemente el licor crudo de fermentación, el cual contiene los lactatos o el ácido láctico. Varios agentes oxidantes han sido usados para este propósito: hipoclorito de sodio o hipoclorito de -

calcio, permanganato de potasio, cromato de potasio, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, gas cloro, y gas ozono. Un ácido láctico grado comestible ha sido producido por este proceso.

g) En otro procedimiento las sales alqui-aminas secundarias o terciarias del ácido láctico son formadas siendo suficientemente estables para ser extraídas a partir de la solución acuosa con solventes orgánicos; el solvente es eliminado por evaporación, y la sal es entonces descompuesta para producir ácido láctico libre. Esto es comercialmente posible para extraer el ácido láctico del licor acuoso de fermentación.

h) La destilación con vapor de agua bajo alto vacío del ácido láctico a partir del caldo de fermentación es probablemente el proceso más viejo. Es efectivo, pero también bastante costoso principalmente porque el punto de ebullición relativamente alto del ácido láctico tiene como resultado la autoesterificación con la formación de poliésteres no volátiles, de este modo reduce el rendimiento hasta una fracción de lo teórico. Uno de los propósitos del vapor de agua en este procedimiento de destilación es reducir al mínimo esta autoesterificación; pero importa mucho controlar el arrastre del ácido y en este proceso la eficiencia en el rendimiento es importante, ( pero ocurre la descomposición de algo de ácido láctico ). Los vapores son introducidos en un condensador parcial el cual separa la mayor parte del ácido láctico destilado a partir de los vapores de agua produciendo un condensado conteniendo 50 % o más de ácido láctico acuoso. El ácido que queda en la corriente de vapor de agua pasando el deflegmador es recuperado por concentración del condensado final.

i) Un método para purificar ácido láctico y preparar lactato de metilo directamente a partir de ácido láctico crudo ha sido descrito por Filachione y Fischer ( 1946 ). Tal vez el método más práctico para la producción de ácido láctico U.S.P. es por la destilación del éster de metilo como compuesto intermedio. El ácido láctico es primero concentrado para obtener una solución con un contenido elevado de ácido, la cual es posteriormente esterificada con metanol. La esterificación puede ser realizada calentando la mezcla a reflujo en presencia de ácido sulfúrico, como catalizador, o bien pasando vapor de metanol a través de una columna empacada a contracorriente con el ácido láctico acidificado, el cual es alimentado en la parte superior y calentado aproximadamente a 100°C. Este método da rendimientos más altos de lactato de metilo, debido a que

el equilibrio es desplazado favorablemente por eliminación del lactato de metilo volátil ( en la corriente de vapor de agua ) de la reacción. - Los vapores efluentes, los cuales son una mezcla de metanol, agua y lactato de metilo, son condensados. El lactato de metilo puede o no puede ser fraccionado a fin de recuperarlo; en cualquier caso es entonces hidrolizado completamente por ebullición en un exceso de agua con eliminación continua de metanol regenerado. La solución acuosa residual producida por este tratamiento es el ácido láctico grado U.S.P. el cual solamente tiene que ser concentrado hasta la acidez apropiada o deseada para obtener la composición final. A través de un uso similar de otros alcoholes, otros ésteres del ácido láctico pueden ser obtenidos.

Los ácidos lácticos incoloros de más alta pureza son el grado " plástico " y el grado U.S.P.

j) En otro método, los ésteres del ácido láctico son preparados, - purificados, y subsecuentemente hidrolizados para liberar y obtener el ácido láctico en una forma pura. El metanol (  $\text{CH}_3\text{OH}$  ) se adiciona al lactato en la proporción de 10 a 20 moles de metanol por una mol de lactato de calcio o 2 moles de lactato de sodio, el cual, preferiblemente debería estar libre de humedad. Cualquiera de los precipitados insolubles son eliminados por filtración. El ácido sulfúrico es adicionado, y realiza dos objetivos, liberar el ácido láctico y la catálisis de la subsiguiente esterificación. A fin de esterificar el ácido láctico, la mezcla es calentada de 4 hasta 8 horas a una temperatura de reflujo. Las sustancias precipitadas son eliminadas por filtración, y el exceso de metanol es eliminado por destilación a la presión atmosférica. Usando una temperatura baja, el agua y la mayor parte del lactato de metilo son destilados bajo vacío. Después de diluir el destilado en la proporción de 2 a 3 partes de agua destilada hasta 1 parte del destilado, es lentamente fraccionada en una columna resistente a la corrosión a presión atmosférica. Después de la hidrólisis del lactato de metilo, el metanol es recuperado y el ácido láctico liberado es concentrado por evaporación en vacío. Smith y Claborn afirman que el ácido láctico químicamente puro puede ser preparado más eficiente y económicamente por este método.

k) La destilación fraccionada no ha sido utilizada con éxito sobre una escala comercial. Cuando el ácido láctico es calentado especialmente en presencia de sus impurezas naturales, tiende a descomponerse; por consiguiente no puede ser purificado por el proceso de destilación ordinaria.

ria. Varias modificaciones, tales como la introducción de vapor sobrecalentado, aire caliente, y gases inertes en la destilación al vacío han sido probados. Ninguno de ellos ha sido comercialmente exitoso.

1) Un procedimiento opcional usa amoníaco en lugar de carbonato de calcio para neutralizar el ácido láctico a medida que es formado. Esto resulta en un licor conteniendo lactato de amonio, el cual puede ser esterificado con un alcohol y destilado como éster. En el momento actual - la ruta de carbonato de calcio es la más económica.

Es de particular importancia que el equipo de tratamiento para la recuperación sea resistente a la acción corrosiva de altas concentraciones de ácido láctico, el cual acumula. Por consiguiente, el equipo especial de acero inoxidable es el más frecuentemente empleado para este propósito.

## CAPITULO I I

### ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE OBTENCION, SELECCION Y SINTESIS DEL PROCESO PARA ACIDO LACTICO.

El conocimiento y análisis de los diversos métodos empleados en la producción comercial de Acido Láctico es muy importante para comprender las características del producto y sugerir aquel que resulte conveniente en beneficio de la explotación nacional del Acido Láctico. Las fases exactas del proceso varían de un fabricante a otro, pero los métodos de cultivo de los microorganismos pueden clasificarse como: cultivo en medio líquido y cultivo en medio semisólido.

Las etapas más importantes en la producción comercial de Acido Láctico son:

#### 1.- Selección del Microorganismo.

La primera etapa en la fabricación de Acido Láctico comercial es - la selección de un microorganismo que cuando se desarrolle en un cultivo puro produzca el Acido Láctico deseado con buen rendimiento.

Los criterios de selección son los siguientes:

- a) Velocidad de crecimiento.
- b) Toxicidad.
- c) Contenido Proteínico.
- d) Eficiencia en la conversión de carbohidratos.
- e) Tolerancia de las altas temperaturas.
- f) Requerimiento de nutrientes.
- g) Rendimiento.
- h) Mutagénesis.

El tipo específico del microorganismo que se emplee en la producción de ácido láctico debe obtenerse originalmente por aislamiento de - fuentes naturales o de cultivos ya establecidos.

#### 2.- Mantenimiento de los Cultivos.

En la producción de Acido Láctico los cultivos del microorganismo deben mantenerse puros, lo cual se logra aplicando técnicas microbiológicas. Estas técnicas de cultivo incluyen las de agar inclinado y el -

almacenamiento de cultivos liofilizados y bajas temperaturas. El uso de - éstas técnicas evitan la contaminación de los cultivos por otros microorganismos, asegurando su pureza y el desarrollo de mutantes dentro del mismo cultivo, y por pruebas microscópicas realizadas regularmente. De esta manera, los cultivos usados en la producción del ácido láctico tienen características uniformes.

### 3.- Preparación del Pie de Cultivo.

Todos los cultivos se preparan para usarse como pies de cultivo - para la producción del ácido láctico, lo cual se logra controlando la - pureza y las formas variantes, así como sus características fisiológicas.

Los pies de cultivo se preparan bajo rígidas técnicas asépticas. - En el laboratorio los cultivos puros se utilizan para inocular matraces con nutriente líquido estéril o botellas con medio semisólido estéril. Los medios nutrientes que se emplean en el laboratorio son los mismos - que los usados en la producción industrial del ácido láctico. Los matraces o botellas con los pies de cultivo se incuban bajo condiciones controladas de temperatura. Después de verificar su pureza se usan directamente en los medios de producción.

El crecimiento normal en los tanques de fermentación debe seguir - los patrones previstos con respecto al crecimiento, estado fisiológico de los microorganismos, la desaparición de los nutrientes y el cambio - de pH.

### 4.- Elección de Fermentación.

La composición exacta de los medios nutrientes empleados en la producción industrial del ácido láctico varía de un fabricante a otro. El medio que se use debe ser el adecuado para las condiciones de fermentación y para la producción del ácido láctico deseado. Un estricto control en la composición del medio de cultivo es vital para obtener el ácido - láctico con un rendimiento uniforme.

Los medios de cultivo más empleados son el cultivo sumergido y el cultivo semisólido.

### a) Cultivo Sumergido.

Las fermentaciones efectuadas por el método del cultivo sumergido se realizan en fermentadores cerrados, equipados con agitadores, y chaquetas o serpentín para controlar la temperatura. Los fermentadores se lavan con álcali y/o soluciones de detergente y agua y se esterilizan con vapor vivo.

El medio líquido se esteriliza en el fermentador por calentamiento. La masa estéril en el fermentador se enfría hasta 45°C., con agua circulando por la chaqueta o los serpentines. El pH se ajusta después de la esterilización con un álcali o un ácido. La esterilidad de la carga se verifica por técnicas bacteriológicas estándar.

El medio, enfriado en el fermentador, se inocula con un pie de cultivo puro del microorganismo. Se aplica al cultivo en desarrollo una agitación adecuada. La temperatura se mantiene por la circulación de agua en la chaqueta. Se toman muestras periódicamente durante la fermentación para llevar a cabo las pruebas de control, como son: controles continuos de temperatura, pH, consumo de nutrientes del cultivo, pureza del cultivo y actividad de la bacteria láctica.

El punto óptimo de producción es aquel en el que las pruebas de laboratorio muestran que se ha alcanzado la máxima actividad de la bacteria láctica.

### b) Cultivo Semisólido.

La producción del ácido láctico por éste método se realizan en grandes cámaras provistas de charolas, o en tambores rotatorios horizontales. Las cámaras, charolas y tambores se lavan con el detergente y se esterilizan con hipoclorito de sodio o formaldehído y se tratan con vapor entre lote y lote. Los nutrientes se mezclan con agua y se someten a un tratamiento con vapor durante 70 minutos en promedio, la masa caliente se enfría hasta 45°C. y se inocula con un pie de cultivo puro.

Cuando se usan tambores horizontales la masa se inocula en el tambor, la temperatura se controla con un flujo de agua sobre éste. El tambor gira lentamente durante el período de desarrollo del microorganismo.

Cuando se usan charolas el material inoculado se transporta a la cámara en carretillas y se trata con vapor antes de emplearse. Se espesa -

en capas sobre las charolas limpias de fondo perforado, éstas se colocan sobre los anaqueles y se incuban hasta obtener la máxima actividad de la bacteria láctica. El tiempo óptimo de producción varía de 1 a 7 días según el tipo de microorganismos. La temperatura de la cámara se mantiene por el paso de agua en el interior de las charolas.

Durante el crecimiento en los tambores o charolas la temperatura, el pH, el nivel de humedad, la pureza del cultivo y la actividad de la bacteria se determina cuidadosamente sobre las muestras. Durante el tiempo de crecimiento se observa una pérdida significativa en el peso del cultivo, debido a la oxidación del material orgánico a dióxido de carbono y agua.

#### 5.- Extracción.

La extracción en la purificación del ácido láctico a partir del medio de fermentación es una operación difícil. La extracción se aplica a medios líquidos cuando el ácido deseado es de tipo intracelular y no está presente en el licor libre. Varios procesos implicando la formación de sales han sido usados para extraer el ácido láctico a partir del licor de fermentación los cuales varían considerablemente, dependiendo del grado o calidad del ácido que se desea obtener. Estos métodos ya han sido descritos en el capítulo I. Probablemente el más satisfactorio, pero al mismo tiempo el más costoso método para la extracción de ácido láctico es por esterificación. Esto implica preparar un éster de ácido láctico, destilando éste para eliminar las impurezas, y recuperar el ácido láctico y el alcohol después de la hidrólisis.

En el caso del medio semisólido la extracción del ácido láctico se lleva a cabo sobre el material húmedo después de completar el crecimiento, también el medio de cultivo puede secarse y efectuarse extracciones sucesivas. Un procedimiento común es un sistema extracción a contracorriente que filtra y extrae el material soluble relativamente libre de los microorganismos y partículas insolubles del medio.

#### 6.- Clarificación.

El licor fermentado de cultivos líquidos y el extracto de cultivos semisólidos contienen al ácido láctico o a las sales del ácido en solución en presencia de sólidos suspendidos, que incluyen material del medio.

Se apregan materiales al licor de fermentación con el propósito de obtener una estabilización o activación; para ajustar el pH, flocular o coagular, o para mejorar la velocidad de filtración.

#### 7.- Evaporación.

El filtrado líquido se concentra y se emplea en la formulación del producto líquido. Cuando se requiere concentrar, la concentración se efectúa en un evaporador al vacío a baja temperatura, esta operación se limita a soluciones en las que el producto deseado no forma pastas viscosas que incrusten los equipos o que impidan obtener el ácido láctico en forma adecuada.

#### 8.- Preservativos.

Durante el proceso de purificación se emplean cantidades de preservativos para inhibir la contaminación por organismos extraños. Ciertos preservativos son completamente transitorios, esto es, que no dejan residuos en el producto final, otros pueden dejar residuos en el producto concentrado no excediendo las ppm. En los alimentos el nivel final nunca debe exceder las 0.05 ppm.

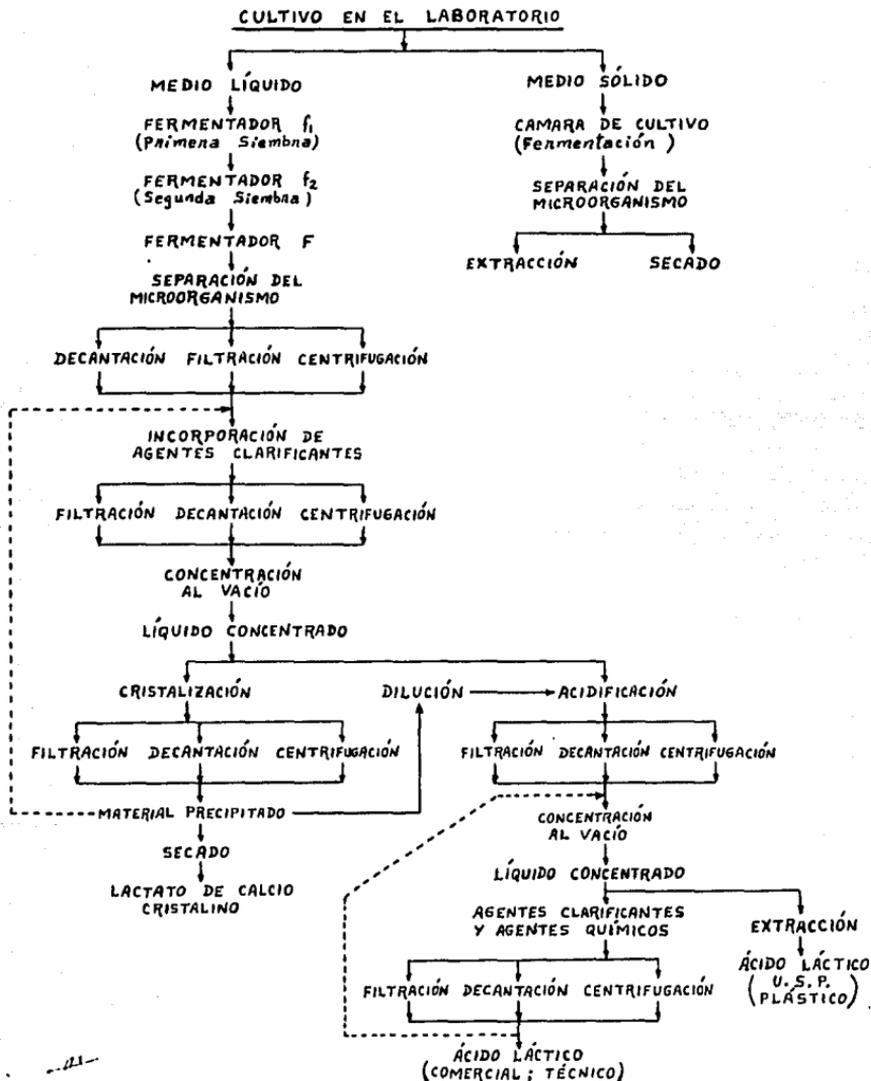
#### 9.- Precipitación

Las partículas en suspensión o impurezas se precipitan por la adición de uno o más precipitantes o coprecipitantes al filtrado o licor concentrado. Se aplican controles precisos en la cantidad de ingredientes, modo de adición y la temperatura. Después de la precipitación el material se filtra o centrifuga.

#### 10.- Secado.

Esta etapa únicamente se emplea en el caso de obtenerse las sales o lactatos derivados del ácido. Después que todas las trazas de impurezas han sido removidas el producto se cristaliza, los cristales se lavan y se secan con aire estéril.

## DIAGRAMA GENERAL PARA LA PRODUCCION DE ACIDO LACTICO.



### SELECCION DEL PROCESO.

Para la selección del proceso se toman en cuenta los siguientes criterios:

- a) Técnico.
- b) Económico
- c) Facilidad de Operación.

En los diversos procesos, así como, en sus diferentes etapas se debe buscar el máximo de equilibrio entre los criterios antes mencionados. El proceso óptimo es aquel que satisface lo mejor posible estos criterios; es decir, que la factibilidad técnica debe estar aunada a la accesibilidad económica, así como, a la facilidad de operación.

Del diagrama general de producción de ácido láctico, se hace una selección primaria en base al medio de cultivo.

Dentro de las consideraciones que podríamos catalogar como técnicas está el de la facilidad de difusión del dióxido de carbono en el medio, presentándose una mayor difusión en un medio líquido que en un medio sólido. Este factor es de gran importancia ya que una mayor o menor difusión influye tanto en la formación del dióxido de carbono como en la acción del microorganismo.

La disponibilidad de materia prima, así como el costo de ésta, caen dentro de los factores económicos considerados para la selección del medio. Los ingredientes más comunes en un medio líquido son: agua, fosfatos de potasio o sodio, o como sal amónica, nitrato de potasio, sales de amonio, glucosa o sacarosa, productos de desecho del molido de harina, licor de fécula de raíz, y extracto de levadura. El medio sólido está constituido generalmente por: agar, sulfatos de potasio y amonio, fosfatos de amonio y potasio, licor de fécula de raíz, extracto de levadura, subproductos del molido de cereales y harinas, peptonas y urea. La composición del medio líquido es muy similar a la del sólido excepto en su componente más abundante, que en el medio líquido es agua y en el medio sólido es agar. La diferencia de costos es evidente por lo que en la industria se prefiere utilizar el medio líquido.

En cualquier proceso se prefiere utilizar los materiales líquidos sobre los sólidos, debido a su facilidad de manejo.

Las fermentaciones en medio líquido se efectúan en tanques cerrados y en el medio semisólido se efectúan en tambores rotatorios o en cámaras con charolas. Es evidente que en el tanque fermentador es de más fácil manejo.

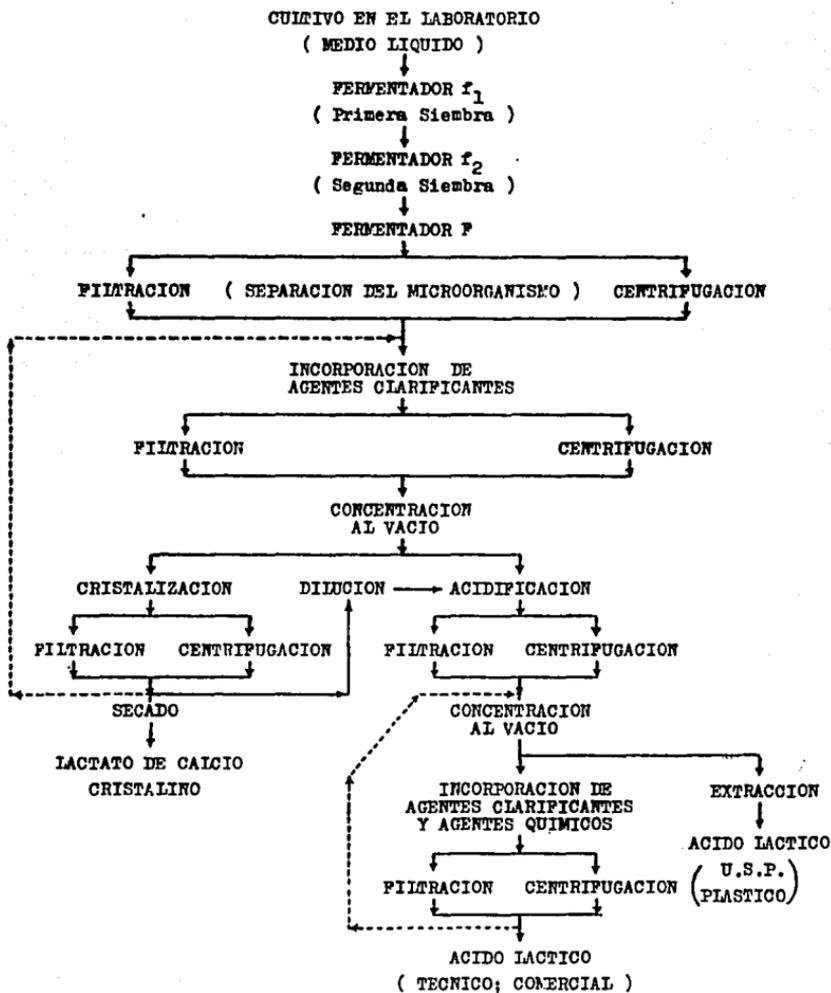
En esta parte del desarrollo del proceso se puede efectuar también la selección del agente neutralizante, precipitante y acidificante. Se selecciona carbonato de calcio o hidróxido de calcio como agente neutralizante, al ácido sulfúrico como agente acidificante y precipitante y al ferrocianuro de potasio como agente precipitante ya que presentan una mayor solubilidad y producen una máxima precipitación durante el desarrollo y liberación del ácido láctico.

Por otra parte, el medio sintético presente distintas ventajas. Puesto que la cantidad y estructura química de cada componente son conocidas, todo componente es un compuesto relativamente puro y las cantidades exactas incorporadas en el medio son conocidas, de tal manera que la concentración de cualquier componente o de varios componentes puede ser fácilmente variada para determinar el efecto sobre el crecimiento celular y el rendimiento del producto. También los componentes individuales son fácilmente suprimidos o adicionados. Estas consideraciones permiten el rediseño de un medio para obtener el rendimiento más grande posible del producto. La espuma usualmente no es un problema con medios sintéticos, porque no contiene alguna proteína o peptidas de peso molecular relativamente alto. La recuperación y purificación de productos de fermentación con medios sintéticos es relativamente simple, debido a que compuestos orgánicos extraños no están incluidos en el medio, y la mayoría de los componentes que podrían interferir con la recuperación son conocidos. Con ventajas tales como estas, podríamos asumir que los medios sintéticos encontrarían gran uso en las fermentaciones industriales. Sin embargo no es así. Estos medios sintéticos pueden ser costosos, a causa del costo de los ingredientes relativamente puros que se usan y los rendimientos derivados a partir de esos medios son relativamente bajos. Por lo general los métodos sintéticos son más caros que los procesos por fermentación y por esta razón no se emplean con mucha frecuencia en la actualidad.

Los hongos *Rhizopus oryzae* no han encontrado particular aplicación industrial a causa de la lentitud de su fermentación y sus rendimientos relativamente bajos comparados con las fermentaciones por las bacterias de ácido láctico.

En base a las consideraciones anteriores se determinó el proceso.

## DIAGRAMA DEL PROCESO SELECCIONADO.



## ANALISIS DE LAS VARIABLES DE PROCESO.

Las variables consideradas en la producción de ácido láctico son las siguientes:

- 1.- Microorganismos Usados.
- 2.- Carbohidratos convenientes.
- 3.- Temperatura de Fermentación.
- 4.- Concentración de Azúcar.
- 5.- Relación de Oxígeno.
- 6.- Potencial de Hidrógeno ( pH ).
- 7.- Factores de Crecimiento.
- 8.- Nutrientes Accesorios.
- 9.- Duración de la Fermentación.
- 10.- Rendimiento.
- 11.- Selección del Organismo Apropriado.
- 12.- Régimen de Flujo.
- 13.- Medio de Cultivo.
- 14.- Agitación.
- 15.- Espumación.

### 1.- MICROORGANISMOS USADOS.

Los organismos que pueden ser usados para la producción de Acido Láctico por Fermentación son: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus leichmannii*, y *Streptococcus lactis*. Todos estos organismos son homofementativos.

Andersen y Werkman ( 1943 ) aislaron y estudiaron un bacilo en forma de espora que produjo grandes cantidades del Acido Láctico dextrógiro. Para este organismo fue propuesto el nombre *Bacillus dextrólácticus*.

El tipo de organismo que se debe seleccionar para una fermentación depende principalmente del carbohidrato que ha de ser fermentado y de la temperatura que se va a utilizar. Por ejemplo: Para fermentar leche o suero de la leche pueden ser usados *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, o *Streptococcus lactis*, siendo preferido el *Lactobacillus bulgaricus*. En la fermentación de sacarosa, dextrosa o maltosa pueden ser empleados el *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus leichmannii*, o *Lactobacillus bulgaricus*. Frecuentemente el -

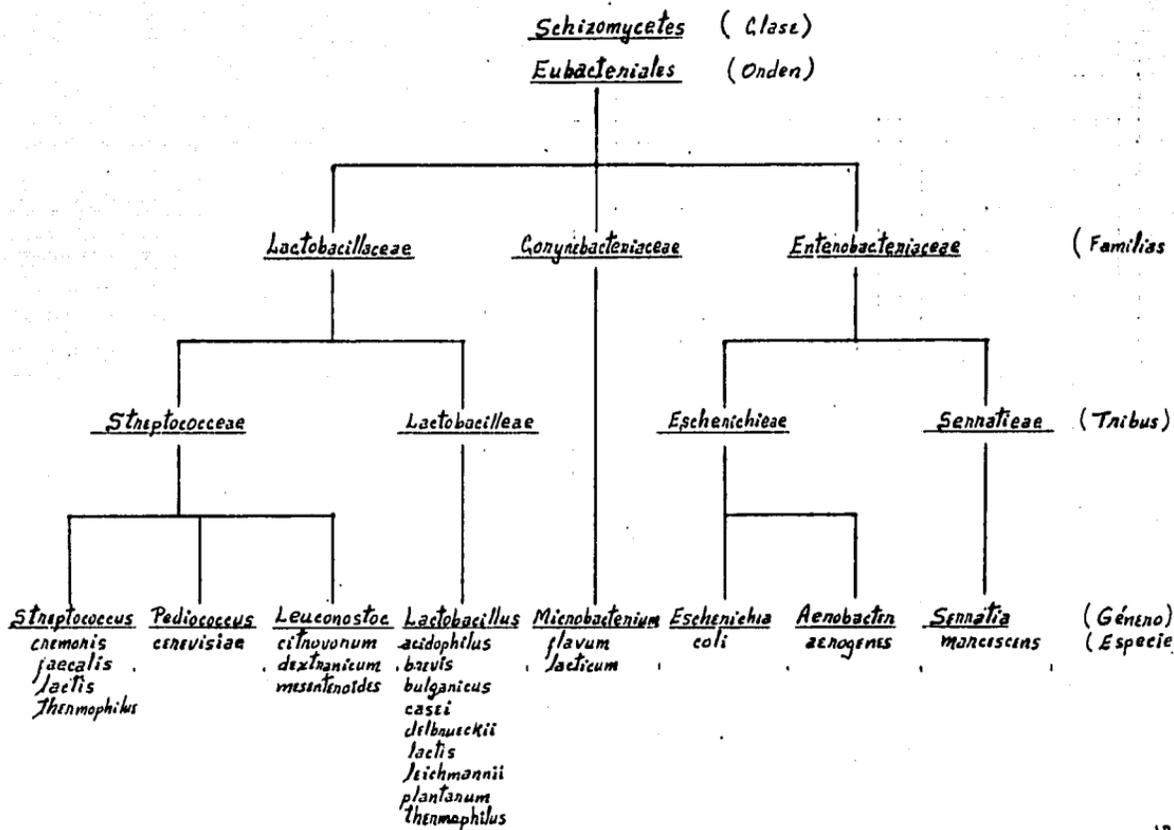
*Lactobacillus delbrueckii* es usado con otro productor de ácido láctico tal como el *Lactobacillus bulgaricus* o el *Streptococcus lactis* para fermentar almidones hidrolizados.

En realidad existen numerosas especies de bacterias del género bacteriano *Lactobacillus* que se encuentran disponibles, y algunas especies de mohos también son convenientes, las cuales poseen la habilidad para formar cantidades relativamente significantes de ácido láctico a partir de carbohidratos. Algunas especies de bacterias se indican en la siguiente clasificación, ( Ver la siguiente hoja ) .

Las bacterias Gram-positivas del género *Lactobacillus*, *Streptococcus*, y *Leuconostoc* son de especial importancia en los alimentos y en las fermentaciones industriales.

En otra clasificación y descripción de muchas especies de bacterias de ácido láctico se tiene lo siguiente:

En un primer método de clasificación las verdaderas bacterias o microorganismos que producen ácido láctico pueden ser divididas en dos grupos. Un grupo está constituido por aquellas bacterias las cuales convierten los materiales carbohidratos hacia el ácido láctico como el principal producto final. Kluyver y Donker han sugerido que éste grupo sea llamado las bacterias "homofermentativas" productoras de ácido láctico por fermentación industrial, las más conocidas son: *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus leichmanni*, *Bacillus dextralácticus*, y *Streptococcus lactis*; en contraste con un segundo grupo de bacterias de ácido láctico las cuales, además de ácido láctico, producen ácidos volátiles y dióxido de carbono en gran cantidad y para el cual ellos proponen el nombre "heterofermentativas". El último grupo incluye bacterias tales como *Lactobacillus brevis* ( activo en la fermentación de la col ), *Lactobacillus buchneri*, *Leuconostoc dextranicum*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus lycopersici*, *Lactobacillus rarnnitoposus*, y *Lactobacillus acidophilus*-aerógenos. Además de esas bacterias, *Escherichia coli*, *Aerobacter aerógenos* y otras, mohos y fermentos de ácido láctico además de otros metabolitos. Los ácidos láctico y acético, etanol, glicerol, y dióxido de carbono son los productos finales de mayor importancia formados por estas bacterias heterofermentativas. Estos organismos son de



Una clasificación de algunas de las bacterias productoras de Acido Láctico.

poco uso para la fabricación de ácido láctico industrialmente. Por otra parte se dice que es homofermentativa cuando el contenido de ácido láctico producido en relación con los otros es de 80%.

En un segundo método de clasificación, las bacterias formadoras de ácido láctico pueden ser agrupadas, de acuerdo a su significación para el hombre, en organismos de importancia industrial, de las cuales el *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus bulgaricus*, y el *Streptococcus lactis* son ejemplos; los organismos de posible significado terapéutico tales como el *Lactobacillus acidophilus*; y los organismos de significado sanitario, tales como el *Escherichia coli*.

Otras bacterias productoras de ácido láctico pueden desempeñar un papel en la acidificación de masas fermentables. Entre ellas están: - *Lactobacillus beijerinckii*, *Lactobacillus fermenti*, *Lactobacillus hayduckii* (*Lactobacillus buchneri*), *Lactobacillus hyschi*, *Lactobacillus maercki*.

Mohos: El ácido láctico ha sido producido a partir de los siguientes mohos (hongos): *Rhizopus arrhizus*, *Rhizopus chinensis*, *Rhizopus pseudochinensis*, *Rhizopus elegans*, *Rhizopus oryzae*, *Rhizopus saletrosus*, - *Rhizopus shanghaiensis*, *Rhizopus stolonifer*, *Rhizopus tritici*, ciertas especies de *Mucor* y por lo menos una especie de *Monilia*. De los mohos anteriormente mencionados, el *Rhizopus oryzae* Went y Geerlings 395 y - *Rhizopus oryzae* 394 son notables excepciones en su habilidad para producir ácido l(+)-láctico.

En las fermentaciones es necesario que las cepas microbianas tanto de bacterias como de hongos filamentosos, posean en forma mínima las siguientes características:

- 1.º- Deben ser resistentes a concentraciones elevadas de azúcares lo cual significa una presión osmótica considerablemente alta para una célula común.
- 2.º- Presentar una considerable resistencia a concentraciones elevadas del producto final, debido a que el producto principal de la fermentación actúa sobre el organismo, inhibiendo el empleo de azúcar adicional. Por otra parte, la inhibición por ácidos se acentúa cuando el producto de ionización de estos se encuentra por abajo del pKa del ácido.

Requisitos Nutritivos: Los requisitos nutritivos de las bacterias de ácido láctico, especialmente los miembros del género *Lactobacillus*, *L. casei*, y *Streptococcus*, son bastante complejos. Diversas vitaminas del complejo B y ciertos aminoácidos son requeridos para el crecimiento de un número de estos microbios, además de los elementos usuales.

El extracto de levadura y las coles de malta pueden ser usadas como fuentes de vitaminas del complejo B en medios de cultivo usados para el aislamiento, crecimiento, y mantenimiento de las bacterias de ácido láctico. Ocasionalmente la adición de tiamina extra puede ser necesaria para el crecimiento de algunas especies.

## 2.- CARBOHIDRATOS CONVENIENTES PARA SU UTILIZACION.

Un gran número de carbohidratos no tóxicos, subproductos o residuos pueden ser utilizados como sustratos en la fermentación para la producción de ácido láctico. El ácido láctico es generalmente producido a partir de glucosa, sacarosa, o lactosa. Los productos conteniendo almidón, es decir, almidón de raíz, almidón de papas o almidón de arroz, pueden ser hidrolizados hasta maltosa y glucosa, antes de la fermentación, por enzimas, o por ácidos ( de preferencia ácido sulfúrico ), en donde emplean valores de pH ácido y altas temperaturas. La lactosa es fermentada por *Lactobacillus pentoceticus* para producir ácido láctico y ácido acético, principalmente. Las melazas y el suero de la leche son generalmente fuentes de azúcar más baratas para la fermentación. De la lactosa que es obtenida de la leche desnatada, suero de la mantequilla y del suero de la leche, un gran porcentaje puede ser usado en la producción de ácido láctico. La caña de azúcar, remolacha azucarera, o melazas de remolacha azucarera; y lejías de sulfito. El licor de sulfito residual de la pulpa de papel y la alcachofa Jerusalén son fuentes potenciales de ácido láctico.

También los siguientes materiales han sido usados como sustratos en la fermentación: el jugo de toronja, los zuros de raíz ( colotes ), sémolas de trigo y dextrosa, y subproductos de almidón.

La elección del carbohidrato usado dependerá de su disponibilidad, su fermentabilidad, con o sin tratamiento preliminar; y su costo.

De los procesos descritos, por razones de carencia de materia prima y mala calidad de la misma, se considera inoperante el que parte del

suero de la leche, del suero del queso, de la lactosa.

Se consideran viables los procesos que parten de mieles incristalizables, el que parte de fermentación de almidones y el que parte de la sacarosa.

En el caso del que parte de mieles incristalizables, se prevé - que estas son utilizadas para elaborar alcohol etílico, el cual su demanda es mayor cada día, por lo que en el futuro pudiera no haber disponibilidad de materia prima.

La fermentación de almidones se considera que en México hay disponibilidad suficiente de maíz, cebada y papa, por lo que este se considera conveniente, ya que la materia prima se encuentra en abundancia - de buena calidad y a buen precio. Sin embargo, las materias ricas en fécula, han de ser previamente hidrolizadas, bien por tratamiento con ácido metálico o mediante las enzimas sacarificantes de la malta.

Con respecto a la fermentación de la sacarosa, se considera que - presenta grandes ventajas en cuanto a materia prima, organismo apropiado, conducción de la acción microbiana, recuperación del producto.

La sacarosa es uno de los sustratos de carbono que ha encontrado uso para la producción de ácido láctico, la razón es porque las impurezas en los sustratos de carbono crudo interfieren con la recuperación y purificación del ácido láctico a partir de la fermentación una vez - que ha terminado, lo cual con la sacarosa se reduce considerablemente.

Incluso, se puede diseñar una planta, cuyo equipo pueda utilizarse indistintamente, sacarosa, almidones de papa con cebada, mieles incristalizables, suero de leche, azúcar de uva, jugo de toronja, zuros de maíz ( clotes ) o alguna otra materia prima parecida.

Por lo que se puede cambiar libremente de materias primas, ya que todas utilizan lechada de cal y ácido sulfúrico, y se obtiene en todos los casos como subproductos sulfato de calcio y albuminoides, en el caso de la leche se obtiene lactalbumina. Al cambiar de materia prima, - se debe cambiar en algunos casos de microorganismos para la fermentación.

La concentración del sustrato en el medio influye directamente en la velocidad de crecimiento de los organismos.

En general, además del carbohidrato, el medio de cultivo debe con tener una fuente nitrogenada compleja de tipo proteica y factores de crecimiento.

### 3.- TEMPERATURA DE LA FERMENTACION.

La fermentación de ácido láctico es realizada a temperaturas rela tivamente altas, por ejemplo: En las fermentaciones en que se emplea - Lactobacillus delbrueckii, puede mantenerse una temperatura de 45°C. o más alta. El Lactobacillus bulgaricus puede ser incubado de 45°C. has- ta 50°C.; el Lactobacillus pentosus, Lactobacillus casei, o Streptococ ous lactis, pueden ser incubados alrededor de 30°C. La temperatura óp- tima debe determinarse experimentalmente para cada tipo de fermentación.

La temperatura de operación influye en el metabolismo del microor ganismo ya que la velocidad de un proceso es función de la temperatura. Esto sin embargo, se verifica en un estrecho intervalo de temperaturas, pues, la velocidad disminuye al aproximarse a la temperatura de inacti vación del microorganismo.

Según estudios realizados por Innis ( 1975 ) dice que la tempera- tura de fermentación influye ampliamente en la síntesis de proteína, - actividad enzimática y en los componentes estructurales de la pared ce- lular de los organismos psicrófilos. Ingraham ( 1954 ) demostró que la composición de ácidos grasos cambia al variar la temperatura, él obser- vó que a temperaturas elevadas aumenta la cantidad de ácidos saturados. Lynch ( 1975 ) demostró al trabajar con pseudomonas que a diferentes - temperaturas de fermentación los niveles de diferentes enzimas del me- tabolismo de carbohidratos cambian, lo cual sufiere que a diferentes - temperaturas se induce la biosíntesis de diferentes enzimas. Se pueden encontrar bacterias lácticas psicrófilas, mesófilas y termófilas. El género Leuconostoc generalmente crece entre 20 y 30°C., sin embargo las otras formas esféricas lácticas, Streptococcus se desarrollan desde - 30 - 55°C.

En las fermentaciones industriales es ventajoso un crecimiento rá- pido, el que se logra aproximadamente a 45°C. en el caso del Lactobaci llus delbrueckii, pero esta temperatura no es constante a lo largo del proceso ya que existe una fase de crecimiento que se lleva a esta tem- peratura y otra de formación y liberación del producto que se efectúa a una temperatura mayor. La influencia de la temperatura en el creci-

miento de los microorganismos se debe a la relación que tiene ésta con los procesos energéticos de su metabolismo.

#### 4.- CONCENTRACION DE AZUCAR.

El azúcar en maltas remojadas es normalmente ajustada hasta una concentración de 5 a 20% , dependiendo de la naturaleza de la materia prima y las condiciones del proceso.

#### 5.- RELACION DE OXIGENO.

Las bacterias usadas para producir industrialmente ácido láctico son usualmente microaerofílicas o anaerobias, es decir, la fermentación no exige la intervención del oxígeno, aunque puede resistir algo. Sin embargo, el *Streptococcus lactis* es menos sensitiva al oxígeno y por consiguiente, puede ser considerada un anaerobio facultativo.

#### 6.- POTENCIAL DE HIDROGENO ( pH ) .

La fermentación procede mejor cuando el pH está sobre el lado ácido, pero cercano a la neutralidad. Debido a la adición de carbonato de calcio, hidróxido de calcio, o algún otro agente neutralizante para la fermentación de la malta remojada, el pH tiende a aproximarse a la neutralidad. El pH puede ser mantenido a un valor constante por control continuo, con el uso de amoníaco, carbonato de amonio, carbonato de calcio, o mezclas de sodio, potasio, y carbonato de amonio como agente neutralizante.

Los microorganismos siguen la misma línea general de mostrar una velocidad máxima de crecimiento en un intervalo limitado de pH, con inactivación completa o muerte en cualquiera de los dos extremos. Sin embargo no se debe entender que todo el proceso debe realizarse al nivel de crecimiento óptimo, sino que, como en el caso de la temperatura se tienen dos fases: la fase de crecimiento y la fase de formación y liberación del producto, las cuales se llevan a cabo a potenciales de hidrógeno diferentes.

El control continuo del pH en la fermentación del ácido láctico es una ventaja, puesto que los rendimientos y velocidades de producción pueden ser incrementados.

Si el ácido láctico no fuera neutralizado, las bacterias de ácido láctico no podrían tolerar la alta acidez desarrollada y la fermentación no podría continuar hasta el final.

El hidróxido o carbonato de calcio o zinc puede ser adicionado - al principio de la fermentación o intermitentemente a medida que la fermentación progresa.

El control de pH más que la fuente nitrogenada es decisivo en la producción de ácido láctico. La fermentación se modifica a diferentes valores de pH. Conforme la concentración de hidrogeniones se eleva, - la fermentación se hace más lenta, este efecto se debe fundamentalmente a los ácidos no disociados.

El pH para el cultivo de bacterias lácticas se encuentra en un - rango de 5 y 9. Por ejemplo, las bacterias lácticas del género *Streptococcus* se desarrollan a valores de pH francamente alcalinos. Las - formas esféricas del género *Leuconostoc* pueden desarrollarse en el intervalo que comprende de 4 hasta 6.5 , y las formas Bacilares de este género se encuentran en el intervalo ácido de 5 a 6 .

#### 7.- FACTORES DE CRECIMIENTO PARA LAS BACTERIAS DE ACIDO LACTICO.

Ciertos factores de crecimiento parecen ser esenciales para ciertas bacterias de ácido láctico. Se ha dicho que el cultivo de las bacterias lácticas en forma pura requiere de la preparación de un medio de cultivo complejo al cual se debe adicionar nitrógeno proteico y necesita la presencia de aminoácidos en el medio de cultivo; pero también es necesario adicionar factores de crecimiento, algunos de los cuales son las bases púricas, pirimidínicas y ácidos grasos de cadena larga. También han reportado a la riboflavina ( Orlan-Jensen ) la cual fue requerida por ciertas bacterias de ácido láctico para el desarrollo normal. La preparación de un concentrado activo a partir de extracto de hígado ( Snell, Strong, y Peterson ) el cual fue esencial para el crecimiento normal de las especies de bacterias de ácido láctico. Se demostró que esta sustancia activa fue ácido pantoténico. El ácido nicotínico estimuló el crecimiento y la producción de ácido por algunas bacterias lácticas ( Kitahara y Obayashi ). La biotina.

La fermentación láctica generalmente ocurre en sustratos ricos - en proteínas. Los factores de crecimiento son suministrados por las -

coles de malta u otros substratos orgánicos nitrogenados, pero la concentración empleada en el medio es mantenida en el nivel más bajo posible para evitar una acumulación de impurezas que podrían interferir - con la recuperación de ácido láctico a partir del caldo de fermentación. Los requerimientos también se logran satisfacer empleando extractos de levadura o jugos frescos de plantas, como el tomate ( Rogosa ).

8.- NUTRIENTES ACCESORIOS EN LA FERMENTACION.- El buen rendimiento y - el tiempo corto de la fermentación dependen de la especie, cantidad, y combinación de los nutrientes accesorios los cuales suministran nitrógeno orgánico soluble y sustancias estimulantes biológicamente.

9.- DURACION DE LA FERMENTACION.- La fermentación usualmente suele completarse de 1 a 6 días si se parte de concentraciones que se encuentren entre 5 y 20% de azúcar.

10.- RENDIMIENTO.- En procesos controlados para la producción de ácido láctico se logra un rendimiento de 85 a 90% sobre las bases de azúcar fermentada los cuales son muy comunes. También han sido obtenidos rendimientos más altos ocasionalmente.

11.- SELECCION DEL ORGANISMO APROPIADO.

El Lactobacillus delbrueckii crece con gran rapidez en malta a temperaturas comprendidas entre 44 y 50°C. Un inóculo de un litro en un caldo de cultivo de 1,000 litros puede alcanzar la población máxima en 12 - 14 horas. A temperaturas de 50 - 55°C., sin ningún cuidado especial, el cultivo permanece muy puro. La contaminación posible se suprime por la temperatura elevada, la rápida propagación y el ácido láctico y los antibióticos formados. Esas células no móviles, que no forman esporas delgadas y largas ( 0.5 - 7.0 x 15 - 30 micras ), forman a menudo cadenas de una longitud de varios cientos de micras. Exigen algunos aminoácidos y factores de crecimiento, que existen en cantidad suficiente en la malta. El Lactobacillus delbrueckii fermenta la glucosa, la fructuosa, la maltosa, la encarosa, la lactosa y las dextrinas y - las convierte en ácido láctico. Una temperatura superior a 70°C., lo destruye en 10 minutos.

El Lactobacillus delbrueckii ( Leichmann ) Beyerinck, es conocido también por los nombres de Bacillus acidificans longissimus Jafar, --

*Bacillus acidificans* Nigula, *Thermobacterium cereale* Orla Jensen, etc.

Generalmente se prefieren las bacterias termofílicas del tipo *delbrueckii*, las cuales muestran su actividad óptima a 50°C. Esa fermentación elimina la mayor parte de los problemas de contaminación y permite usar un medio de cultivo el cual ha sido solamente pasteurizado. El *Lactobacillus delbrueckii* es de importancia industrial.

La contaminación no es un problema particular en fermentaciones de Ácido Láctico con el *Lactobacillus delbrueckii*. La mayoría de los contaminantes potenciales para la fermentación de ácido láctico no crecen a temperaturas de 45°C. o mayores.

El *Lactobacillus delbrueckii* es un microorganismo o bacteria homofermentativa que convierte casi todo el carbohidrato en ácido láctico como el principal producto final de la fermentación. Este organismo como fuente de producción se ve favorecido por el hecho de que el ácido láctico obtenido a partir de este presenta mejores propiedades.

#### 12.- RÉGIMEN DE FIUJO.

Un ciclo de fermentación a régimen discontinuo consta de cuatro etapas las cuales expresadas mediante modelos matemáticos son:

- a) Fase inicial: se inocula y se observa un crecimiento mínimo en el número de células.
- b) Fase Logarítmica: en la que existe un crecimiento rápido y un incremento considerable en el número de células.
- c) Fase estacionaria: el nivel de las células no varían ya que éstas no se pueden multiplicar indefinidamente.
- d) Fase de muerte: el número de células decrece en forma exponencial.

En una fermentación la fase de crecimiento (logarítmica) es la más importante ya que ésta define el tiempo de fermentación.

Extrapolando el crecimiento para una partícula esférica en un cultivo sumergido se asume:

$$dR/dt = k_g = \text{constante} \dots\dots\dots(1)$$

R = radio de la partícula.

$$M = 4/3 \pi \rho R^3 \dots\dots\dots(2)$$

M = masa del microorganismo.

$\rho$  = densidad del microorganismo.

Combinando la ecuación (1) y (2) se obtiene:

$$dM/dt = 4 \pi \rho R^2 \quad dR/dt = k_E 4 \pi \rho R^2 \dots\dots(3)$$

De (2) y (3) se tiene:

$$dM/dt = \alpha M^{2/3} \dots\dots\dots(4)$$

$$\alpha = k_E (6 \pi^{1/2} / \rho)^{2/3}$$

Integrando (4):

$$M = (M_0^{1/3} + \alpha t)^3 \dots\dots\dots(5)$$

Donde  $M_0$  es la masa inicial del microorganismo.

El régimen continuo ofrece ventajas muy grandes frente a los dis continuos. El régimen continuo se aplica a procesos físicos o reacciones químicas relativamente rápidas y a demandas elevadas del producto. Estas ventajas pueden resumirse así:

- 1.<sup>o</sup> El tiempo no productivo, esto es, el invertido en limpiar, - llenar, calentar, enfriar y vaciar, puede ser reducido drásticamente.
- 2.<sup>o</sup> Esto afecta a la carga útil de la planta, en el sentido de - que pueden emplearse instalaciones y edificios más pequeños.
- 3.<sup>o</sup> El trabajo puede reducirse de modo apreciable, en parte, por que es más fácil mecanizar algunas operaciones.
- 4.<sup>o</sup> Los controles automáticos y los sistemas de alarma son mucho más fáciles de instalar, y a su vez, pueden simplificarse ta reas de inspección.
- 5.<sup>o</sup> El proceso puede mantenerse en condiciones de reacción óptima, insensiblemente a los ciclos de calentamiento y enfriamiento, lo cual puede producir mejores rendimientos con menos reacciones secundarias.
- 6.<sup>o</sup> Se mejoraría la uniformidad del producto.

Frente a estas ventajas, existen ciertos inconvenientes posibles:

- 1.<sup>o</sup> Aunque la planta sea más pequeña, la instrumentación y los - utensilios de manipulación mecánica pueden hacerla igualmente costosa.

- 2°.- El diseño y operación de tales instalaciones requiere personal técnicamente formado.
- 3°.- Este tipo de trabajo implica un aumento de algunos gastos, - por el pago de tarifas honorarias más elevadas y la provisión de vapor de agua y otros servicios de laboratorio a lo largo de toda la semana.
- 4°.- El rendimiento manual de los obreros nocturnos no suele ser - tan elevado como el de los diurnos y existe alguna dificultad para lograr una supervisión que sea lo bastante eficiente.

La fermentación continua es aquella en la cual el medio nutriente fresco es adicionado continua o intermitentemente al recipiente de fermentación, acompañado por una correspondiente salida continua o intermitente de una porción del medio para la recuperación de las células o de los productos de fermentación. En cambio, un proceso de fermentación discontinua es aquel donde un gran volumen del medio nutriente es inoculado y el desarrollo y síntesis bioquímica son realizados solamente hasta que los rendimientos máximos han sido obtenidos. En este punto - la fermentación discontinua es detenida para la recuperación del producto, el fermentador es limpiado y esterilizado para iniciar una nueva - fermentación.

Las industrias basadas en procesos de fermentación deben operar - necesariamente por un sistema de relevos, puesto que tales procesos tienen ciclos de operación de varios días.

Aparentemente la fermentación continua parecería ser el mejor procedimiento porque el equipo está en uso constante con poco tiempo y, - teóricamente, después de la inoculación inicial, no es requerida otra producción de inóculo. Sin embargo los problemas inherentes con un proceso de fermentación continua frecuentemente no permiten su realización, ya que hay limitaciones bastante rigurosas para el tiempo de operación.

- a) Bajo condiciones de cultivo continuo, algunos microorganismos desarrollan mutaciones bioquímicas y morfológicas.
- b) Se presentan problemas físicos como la separación del micelio.
- c) La contaminación accidental puede llegar a ser grave y quizá - puede ser más grave que en una operación discontinua, ya que el sistema proporciona, en todo momento, excelentes condiciones - de multiplicación.

- d) El rendimiento del producto en una fermentación continua suele ser apreciablemente menor en relación con el obtenido en un proceso discontinuo.

El régimen discontinuo presenta algunas ventajas como son una instrumentación simple, un mínimo de personal técnico para su operación, costos de operación, y mantenimiento bajos, flexibilidad y facilidad de operación.

### 13.- MEDIO DE CULTIVO.

En la producción de ácido láctico a partir de sacarosa utilizando *Lactobacillus delbrueckii* se utiliza el medio líquido ( cultivo sumergido ), debido a que la difusión de dióxido de carbono es mayor ( para su eliminación ) que en un medio semisólido.

Por lo general la elección del sustrato depende del nutriente, de su disponibilidad y precio. En la industria han de vencerse grandes dificultades para hacer uso de materias primas baratas y de ser posible - se eligen aquellas que contengan no sólo los carbohidratos precisos sino también otros factores de crecimiento.

La composición exacta de los medios de cultivo empleados varían de un fabricante a otro.

### MEDIO DE CULTIVO.

<u>Substancia:</u>		<u>Porcentaje:</u>
Sacarosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	15.000
Carbonato de Calcio	$CaCO_3$	10.000
Fosfato Diarónico.	$(NH_4)_2HPO_4$	0.260
Nitrato de Calcio.	$Ca(NO_3)_2$	0.200
Fosfato Monopotásico.	$KH_2PO_4$	0.025
Sulfato de Magnesio.	$MgSO_4$	0.025
Acido Cítrico	$C_6H_8O_7$	0.100
Cloruro de Potasio	KCl	0.024
Cloruro Férrico	$FeCl_3$	0.001
Agua	$H_2O$	74.365
		<hr/> 100.000

Dos elementos indispensables en todos los medios de cultivo son - el fósforo y el nitrógeno. Los fosfatos juegan un papel esencial en los mecanismos de transferencia de energía en todos los procesos biológicos, y la mayoría de los microorganismos pueden utilizarlos directamente en forma de sales inorgánicas y suelen incorporarse como sal potásica o amónica. El nitrógeno es un componente específico de las proteínas, ácidos nucleicos y de casi todas las moléculas complejas que intervienen en la elaboración de materia viva y debe suministrarse siempre que se requiera un proceso de multiplicación, algunos microorganismos pueden asimilarlo como ión amonio y otros como nitrato.

#### 14.- AGITACION.

La fermentación de la sacarosa utilizando *Lactobacillus delbrueckii* es anaeróbica, es decir libre de oxígeno. La agitación es importante en el mantenimiento de un medio ambiente deseable para el crecimiento del organismo y la producción del ácido láctico en cultivos sumergidos. El diseño de tanques fermentadores y el establecimiento de condiciones de fermentación óptimas dependen sobre todo de la elección apropiada de las variables de control.

La agitación del medio en el fermentador se produce por medios mecánicos y por la ascensión de las burbujas de gas a través de la unidad. La agitación mecánica se suministra por propelas rotatorias, por turbinas o por dispositivos similares.

La ecuación de White para el consumo de potencia en un tanque agitado mecánicamente es:

$$HP = K N^3 D^5 \left( D^2 N \rho / \mu \right)^n \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

- HP = Potencia.
- K y n = Constantes.
- $\rho$  = Densidad del líquido.
- N = Velocidad del impulsor.
- D = Diámetro del impulsor.
- $\mu$  = Viscosidad del líquido.

Para tanques con ramparas, a régimen turbulento,  $n = 0$  y queda la ecuación siguiente:

$$HP = K \rho N^3 D^5 \dots\dots\dots(7)$$

Para tanques sin mamparas, a régimen turbulento,  $n = 0$  y queda la siguiente ecuación:

$$HP = K \rho^{0.85} N^{2.85} D^{4.7} \mu^{0.15} \dots\dots(8)$$

El gas que pasa a través del fermentador efectúa un trabajo sobre el líquido, éste puede calcularse por el teorema de Bernoulli.

$$X_1 + P_1 V_1 + u_1^2 / 2g_c + \int_1^2 P dV = X_2 + P_2 V_2 + u_2^2 / 2g_c + W \dots(9)$$

Para un gas ideal se tiene:

$$\begin{aligned} P_1 V_1 - P_2 V_2 &= 0 & u_2^2 / 2g_c &= 0 \\ X_1 - X_2 &= 0 \end{aligned}$$

Integrando la ecuación, tenemos:

$$W = u_1^2 / 2g_c + RT \ln P_1/P_2 \dots\dots\dots(10)$$

$u_1$  = Velocidad lineal del gas a la entrada ( ft./seg. )

$g_c = 32.2 \text{ ft./seg.}^2$

$R$  = Constante de los gases.

$T$  = Temperatura.

$P_1$  = Presión absoluta a la entrada ( Atm. )

$P_2$  = Presión del fermentador ( Atm. )

$W$  = Trabajo mecánico dado por el aire al líquido.

La agitación en la producción de ácido láctico en cultivos sumergidos es muy importante ya que de este factor depende el crecimiento del microorganismo, así como la formación del ácido láctico.

Al incrementar la velocidad de agitación da como resultado un aumento en la velocidad de crecimiento, así como una mayor producción de ácido láctico.

#### 15.- ESPUMACION.

La espuma se presenta en sistemas coloidales. El sistema está compuesto por una fase dispersa y un medio de dispersión; el tamaño de las partículas que forman estos sistemas se encuentran entre  $10^{-7}$  y  $10^{-5}$  cm.

Debido al contacto entre la fase líquida y el gas, se presentan fenómenos en la interfase que se caracterizan por una relación alta de superficie/volumen. La variable principal que afecta a este fenómeno, es la tensión superficial ( $\gamma$ ), que es la fuerza que tiende a hacer que el líquido asuma un estado de mínima energía.

Una burbuja en un líquido hace que la tensión superficial produzca una diferencia de presión,  $\Delta P$ , en toda la superficie curva. Se puede evaluar el trabajo que se efectúa para formarla a una presión  $P$  del gas para una burbuja de radio  $r$  en equilibrio con el líquido. Para tener un aumento de volumen en la burbuja  $dV$ , debe efectuarse un trabajo  $W = (\Delta P dV)$ , este trabajo es igual al aumento de energía de superficie  $W = \gamma dA$ . Igualando los dos trabajos queda:

$$\Delta P dV = \gamma dA \quad \dots\dots\dots(11)$$

Para una esfera:

$$A = 4/3 \pi r^2$$

$$V = 4/3 \pi r^3$$

Sustituyendo  $A$  y  $V$  en (11), y diferenciando, se obtiene:

$$\gamma (8 \pi r dr) = \Delta P (4 \pi r^2 dr) \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\Delta P = 2 \gamma / r \quad \dots\dots\dots(13)$$

Para evitar la espumación se aplica un agente antiespumante, el cual provoca una disminución en la tensión superficial. Analizando la ecuación (13), se observa que al disminuir la tensión superficial, disminuye el radio de la burbuja para una misma  $\Delta P$ . Esto favorece a los fenómenos de difusión ya que al tener las burbujas un radio menor se obtiene una mayor superficie por unidad de volumen.

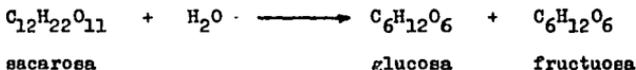
La espumación es producida por la agitación y el burbujeo del gas en el cultivo. La espumación es un fenómeno indeseable debido a que disminuye la difusión del dióxido de carbono en el medio.

La espuma se puede eliminar por destrucción mecánica o mediante un agente antiespumante. El dispositivo mecánico puede ser una simple pala.

## REACCIONES DE FERMENTACION.

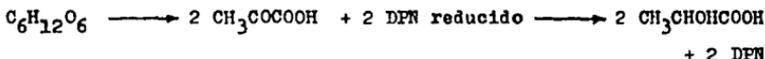
El ácido láctico producido comercialmente por fermentación a partir de un cultivo conteniendo sacarosa requiere hidrólisis preliminar.

La reacción es:



Esta reacción ha sido objeto de estudios cinéticos ya antiguos, pudiéndose seguir fácilmente la reacción con ayuda de un polarímetro. La reacción es de orden I.

Las bacterias homofermentativas productoras de ácido láctico hidrolizan los azúcares compuestos y las dextrinas ( pero no el almidón ) y los convierten en azúcares ( hexoxas ), a expensas de las cuales - producen principalmente ácido láctico. Como en la fermentación alcohólica, después de fosforilar la hexosa, el organismo la descompone en dos moléculas de triosa-fosfato y convierte éste en ácido pirúvico con la formación de DPN reducido. El ácido pirúvico es reducido después a ácido láctico:



Obtención del Mosto Fermentecible. Los mostos fermentecibles se obtienen por hidrólisis del disacárido sacarosa, producto natural, que se puede considerar como la resultante de la condensación de dos moléculas de osas fermentecibles ( glucosa, fructuosa ) con eliminación de agua.

El mosto obtenido a partir de una solución azucarada contiene, - por lo tanto, en proporciones equimoleculares, dos osas fermentecibles.

La producción industrial de ácido láctico utiliza concentraciones de bacterias " homofermentativas " de ácido láctico, las cuales producen solamente trazas de productos finales diferentes al ácido láctico. Así que estas bacterias utilizan el esquema Embden - Meyerhoff - Parnas ( EMP ).

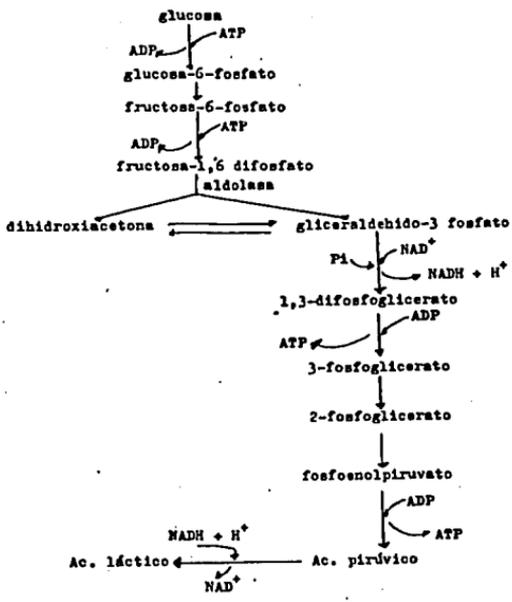


Fig. 3-1 Formación de ácido láctico por bacterias lácticas homofermentativas.

## SELECCION DE LOS SISTEMAS DE SEPARACION.

En este punto de la síntesis del proceso es necesario desarrollar la secuencia de las separaciones físicas que se llevan a cabo. En cada parte del proceso en que los materiales van a ser separados es necesario tener datos de propiedades físicas y químicas de los elementos a separar; estos datos incluyen, entre otros, tamaño de partícula, densidad, fase, adsorción en superficies y solubilidad en distintos solventes. La diferencia de estas propiedades debe ser explotada en la selección de los sistemas de separación; se deben utilizar las propiedades que presenten un mayor gradiente, siempre y cuando sea económicamente factible.

En el Diagrama del proceso se presentan cinco etapas de separación en las que se tienen solo dos alternativas; filtración y centrifugación. Se trata de separaciones simples, en las cuales se aprovecha la diferencia en el tamaño de la partícula.

La primera separación es la del microorganismo del medio, una vez finalizada la fermentación. En esta separación el producto deseado es el microorganismo y la proteína ( albuminoide ) coagulada, debido a esto se prefiere el empleo de filtro.

La segunda separación se efectúa después de realizar el primer tratamiento de blanqueo. Ahora el producto deseado es la solución de lactato de calcio y resulta conveniente el uso de un filtro prensa, en donde el carbón y filtro ayuda son retenidos.

La tercera etapa de separación se realizaría en el caso de que se deseara obtener como producto el lactato de calcio cristalizado, en cualquiera de sus grados. Dada esta situación no es conveniente mezclarlo con contaminantes como sucedería en el caso de una filtración, prefiriéndose sobre esta la centrifugación.

La cuarta etapa de separación se realizará si el producto que se desea obtener es el ácido láctico. Esta etapa se efectuará después de la acidificación de la solución concentrada de lactato de calcio. Ahora el producto deseado es la solución de ácido láctico y es recomendable el empleo de un filtro, en donde el sulfato de calcio precipitado es separado.

La quinta etapa de separación se efectúa después de realizar el tratamiento con agentes clarificantes y agentes químicos a la solución de ácido láctico. En esta etapa el producto deseado es el ácido láctico el cual debe estar libre de ácido sulfúrico y resulta conveniente el empleo de un filtro prensa, en donde el carbón decolorante y los metales pesados quedan retenidos.

Para la obtención de mejores grados y concentraciones más elevadas de lactato de calcio, se puede realizar la recirculación de los productos obtenidos después de la tercera etapa de separación. El licor madre es retornado al primer tratamiento de blanqueo junto con el agua de lavado usada, mientras que los cristales son sometidos a otra purificación.

Si el producto que se desea obtener es ácido láctico de mejor calidad y más concentrado, la solución obtenida en la quinta etapa de separación, puede ser recirculada y sometida a otra purificación.

### INTEGRACION DE FUNCIONES.

En esta parte del proceso se debe visualizar la posibilidad de - disminuir el número de etapas de este. Esta disminución se refleja necesariamente en una reducción en el consumo de energía y en el costo de equipos.

Lo que denominamos integración de funciones no es otra cosa que - la factibilidad de efectuar dos o más operaciones en un mismo equipo o etapa del proceso, ya sean operaciones del proceso mismo, o bien actividades auxiliares.

Analizando el diagrama 3 para la fabricación del ácido láctico bajo el principio de integración de funciones se pueden visualizar una serie de simplificaciones:

- a) En el primer tanque de blanqueo, filtro prensa, y primer evaporador a vacío se puede realizar la primera clarificación, filtración y concentración de la solución de lactato de calcio, - las cuales no solamente son operaciones previas al proceso de cristalización del lactato de calcio, sino también previas a la acidificación de la solución en el caso de que se desee obtener ácido láctico directamente.
- b) En los casos de cristalización y centrifugas no solo puede efectuarse el proceso de purificación para el lactato de calcio - grado técnico, sino que, también se puede llevar a cabo la purificación del lactato de calcio grado U.S.P. por recirculación.
- c) En el último tanque de tratamiento químico y blanqueo, junto - con el último filtro prensa no solo se puede realizar el proceso de purificación del ácido láctico grado técnico, sino que, también y por recirculación se puede realizar el proceso de purificación de ácido láctico grado comestible y grado U.S.P.

DESCRIPCION DEL PROCESO :

El Acido Láctico se produciría industrialmente haciendo fermentar el carbohidrato Sacarosa con 0.5 - 2.5 % de un cultivo activamente fermentante del organismo inoculum *Lactobacillus delbrueckii*, el cual es adicionado al tanque fermentador. El medio de cultivo está constituido por sacarosa, nutrientes minerales y proteínicos adecuados y agua en presencia de un exceso de carbonato de calcio.

En el laboratorio los cultivos se preparan para utilizarse como pies de cultivo. Se inoculan 100 ml. de medio de cultivo líquido estéril con 2.5 ml. de un cultivo puro activo del organismo *Lactobacillus delbrueckii* y se mantienen en incubación durante 24 hr. a 50°C. Antes de alimentar al fermentador se efectúan dos ampliaciones del cultivo, cada una con una relación de 10 ml. de pie de cultivo por cada 100 ml. de medio. Después de 24 hr. y 50°C. la ampliación se utiliza para inocular el fermentador el cual ha sido cargado con medio de la misma composición y se conserva la misma relación. Tanto en el fermentador como en las ampliaciones se mantienen a 50°C. con agitación adecuada y un pH de 5.0 - 5.8 .

El curso de la fermentación es seguido chequeando el pH y el contenido de azúcar. El ácido láctico producido reacciona con el carbonato de calcio formando lactato de calcio y dióxido de carbono a medida que la fermentación procede. Al ser neutralizado el ácido se impide el descenso del pH, lo cual inhibiría la acción bacteriana. La producción de lactato de calcio y la disminución en el azúcar se realizan durante la fermentación. Cuando el contenido de azúcar ha disminuido de 15 % inicial a 0.10 % final se considera que la fermentación ha terminado; se ajusta el pH, se aumenta la temperatura. El organismo es inactivo por calentamiento a 82.2°C.

Del fermentador el licor fermentado es transferido a un tanque para asentamiento y decantación, donde un agente neutralizante es adicionado y la temperatura es mantenida en su valor elevado para inactivar el organismo por calentamiento y para coagular las proteínas y permitir su separación por sedimentación. El líquido claro se separa y se lleva a un tanque y los sedimentos se pasan por un filtro. El precipitado se seca para utilizarlo como alimento para animales y el filtrado se agrega al líquido claro del tanque. Después se trata el líquido claro con carbón decolorante y ayuda filtro para un primer trata-

miento de blanqueo. Se lleva a cabo una filtración para separar el lactato de calcio de los agentes clarificantes. El lactato de calcio se transfiere a un evaporador de vacío y se concentra. La solución de lactato de calcio concentrada puede ser cristalizada si se desean obtener los cristales de lactato de calcio o bien puede ser acidificada si se desea regenerar el ácido láctico y obtenerlo como producto final.

En el primer caso, la solución concentrada de lactato de calcio se pone en tanques de cristalización provistos de camisa para circulación de agua fría. El lactato de calcio cristaliza. Los cristales se separan del líquido por centrifugación, se lavan. El licor madre y el agua de lavado son recirculados al tanque del licor claro de fermentación para nuevo tratamiento. Los cristales pueden ser secados y vendidos o bien pueden ser disueltos en un tanque con agua caliente y se les añade carbón decolorante, ayuda filtro y sulfuro de sodio. La solución se filtra, se concentra, se enfría, se deja que se produzca la cristalización y se separan los cristales, obteniéndose lactato de calcio de mayor pureza.

En el segundo caso, la solución concentrada de lactato de calcio es acidificada con ácido sulfúrico para regenerar el ácido láctico y para precipitar el calcio como sulfato de calcio. Se realiza una filtración para separar el ácido láctico crudo del sulfato de calcio precipitado. El líquido filtrado puede ser refinado por una serie de procesos dependiendo de la calidad del ácido láctico deseado. Ello incluye tratamiento con carbón vegetal activado para eliminar nitrógeno y otras impurezas orgánicas, o tratamiento con ferrocianuro de sodio para eliminar hierro, cobre, y otros metales pesados y también las impurezas coaguladas por concentración. Si se desea obtener ácido láctico de mayor concentración, entonces el líquido filtrado después de la acidificación, se concentra y se somete al tratamiento de purificación después de lo cual la solución es filtrada para eliminar el carbón, el ayuda filtro, los ferrocianuros de metales pesados y obtener el ácido láctico en solución a la concentración y calidad deseada para su venta.



TECNICA DE OPERACION:

- 1.º) Para la ampliación del cultivo y la fermentación se deben esterilizar todos los equipos y las conexiones con vapor de 15 psig durante 30 minutos, enfriándose hasta 45°C. con agua.
- 2.º) El tanque con el medio se esteriliza con vapor de 15 psig durante 30 minutos. Se realiza la ampliación cargando el tanque correspondiente con medio esterilizado y se siembra como se indica en la descripción del proceso, se agita adecuadamente, manteniéndose la temperatura a 50°C. durante 24 hrs..
- 3.º) Se alimenta el medio de cultivo líquido esterilizado al fermentador y se pasa la carga del tanque de la ampliación.
- 4.º) La temperatura de fermentación se ajusta a 50°C. y se mantiene durante todo el proceso de fermentación.
- 5.º) El valor del pH durante la fermentación se ajusta entre 5.0 y 5.8 con el carbonato de calcio añadido inicialmente en el medio de cultivo.
- 6.º) El medio no es aerado, pero requiere frecuente y adecuada agitación del líquido durante todo el tiempo que dure la fermentación para conservar el carbonato de calcio en suspensión, es decir que impide que se deposite en el fondo el carbonato.
- 7.º) La fermentación es conducida en presencia de un gran exceso de carbonato de calcio el cual reacciona y neutraliza el ácido láctico a medida que es producido durante la fermentación, resultando una solución conteniendo lactato de calcio y dióxido de carbono. Esta acción impide el descenso del pH y con ello evita que la fermentación se inhiba. El líquido de fermentación contiene aproximadamente 15% de lactato de calcio. Al final de la fermentación, el organismo es inactivado por calentamiento, elevando la temperatura a 82.2°C..
- 8.º) La solución de lactato de calcio es transferida desde el fermentador a un tanque para asentamiento y decantación donde es alcalinizada con hidróxido de calcio hasta un pH de 10.0 y la temperatura es mantenida a 82.2°C. . La temperatura elevada y el pH sirven para coagular la proteína, haciendo el sedimento más completo para

para su separación. Después de ajustar el pH final, la lechada es agitada durante 30 minutos y se deja clarificar de 2 a 6 horas. El hidróxido de magnesio, la piedra caliza y otros nutrientes e ingredientes que están en el agua precipitan.

- 9.º) El líquido claro es decantado de la parte superior y bombeado a un tanque de blanqueo. El sedimento del fondo es transferido a un tanque de lechada y lodo.
- 10.º) La lechada es filtrada en un filtro a vacío. El filtrado va al tanque del blanqueo combinándose con el licor claro proveniente del tanque de decantación. La pasta es lechada con agua en un tanque y bombeada a otra parte de la planta.
- 11.º) Se adiciona carbón vegetal activado y ayuda filtro a la solución de lactato de calcio en el primer tanque de blanqueo.
- 12.º) La solución de lactato de calcio - carbón, ayuda filtro es filtrada en un filtro prensa. El filtrado va a un tanque de alimentación - del evaporador o pasa directamente al evaporador. El carbón es separado y conservado para otro tratamiento.
- 13.º) El licor del lactato de calcio blanqueado es concentrado en un evaporador a vacío de simple efecto hasta una concentración de 52% de lactato de calcio ( 22ºBe.). El evaporador es operado a una presión de 25 pulgadas de mercurio con una temperatura de 71.1ºC. lo suficientemente alta para prevenir la cristalización. La velocidad de evaporación promedio es de 4000 lb. de agua/hr.
- 14.º) Cuando el producto final deseado son los cristales de lactato de calcio, la solución concentrada a 52% de lactato de calcio es bombeada desde el evaporador hasta unos cazos de cristalización enfriados con agua, colocados en el nivel superior de los evaporadores. Después del enfriamiento se realiza la cristalización del lactato de calcio.

Los cristales formados son transferidos por medio de una tolva hacia las canastas de las centrifugas para separar los cristales del líquido. Después de girar a gran velocidad, el licor madre es retirado al primer tanque de blanqueo. El agua de lavado usada también es reciclada.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Los cristales son secados inmediatamente si el producto deseado es el lactato de calcio 50% grado técnico o bien son sometidos a otra purificación.

Para el lactato de calcio grado U.S.P., los cristales de lactato de calcio grado técnico son disueltos en agua caliente y sometidos a otro tratamiento con carbón activado, ayuda filtro, y sulfuro de sodio y aritados, la nueva solución es refiltrada, reevaporada a 82%, enfriada, recristalizada y finalmente lavados otra vez, produciendo los cristales de lactato de calcio grado U.S.P., Si el producto deseado es el lactato de calcio 80% grado U.S.P. los cristales son secados inmediatamente.

Los cristales lavados, sin secar, pueden ser usados en la manufactura de los mejores grados de ácido láctico.

- 15°) Cuando el producto final deseado es el ácido láctico, la solución concentrada a 52% de lactato de calcio es bombeada desde el evaporador hasta un tanque de conversión ácida, donde es acidificada con la adición simultánea de ácido sulfúrico de 66°Be. para convertir el lactato de calcio a ácido láctico y sulfato de calcio que precipita.

El sulfato de calcio precipitado en el tanque de conversión ácida es filtrado en un filtro al vacío. El ácido láctico filtrado va al tanque de alimentación de un evaporador. El sulfato de calcio precipitado es entonces bombeado hacia el tanque de lodos para actuar como un ayuda filtro para el sedimento del fermentador. A la solución se le checa periódicamente el posible exceso de ácido sulfúrico o calcio soluble y los ajustes son hechos con la adición de ácido sulfúrico o cal.

Dependiendo de la calidad de ácido láctico deseado se procederá a purificar la solución.

- Si se desea obtener ácido láctico 50% grado técnico, entonces la solución almacenada en el tanque de alimentación de un evaporador es transferida a un tanque de tratamiento químico y blanqueo. En este tanque el ácido láctico de 52% es tratado con ferrocianuro para precipitar metales pesados y con carbón activado para blanquear. El ácido láctico es ajustado a 50%.

La solución del tanque de tratamiento químico y blanqueo es filtrada en un filtro prensa. La pasta es recuperada ( carbón y ferrocianuros de metales pesados ). El líquido filtrado obtenido como ácido láctico 50% grado técnico es enviado a un tanque forrado de vidrio para su venta en barriles de roble blanco revestidos de cera refinada o en carros tanque para su distribución.

- Si se desea obtener ácido láctico 80% grado comestible, entonces - la solución de 52% de ácido láctico almacenado en el tanque de alimentación es dirigida hacia el evaporador ácido y concentrada hasta 82% de ácido láctico, de donde es transferida a un tanque de tratamiento químico y blanqueo, realizando un blanqueo adicional con carbón vegetal activado; tratada con ferrocianuro de sodio para la precipitación de metales pesados y ajustada al 80% deseado. En este punto el ácido es analizado para determinar ácido sulfúrico libre, metales pesados, olor y color. La solución es filtrada en un filtro prensa. La pasta es separada y el líquido filtrado es sometido a un nuevo tratamiento de blanqueo con carbón activado. En el tanque de blanqueo final, el líquido es analizado para determinar ácido sulfúrico libre, metales pesados, olor y color. El ácido es ajustado a 80% y se le adiciona carbón. La filtración final es realizada en el mismo filtro prensa. El carbón es recuperado y el ácido láctico 80% grado comestible obtenido es enviado a un tanque forrado de vidrio para su venta en barriles de roble blanco revestidos con cera refinada.
- Los cristales de lactato de calcio 50% grado técnico y lactato de calcio 80% grado U.S.P. pueden ser empleados en la manufactura de ácido láctico 80% grado comestible y ácido láctico 80% grado U.S.P. Los cristales de lactato de calcio lavados, sin secar son diluidos con agua caliente en un tanque para formar una solución, la cual es transferida al tanque de conversión ácida en donde suficiente ácido sulfúrico es adicionado para convertir el lactato de calcio a ácido láctico y un precipitado de sulfato de calcio. Se filtra en un filtro a vacío. Se concentra a 82% en un evaporador ácido. Se transfiere a un tanque para tratamiento químico y blanqueo en donde se adiciona ferrocianuro de sodio para precipitar y eliminar metales pesados y carbón activado para blanqueo, se ajusta a 80%. Los precipitados son eliminados por filtración. El líquido filtrado es

sometido a nuevo tratamiento químico, blanqueo, filtración. El ácido láctico 80% grado comestible obtenido si se partió de lactato de calcio 50% grado técnico o bien el ácido láctico 80% grado -- U.S.P. obtenido si se partió del lactato de calcio 50% grado U.S.P. son enviados a sus respectivos tanques de almacenamiento forrados de vidrio para llenar los barriles de roble blanco forrados de cera refinada para su distribución y venta.

$C_{12}H_{22}O_{11}$	15.0 %
$CaCO_3$	10.0 %
$(NH_4)_2HPO_4$	0.26 %
$Ca(NO_3)_2$	0.20 %
$KH_2PO_4$	0.025 %
$MgSO_4$	0.025 %
$C_6H_8O_7$	0.10 %
KCl	0.024 %
$FeCl_3$	0.001 %
$H_2O$	74.365 %

CULTIVO DE LABORATORIO

*Lactobacillus delbrueckii*

f<sub>1</sub>

f<sub>2</sub>

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DEL MEDIO DE CULTIVO

FERMENTADOR  
CO<sub>2</sub>  
AGUA

DECANTADOR  
CAL HIDRATADA  
AGUA  
CaSO<sub>4</sub>

" DIAGRAMA DE FIUJO PARA LA PRODUCCION DE LACTATO DE CALCIO Y ACIDO LACTICO."

CARBÓN VEG. ACT.  
AYUDA FILTRO

EVAPORADOR

AGUA a 44 °C. (110° F)  
CARBÓN Veg. Act.  
AYUDA FILTRO.  
SULFURO DE SODIO.

TANQUE DE H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

CARBÓN VEG. ACT.  
FERROCIANURO DE SODIO.  
(AGUA)

TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACIDO LACTICO

ACIDO LACTICO G. TECNICO 50 %

ACIDO LACTICO GRADO COMESTIBLE 80 %

SECADOR  
LACTATO DE CALCIO G. TECNICO 50%  
LACTATO DE CALCIO G. U.S.P. 80%

EVAPORADOR ACIDO

CALDERA

PERMENTADORES  
DECANTADOR  
EVAPORADORES

TANQUE DE MALTA,  
CRISTALIZADORES,  
LAVADO DE FILTRO Y CENTRIFUGAS,  
AJUSTE DE ACIDO LACTICO.

AGUA

F. Linares

## CAPITULO III

## LOCALIZACION DE LA PLANTA.

La localización correcta de la Planta es tan importante para su - buen éxito como la selección de un buen proceso. A fin de determinar el sitio más adecuado para la localización de la planta industrial, se deben tener en cuenta los factores más importantes que intervienen en la instalación de una planta, así como los lugares de la República que parecen ser los más adecuados o que están siendo promovidos para esos - efectos de acuerdo a las políticas establecidas por el Plan Nacional de Desarrollo. Los diversos factores se pueden agrupar en:

- 1) Factores geográficos.
- 2) Factores Políticos.
- 3) Factores sociales
- 4) Factores económicos.

Cada uno tiene a su vez su propia subdivisión:

**Factores geográficos.**

- a) Comunicaciones.
- b) Climatología.
- c) Polvo y contaminación atmosférica.
- d) Desastres naturales.
- e) Agua.
- f) Desechos

**Factores políticos.**

- a) Aspectos Fiscales.
- b) Políticas federales y estatales.

**Factores sociales.**

- a) Población.
- b) Estudio de la población.
- c) Índice general de bienestar.

**Factores económicos.**

- a) Materias primas.
- b) Mercado.

- c) Agua.
- d) Mano de obra.
- e) Electricidad.
- f) Combustibles industriales.
- g) Huelgas.
- h) Transportes.
- i) Tarifas y transportes.

Haciendo un análisis de todos los factores antes mencionados se han seleccionado los siguientes por considerarse los más importantes para este tipo de industria.

**Factores geográficos.**

- 1) Comunicaciones.
- 2) Agua.

**Factores económicos.**

- 1) Materias primas.
- 2) Mercado.
- 3) Agua
- 4) Mano de obra.
- 5) Electricidad.
- 6) Combustibles.
- 7) Transportes.
- 8) Tarifas de Transportes.

Tomando en consideración los factores anteriores, el lugar más adecuado para la instalación de la planta será alguna de las zonas industriales de los siguientes Estados: Veracruz, Puebla, Edo. de México, Morelos, Querétaro, Hidalgo, San Luis Potosí.

**A) MATERIAS PRIMAS.**

- 1.- La mayor disponibilidad de Sacarosa y de buena calidad se encuentra en el Estado de Veracruz que es el mayor productor y en los Estados de Puebla y Morelos.
- 2.- Los principales fabricantes de Acido Sulfúrico se encuentran en el Distrito Federal; Edo. de México, Monterrey, N. L. y Minatitlán, Ver.
- 3.- Los compuestos integrantes del medio de cultivo, así como los agentes neutralizantes, precipitantes y clarificantes se --

encuentran disponibles en el Distrito Federal; Edo. de México, Monterrey, N. L., Puebla, Jalisco, Veracruz e Hidalgo en donde se localizan los principales fabricantes y/o distribuidores.

B) MERCADO.

1.- Los consumidores de Acido Láctico no pudieron ser precisados, pero, si la mayoría de los distribuidores está en el Distrito Federal, se considera pertinente que la planta esté lo más cerca de ese lugar.

LOCALIZACION.- La Zona Industrial de la Ciudad de Puebla, es altamente satisfactoria para la instalación de una Planta ya que cumple con los siguientes requisitos:

C) AGUA.

El abastecimiento de agua se encuentra disponible en gran cantidad y calidad.

D) MANO DE OBRA.

Cuenta con mano de obra adecuada y calificada para la operación - satisfactoria de las instalaciones, ya que existen otras empresas, las cuales han propiciado un adiestramiento en la población.

E) ELECTRICIDAD.

Se cuenta con energía eléctrica, que proviene del Sistema Malpaso de la Comisión Federal de Electricidad. Existe confiabilidad de la fuente.

F) COMBUSTIBLES.

No existiría problema, ya que está próxima la Planta de Minatitlán de Petróleos Mexicanos, y también se cuenta con el gasoducto que - está próximo a la zona industrial.

G) FACILIDAD DE TRANSPORTE.

Se cuenta con una buena infraestructura en las vías de comunicación, ya sea empleando carreteras o vías ferroviarias, que comunican a la región hacia cualquier punto de la República, lo cual es muy importante para la captación de materias primas y la distribución de producto terminado a los centros de consumo.

**H) SERVICIOS DE COMUNICACIONES.**

Se cuenta con servicios de correos, telégrafos, teléfonos y telex.

**I) TARIFAS DE TRANSPORTE**

Las que rigen en la región. Sin embargo si se considera unicamente el transporte, la ubicación intermedia puede ser ventajosa.

**J) ASPECTOS FISCALES**

Existen buenos incentivos federales y estatales y buenas políticas para el desarrollo regional, apoyos crediticios, estímulos fiscales.

**K) CONTROL AMBIENTAL**

Existen medios de disposición de desperdicios. No hay gran concentración industrial, pero existen leyes y especificaciones relacionadas con el control ambiental.

**L) FACTORES DE LA COMUNIDAD**

Ofrece buenos servicios, instalaciones, comodidades y atractivos, como son bancos, almacenes de depósito, hoteles, centros de cultura, bibliotecas, escuelas, universidades, teatros, cines, transportes, iglesias, servicios municipales en general, hospitales, médicos, servicios médicos de emergencia, restaurantes, instalaciones y actividades recreativas, centros deportivos, etc.

Esta serie de factores, así como los estímulos que determina el Ejecutivo Federal para el fomento a la desconcentración y desarrollo industrial, determinaron la localización de la planta.

## CAPITULO IV

## ANÁLISIS DEL MERCADO.

## MERCADO DEL PRODUCTO.

El Acido Láctico, ha mantenido una línea creciente de consumo en los últimos años, lo cual significa que el mercado de Acido Láctico en México se está desarrollando debido al aumento y diversificación de sus usos.

En México, el ácido láctico y sus sales se importan desde hace ya mucho tiempo, por lo que hasta la fecha el consumo de ácido láctico en el país, ha sido cubierto totalmente por producto de importación debido a que no se produce en México.

El Acido Láctico tiene bastante tiempo de encontrarse en el mercado internacional por lo cual supondremos que los principales consumidores del producto en el país lo han venido usando desde hace varios años y consideremos que el mercado nacional presenta una tendencia normal a incrementarse.

#### 4.1 OPERTA

##### 4.1.1 PRODUCCION DEL ACIDO LACTICO EN MEXICO.

En la actualidad no se conoce ningún proyecto para producir Acido Láctico en México, por lo que el consumo de éste producto, lo cubre totalmente la Importación.

##### 4.1.2 PRINCIPALES PAISES EXPORTADORES HACIA MEXICO ( 1970 - 1987 )

El Acido Láctico que se consume en México proviene principalmente de Brasil, Estados Unidos, Bélgica - Luxemburgo, República Federal de Alemania, España, Japón, Francia, etc.

El principal país del cual se importaba la mayor cantidad de ácido láctico era Brasil, donde se obtiene un producto de buena calidad y a buen precio debido a que es económicamente muy competitivo en calidad, como cantidad y precio. Sin embargo, durante los dos últimos años la mayor cantidad de ácido láctico la importamos de España y Estados Unidos.

También existe la ventaja de que Brasil pertenece al ALADI<sup>+</sup> y está exento del impuesto AD VALOREM que actualmente es del 10 %, lo cual - representa una ventaja considerable con respecto a los demás países.

En la tabla 4.1 se presentan los valores de las importaciones comparativas por producto país en los años ( 1970 - 1987 ).

El valor de estas importaciones incluye el precio del producto a - precios corrientes, fletes y seguro. Para conocer el precio del producto en plaza, tendríamos que agregar los costos relacionados con paso de - aduana, los impuestos de importación y los fletes que se requieren dentro del país.

<sup>+</sup> ALADI : Asociación Latinoamericana de Integración.  
Esta asociación surge entre países latinoamericanos exclusivamente, e inicia sus funciones en el año de 1980.

Su función es básicamente apoyar el intercambio - comercial entre países latinoamericanos liberándolos de los impuestos que requiera pagar un producto por ser de importación.

IMPORTACIONES COMPARATIVAS DE ACIDO LACTICO ( 1970 - 1987 ).

AÑOS PAIS	1970		1971		1972	
	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (PESOS)	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (PESOS)	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (PESOS)
ALEMANIA REPUBLICA FEDERAL	137,560	789,811	79,995	490,057	37,080	278,764
ARGENTINA .....	---	---	---	---	---	---
BELGICA - LUXEMBURGO ....	20,755	167,604	8,050	62,283	9,100	85,801
BRASIL .....	17,950	112,793	32,325	204,199	51,072	295,502
COLOMBIA .....	---	---	---	---	---	---
DINAMARCA .....	10,470	110,876	3,000	31,532	---	---
ECUADOR .....	---	---	---	---	---	---
ESPAÑA .....	---	---	---	---	---	---
ESTADOS UNIDOS .....	3,243	23,242	5,789	44,623	13,474	89,548
FRANCIA .....	20,853	195,229	17,355	168,862	24,268	157,302
IRIANDA .....	---	---	---	---	---	---
JAPON .....	450	3,838	1,125	8,381	---	---
PAISES BAJOS .....	19,250	132,295	14,000	96,300	7,350	55,194
REINO UNIDO .....	---	---	---	---	---	---
SUIZA .....	4	60	---	---	---	---
IMPORTACIONES AL INTERIOR	230,535	1,535,748	161,639	1,106,237	142,344	962,111
PERIMETROS LIBRES .....	---	---	---	---	2,134	19,663
T O T A L	230,535	1,535,748	161,639	1,106,237	144,478	981,774

FUENTE : ANUARIO ESTADISTICO DEL COMERCIO EXTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR  
 SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.

1 9 7 3		1 9 7 4		1 9 7 5		1 9 7 6	
<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>
12,460	123,821	12,636	179,118	5,740	116,592	8,960	180,671
---	---	---	---	---	---	---	---
8,103	86,444	3,500	52,572	1,890	41,440	1,930	48,293
85,546	538,495	92,707	775,436	126,699	1,582,463	247,424	4,226,121
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
145,514	1,367,789	97,188	1,161,707	113,024	1,608,854	50,464	971,769
24,619	160,583	23,009	149,230	6,260	109,135	1,500	38,438
120	1,618	120	1,509	---	---	150	5,118
1,200	9,000	---	---	---	---	---	---
7,350	55,545	2,690	20,473	4,760	91,364	---	---
4,192	26,138	---	---	2,100	46,850	---	---
---	---	---	---	200	5,533	---	---
289,104	2,369,433	231,850	2,340,045	260,673	3,602,231	310,428	5,470,410
13,092	91,175	3,723	28,301	8,756	111,438	11,952	265,913
---	---	---	---	---	---	---	---
302,196	2,460,608	235,573	2,368,346	269,429	3,713,669	322,380	5,736,323

FUENTE : ANUARIO ESTADISTICO DEL COMERCIO EXTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR  
 SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.

1 9 7 7		1 9 7 8		1 9 7 9		1 9 8 0	
<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO</u>
<u>(K.G.L.)</u>	<u>(PESOS)</u>	<u>(K.G.L.)</u>	<u>(PESOS)</u>	<u>(K.G.L.)</u>	<u>(PESOS)</u>	<u>(K.G.L.)</u>	<u>(PESOS)</u>
11,620	410,008	2,035	87,002	5,331	232,381	6,025	309,383
---	---	---	---	14,700	750,750	---	---
3,010	80,025	2,800	120,361	9,984	283,863	---	---
171,770	4,591,696	186,515	5,322,108	197,484	5,275,676	349,503	11,641,437
---	---	---	---	---	---	6,048	198,391
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	9,675	237,381	---	---	---	---
20,558	754,315	32,058	1,073,269	77,908	2,863,367	91,769	3,803,291
---	---	2,485	60,188	---	---	1	552
150	16,050	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	5,060	162,496
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
207,108	5,852,094	235,568	6,900,309	305,407	9,406,037	458,406	16,115,550
6,485	208,485	8,057	224,409	---	---	---	---
213,593	6,060,579	243,625	7,124,718	305,407	9,406,037	458,406	16,115,550

FUENTE : ANUARIO ESTADISTICO DEL COMERCIO EXTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR  
 SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.

1 9 8 1		1 9 8 2		1 9 8 3		1 9 8 4	
<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>	<u>CANTIDAD</u> <u>(K.G.L.)</u>	<u>PRECIO</u> <u>(PESOS)</u>
13,083	607,813	401	71,470	15,143	3,335,009	22,732	5,748,939
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	750	204,227	5,040	830,117	31,459	8,028,143
260,381	10,328,870	286,688	22,249,698	273,355	45,445,306	362,924	83,911,585
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	975	143,480	---	---
2	370	19,002	1,256,070	21,650	3,179,272	58,068	10,521,343
166,291	8,113,979	220,385	23,671,677	332,269	88,788,401	343,751	138,733,971
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
16,100	695,346	128,800	11,458,434	---	---	---	---
1	373	600	107,365	7,910	1,374,596	31,521	8,076,113
---	---	---	---	1,840	411,213	18,287	3,595,579
400	35,628	---	---	---	---	907	628,595
456,258	19,782,379	656,626	59,018,941	658,182	143,507,390	868,649	259,244,268
---	---	---	---	---	---	---	---
456,258	19,782,379	656,626	59,018,941	658,182	143,507,390	868,649	259,244,268

FUENTE : ANUARIO ESTADISTICO DEL COMERCIO EXTERIOR DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
 INSTITUTO MEXICANO DE COMERCIO EXTERIOR  
 SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO.

AÑOS PAIS	1985		1986		1987	
	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (DOLARES)	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (DOLARES)	CANTIDAD (K.G.L.)	PRECIO (DOLARES)
ALEMANIA REPUBLICA FEDERAL	33,316	47,014	12,041	20,089	---	---
ARGENTINA.....	---	---	---	---	---	---
BELGICA - LUXEMBURGO.....	173,720	256,695	146,370	215,331	5,082	7,289
BRASIL .....	220,323	277,146	80,618	102,507	165,414	219,680
COLOMBIA .....	---	---	---	---	---	---
DINAMARCA .....	---	---	---	---	9,802	13,091
ECUADOR .....	---	---	---	---	---	---
ESPAÑA .....	52,503	46,055	215,000	273,581	331,266	462,887
ESTADOS UNIDOS .....	258,472	623,609	140,467	261,368	300,424	522,144
FRANCIA .....	---	---	2	13	9,079	25,039
IRLANDA .....	---	---	---	---	---	---
ITALIA .....	450	64,768	---	---	545	2,596
JAPON .....	34,000	80,475	---	---	---	---
PAISES BAJOS .....	17,340	22,749	---	---	62,950	87,812
REINO UNIDO .....	---	---	36,790	47,879	2,087	4,875
SUIZA .....	2,350	8,608	1,550	7,202	1,997	10,733
IMPORTACIONES AL INTERIOR	792,473	1'427,119	632,838	927,970	888,646	1'356,146
PERIMETROS LIBRES	16,322	35,382	---	---	---	---
TOTAL	808,795	1'427,119	632,838	927,970	888,646	1'356,146

FUENTE : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA SECTORIAL E INFORMATICA  
SISTEMA DE ESTADISTICAS DE COMERCIO EXTERIOR.- INFORMACION DE IMPORTACIONES.

#### 4.1.3 PRINCIPALES FUENTES DE ABASTECIMIENTO EN MEXICO.

El Acido Láctico se vende en México a través de una extensa red de distribuidores. Por ser un producto de importación, en México se encuentran, representantes o filiales de compañías extranjeras que lo producen y a través de estas, lo expenden en México, y otras simplemente son distribuidores nacionales.

Los principales distribuidores nacionales de ácido láctico son:

- a) Alquimia Mexicana, S. de R.L.
- b) Cámara Suárez, S. A.
- c) Centro Químico, S. A.
- d) Compañía Química Anglo Mexicana, S. A.
- e) Dr. José Polak, S. A.
- f) Drogas y Productos Químicos, S. A.
- g) Equipar, S. A.
- h) Fran Química, S. A. de C. V.
- i) Helm de México, S. A.
- j) J. T. Baker, S. A. de C. V.
- k) Metalo Química Mexicana, S. A.
- l) Mexicana de Alcaloides, S. A.
- ll) Monsanto Comercial, S. A.
- m) Nutriquín, S. A. de C. V.
- n) Probaínd de México, S. A.
- ñ) Prove - Quím, S. A. de C. V.
- o) Química Farmaceutica Latina, S. A.
- p) Rhone - Poulnc Pharma de México, S. A. de C. V.
- q) Técnica Química, S. A.

#### 4.1.4 ASPECTOS LEGALES.

En principio el Acido Láctico se importaba a través de cuatro fracciones arancelarias, las cuales se especifican a continuación:

FRACCION ARANCELARIA.	SUSTANCIA.
29.16.A.002	Acido Láctico grado Técnico del 22 al 44%
29.16.A.003	Acido Láctico grado Plástico del 50 al 80%
29.16.A.004	Acido Láctico grado Comestible del 50 al 88%
29.16.A.005	Acido Láctico grado U.S.P. del 85 al 90%

Debido a que el Acido Láctico ha sido un producto netamente de importación a continuación se mencionan los aspectos legales que se requieren para su importación y comercialización en el interior del país.

Desde 1972 aparece registrado unicamente con la fracción arancelaria 29.16.A.0002 según la Tarifa del Impuesto General de Importación y - actualmente dicha fracción fija los derechos aduanales como sigue:

- No existe Precio Oficial por Kilogramo para el Acido Láctico. Sin embargo, el precio que rige actualmente en el Mercado es \$ 5,346.0
- El Impuesto AD VALOREM que actualmente es el 10 % sobre el Precio Oficial y que afecta directamente al Valor de Factura.

NOTA. Este valor ( Ad Valorem ) es válido siempre y cuando el valor del kilogramo no exceda el precio señalado como máximo. En caso contrario se pagará el 10 % sobre el valor de factura.

- El Impuesto a la Importación del 2 % sobre el valor base del impuesto general, según el apartado I.B. del Artículo 35, Capítulo Primero, Título Tercero, Impuesto al Comercio Exterior, de la Ley Aduanera y Disposiciones Complementarias de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público de 1982.
- El Impuesto Adicional del 3 % sobre el Impuesto General, según el apartado I.D. del Artículo 35, Capítulo Primero, Título Tercero, - Impuestos al Comercio Exterior, de la Ley Aduanera y Disposiciones Complementarias de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público de 1982.
- Además se deberá aplicar el Impuesto al Valor Agregado ( I.V.A. ) - que actualmente es de 15 %, aplicable al valor de factura, más el impuesto Ad Valorem, más el impuesto a la importación, más el impuesto adicional; según decreto del Diario Oficial del 1º de enero de 1980.

Es importante mencionar que para la importación de Acido Láctico, existe la exención que consiste en la liberación de permiso ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial ( SECOFI ), según el decreto del Diario Oficial del 26 de Diciembre de 1983.

Aunque es necesario cubrir el requisito de obtener y presentar el documento de solicitud, mencionando la exención del permiso SECOFI y el tipo de cambio controlado.

Además los países afiliados al AIADI, están exentos del Impuesto - Ad Valorem, debido al convenio de apoyo comercial entre los gobiernos de los países Iatinoamericanos el cual surge a partir de 1980.

#### 4.2 DEMANDA.

##### 4.2.1 CONSUMO NACIONAL ( 1970 - 1987 ).

Para determinar la tendencia de la demanda en el futuro, en base a los consumos anteriores se procedió a determinar la demanda nacional en base a los años anteriores:

$$\text{DEMANDA NACIONAL} = \text{PRODUCCION NACIONAL} + \text{IMPORTACION} - \text{EXPORTACION}$$

$$\text{De la ecuación anterior:} \quad \text{PRODUCCION NACIONAL} = 0$$

$$\text{EXPORTACION} = 0$$

Por lo tanto:

$$\text{DEMANDA NACIONAL} = \text{IMPORTACION}$$

##### 4.2.2 IMPORTACION DE ACIDO LACTICO EN MEXICO.

A continuación se presentan los datos de importación de Acido Láctico en el periodo ( 1970 - 1987 ).

AÑO	KILOGRAMOS LEGALES ( CONSUMO ANUAL )	VALOR EN PESOS	PRECIO UNITARIO ( PESOS/Kg. )
1970	230,535	1'535,748	6.66
1971	161,639	1'106,237	6.84
1972	144,478	981,774	6.79
1973	302,196	2'460,608	8.14
1974	235,573	2'368,346	10.05
1975	269,429	3'713,669	13.78
1976	322,380	5'736,323	17.79
1977	213,593	6'060,579	28.37
1978	243,625	7'124,718	29.24
1979	305,407	9'406,037	30.79
1980	458,406	16'115,550	35.15
1981	456,258	19'782,379	43.35
1982	656,626	59'018,941	89.88
1983	658,182	143'507,390	218.03
1984	868,649	259'244,268	298.44
1985	808,795	366'709,501	453.40
1986	632,838	567'317,150	896.46
1987	888,646	1,870'998,556	2,105.44

(+) Las necesidades del país para el año de 1987 se estimaron en alrededor de 888.646 Toneladas, en base a los datos de importaciones que se tienen registrados oficialmente en el período de enero a agosto de 1987 en la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial ( SECOFI ).

### Simbología:

- K.G.L.** Kilogramo Legal : Corresponde al precio de la mercancía, incluyendo el envase en el cual venga acondicionado.
- K.G.B.** Kilogramo Bruto : Corresponde al peso de la mercancía, - incluyendo su envase en el cual venga acondicionado, así como los desperdicios utilizados para la estiba.
- T.C.** Tipo de Cambio : Pesos/Dolares

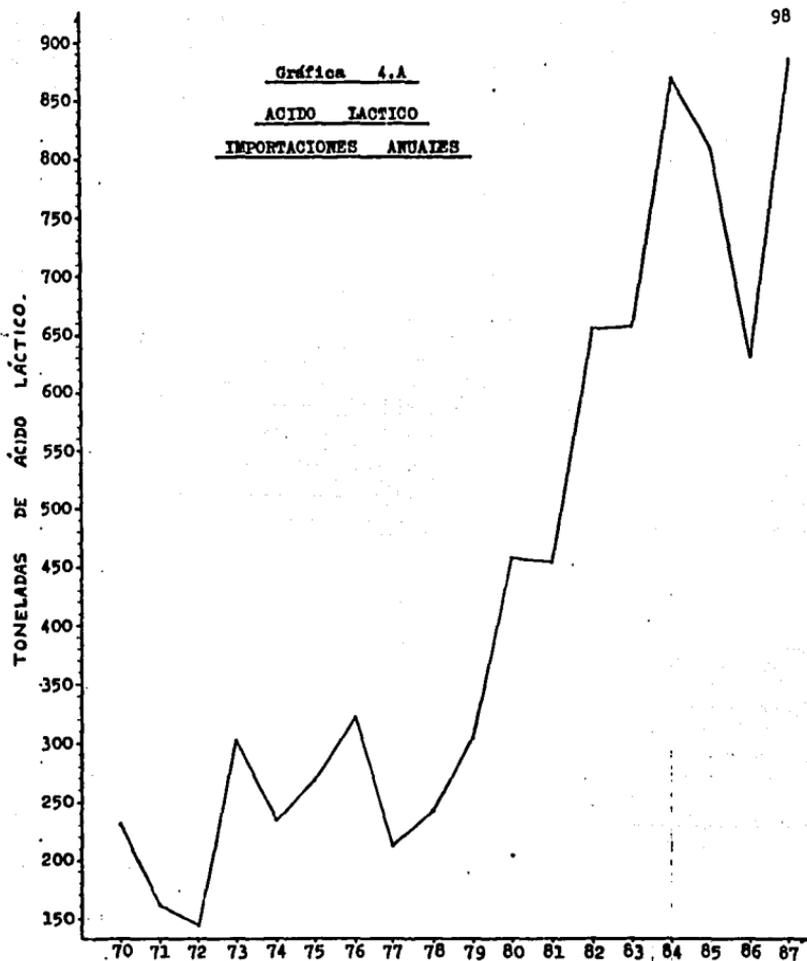
### TIPO DE CAMBIO

AÑO	PESOS POR DOLAR ( MERCADO )		PESOS POR DOLAR ( CONTROLADO )		% DE DISMINUCION DEL VALOR DEL PESO EN RELACION AL DOLAR.
	FIN DE PERIODO	PROMEDIO DEL PERIODO	FIN DE PERIODO	PROMEDIO DEL PERIODO	
1975	12.490625	12.490625	-	-	-
1976	19.9500	15.4442	-	-	23.6
1977	22.2363	22.5790	-	-	46.2
1978	22.7243	22.7670	-	-	0.8
1979	22.8025	22.8054	-	-	0.2
1980	23.2561	22.9511	-	-	0.6
1981	26.2289	24.5140	-	-	6.8
1982	148.5000	57.1757	96.4800	57.4431	134.3
1983	161.3500	150.2942	143.9300	120.1675	109.2
1984	209.9700	185.1890	192.5600	167.7697	39.6
1985	447.5000	310.2784	371.5000	256.9579	53.16
1986	915.0000	637.8754	923.0000	611.3529	137.91
1987	2242.50	1,203.4972	1,701.65	1,057.1391	

FUENTE : BANCO DE MEXICO. " Indicadores de Comercio Exterior " Dirección de Investigación Económica.

\* A noviembre 1987

En la Gráfica 4.A se presentan las Importaciones Anuales, para el período ( 1970 - 1987 )



FUENTE: Anuario Estadístico del Comercio Exterior  
de los Estados Unidos Mexicanos.  
Dirección General de Estadística Sectorial e Informática.

#### 4.2.3 LOCALIZACION DE LOS CONSUMIDORES.

Las principales empresas consumidoras de Ácido Láctico no fue posible localizarlas, ya que, mientras las fracciones arancelarias se encuentran liberadas, la importación se efectúa libremente y solo se registra la cantidad en la aduana, sin importar el consumidor.

Para conocer quien importa una sustancia, es necesario someter al requisito de previo permiso de importación a la fracción arancelaria, cosa que es imposible, ya que no existe productor nacional.

#### 4.2.4 DISTRIBUIDORES POR ZONA ECONOMICA.

Debido principalmente a los diferentes usos del Ácido Láctico, existen algunos Estados de la República, en donde lo consumen debido principalmente al desarrollo económico que en estas zonas existe y por lo tanto es ahí donde se encuentran a los distribuidores.

ESTADOS DE LA REPUBLICA	ZONA ECONOMICA
1.- México ( Area Metropolitana )	Centro
2.- Jalisco	Occidente
3.- Nuevo Leon	Noreste
4.- Puebla	Centro
5.- Guanajuato	Centro - Bajío

#### 4.3 ESTRUCTURA DE PRECIOS.

Debido a la situación económica del país en los últimos 10 años, en los cuales han existido medidas de ajuste con respecto a la paridad cambiaria como sucedió en 1976 y 1982, el auge económico orientado hacia el desarrollo petrolero en los años de 1977 a 1980 y la crisis económica actual, el gobierno federal se ha obligado a modificar sus medidas de política económica para tratar de substituir importaciones evitando así la fuga de divisas y fortalecer el desarrollo económico nacional.

Considerando las condiciones económicas antes mencionadas, es importante realizar un estudio del comportamiento de precios durante este período. A continuación se presente la estructura de precios y sus fluctuaciones ocasionadas directamente por factores económicos.

## 4.3.1 PRECIO PROMEDIO ANUAL DE IMPORTACION ( 1970 - 1987 ).

Los precios que se presentan a continuación son estimados, fueron obtenidos de datos estadísticos y resultan de dividir el valor anual de importación entre la cantidad anual importada en kilogramos.

Los datos fueron obtenidos del Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos y de la Dirección General de Estadística Sectorial e Informática.

<u>AÑO</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u> <u>( Pesos/Kg. )</u>
1970	6.66
1971	6.84
1972	6.79
1973	8.14
1974	10.05
1975	13.78
1976	17.79
1977	28.37
1978	29.24
1979	30.79
1980	35.15
1981	43.35
1982	89.88
1983	218.03
1984	298.44
1985	453.40
1986	896.46
1987	2,105.44

Los precios unitarios anteriores, son precios calculados en frontera; - antes del paso de aduana, sin haberse incluido impuestos de importación, costos de transportación ni costos indirectos ( Precio al Exterior ).

Debemos considerar que los precios son de dos tipos:

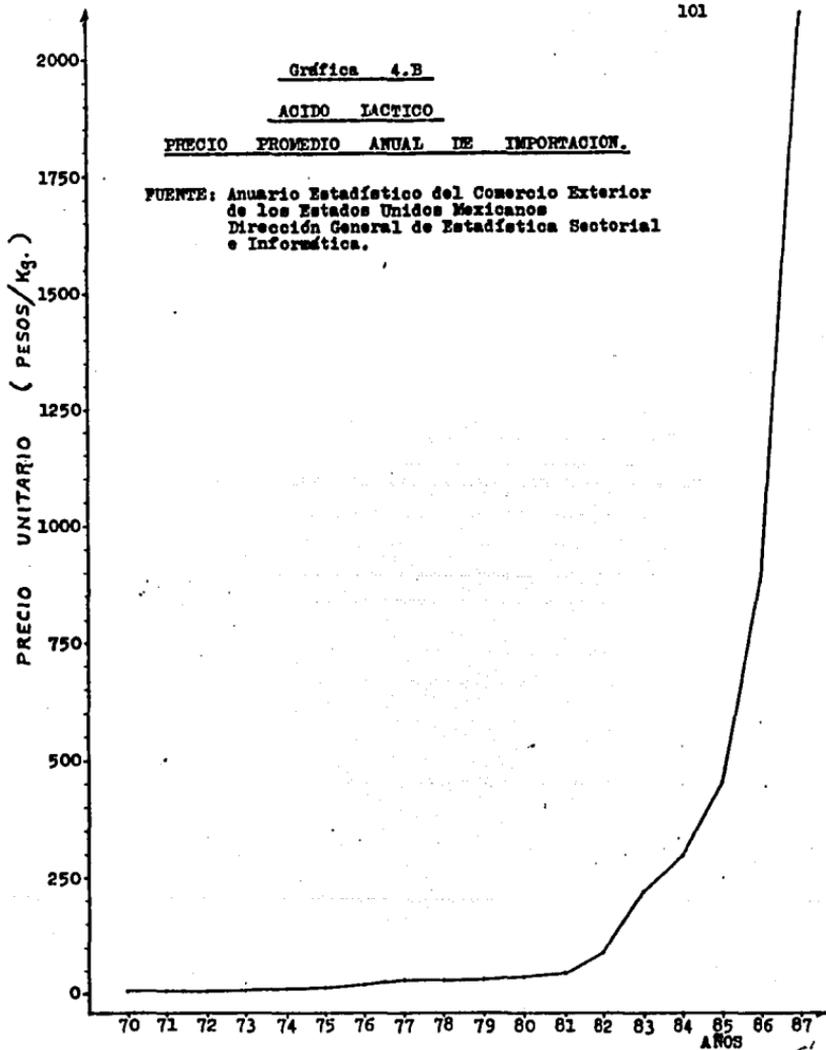
- a) Al Exterior : Precio de Venta Neto.
- b) Al Interior : Precio de Venta Bruta más Costos de Importación más Costos Indirectos = Precio de Venta.

Es de vital importancia considerar los dos precios para posteriormente compararlos con el precio de venta nacional que nuestro estudio - nos defina y conocer la rentabilidad del proyecto.

En la Gráfica 4.B se presentan los precios promedio anual de importación para el período ( 1970 - 1987 ).

Gráfica 4.BACIDO LACTICOPRECIO PROMEDIO ANUAL DE IMPORTACION.

FUENTE: Anuario Estadístico del Comercio Exterior  
de los Estados Unidos Mexicanos  
Dirección General de Estadística Sectorial  
e Informática.



## 4.3.2 VALOR DE IMPORTACIONES ANUALES ( 1970 - 1987 ).

Es importante conocer el valor de importaciones anuales durante - los últimos años y observar el incremento que han sufrido los valores de importación de Acido Láctico.

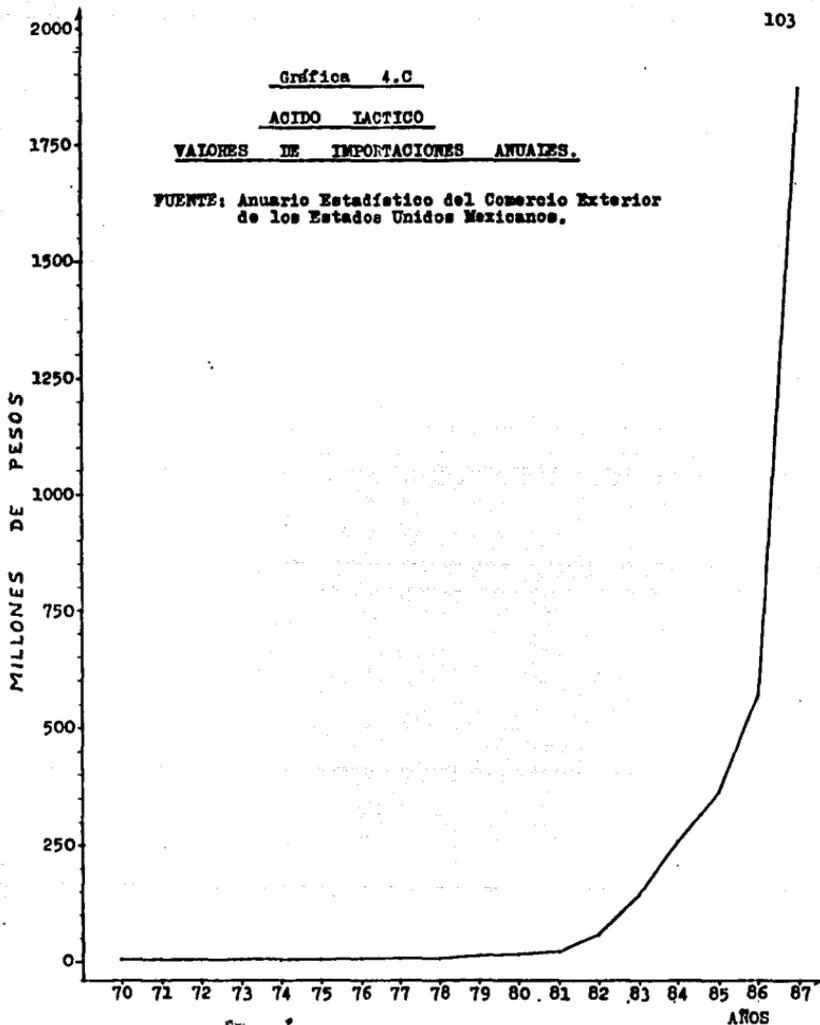
Los valores que se presentan a continuación son estadísticos y fueron obtenidos del Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos y de la Dirección General de Estadística Sectorial e Informática.

<u>AÑO</u>	<u>VALOR DE IMPORTACIONES EN PESOS.</u>
1970	1'535,748
1971	1'106,237
1972	981,774
1973	2'460,608
1974	2'368,346
1975	3'713,669
1976	5'736,323
1977	6'060,579
1978	7'124,718
1979	9'406,037
1980	16'115,550
1981	19'782,379
1982	59'018,941
1983	143'507,394
1984	259'244,268
1985	366'709,501
1986	567'317,150
1987	1'870'998,556

En la Gráfica 4.C se presenta el valor de importaciones anuales.

Gráfica 4.CACIDO LACTICOVALORES DE IMPORTACIONES ANUALES.

FUENTE: Anuario Estadístico del Comercio Exterior  
de los Estados Unidos Mexicanos.



#### 4.3.3 PRECIO PROMEDIO ANUAL NACIONAL ( 1970 - 1987 ).

Durante el transcurso de los últimos años han existido variaciones en el precio del Acido Láctico. Para cada uno de los años se consideró la media, la cual se obtuvo a partir de la suma mensual de precios durante ese año y se dividió entre el número de meses.

A continuación se presentan los precios promedio nacionales durante los últimos años.

<u>AÑO</u>	<u>PRECIO PROMEDIO ANUAL NACIONAL ( PESOS / Kg. )</u>
1970	8.80
1971	9.43
1972	10.49
1973	17.35
1974	19.92
1975	25.02
1976	34.91
1977	35.10
1978	37.10
1979	45.08
1980	54.11
1981	71.19
1982	268.33
1983	650.95
1984	870.65
1985	1,353.64
1986	2,676.40
1987	5,971.00

En la Gráfica 4.D se presenta el precio promedio anual nacional para los años ( 1970 - 1987 ).

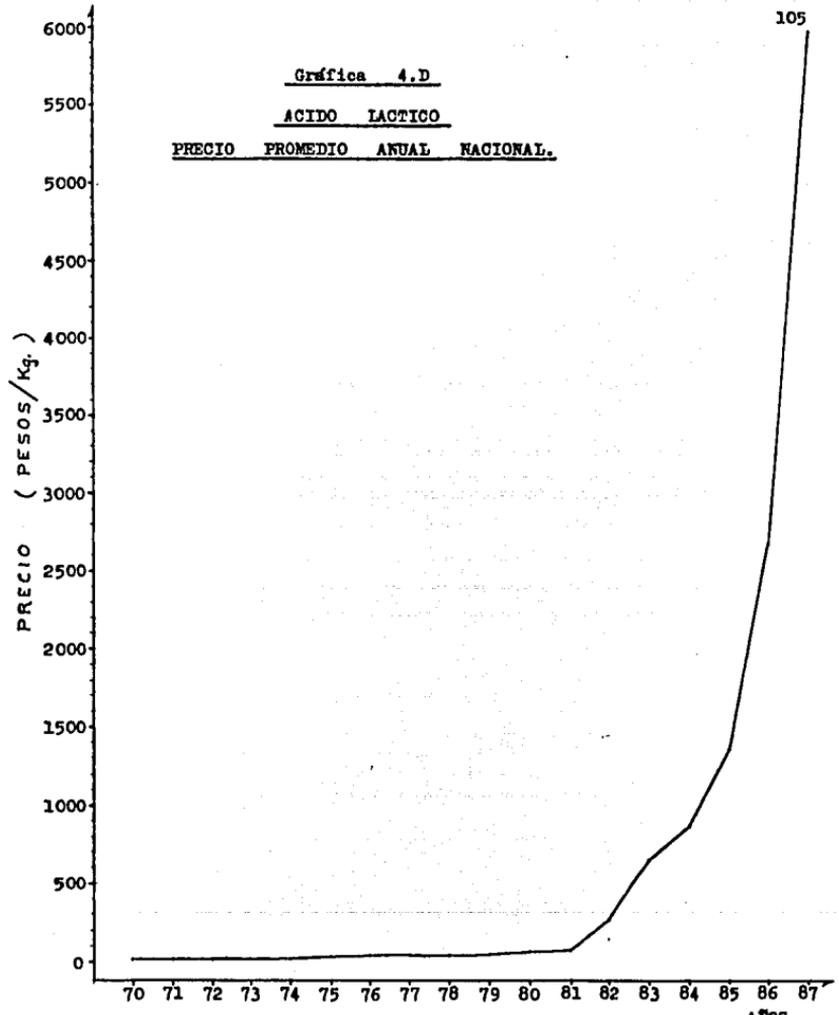
#### 4.3.4 PRECIO DE MERCADO NACIONAL.

Debido a que el Acido Láctico es un producto netamente de importación, el precio del mercado nacional ha tenido fluctuaciones considerables, ya que el precio lo fijan tanto la oferta como la demanda del producto, así como la existencia en el mercado nacional del mismo y el tipo de cambio. El precio del Acido Láctico proporcionado por los distribuidores para el mercado nacional a Octubre de 1987 es de \$ 5,346.00/Kg.

Gráfica 4.D

ACIDO LACTICO

PRECIO PROMEDIO ANUAL NACIONAL.



FUENTE: Distribuidores Nacionales de Acido Láctico.

*est*

#### 4.3.5 PRECIO DEL ACIDO LACTICO EN EL MERCADO INTERNACIONAL.

En el mercado de los Estados Unidos de Norteamérica el precio de - lista del Acido Láctico es:

	DOLARES/lb.	PESOS/Kg.
Acido Láctico, Grado Alimenticio 88 % :	1.06	3,818.88
Acido Láctico, Grado Alimenticio 50 % :	0.62	2,233.68
Acido Láctico, Grado Técnico 88 % :	1.03	3,710.80
Acido Láctico, Grado Técnico 50 % :	0.62	2,233.68

COTIZACIONES DEL MERCADO INTERNO DE LOS E.U.A. OBTENIDAS DEL OIL, PAINT AND DRUG REPORTER del 30 de Octubre de 1987.

Según las estadísticas, el precio promedio del país mayor exportador de Acido Láctico hacia México al mes de Agosto de 1987, fue de - \$ 2,292.64 por Kilogramo procedente de España.

#### 4.4 COMERCIALIZACION DEL PRODUCTO.

La forma más común de comercializar la venta del producto es por medio de anuncios en los periódicos nacionales de gran tiraje, publicaciones periódicas, e inclusive por cartas dirigidas a los principales consumidores y en esta forma dar a conocer la existencia y disponibilidad del Acido Láctico.

#### 4.5 PRESENTACION DEL PRODUCTO.

Debido a que el Acido Láctico se presenta en su forma física como un líquido, inodoro, generalmente su forma de presentación es por medio de porrones generalmente de 50 Kg.

En ocasiones cuando se maneja en grandes cantidades se distribuye a granel por medio de carros tanque o en carros ferrocarril.

La forma de presentación del Acido Láctico grado reactivo es comúnmente en frascos de plástico de 1 Kg.

#### 4.6 FIETES.

Existen diferentes formas de manejar el Acido Láctico dependiendo de su procedencia o lugar de origen.

Generalmente del país productor hacia México se maneja y distribuye por medio de barcos mercantes que arriban a los principales puertos del país como son Veracruz, Coatzacoalcos, Tampico, Salina Cruz y Mazatlán, - de donde se distribuye al interior del país utilizando camiones o carros de ferrocarril para transportarlo hacia los distribuidores del producto o a los consumidores directos.

#### 4.7 DISPONIBILIDAD Y PRECIO DE MATERIAS PRIMAS.

Las materias primas que se utilizan en la fabricación del Acido Láctico en el proceso seleccionado y los precios de las mismas al mes de -- Octubre de 1987 se presentan a continuación:

<u>MATERIA PRIMA</u>	<u>PRECIO ( PESOS / Kg. )</u>
- Sacarosa	485.00
- Carbonato de Calcio	661.00
- Fosfato Diamónico.	830.00
- Nitrato de Calcio	1,578.00
- Fosfato Monopotásico	5,579.00
- Sulfato de Magnesio	347.50
- Acido Cítrico	2,146.00
- Cloruro de Potasio	592.00
- Cloruro Férrico	2,247.50
- Agua de Consumo ( 10 % )	6,000.00/bimestre
- Agua de Recuperación ( 90 % )	- - -
- Hidróxido de Calcio	58.00
- Acido Sulfúrico	177.00
- Carbón Activado	2,066.00
- Ayuda Filtro	2,041.00
- Ferrocianuro de Sodio	4,695.00
- Sulfuro de Sodio	708.00

## 4.7.1 PRINCIPALES FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE MATERIAS PRIMAS.

Los fabricantes y distribuidores de las materias primas que son - utilizadas en el proceso para la fabricación de Acido Láctico se presentan a continuación:

<u>MATERIA PRIMA</u>	<u>FABRICANTE Y/O DISTRIBUIDOR</u>
Sacarosa	Ingenios Azucareros. (+) AZUCAR, S. A. (&)
Carbonato de Calcio	Actual Química, S. A. (&) Cámara - Suárez, S. A. (&) Centro Químico, S. A. (&) Comercial Tropical, S. A. (&) Compañía Manufacturera Atzacapotzalco, S.A.(+) CO <sub>2</sub> de México, S. A. (+) Dr. José Polak, S. A. (&) González Cano y Compañía, S. A. (&) Helm de México, S. A. (&) Intertrade, S. A. (&) J. T. Baker, S. A. de C. V. (&) Liquid Carbonic de México, S. A. (i) Materias Primas, S. A. (&) Merk - México, S. A. (&) Pintuquimia, S. A. (&) Productos Químicos Mardupol, S. A. (&) Productos Químicos Monterrey, S. A. (+) Prove - Quim, S. A. de C. V. (&) Química Colfer, S. A. de C. V. (+) Química Delta, S. A. (&) Química Nova, S. A. (&) Quimivan, S. A. de C. V. (&) Sibramex, S. A. (&) Sierra Talc, S. A. (+) Solventes y Productos Químicos, S. A. (&) Ventas Técnicas, S. A. (&) Watson Phillips y Cía. Suc., S. A. (&)
Fosfato Diamónico	Fertilizantes Mexicanos, S. A. (+) Productos Químicos Mardupol, S. A. (&) Prove - Quim, S. A. de C. V. (&) Química Foliar, S. A. (+) Sibramex, S. A. (&) Síntesis Industriales, S. A. (+)
Hidróxido de Calcio	Catalizadora Industrial, S. A. (+) J. T. Baker, S. A. de C. V. (&) Productos Darex, S. A. de C. V. (+) Productos Químicos Mardupol, S. A. (&) Química del Mar, S. A. (+) Química Nova, S. A. (&) Rey - Mol, S. A. de C. V. (i) Sosa Texocco, S. A. (i) Centro Químico, S. A. (&) Productos Químicos Monterrey, S. A. (&) Prove - Quim, S. A. de C. V. (&)

## Acido Sulfúrico

Alkamex, S. A. (+)  
 Azufre Panamericana, S. A. (+)  
 Basf Mexicana, S. A. (&)  
 Bolaños y Gardea, S. A. (&)  
 Cámara - Suárez, S. A. (&)  
 Celulosa y Derivados, S. A. (i)  
 Centro Químico, S. A. (&)  
 Comisión de Fomento Minero, S. A. (+)  
 Fábrica Nacional de Explosivos, S. A. (+)  
 Fenouimia, S. A. (i)  
 Fertilizantes Mexicanos, S. A. (i)  
 Hexaquimia, S. A. (&)  
 Incamex, S. A. (+)  
 Industria Minera México, S. A. (+)  
 Industrias Peñoles, S. A. de C. V. (i)  
 Industrias Químicas de México, S. A. (i)  
 Industrias Resistol, S. A. (i)  
 Infraquímica Mexicana, S. A. (&)  
 José Manuel Conde Soto (&)  
 J. T. Baker, S. A. de C. V. (&)  
 Magnesio, S. A. (+)  
 Materias Primas, S. A. (&)  
 Merk - México, S. A. (&)  
 Metales y Minerales Asociados de México, S.A.  
 Mexicana de Zinc, S. A. (+) (&)  
 Montedison de México, S. A. (&)  
 Olin Química, S. A. de C. V. (&)  
 Productora Química Mexicana, S. A. (&)  
 Productos Químicos Monterrey, S. A. (&)  
 Proquiba Internacional, S. A. de C. V. (&)  
 Prove - Quim, S. A. de C. V. (&)  
 Química Delta, S. A. (&)  
 Química Fluor, S. A. (+)  
 Química Hoechst de México, S. A. (&)  
 Química Nobleza, S. A. (+)  
 Quimivan, S. A. de C. V. (&)  
 Reactivos Químicos de México, S. A. de C.V.  
 Sibraxem, S. A. (&) (+)  
 Soller, S. A. (&)  
 Técnica Química, S. A. (&)  
 Univex, S. A. (&)  
 William Young & Co., S. A. (&)

## Ferrocianuro de Sodio

Helm de México, S. A. (&)  
 J. T. Baker, S. A. de C. V. (+)  
 Metal-Química Mexicana, S. A. (&)  
 Productos Químicos Mardupol, S. A. (&)  
 Productos Químicos Monterrey, S. A. (+)  
 Técnica Química, S. A. (+)

**Sulfuro de Sodio**

Basf Mexicana, S. A. (&  
 Cámara Suárez, S. A. (&  
 Compañía Mexicana Francolor, S. A. de C.V. (&  
 Fertilizantes Mexicanos, S. A. (+)  
 Helm de México. S. A. (&  
 ICC Mexicana, S. A. (&  
 José Manuel Conde Soto (&  
 J. T. Baker, S. A. de C. V. (&  
 Materias Químicas de México, S. A. (&  
 Productos Químicos Básicos, S. A. de C.V. (&  
 Productos Químicos e Industriales del Bajío,  
 Productos Químicos Mardupol, S. A. (&)/S.A. (&  
 Productos Químicos Monterrey, S. A. (i)  
 Prove - Quím, S. A. de C. V. (&  
 Sibramex, S. A. (&

**Carbón Activado**

Atlas de México, S. A. (&  
 Bayer de México, S. A. (&  
 Cámara Suárez, S. A. (&  
 Clarifiltrales Mexicanos, S. A. (i)  
 ICI de México, S. A. de C. V. (&  
 Industrias Neptuno, S. A. (&  
 Materias Primas, S. A. (&  
 Metal - Química Mexicana, S. A. (&  
 Oxyl Metal Industrias México, S. A. de C. V.  
 Polifos, S. A. de C. V. (i) / (&  
 Productos Químicos Mardupol, S. A. (&  
 Proquiba Internacional, S. A. de C. V. (&  
 Prove - Quím, S. A. de C. V. (&  
 Proveedores Técnicos, S. A. de C. V. (&  
 Química Delta, S. A. (&  
 Química Nova, S. A. (&  
 Química Sumex, S. A. de C. V. (&  
 Solventes y Productos Químicos, S. A. (&  
 Watson Phillips y Cía. Suc., S. A. (&

**Ayuda Filtro**

Basf Mexicana, S. A. (&

**NOTA :**

- (+) Tiene producto disponible de origen nacional.
- (&) Tiene producto disponible de importación.
- (i) Tiene producto disponible tanto nacional como de importación.

**FUENTE :**

ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA ( A.N.I.Q. )  
 " Directorio de Empresas, Productos Servicios y Distribuidores  
 de la Industria Química Mexicana" 1984 - 1985 Décima Edición.

## CAPITULO V

## DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA.

5.1 PROYECCION DE LA DEMANDA NACIONAL.

La capacidad de la planta se deberá determinar tomando en cuenta, - como base fundamental, el volumen de las importaciones que se han venido haciendo de este producto durante los últimos años, las cuales representan la demanda nacional de Acido Láctico ya que éste no se produce en - México hasta la fecha y todo lo que se consume es de procedencia extranjera. Se hará una estimación de la demanda a futuro.

Debido a que el presente estudio tiene como objeto cubrir la totalidad de las necesidades de consumo de Acide Láctico en el país, se tomaron en cuenta el 100 % de las importaciones. La proyección se hizo para el año de 1998 suponiendo que la planta entraría en operaciones con 100 % de capacidad en ese año, lo cual satisficaría la demanda.

## 5.1.1 Método de Mínimos Cuadrados.

Se emplea el método de los Mínimos Cuadrados para determinar la - tendencia que representa el consumo de Acido Láctico en los años anteriores; para hacer las proyecciones de la demanda a futuro.

Para ajustar una recta de mínimos cuadrados a los datos de importación utilizando  $x$  como variable independiente, se empleará la siguiente ecuación de la recta.

$$y_c = a + b x \quad \dots\dots\dots(14)$$

donde  $y_c$  son toneladas legales;  $x$  son los años. Las constantes de - proporcionalidad  $a$  y  $b$  se determinan mediante el sistema de ecuaciones.

$$\sum y_c = aN + b\sum x \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$\sum xy_c = a\sum x + b\sum x^2 \quad \dots\dots\dots(16)$$

que son las llamadas ecuaciones normales para la recta de mínimos cuadrados.

Las constantes  $a$  y  $b$  pueden obtenerse del sistema de ecuaciones anterior, dando como resultado las siguientes fórmulas.

$$a = \frac{(\sum y_c)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy_c)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots (17)$$

$$b = \frac{N \sum xy_c - (\sum x)(\sum y_c)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \dots (18)$$

Cálculo de las sumas:

AÑO	PRODUCCION (Ton./Año)				
x	y <sub>c</sub>	x <sup>2</sup>	xy <sub>c</sub>		
1979	1	305.407	1	305.407	∑ x = 45
1980	2	458.406	4	916.812	(∑ x) <sup>2</sup> = 2,025
1981	3	456.257	9	1,368.771	∑ y <sub>c</sub> = 5,733.8065
1982	4	656.626	16	2,626.504	∑ x <sup>2</sup> = 285
1983	5	658.182	25	3,290.910	∑ xy <sub>c</sub> = 32,442.385
1984	6	868.649	36	5,211.894	
1985	7	808.795	49	5,661.565	
1986	8	632.838	64	5,062.704	
1987	9	888.64647	81	7,997.8182	
	45	5,733.8065	285	32,442.385	

Sustituyendo los valores correspondientes de las sumas en las ecuaciones (17) y (18) se obtiene:

$$a = \frac{(5,733.8065)(285) - (45)(32,442.385)}{9(285) - 2,025} = 322.64357$$

$$b = \frac{(9)(32,442.385) - (45)(5,733.8065)}{9(285) - 2,025} = 62.889208$$

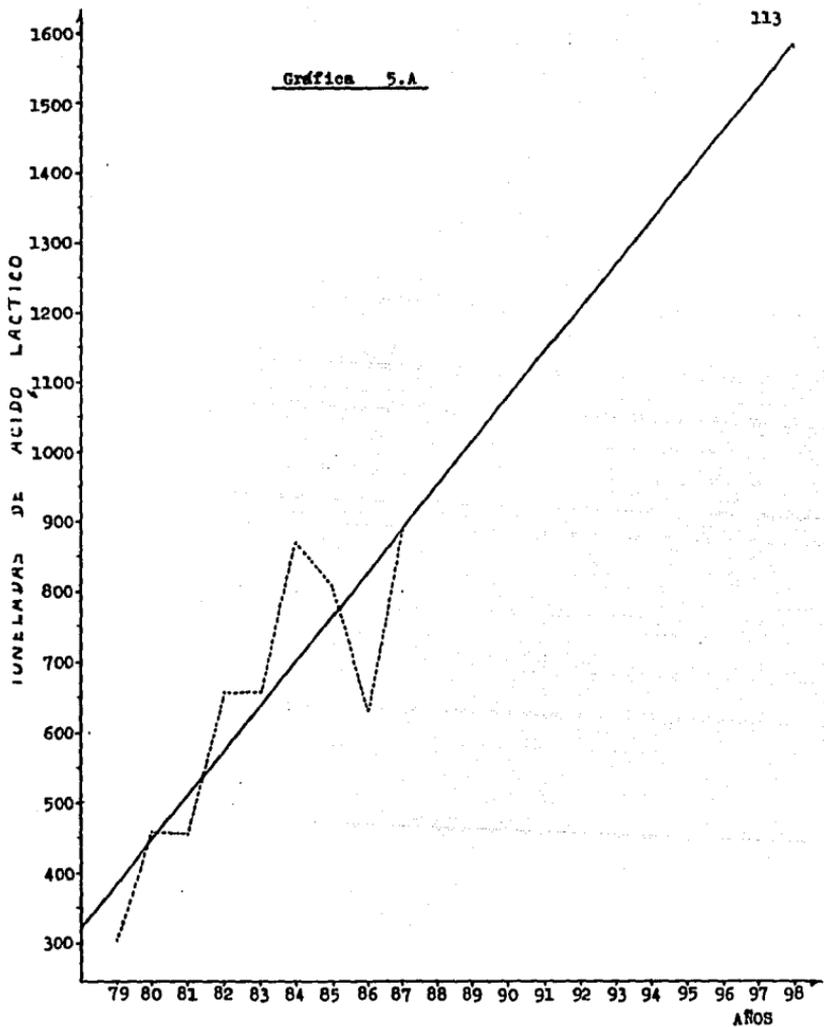
Sustituyendo a y b en la ecuación (14), se obtiene la ecuación de comportamiento del consumo en función del tiempo.

$$y_c = 322.64357 + 62.889208(x) \dots (19)$$

La recta obtenida se llama recta de regresión de y<sub>c</sub> sobre x y se emplea para estimar y<sub>c</sub> a partir de los valores de x dados. Ver Gráfica 5.A.

Por lo tanto el consumo esperado para:

AÑO	PROYECCION DE LA DEMANDA (Toneladas)		AÑO	PROYECCION DE LA DEMANDA (Toneladas)	
1988	x = 10	951.5356	1994	x = 16	1,328.8709
1989	x = 11	1,014.4249	1995	x = 17	1,391.7601
1990	x = 12	1,077.3141	1996	x = 18	1,454.6493
1991	x = 13	1,140.2033	1997	x = 19	1,517.5385
1992	x = 14	1,203.0925	1998	x = 20	1,580.4277
1993	x = 15	1,265.9817			



113

*[Handwritten mark]*

## 5.1.2 PROYECCION EN BASE A LAS IMPORTACIONES ANUALES ( 1970 - 1988 ).

El Acido Láctico durante el periodo 1970 - 1987, fue un producto de importación, motivo por el cual se pretende en base al siguiente estudio conocer cual fue el incremento promedio porcentual durante este periodo para así determinar la proyección de la demanda nacional a futuro.

## Demanda Histórica.

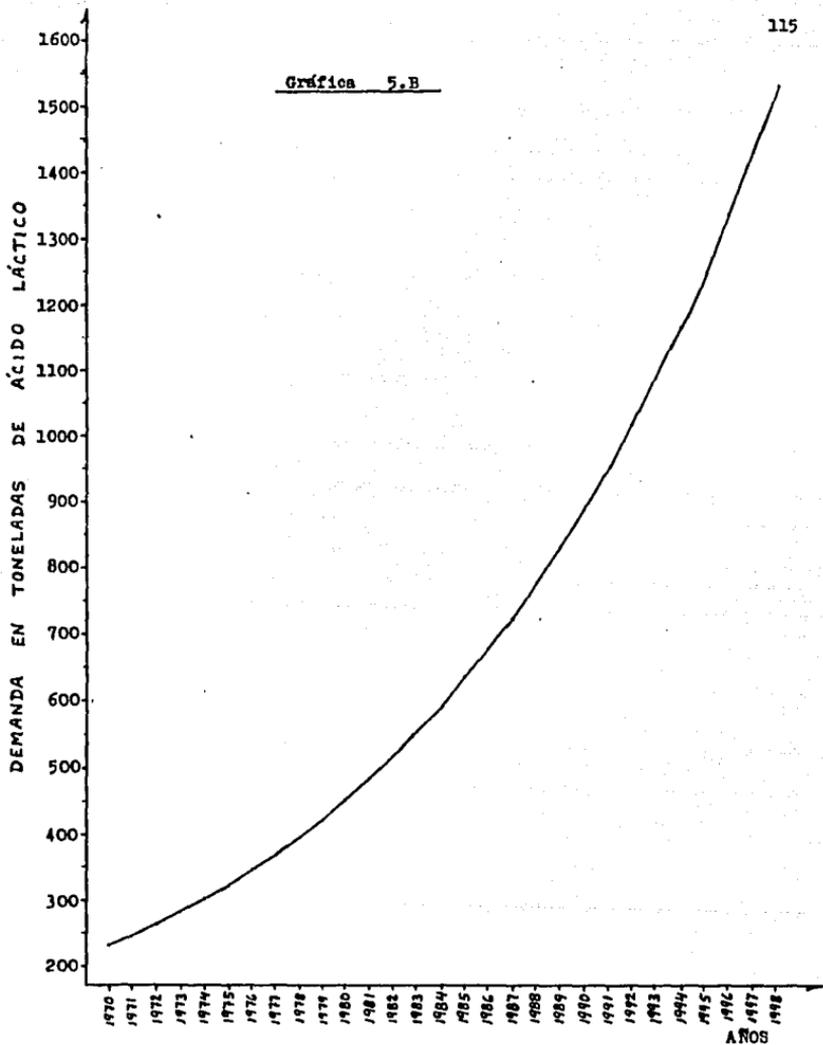
AÑO	IMPORTACIONES ANUALES			
	( Toneladas )	5 %	6 %	7 %
1970	230.535	230.535	230.535	230.535
1971	161.635	242.06175	244.3671	246.67245
1972	144.478	254.16484	259.02913	263.93952
1973	302.196	266.87308	274.57087	282.41529
1974	235.573	280.21673	291.04513	302.18436
1975	269.429	294.22757	308.50783	323.33726
1976	322.380	308.93895	327.0183	345.97087
1977	213.593	324.3859	346.6394	370.18883
1978	243.625	340.60519	367.43777	396.10205
1979	305.407	357.63545	389.48403	423.82919
1980	458.406	375.51722	412.85307	453.49724
1981	456.257	394.29308	437.62426	485.24204
1982	656.626	414.00774	463.88171	519.20899
1983	658.182	434.70813	491.71462	555.55362
1984	868.649	456.44354	521.2175	594.44237
1985	808.795	479.26572	552.49055	636.05334
1986	632.838	503.22901	585.63998	680.57707
1987	888.64647	528.39046	620.77838	728.21746
	7,857.2505	6,485.4994	7,124.8346	7,837.967

De la tabla anterior observamos que el porcentaje promedio de incremento anual durante los años 1970 - 1987 fue de 7 % y considerando este incremento porcentual para la demanda a futuro tenemos:

PROYECCION

AÑO	PROYECCION DE LA DEMANDA ( Toneladas )	AÑO	PROYECCION DE LA DEMANDA ( Toneladas )
1988	779.19268	1994	1,169.3581
1989	833.73617	1995	1,251.2132
1990	892.0977	1996	1,338.7981
1991	954.54454	1997	1,432.514
1992	1,021.3627	1998	1,532.7899
1993	1,092.858		

En la Gráfica 5.B se presenta la demanda histórica ( 1970 - 1987 ) y la proyección de la demanda ( 1988 - 1998 ) considerando un incremento promedio porcentual anual del 7 %.



### 5.1.3 PROYECCION DE LA DEMANDA EN BASE AL PRODUCTO INTERNO BRUTO Y A LAS IMPORTACIONES ANUALES ( 1970 - 1998 ).

Se pretende conocer cual es la correlación que guardan el Producto Interno Bruto (PIB) y las Importaciones Anuales del producto y así conocer la proyección de la demanda a futuro.

Este estudio se considera a partir del año de 1970, debido principalmente a las variaciones tan fuertes que se tuvieron durante algunos años y en los cuales por diversos factores económicos hubo una contracción en el mercado nacional.

En la siguiente tabla se presenta el Producto Interno Bruto para el período ( 1970 - 1987 ) y sus proyecciones para el período ( 1988 - 1998 ) según el apartado de política económica del Plan Nacional de Desarrollo.

PRODUCTO INTERNO BRUTO PARA EL  
PERIODO ( 1970 - 1987 ) Y SUS PROYECCIONES  
PARA EL PERIODO ( 1988 - 1998 )  
( Millones de Pesos )

<u>AÑO</u>	<u>+ PIB A PRECIOS CONSTANTES DE 1970</u>
1970	444,271
1971	462,804
1972	502,086
1973	544,307
1974	577,568
1975	609,976
1976	635,831
1977	657,722
1978	711,983
1979	777,163
1980	841,855
1981	908,362
1982	906,545 (1)
1983	870,283 (2)
1984	878,986 (3)
1985	927,330 (4)
1986	978,333 (5)
1987	1,032,141 (6)
1988	1,063,105 (7)
1989	1,094,998 (8)
1990	1,149,748 (9)
1991	1,207,235 (10)
1992	1,267,597 (11)
1993	1,330,977 (12)
1994	1,370,904 (13)
1995	1,412,031 (14)
1996	1,482,632 (15)
1997	1,556,763 (16)
1998	1,634,601 (17)

- (1) Esta cifra se obtuvo aplicando una tasa de crecimiento de  $-0.2\%$  para el PIB del período 1981 - 1982.
- (2),(3),(4),(5),(6) Las cifras para estos años se obtuvieron aplicando - las tasas de variación esperadas para el PIB, tal y como se presentan en el FND, dentro del apartado de Política Económica, las tasas aplicadas por año fueron las siguientes: 1983,  $-4\%$ ; 1984,  $+1\%$  y para el período 1985 - 1987,  $+5.5\%$ .
- (7),(8) Las tasas de variación se obtuvieron considerando el cambio de - gobierno que se llevará a cabo en el año 1988, por lo que las - tasas aplicadas para los años 1988 y 1989 fue de  $+3\%$ .
- (9) Las tasas de variación para el período de 1989 - 1993 se obtuvieron considerando el desarrollo económico que se pronostica se tendrá en esos años, la tasa fue del  $+5\%$ . Para los años (9),(10),(11),(12).
- (13),(14) Las tasas de variación se obtuvieron considerando nuevamente - el cambio de gobierno que se llevará a cabo en el año 1994, - por lo que las tasas aplicadas para los años 1994 y 1995 fue de  $+3\%$ .
- (15),(16),(17) Las tasas de variación para el período de 1996 - 1998 se obtuvieron considerando el desarrollo económico que se - pronostica, la tasa fue del  $+5\%$ .

\* FUENTE : Publicaciones del Banco de México.

De acuerdo a los datos anteriores se presenta la demanda histórica para el período ( 1970 - 1987 ).

**Demanda Histórica.**

AÑO	PIB a precios constantes de 1970	Importaciones Totales ( Kilogramos )
1970	444,271	230,535
1971	462,804	161,635
1972	502,086	144,478
1973	544,307	302,196
1974	577,568	235,573
1975	609,976	269,429
1976	635,831	322,380
1977	657,722	213,593
1978	711,983	243,625
1979	777,163	308,407
1980	841,855	456,406

1981	908,362	456,258
1982	906,545	656,626
1983	870,283	658,182
1984	878,986	868,649
1985	927,330	808,795
1986	978,333	632,838
1987	1,032,141	888,646

En la Gráfica 5.C se presenta la correlación del Producto Interno Bruto y las Importaciones Anuales para el período ( 1970 - 1987 ).

PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB) es el valor de los bienes y servicios finales producidos por los individuos y organizaciones económicas de la nación en cada año. Las cifras calculadas a precios de 1970, tienen por objeto permitir comparaciones eliminando los aumentos de precios.

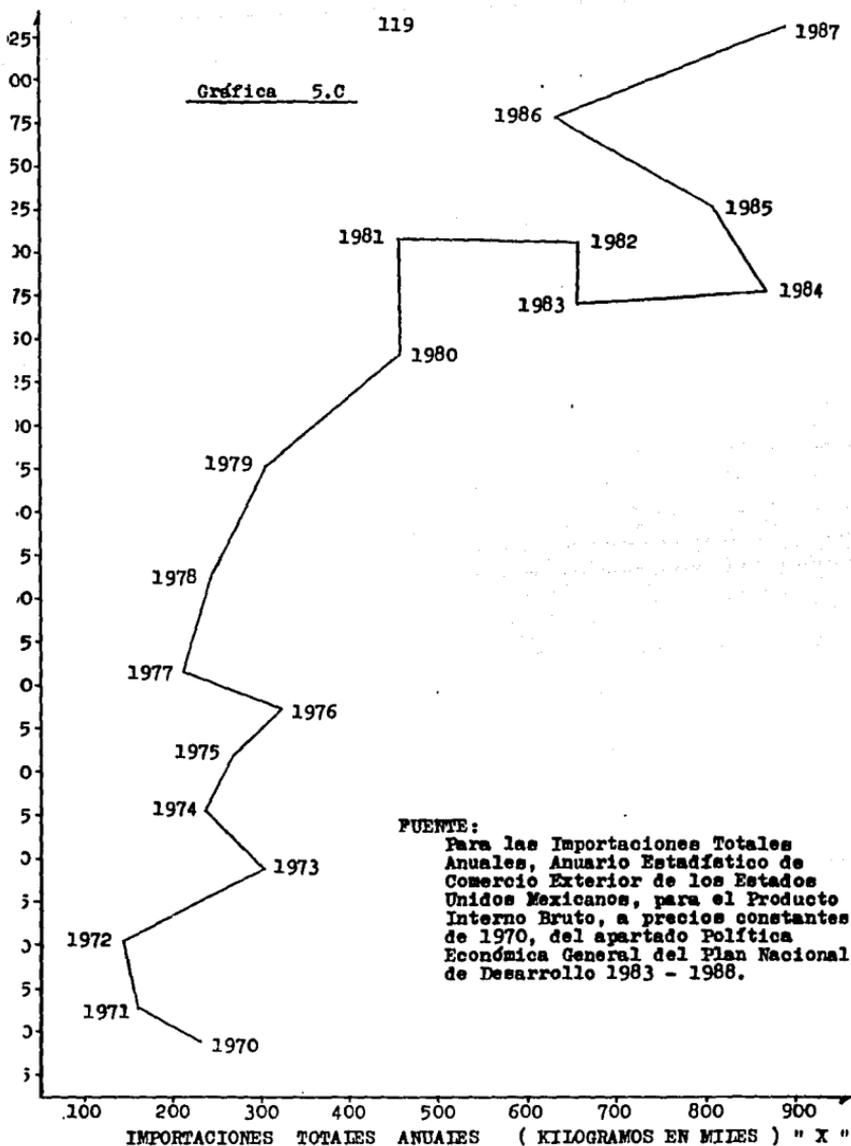
A partir de la Gráfica 5.C encontramos que solo para los años 1971, 1972, 1974, 1975, 1976, 1982, 1983 y 1987 existe dependencia entre el PIB y las Importaciones Anuales, por lo que para fines del presente estudio, se considerarán solo estos años para desarrollar el método de regresión lineal ( Ver Gráfica 5.D ), y así en base a la ecuación de la línea recta conocer la proyección de la demanda en los próximos años.

Consideramos que para los años 1973, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1984, 1985 y 1986, existieron factores de gran importancia que influyeron de una manera directa en su comportamiento.

En los años 1973 y 1974 no se tuvo un comportamiento normal, debido principalmente a la crisis de energéticos que a nivel mundial existía; - en 1973 hubo un incremento desproporcionado de las importaciones, en relación a los años anteriores. En los años 1977, 1978, 1979 hubo disminuciones debido principalmente a las devaluaciones de nuestra moneda nacional y a los excedentes de producto en el país. En los años 1982, 1983, 1984 el crecimiento fue desproporcionado en relación con los años anteriores ya que se realizaron importaciones en exceso en el país. En los años 1985, 1986 hubo una disminución de la importación en relación al año anterior. Sin embargo, en 1987 nuevamente existe un incremento de la importación.

A pesar de las devaluaciones que ha sufrido nuestra moneda constantemente desde 1982, en el mercado nacional se prevé una tendencia normal a incrementar las importaciones para los próximos años, debido a su mayor aplicación y diversificación de sus usos.

Gráfica 5.C





## METODO DE REGRESION LINEAL.

Ecuaciones:

$$Y_c = a + b X$$

donde las constantes  $a$  y  $b$  son los coeficientes de regresión, y se calculan de acuerdo a las ecuaciones (17) y (18).

Cálculos:

Año	PIB a Precios Constantes de 1970 (en miles) Y	Importaciones Anuales Totales (en miles) X	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1971	462.804	161.635	74805.325	26125.873	214187.54
1972	502.086	144.478	72540.381	20873.892	252090.35
1974	577.568	235.573	136059.43	55494.638	333584.79
1975	609.976	269.429	164345.22	72591.986	372070.72
1976	635.831	322.380	204979.20	103928.86	404281.06
1982	906.545	656.626	595261.02	431157.7	821823.84
1983	870.283	658.182	572804.61	433203.55	757392.5
1987	1032.141	888.646	917208.46	789692.55	1065315.0
	5597.234	3336.9495	2741003.7	1933069.1	4220745.8

Aplicando las ecuaciones de los coeficientes de regresión:

$$a = \frac{(1933069.1)(5597.234) - (3336.9495)(2741003.7)}{(8)(1933069.1) - (3336.9495)^2} = 386.4923$$

$$b = \frac{(8)(2741003.7) - (3336.9495)(5597.234)}{(8)(1933069.1) - (3336.9495)^2} = 0.7507742$$

Ecuación de la línea recta:

$$Y_c = 386.4923 + 0.7507742 (X)$$

De acuerdo a la ecuación de la recta obtenida de la regresión lineal, - podemos pronosticar la demanda a futuro del Acido Láctico para el periodo (1988 - 1998 ).

<u>Año</u>	<u>PIB a Precios constantes en 1970 ( en miles )</u>	<u>PROYECCION DE LA DEMANDA ( Toneladas )</u>
1988	1,063.105	901.21997
1989	1,094.998	943.70012
1990	1,149.748	1,016.6248
1991	1,207.235	1,093.1951
1992	1,267.597	1,173.5948
1993	1,330.977	1,258.0143
1994	1,370.904	1,311.1954
1995	1,412.031	1,365.9749
1996	1,482.632	1,460.0125
1997	1,556.763	1,558.7519
1998	1,634.601	1,662.4289

#### 5.1.4 EXPORTACIONES.

Debido a las condiciones actuales, es de vital importancia considerar en todo proyecto de inversión, la posibilidad de realizar exportaciones de productos nacionales, lo cual permite la captación de divisas necesarias para el pago de compromisos realizados con el exterior, como son: Pago de regalías a Tecnologistas, Compra de Maquinaria y Equipo y en muchos de los casos compra de materias primas necesarias para los diferentes procesos industriales.

Según datos obtenidos de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial ( SECOFI ), encontramos que tenemos la posibilidad de realizar exportaciones de Acido Láctico a los países de Centro y Sudamérica, en países que actualmente no cuentan con plantas de Acido Láctico y que realizan importaciones de este producto.

Además existen facilidades en las operaciones comerciales por ser países afiliados al ALADI ( Asociación Iatinoamericana de Integración ), del cual México es miembro, y que otorgan facilidades arancelarias.

Por lo tanto consideraremos en nuestro programa de ventas, exportaciones de un 3 a un 10 % de la producción anual total de Acido Láctico.

### 5.1.5 CAPACIDAD DE LA PLANTA.

De acuerdo a los estudios realizados en el presente capítulo, con el título de Proyección de la Demanda Nacional, en el cual se efectuaron las Proyecciones en base a las Importaciones Anuales, en base a su correlación con el Producto Interno Bruto y en base a la demanda esperada en los próximos años, y debido a que se pretende que parte de la producción se exporte, podemos entonces fijar la capacidad de diseño de la Planta:

CAPACIDAD DE DISEÑO = 1,500 TONELADAS DE ACIDO LACTICO.

Con esta capacidad instalada determinada, se procederá al diseño de la Planta.

Se considera que es capacidad suficiente para abastecer el mercado nacional en los próximos 10 años y además tener la posibilidad de realizar exportaciones.

## CAPITULO VI

## DISEÑO PRELIMINAR DE LA PLANTA.

En el capítulo anterior se estableció la capacidad de la Planta:

CAPACIDAD ANUAL = 1,500 TONELADAS DE ACIDO LACTICO.

$$\text{Volumen Anual} = \frac{1,500 \text{ Tons. de Ac. Láctico/Año}}{1.43915 \frac{\text{Tons. de Acido Láctico}}{\text{m}^3 \text{ de Acido Láctico}}} = 1,042.2819 \frac{\text{m}^3 \text{ de Ac. Láct.}}{\text{Año}}$$

$$D_{\text{Ac. Láct.}}^{20} = 1.43915 \text{ Kg./lt.}$$

Considerando 360 días hábiles al año, se tiene una producción diaria de:

Volumen por día:

$$V = \frac{1,042.2819 \text{ m}^3 \text{ de Ac. Láct./Año}}{360 \text{ días/Año}} = 2.8952275 \frac{\text{m}^3 \text{ de Acido Láctico}}{\text{día}}$$

TANQUE NECESARIO PARA ALMACENAR EL PRODUCTO OBTENIDO DURANTE UNA SEMANA ( 7 días ) :

$$2.8952275 \frac{\text{m}^3 \text{ de Acido Láct.}}{\text{día}} \times 7 \text{ días} = 20.266593 \text{ m}^3 \text{ de Acido Láctico.}$$

DISEÑO DEL TANQUE ( Tapas Elipsoidales ) :

$$\text{Volumen de Tapas} = \frac{\pi D^3}{12} = \frac{3.1415927 ( 2.10 \text{ m. } )^3}{12} = 2.4245241 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen de Diseño} &= \text{Volumen Total} + 10 \% = 20.266593 \text{ m}^3 + 2.0266593 \text{ m}^3 \\ &= 22.2932523 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volumen del Cilindro = Volumen Total - Volumen de Tapas.

$$\begin{aligned} &= 22.29325231 \text{ m}^3 - 2.4245241 \text{ m}^3 \\ &= 19.8687282 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Si } V = \pi R^2 H ; \text{ donde } \begin{aligned} D &= 2.10 \text{ m.} = 82.677165 \text{ in.} \\ R &= 1.05 \text{ m.} = 41.338583 \text{ in.} \end{aligned}$$

$$H = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{19.8687282 \text{ m}^3}{3.1415927 (1.05 \text{ m.})^2} = 5.7364286 \text{ m.} = 225.84365 \text{ in.}$$

Presión para Diseño: 14.7 lb./in.<sup>2</sup>

Espesor del Cilindro:

$$T = \frac{PR}{\sigma E - 0.6 P} = \frac{(14.7 \text{ lb./in.}^2)(41.338583 \text{ in.})}{(18,750 \text{ lb./in.}^2)(0.85) - 0.6(14.7 \text{ lb./in.}^2)}$$

$$\sigma = 18,750 \text{ lb./in.}^2$$

$$E = 85 \% = 0.85$$

$$T = 0.0381498 \text{ in.} \longrightarrow 0.0469 \text{ in.} = \frac{3}{64} \text{ in.}$$

Espesor de Tapas:

$$T = \frac{PD}{2\sigma E - 0.2 P} = \frac{(14.7 \text{ lb./in.}^2)(82.677165 \text{ in.})}{2(18,750 \text{ lb./in.}^2)(0.85) - 0.2(14.7 \text{ lb./in.}^2)}$$

$$T = 0.0381322 \text{ in.} \longrightarrow 0.0469 \text{ in.} = \frac{3}{64} \text{ in.}$$

Masa del Cilindro:

$$\pi \cdot R_1^2 = 3.1415927 (41.338583 \text{ in.})^2 = 5,368.5999 \text{ in.}^2$$

$$\pi \cdot R_2^2 = 3.1415927 (41.338583 \text{ in.} + 0.0469 \text{ in.})^2 = 5,380.7885 \text{ in.}^2$$

$$A = 5,380.7885 \text{ in.}^2 - 5,368.5999 \text{ in.}^2 = 12.1886 \text{ in.}^2$$

$$V = A \times H = (12.1886 \text{ in.}^2)(225.84365 \text{ in.}) = 2,752.7179 \text{ in.}^3$$

$$M = V \times \rho_{\substack{\text{acero} \\ \text{inox.}}} = (2,752.7179 \text{ in.}^3)(0.290 \text{ lb./in.}^3) = 798.28819 \text{ lb.}$$

Masa de las Tapas:

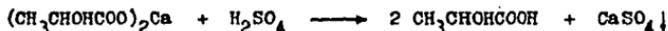
$$(D \times 1.2)^2 = (210 \text{ cm.} \times 1.2)^2 = 63,504 \text{ cm.}^2 = 9,843.1397 \text{ in.}^2$$

$$V = A \times T = (9,843.1397 \text{ in.}^2)(0.0469 \text{ in.}) = 461.64325 \text{ in.}^3$$

$$M = V \times \rho_{\substack{\text{acero} \\ \text{inox.}}} = 461.64325 \text{ in.}^3 (0.290 \text{ lb./in.}^3) = 133.87654 \text{ lb.}$$

$$\text{Masa de las 2 tapas} = 2 (133.87654 \text{ lb.}) = 267.75309 \text{ lb.}$$

## EVALUACION DEL TANQUE DE ACIDIFICACION:



Base de Cálculo: 1.0 Kg. de Acido Láctico producido.

	<u>FM</u>	<u>Kgmol/Kgmol de Ac. Láct.</u>	<u>Kg./Kg. de Ac. Láct.</u>
actato de Calcio	218.2214	0.5	1.2112833
acido Sulfúrico	98.0734	0.5	0.5443768
acido Láctico	90.0786	1.0	1.0
sulfato de Calcio	136.1376	0.5	0.7556601

Lactato de Calcio necesario:

$$\frac{218.2214 (4.1666667)}{2 (90.0786)} = 5.0470136 \text{ Toneladas de Lactato de Calcio.}$$

$$2.8952275 \frac{\text{m}^3 \text{ de Ac. Láctico}}{\text{día}} \times 1.43915 \frac{\text{Tons. de Ac. Láct.}}{\text{m}^3 \text{ de Ac. Láctico}} = 4.1666667$$

Eficiencia de la reacción: 90 %

$$\frac{5.0470136 (100)}{90} = 5.6077928 \text{ Toneladas de Lactato de Calcio.}$$

Acido Sulfúrico necesario:

$$\frac{98.0734 (4.1666667)}{2 (90.0786)} = 2.2682367 \text{ Toneladas de Acido Sulfúrico.}$$

Eficiencia de la reacción: 90 %

$$\frac{2.2682367 (100)}{90} = 2.520263 \text{ Toneladas de Acido Sulfúrico.}$$

Sulfato de Calcio obtenido:

$$\frac{136.1376 (4.1666667)}{2 (90.0786)} = 3.1485836 \text{ Toneladas de Sulfato de Calcio.}$$

## VOLUMEN PARA DISEÑO DEL TANQUE DE ACIDIFICACION:

Acido Sulfúrico

$$\frac{2.520263 \text{ Tons. de Ac. Sulf.}}{1.838 \text{ Tons. de Ac. Sulf.}} = 1.3711986 \text{ m}^3 = 1,371.1986 \text{ litros}$$

$$\rho_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1.838 \text{ g./cm}^3$$

SOUCION DE LACTATO DE CALCIO ALIMENTADA = 8.641.1412 kg. = 6,855.2161 lt.

ACIDO LACTICO OBTENIDO = 6,866.4226 litros.

Volumen Total = 8,226.4147 litros + 15 % = 8.2264147 m<sup>3</sup> + 1.2339622 m<sup>3</sup>  
= 9.4603769 m<sup>3</sup>

Si  $V = \pi R^2 H$  donde  $R = 0.80 \text{ m.} = 31.496063 \text{ in.}$

$$H = \frac{V}{\pi R^2} = \frac{9.4603769 \text{ m}^3}{(3.1415927)(0.80 \text{ m.})^2} = 4.7052055 \text{ m.} = 185.24431 \text{ in.}$$

Material seleccionado: Acero Inoxidable 316

Si  $\sigma = 18,750 \text{ lb./in.}^2$   $c = 0.25$  ( Para Tapa Empotrada ).  
 $E = 85 \%$  = 0.85  $4.7052055 \text{ m.} = 185.24431 \text{ in.}$

Tapa Plana Inferior:

$$P = (185.24431 \text{ in.} \times 0.0490166 \text{ lb./in.}^3) + 14.7 \text{ lb./in.}^2 \\ = 23.780046 \text{ lb./in.}^2$$

$$T = D \sqrt{c \frac{P}{\sigma}}$$

$$T = 62.992126 \sqrt{0.25 \frac{23.780046}{18,750 \text{ lb./in.}^2}} = 1.1216619 \text{ in.} \approx 1 \frac{1}{8} \text{ in.}$$

Cilindro Vertical:

$$H = 4.7052055 \text{ m.} = 185.24431 \text{ in.}$$

$$T = \frac{PR}{\sigma E - 0.6 P} = \frac{(23.780046 \text{ lb./in.}^2)(31.496063 \text{ in.})}{(18,750 \text{ lb./in.}^2)(0.85) - 0.6(23.780046 \text{ lb./in.}^2)}$$

$$T = 0.0470367 \text{ in.} \approx \frac{1}{16} \text{ in.}$$

Masa del Cilindro:

$$\pi R_1^2 = 3.1415927(31.496063 \text{ in.})^2 = 3,116.4661 \text{ in.}^2$$

$$\pi R_2^2 = 3.1415927(31.496063 \text{ in.} + 0.0781 \text{ in.})^2 = 3,131.941 \text{ in.}^2$$

$$A = 3,131.941 \text{ in.}^2 - 3,116.4661 \text{ in.}^2 = 15.474854 \text{ in.}^2$$

$$V = A \times H = (15.474854 \text{ in.}^2)(185.24431 \text{ in.}) = 2,866.6287 \text{ in.}^3$$

$$M = V \times \rho_{\text{acero}} = 2,866.6287 \text{ in.}^3 (0.290 \text{ lb./in.}^3) = 831.32231 \text{ lb.}$$

inox.

Tapa Inferior:

$$V = \pi R^2 H = 3.1415927 (31.496063 \text{ in.})^2 (1.125 \text{ in.}) = 3,506.0244 \text{ in.}^3$$

$$M = V \times \rho_{\text{acero}} = 3,506.0244 \text{ in.}^3 (0.290 \text{ lb./in.}^3) = 1,016.7471 \text{ lb.}$$

inox.

TANQUE PARA ALMACENAR ACIDO SULFURICO:

$$\begin{aligned} V &= 1,371.1986 \text{ lt.} \times 7 = 9,598.3902 \text{ lt.} + 15 \% \\ &= 9,598.3902 \text{ lt.} + 1,439.7585 \text{ lt.} \\ V_T &= 11,038.149 \text{ lt.} \end{aligned}$$

Volumen de Tapas Elipsoidales:

$$V = \frac{\pi D^3}{12} = \frac{3.1415927 (1.60 \text{ m.})^3}{12} = 1.0723303 \text{ m.}^3$$

Volumen del Cilindro = Volumen Total - Volumen de Tapas.

$$V = 11.038149 \text{ m.}^3 - 1.0723303 \text{ m.}^3 = 9.9658187 \text{ m.}^3$$

$$H = \frac{9.9658187 \text{ m.}^3}{(3.1415927) (0.80 \text{ m.})^2} = 4.9565916 \text{ m.} = 195.1414 \text{ in.}$$

Tanque para Almacenar Acido Sulfúrico:

Espesor de Tapa Elipsoidal:

$$T = \frac{PD}{2\sqrt{E} - 0.2 P} = \frac{(14.7 \text{ lb./in.}^2) (62.992126 \text{ in.})}{2(18,750 \text{ lb./in.}^2) (0.85) - 0.2(14.7 \text{ lb./in.}^2)}$$

$$T = 0.0290531 \text{ in.} \longrightarrow 0.0312 \text{ in.} \approx \frac{1}{32} \text{ in.}$$

Espesor del Cilindro:

$$T = \frac{PR}{\sqrt{E} - 0.6 P} = \frac{(14.7 \text{ lb./in.}^2) (31.496063 \text{ in.})}{(18,750 \text{ lb./in.}^2) (0.85) - 0.6(14.7 \text{ lb./in.}^2)}$$

$$T = 0.0290665 \text{ in.} \longrightarrow 0.0312 \text{ in.} \approx \frac{1}{32} \text{ in.}$$

Masa de Tapa:

$$(D \times 1.2)^2 = (160 \text{ cm.} \times 1.2)^2 = 36,864 \text{ cm}^2 = 5,713.9314 \text{ in}^2$$

$$V = A \times T = 5,713.9314 \text{ in}^2 \times 0.03125 \text{ in.} = 178.56036 \text{ in}^3$$

$$M = V \times \rho_{\text{acero}} = 178.9314 \text{ in}^3 (0.290 \text{ lb./in}^3) = 51.782504 \text{ lb./tapa. inox.}$$

$$\text{Masa de las 2 tapas} = 2(51.782504 \text{ lb.}) = 103.56501 \text{ lb.}$$

Cilindro:

$$\pi \cdot R_1^2 = 3.1415927(31.496063 \text{ in.})^2 = 3,116.4661 \text{ in}^2$$

$$\pi \cdot R_2^2 = 3.1415927(31.496063 \text{ in.} + 0.03125 \text{ in.})^2 = 3,122.6535 \text{ in}^2$$

$$A = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = 3,122.6535 \text{ in}^2 - 3,116.4661 \text{ in}^2 = 6.18735 \text{ in}^2$$

$$V = A \times H = 6.18735 \text{ in}^2 (195.1414 \text{ in.}) = 1,207.4081 \text{ in}^3$$

$$M = V \times \rho_{\text{acero}} = 1,207.4081 \text{ in}^3 (0.290 \text{ lb./in}^3) = 350.14836 \text{ lb. inox.}$$

VOLUMEN DEL TANQUE



Base de Cálculo: 1.0 Kg. de Lactato de Calcio producido.

	PM	Kgmol	Kg.
		Kgmol de Lactato de Ca	Kg. de Lactato de Ca
Acido Láctico	90.0786	2.0	0.8255707
Carbonato de Calcio	100.0892	1.0	0.458659
Lactato de Calcio	218.2214	1.0	1.0
Agua	18.0152	1.0	0.0825547
Óxido de Carbono	44.0098	1.0	0.201675

Acido Láctico necesario de los Fermentadores:

Si 5.6077928 Toneladas = Lactato de Calcio.

$$\frac{5.6077928(180.1572)}{218.2214} = 4.6296296 \text{ Toneladas de Acido Láctico.}$$

90 % de eficiencia obtenemos:

$$\frac{4.6296296(100)}{90} = 5.1440329 \text{ Toneladas de Acido Láctico.}$$

Carbonato de Calcio necesario:

$$\frac{5.6077928(100.0892)}{218.2214} = 2.5720644 \text{ Toneladas de Carbonato de Calcio.}$$

Si 90 % de eficiencia obtenemos:

$$\frac{2.5720644(100)}{90} = 2.8578494 \text{ Toneladas de Carbonato de Calcio.}$$

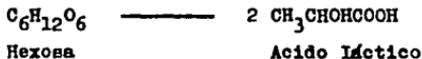
Agua resultante de la reacción:

$$\frac{5.6077928(18.0152)}{218.2214} = 0.4629496 \text{ Toneladas de Agua.}$$

Bióxido de Carbono producido:

$$\frac{5.6077928(44.0098)}{218.2214} = 1.1309516 \text{ Toneladas de Bióxido de Carbono.}$$

## SACAROSA REQUERIDA:



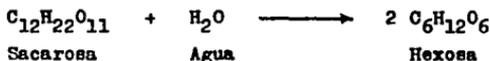
Base de Cálculo: 1.0 Kg. de Acido Láctico producido.

	<u>PM</u>	<u>Kgmol/Kgmol de Ac. Láct.</u>	<u>Kg./Kg. de Ac. Láct.</u>
Hexosa	180.1572	0.5	1.0
Acido Láctico	90.0786	1.0	1.0

Hexosa necesaria:

$$\frac{5.1440329(180.1572)}{2(90.0786)} = 5.1440329 \text{ Toneladas de Hexosa.}$$

Si consideramos la siguiente reacción:



Base de Cálculo: 1.0 Kg. de Hexosa.

	<u>PM</u>	<u>Kgmol/Kgmol de Hexosa</u>	<u>Kg./Kg. de Hexosa</u>
Sacarosa	342.2992	0.5	0.9500014
Agua	18.0152	0.5	0.0499986
Hexosa	180.1572	1.0	1.0

Sacarosa necesaria:

$$\frac{5.1440329(342.2992)}{2(180.1572)} = 4.8868386 \text{ Toneladas de Sacarosa.}$$

Eficiencia de la reacción: 90 %

$$\frac{4.8868386(100)}{90} = 5.4298207 \text{ Toneladas de Sacarosa.}$$

Agua requerida:

$$\frac{5.1440329(18.0152)}{2(180.1572)} = 0.2571942 \text{ Toneladas de Agua}$$

Eficiencia de la reacción: 90 %

$$\frac{0.2571942(100)}{90} = 0.2857713 \text{ Toneladas de Agua.}$$

Volumen necesario de Acido Láctico en el Hervidor ( Tanque de Coagulación y Decantación ).

$$5.1440329 \text{ Tons. de Ac. Láctico} = 3.5743549 \text{ m}^3 \text{ de Ac. Láctico.}$$

Considerando que:

$$\begin{array}{lcl} 0.9500014 \text{ Kg. de Sacarosa} & \longrightarrow & 1.0 \text{ Kg. de Hexosa.} \\ 100.0 \text{ Kg. de Sacarosa} & \longrightarrow & 105.263 \text{ Kg. de Hexosa.} \\ 100.0 \text{ Kg. de Hexosa} & \longrightarrow & 100.0 \text{ Kg. de Acido Láctico.} \end{array}$$

Por lo tanto:

100.0 Kg. de Sacarosa producen teóricamente 105.263 Kg. de Acido Láctico si el rendimiento fuese del 100 %.

Volumen de Sacarosa necesaria:

$$\frac{100 \text{ Kg. ( 5,144.0329 Kg. )}}{105.263 \text{ Kg.}} = 4,886.8386 \text{ Kg. de Sacarosa ( 100 \% )}$$

Si tenemos 90 % de eficiencia: 5,429.8206 Kg. de Sacarosa.

$$V = \frac{5,429.8206 \text{ Kg.}}{1,580.46 \text{ Kg./m}^3} = 3.4355951 \text{ m}^3 \text{ de Sacarosa}$$

Volumen de Carbonato de Calcio necesario:

$$\frac{5,429.8206 \text{ Kg. ( 55.556599 Kg. )}}{100 \text{ Kg.}} = 3,016.6237 \text{ Kg. de CaCO}_3$$

3,016.6237 Kg. de CaCO<sub>3</sub> + 20 % en exceso = 3,619.9484 Kg. de CaCO<sub>3</sub>

$$V = \frac{3,619.9484 \text{ Kg.}}{2,930 \text{ Kg./m}^3} = 1.2354773 \text{ m}^3 \text{ de Carbonato de Calcio.}$$

El volumen necesario de los demás componentes del medio se determinó en base al porcentaje de cada uno de ellos en el medio de cultivo y se registran en la siguiente tabla.

MEDIO DE CULTIVO:

<u>Substancia</u>	<u>Fórmula</u>	<u>Porcentaje</u>	<u>Peso</u>	<u>(g./cm<sup>3</sup>)</u>	<u>Volumen</u>
Sacarosa	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	15.000	5,429.8206 Kg.	1.58046	3.4355951 m <sup>3</sup>
Carbonato de Calcio	CaCO <sub>3</sub>	10.000	3,619.8804 Kg.	2.93	1.2354541 m <sup>3</sup>
Fosfato Diamónico	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0.260	94.116891 Kg.	1.619	0.0581327 m <sup>3</sup>
Nitrato de Calcio	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.200	72.397609 Kg.	2.36	0.0306769 m <sup>3</sup>
Fosfato Monopotásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.025	9.0497011 Kg.	2.338	0.0038707 m <sup>3</sup>
Sulfato de Magnesio	MgSO <sub>4</sub>	0.025	9.0497011 Kg.	2.66	0.00340214 m <sup>3</sup>
Acido Cítrico	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub>	0.100	36.198804 Kg.	1.542	0.0234752 m <sup>3</sup>
Cloruro de Potasio	KCl	0.024	8.687713 Kg.	1.988	0.0043700 m <sup>3</sup>
Cloruro Férrico	FeCl	0.001	0.3619880 Kg.	2.804	0.00012909 m <sup>3</sup>
Agua	H <sub>2</sub> O	74.365	26,919.241 Kg.	1.0	26.919241 m <sup>3</sup>
			<u>36,198.804 Kg.</u>		<u>31.7143470 m<sup>3</sup></u>

$$\rho_{\text{Prom.}} = \frac{36,198.804 \text{ Kg.}}{31,714.347 \text{ lt.}} = 1.1414015 \text{ Kg./lt.}$$

$$\text{Volumen Total Inicial} = 31.714347 \text{ m}^3/\text{día} = 31,714.347 \text{ lt.}$$

TANQUE NECESARIO PARA ALMACENAR EL MEDIO DURANTE UNA SEMANA ( 7 días ):

$$31.714347 \text{ m}^3/\text{día} ( 7 \text{ días } ) = 222.00043 \text{ m}^3$$

Volumen del Medio: 28,542.912 lt.

Volumen del Pie de Cultivo: 3,171.4347 lt.

## BALANCE DE MASA TABULADOS:

<u>CONCEPTO</u>	<u>FERMENTADOR</u> <u>F</u>	<u>SEGUNDA SIEMBRA</u> <u>f<sub>2</sub></u>	<u>PRIMERA SIEMBRA</u> <u>f<sub>1</sub></u>
M <sub>F</sub> mosto ( Kg./día )	35,067.852	3,506.7852	350.67852
V <sub>F</sub> mosto ( lt./día )	28,754.157	2,875.4157	287.54157
N <sub>CO<sub>2</sub></sub> ( Kg./día )	1,130.9516	113.09516	11.309516
V <sub>CO<sub>2</sub></sub> ( lt./día )	317,237.48	31,723.748	3,172.3748
M <sub>O</sub> mosto ( Kg./día )	36,198.804	3,619.8804	361.98804
V <sub>O</sub> mosto ( lt./día )	31,714.347	3,171.4347	317.14347
V <sub>medio</sub> ( lt./día )	28,542.912	2,854.2912	285.42912
V <sub>Pie de Cultivo</sub> ( lt./día )	3,171.4347	317.14347	31.714347

Una vez determinada la cantidad total del medio de cultivo tanto para las siembras como para el fermentador, es necesario calcular las cantidades de los componentes del medio por separado.

## BALANCE DE MATERIA EN EL MEDIO DE CULTIVO en Kg./día.

<u>SUBSTANCIA</u>	<u>LABORATORIO</u>	<u>PRIMERA SIEMBRA</u>	<u>SEGUNDA SIEMBRA</u>	<u>FERMENTADOR</u>	<u>%</u>
MEDIO	32.578923	325.78923	3,257.8923	32,578.923	100.0
Sacarosa	4.8868384	48.868384	488.68384	4,886.8384	15.0
Carbonato de Calcio	3.2578923	32.578923	325.78923	3,257.8923	10.0
Fosfato Diamónico	0.084705199	0.84705199	8.4705199	84.705199	0.260
Nitrato de Calcio	0.065157847	0.65157847	6.5157847	65.157845	0.200
Fosfato Monopotásico	0.0081447306	0.081447306	0.81447306	8.1447306	0.025
Sulfato de Magnesio	0.0081447306	0.081447306	0.81447306	8.1447306	0.025
Acido Cítrico	0.032578923	0.32578923	3.2578923	32.578923	0.100
Cloruro de Potasio	0.0078189414	0.078189414	0.78189414	7.8189414	0.024
Cloruro Férrico	0.0003257892	0.003257892	0.03257892	0.3257892	0.001
Agua de Consumo (10%)	2.4227316	24.227316	242.27316	2,422.7316	7.4365
Agua Recuperada (90%)	21.804584	218.04584	2,180.4584	21,804.584	66.9285

CANTIDAD DE COMPONENTE QUE SE EMPLEA DIARIA, MENSUAL Y ANUALMENTE:

<u>SUBSTANCIA</u>	<u>Kg./día</u>	<u>Kg./mes</u>	<u>Kg./año</u>
Sacarosa	5,429.8206	162,894.62	1'954,735.4
Carbonato de Calcio	3,619.8804	108,596.41	1'303,156.9
Fosfato Diamónico	94.116891	2,823.5067	33,882.081
Nitrato de Calcio	72.397609	2,171.9283	26,063.139
Fosfato Monopotásico	9.0497011	271.49103	3,257.8924
Sulfato de Magnesio	9.0497011	271.49103	3,257.8924
Acido Cítrico	36.198804	1,085.9641	13,031.569
Cloruro de Potasio	8.687713	260.63139	3,127.5767
Cloruro Férrico	0.3619880	10.85964	130.31568
Agua de Consumo (10 %)	2,691.9241	80,757.723	969,092.68
Agua de Recuperación (90 %)	24,227.317 (+)	24,227.317 (+)	24,227.317 (+)

(+) Esta cantidad no se incluye en el consumo de materia debido a que se recupera en el proceso y se vuelve a reciclar.

## BALANCE DE ENERGIA.

En la fermentación se genera calor. La reacción que se efectúa es:



Una fracción de la energía liberada es utilizada para la asimilación, la biosíntesis y el mantenimiento de la vida normal, mientras que la mayor parte aparece en forma de calor.

$$\Delta H_{\text{reacción}} = \sum \Delta H_{\text{productos}} - \sum \Delta H_{\text{reactivos}}$$

$$\Delta H_{\text{reacción}} = 45.7 \frac{\text{Kcal.}}{\text{mol-g.}}$$

Cálculo del Calor Generado en los Fermentadores.

$$Q_{\text{Generado}} = \Delta H \times W_{\text{Sacarosa}}$$

En la siguiente tabla se presentan las cantidades de calor generado en los fermentadores.

Calor Generado:

Equipo	Sacarosa (Kg.)	Q generado (Kcal.)	Q (Kcal./hr.)	Q (BTU/hr.)
Fermentador F	4886.8384	$2.2332851 \times 10^8$	1861071.0	7385202.2
Fermentador f <sub>2</sub>	488.68384	$2.2332851 \times 10^7$	930535.48	3692601.1
Fermentador f <sub>1</sub>	48.868384	$2.2332851 \times 10^6$	93053.548	369260.11
Laboratorio	4.8868384	$2.2332851 \times 10^5$	9305.3548	36926.011

## CALCULO DE LOS SERVICIOS

Calor Requerido y Suministrado al Sistema.

a) Vapor:

Cálculo de Vapor para la Esterilización del Medio.

Características del Vapor:

Presión: 1.06 Kg./cm<sup>2</sup> (manométricas)

Temperatura: 117.15 °C.

Calor latente de Vaporización (λ): 527.91 Kcal./Kg. = 950.22203  $\frac{\text{BTU}}{\text{lb.}}$

Tiempo de Esterilización: 60 minutos.

## Condiciones de Esterilización del Medio:

Temperatura Máxima de Esterilización = 95 °C.

Temperatura Inicial = 18 °C.

## I) Balance de Calor en el Tanque del Medio.

En el Tanque para Almacenar el Medio durante una semana se tiene:

$$W_{\text{vapor}} = \frac{(M c_p \Delta T)_T}{\lambda_{\text{vapor}}} = \frac{7(36198.804 \text{ Kg.})(1.1 \text{ Kcal./Kg.}^\circ\text{C.})(95 - 18)^\circ\text{C.}}{527.91 \text{ Kcal./Kg.}}$$

$$W_{\text{vapor}} = 40,655.17 \frac{\text{Kg. de vapor}}{\text{hr.}} = 85,167,743 \text{ BTU}$$

Otra forma de determinar el vapor necesario para la esterilización del medio es realizando el balance de calor en cada fermentador:

## II) Balance de Calor en el Fermentador F.

$$(M c_p \Delta T)_F = W_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vapor}} + P q \quad P q \longrightarrow 0$$

Las pérdidas de calor por radiación y convección natural se desprecian por considerarse pequeñas.

Cálculo del Gasto de Vapor.

$$W_{\text{vapor}} = \frac{(M c_p \Delta T)_F}{\lambda_{\text{vapor}}} = \frac{(32,578.923 \text{ Kg.})(1.1 \text{ Kcal./Kg.}^\circ\text{C.})(95 - 18)^\circ\text{C.}}{527.91 \text{ Kcal./Kg.}}$$

$$W_{\text{vapor}} = 5,227.0932 \frac{\text{Kg. de vapor}}{\text{hr.}} = 10,950,138.0 \text{ BTU}$$

Vapor de Esterilización.

Equipo	$W_{\text{vapor total}}$ (Kg.)	$W_{\text{vapor}}$ (Kg./hr.)	$W_{\text{vapor}}$ (BTU/hr.)
Fermentador F	5,227.0932	5,227.0932	10,950,138.0
Fermentador $f_2$	522.70932	522.70932	1,095,013.80
Fermentador $f_1$	52.270932	52.270932	109,501.380
Laboratorio	5.2270932	5.2270932	10,950.1380

Calor requerido durante la Fermentación.

## Balance de Calor en el Fermentador F.

$$(M c_p \Delta T)_F = W_{\text{vapor}} \lambda_{\text{vapor}} + P q \quad P q \longrightarrow 0$$

Cálculo del Gasto de Vapor.

$$W_{\text{vapor}} = \frac{(Wc_p \Delta T)_F}{\lambda_{\text{vapor}}} = \frac{(36,198.804 \text{ Kg.})(1.1 \text{ Kcal./Kg.})(50 - 18)^\circ\text{C.}}{527.91 \text{ Kcal./Kg.}}$$

$$W_{\text{vapor}} = 2,413.665 \frac{\text{Kg. de vapor}}{\text{hr.}} = 5'056,341.0 \text{ BTU}$$

Vapor durante la Fermentación:

Equipo	$W_{\text{vapor total}}$ (Kg.)	$W_{\text{vapor}}$ (Kg./hr.)	$W_{\text{vapor}}$ (BTU/hr.)
Fermentador F	2,413.665	2,413.665	5'056,341.0
Fermentador f <sub>2</sub>	241.3665	241.3665	505,634.10
Fermentador f <sub>1</sub>	24.13665	24.13665	50,563.410
Laboratorio	2.413665	2.413665	5,056.3410

Calor Suministrado al Hervidor.

Aplicando la Regla de Kopp: Determinaremos la Capacidad Calorífica para:

LACTATO DE CALCIO:  $(\text{CH}_3\text{CHOHCOO})_2\text{Ca}$

Ca = 8.0

C = 2.8

H = 4.3

O = 6.0

$$c_p = 103.8 \text{ cal./Kg.}^\circ\text{C.}$$

HIDROXIDO DE CALCIO:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Ca = 8.0

O = 6.0

H = 4.3

$$c_p = 28.6 \text{ cal./Kg.}^\circ\text{C.}$$

ALBUMINOIDES:  $\text{C}_{15}\text{H}_{11}\text{O}_4\text{I}_4\text{N}$

I = 8.0

N = 8.0

$$c_p = 0.153 \text{ cal./g.}^\circ\text{C}$$

LACTATO DE CALCIO: 5,607.7928 Kg.

$$Q = (5,607.7928 \text{ Kg.})(103.8 \text{ cal./Kg.}^\circ\text{C.})(82.2^\circ\text{C.} - 20^\circ\text{C.})$$

$$Q = 36'205,929 \text{ cal.} = 143,674.32 \text{ BTU}$$

HIDROXIDO DE CALCIO: 1,902.2637 Kg.

$$Q = (1,902.2637 \text{ Kg.})(28.6 \text{ cal./Kg.}^\circ\text{C.})(82.2^\circ\text{C.} - 20^\circ\text{C.})$$

$$Q = 3'383,975 \text{ cal.} = 13,428.472 \text{ BTU}$$

ALBUMINOIDES: 366.98884 Kg.

$$Q = (366.98884 \text{ Kg.})(153.3 \text{ cal./Kg.}^{\circ}\text{C.})(82.2^{\circ}\text{C.} - 20^{\circ}\text{C.})$$

$$Q = 3'499,334.0 \text{ cal.} = 13,886.246 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{HERV.}} = 170,989.04 \text{ BTU}$$

Calor Suministrado a los Evaporadores:

#### EVAPORADOR I.

LACTATO DE CALCIO.

$$Q = (5,607.7928 \text{ Kg.})(103.8 \text{ cal./Kg.}^{\circ}\text{C.})(117.15^{\circ}\text{C.} - 20^{\circ}\text{C.})$$

$$Q = 56'549,936 \text{ cal.} = 224,404.51 \text{ BTU}$$

AGUA.

$$Q = (27,557.663 \text{ Kg.})(1.0 \text{ cal./Kg.}^{\circ}\text{C.})(117.15^{\circ}\text{C.} - 20^{\circ}\text{C.})$$

$$Q = 2'677,226.9 \text{ cal.} = 10,623.916 \text{ BTU}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 235,028.43 \text{ BTU}$$

#### EVAPORADOR II.

ACIDO LACTICO.

$$Q = (4,166.6666 \text{ Kg.})(52.2 \text{ cal./Kg.}^{\circ}\text{C.})(117.15^{\circ}\text{C.} - 20^{\circ}\text{C.})$$

$$Q = 21'130,125.0 \text{ cal.} = 83,849.701 \text{ BTU}$$

AGUA.

$$Q = (3,846.1538 \text{ Kg.})(1.0 \text{ cal./Kg.}^{\circ}\text{C.})(117.15^{\circ}\text{C.} - 20^{\circ}\text{C.})$$

$$Q = 373,653.84 \text{ cal.} = 1,482.7533 \text{ BTU}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 85,332.454 \text{ BTU}$$

$$Q_{\text{EVAP.}} = Q_{\text{Evap. I}} + Q_{\text{Evap. II}} = 320,360.88 \text{ BTU}$$

Cálculo de Vapor para la Esterilización de los Equipos.

La cantidad de vapor para la esterilización de los equipos se estima en 150 Kg./día; con un gasto de 10 Kg./min. por un tiempo de 15 minutos.

$$150 \frac{\text{Kg. de vapor}}{\text{día}} = 79'186,500 \text{ cal.} = 314,232.14 \text{ BTU}$$

## CALOR TOTAL SUMINISTRADO AL SISTEMA.

BTU

- Calor Suministrado para la Esterilización del Medio:	85'167,743.0
- Calor Suministrado al Hervidor:	170,989.04
- Calor Suministrado a los Evaporadores:	320,360.88
- Calor Suministrado para la Esterilización del Equipo:	314,232.14

$$Q = 85'973,325.06 \text{ BTU}$$

Con el 20 % agregado a este valor, se considerará como el calor total para el diseño del equipo:

$$Q = 103'167,990 \text{ BTU}$$

## CALOR NECESARIO EN UNA HORA.

$$Q = 103'167,990 \text{ BTU}$$

## VAPOR NECESARIO PARA SUMINISTRAR EL CALOR:

$$W = \frac{Q}{\lambda} = \frac{103'167,990 \text{ BTU}}{950.22203 \text{ BTU/lb.}} = 108,572.51 \text{ lb. de vapor}$$

$$= 49,247.662 \text{ Kg. de vapor}$$

## b) AGUA DE ENFRIAMIENTO:

Cálculo de la cantidad de Agua de Enfriamiento del Medio Esterilizado.

Condiciones del Medio y del Agua de Enfriamiento.

	<u>Medio</u>	<u>Agua</u>
$T_1$ (°C.)	95	18
$T_2$ (°C.)	50	45

## Balance de Calor en el Fermentador F.

$$(M_o c_p \Delta T_o)_{\text{Medio}} = (M c_p \Delta T)_{\text{Agua}}$$

$$M_{\text{agua}} = \frac{(M_o c_p \Delta T_o)_{\text{medio}}}{(c_p \Delta T)_{\text{agua}}} = \frac{(32578.923 \text{ Kg.})(1.1 \text{ Kcal./Kg.}^\circ\text{C.})(95 - 50)^\circ\text{C.}}{1.0 \text{ Kcal./Kg.}^\circ\text{C.}(45 - 18)^\circ\text{C.}}$$

$$M_{\text{agua}} = 59,728.026 \text{ Kg.}$$

Cálculo del Volumen de Agua.

$$V_{\text{agua}} = \frac{M_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} \quad \rho_{\text{agua}} = 997.51 \text{ Kg./m}^3 \quad (21^\circ\text{C.})$$

$$V_{\text{agua}} = 59.877123 \text{ m}^3$$

Cálculo del Flujo de Agua.

Velocidad de Flujo recomendada = 1.83 m./seg.

Tiempo de Enfriamiento = 1 hr. = 3,600 seg.

$$Q_{\text{agua}} = \frac{V_{\text{agua}}}{\theta_{\text{enfriamiento}}} = \frac{59.877123 \text{ m}^3}{3,600 \text{ seg.}}$$

$$Q_{\text{agua}} = 16.632534 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$s = \frac{Q_{\text{agua}}}{\text{Velocidad recomendada}} = \frac{16.632534 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}}{1.83 \text{ m./seg.}}$$

$$s = 90.888164 \text{ cm}^2$$

$$D = 10.757435 \text{ cm.} \longrightarrow 4.2352106 \text{ pulg.} \quad 5 \text{ pulg.}$$

Cálculo de la Cantidad de Agua de Enfriamiento durante la Fermentación.

Balance de Calor en el Fermentador F.

$$\text{Condiciones del Agua de Enfriamiento: } T_1 (^\circ\text{C.}) = 18$$

$$T_2 (^\circ\text{C.}) = 45$$

Calor Generado durante la Fermentación.

$$Q_{\text{generado}} = 1'861,071.0 \text{ Kcal./hr.}$$

Ecuación de Balance:

$$(M \cdot c_p \Delta T)_{\text{agua}} = Q_{\text{generado}}$$

$$M_{\text{agua}} = \frac{Q_{\text{generado}}}{(c_p \Delta T)_{\text{agua}}} = \frac{1'861,071.0 \text{ Kcal./hr.}}{1.0 \text{ Kcal./Kg.}^\circ\text{C.} \cdot (45 - 18)^\circ\text{C.}}$$

$$M_{\text{agua}} = 68,928.556 \text{ Kg./hr.}$$

Cálculo del Volumen de Agua:

$$V_{\text{agua}} = \frac{M_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{68,928.556 \text{ Kg./hr.}}{997.51 \text{ Kg./m}^3} = 69.100616 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$V_{\text{agua}} = 19.194616 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Cálculo de la Velocidad del Agua:

$$v_{\text{agua}} = \frac{V_{\text{agua}}}{s} = \frac{19.194616 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{seg.}}{90.888164 \text{ cm}^2}$$

$$v_{\text{agua}} = 2.1118939 \text{ m./seg.}$$

Balance del Agua de Enfriamiento del Medio Esterilizado.

Concepto	F	f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>
M <sub>medio</sub> (Kg.)	32,578.923	3,257.8923	325.78923
V <sub>agua</sub> (m <sup>3</sup> )	59.877123	5.9877123	0.59877123
Q <sub>agua</sub> (m <sup>3</sup> /hr.)	59.877123	5.9877123	0.59877123
v <sub>agua</sub> (m./hr.)	6,588.0	6,588.0	6,588.0
s (cm <sup>2</sup> )	90.888164	9.0888164	0.90888164

Balance del Agua de Enfriamiento durante la Fermentación.

Concepto	F	f <sub>2</sub>	f <sub>1</sub>
Q <sub>generado</sub> (Kcal./hr.)	1'861,071.0	930,535.48	93,053.548
M <sub>agua</sub> (Kg./hr.)	68,928.556	34,464.277	3,446.4277
Q <sub>agua</sub> (m <sup>3</sup> /hr.)	69.100616	34.550307	3.4550307
v <sub>agua</sub> (m./hr.)	7,602.8181	38,014.089	38,014.089

Cálculo del Agua de Lavado en el Filtro.

$$\text{Gasto recomendado de agua} = 3 \text{ gpm}/\text{ft}^2$$

$$\text{Tiempo de Lavado} = 10 \text{ minutos.}$$

$$Q_{\text{agua}} = \text{Gasto recomendado} \times \text{tiempo} \times \text{área del marco.}$$

$$Q_{\text{agua}} = 0.1135524 \text{ m}^3$$

Gasto Total del Agua:

$$Q_{\text{T agua}} = 173.68311 \text{ m}^3$$

#### ENERGIA ELECTRICA:

Para calcular los Kw-hr/Ton. de Acido Láctico, se consideró el consumo diario de energía eléctrica en motores, caldera, luminarias y otros equipos con un factor de utilización de 0.70 para plantas químicas de este tipo; así como la producción diaria de Acido Láctico.

$$\text{Energía Eléctrica} = \frac{550 \text{ Kw-hr/día}}{4.1666667 \text{ Ton. de Ac. Láctico}} \text{ día}$$

$$\text{Energía Eléctrica} = 132.0 \text{ Kw-hr/Ton. de Ac. Láctico}$$

<u>SERVICIOS AUXILIARES</u>	<u>CONSUMO/Ton. de Ac. Láctico</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>
Energía Eléctrica	132.0 Kw-hr	\$ 29.22/Kw-hr
Agua de Enfriamiento	41.683946 m <sup>3</sup>	\$ 90.00/m <sup>3</sup>
Vapor ( 150 psía )	11.819439 Ton.	\$ 2,670.00/Ton.

RESULTADOSa) BAIANCE DE MATERIALES.

Substancia:	Kr./día.
Sacarosa	5,429.8206
Carbonato de Calcio	3,619.8804
Fosfato Diamónico	94.116891
Nitrato de Calcio	72.397609
Fosfato Monopotásico	9.0497011
Sulfato de Magnesio	9.0497011
Acido Cítrico	36.198804
Cloruro de Potasio	8.687713
Cloruro Férrico	0.3619880
Agua de Consumo ( 10 % )	2,691.9241
Agua de Recuperación ( 90 % )	24,227.317
Hidróxido de Calcio	1,439.7515
Acido Sulfúrico	2,520.263
Carbón Activado	421.95817
Ayuda Filtro	8.5
Ferrocianuro de Sodio	0.218
Sulfuro de Sodio	

b) SERVICIOS.

Substancia:	Consumo/día
Agua de Enfriamiento	173.68311 m <sup>3</sup>
Vapor	49.247662 Ton.
Energía Eléctrica	550.0 Kw - hr.

c) EQUIPO

Dada la importancia del presente Estudio Técnico - Económico y con el fin de lograr un estimado de la inversión lo más cercano posible a la realidad, tomando como base la capacidad de la Planta determinada - anteriormente, se dimensionaron los equipos principales del proceso. El dimensionamiento del equipo se calculó en base a 360 días de operación durante un año considerando tres turnos por día.

## EQUIPO DE PROCESO.

-- Tanque de Esterilización y Almacenamiento del Medio de Cultivo.

Se requiere de dos tanques de  $122.10024 \text{ m}^3$ , de acero al carbón con el interior pulido y con un espesor de  $3/16$  pulgadas en las paredes y  $1/4$  de pulgada en las paredes.

Para el dimensionamiento de los fermentadores, se tiene como criterio de diseño, que la relación de volumen del fermento a volumen del fermentador es de 0.7 . Esto es debido a que se toma en cuenta la expansión del fermento y la espumación.

-- Fermentador F. Se requiere de 6 tanques reactores de  $45.30621 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con motor Westinhouse de 30 HP.

-- Fermentador  $f_2$  . Se requiere de 2 tanques reactores de  $4.530621 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con motor Westinhouse de 5 HP.

-- Fermentador  $f_1$  . Se requiere de 2 tanques reactores de  $0.4530621 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con motor Westinhouse de  $1/2$  HP.

-- Tanque de Coagulación y Precipitación. Se requiere de un tanque de  $37.974229 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con motor Westinhouse de 30 HP.

-- Tanque de Sedimentación. Se requiere de un tanque de  $2.9081032 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.

-- Filtro Prensa de Marcos y Placas. Se requiere un filtro con un área de filtración de  $22.267812 \text{ ft}^2$ , de acero inoxidable tipo 316.

-- Tanque para la Primera Clarificación. Se requiere un tanque de  $36.817349 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con un espesor de  $3/16$  pulgadas en el cuerpo y  $1/4$  de pulgada en el fondo.

-- Filtro Prensa de Marcos y Placas. Se requiere un filtro con un área de filtración de  $281.91637 \text{ ft}^2$ , de acero inoxidable tipo 316.

-- Tanque para Alimentar al Evaporador I. Se requiere de un tanque de  $35.216595 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.

-- Evaporador I. Se requiere de una unidad de evaporación de acero inoxidable tipo 316 con un área de calentamiento de  $2,431.4533 \text{ ft}^2$ .

- Tanque de Acidificación. Se requiere de un tanque de  $9.4603769 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.
- Filtro Prensa de Marcos y Placa. Se requiere de un filtro con un área de filtración de  $72.439628 \text{ ft}^2$ , de acero inoxidable tipo 316.
- Tanque para Alimentar al Evaporador II. Se requiere de un tanque de  $7.5530649 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.
- Evaporador II. Se requiere de una unidad de evaporación de acero inoxidable tipo 316 con un área de calentamiento de  $296.06721 \text{ ft}^2$ .
- Tanque para la Segunda Clarificación. Se requiere un tanque de  $4.3813408 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con un espesor de 3/16 pulgadas en el cuerpo y 1/4 de pulgada en el fondo.
- Filtro Prensa de Marcos y Placas. Se requiere de un filtro con un área de filtración de  $33.548632 \text{ ft}^2$ .
- Cristalización. Se requiere de tres tanques de cristalización de  $2.513592 \text{ m}^3$ , cada uno, de acero inoxidable tipo 316.
- Centrífuga. Se requiere de una unidad de 6,000 RPM., de acero inoxidable tipo 316.
- Secador. Se requiere una unidad de secado con capacidad de  $2.0 \text{ m}^3/\text{hr}$ . de producto terminado.
- Tanque de Clarificación. Se requiere un tanque de  $7.8834987 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.
- Tanque de Dilución. Se requiere de un tanque de  $7.8834987 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316.
- Bombas Centrífugas de acero inoxidable tipo 316.
- Bombas Centrífugas de acero al carbón.
- Máquina de Ensacado con capacidad de 50 sacos/hr., de 50 Kg. c/u.

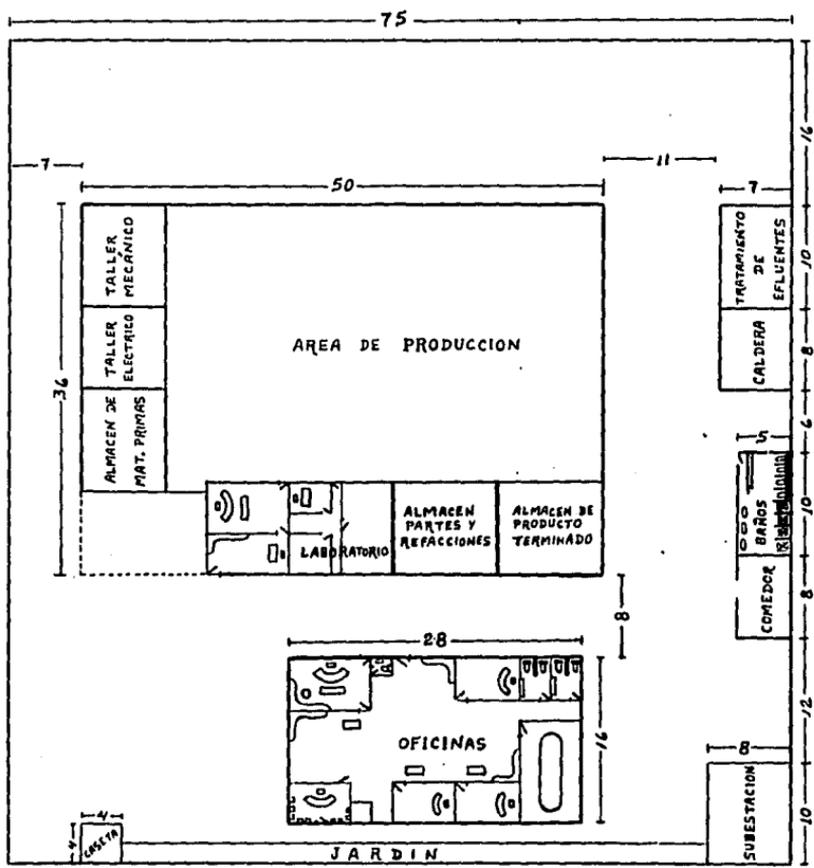
## EQUIPO DE SERVICIOS AUXILIARES:

- El costo del Equipo de Laboratorio y Control de Calidad, así como el Sistema de Tratamiento de Efluentes, se estimaron en base al costo de los mismos en plantas similares.
- El costo de la caldera y sus accesorios se estimó en base a los requerimientos de vapor del proceso y los servicios de la Planta, por lo que se requiere una caldera de 200 CV., utilizando como combustible - petróleo pesado ( combustóleo ).
- Se requiere un transformador de 125 KVA, una Subestación de 23 KV, - Servicio Interior, NEMA 1, Tablero de Baja Tensión y Alumbrado y un - Centro de Control de Motores.

Los Tanques de Almacenamiento se cotizaron de acuerdo a las siguientes necesidades:

- Tanque para Almacenar la Solución de Hidróxido de Calcio. Se requiere un tanque de  $0.97660861 \text{ m}^3$ , de acero al carbón con el interior pulido con un espesor de  $3/16$  pulgadas en el cuerpo y  $1/4$  de pulgada en las tapas.
- Tanque para Almacenar Acido Sulfúrico. Se requiere un tanque de  $11.038149 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 con un espesor en el cuerpo de  $3/16$  pulgadas y  $1/4$  de pulgada en las tapas.
- Tanque para el Agua de Proceso. Se requieren 2 tanques de  $100.0 \text{ m}^3$ , de acero al carbón con un espesor de  $3/16$  pulgadas en el cuerpo y  $1/4$  de pulgada en las tapas.
- Tanque para Almacenar el Acido Láctico. Se requiere un tanque de  $20.266593 \text{ m}^3$ , de acero inoxidable tipo 316 pulgadas en el cuerpo y  $1/4$  de pulgada en las tapas.
- Tanque para el Combustible de la Caldera. Se requieren 2 tanques de  $10 \text{ m}^3$ , de acero al carbón con un espesor de  $3/16$  pulgadas en el cuerpo y  $1/4$  de pulgada en las tapas.

PLOT PLAN



Acolamiento en m.

*[Handwritten signature]*

## CAPITULO VII

## ESTUDIO DE VIABILIDAD.

## 1º) COSTO DE MATERIAS PRIMAS.

Substancia:	\$/Kg.
Sacarosa	485.00
Carbonato de Calcio	661.00
Fosfato Diamónico	830.00
Nitrato de Calcio	1,578.00
Fosfato Monopotásico	5,579.00
Sulfato de Magnesio	347.50
Acido Cítrico	2,146.00
Cloruro de Potasio	592.00
Cloruro Férrico	2,247.50
Agua de Consumo ( 10 % )	6,000.00/bimestre
Agua de Recuperación ( 90 % )	- - -
Hidróxido de Calcio	58.00
Acido Sulfúrico	177.00
Carbón Activado	2,066.00
Ayuda Filtro	2,041.00
Ferrocianuro de Sodio	4,695.00
Sulfuro de Sodio	708.00

## 2º) COSTO DE SERVICIOS AUXILIARES.

Substancia:	\$/Unidad
Energía Eléctrica	29.22/Kw-hr
Agua de Enfriamiento	90.00/m <sup>3</sup>
Vapor	2,670.00/Ton.

## ESTIMADO DE LA INVERSION.

## 3º) COSTO DE EQUIPO DE PROCESO.

- 4º) COSTO DE EQUIPO DE SERVICIOS AUXILIARES.
- Equipo de Laboratorio y Control de Calidad.
  - Sistema de Tratamiento de Efluentes.
  - Caldera y sus Accesorios.
  - Transformador, Subestación y Equipo Eléctrico.
  - Tanques de Almacenamiento.
- 5º) SISTEMA CONTRA INCENDIO.- Por medio de hidrantes.
- 6º) CONSTRUCCION DE POZO PARA SU INIESTRO DE AGUA.- Según datos de Plantas ubicadas en la zona, existen pozos con un nivel freático de 120 m.
- 7º) OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL.- Se tomaron en cuenta todas las características que se deben cubrir para cumplir los reglamentos requeridos por la Secretaría de Salubridad y Asistencia y otras dependencias. Se estimó en base a \$ 100,000.00/m<sup>2</sup> de construcción, y el área total a construir será de 3,866 m<sup>2</sup>. Se incluye nivelación de terreno, edificios ( Oficinas, Planta ), laboratorio, Servicios ( Energía Térmica y Eléctrica ), drenaje general para zona pluvial, salida de los baños y agua de proceso, instalación sanitaria en edificio principal y planta; calles interiores y áreas de estacionamiento, con pavimento, puerta de entrada, barda en torno a la Planta, caseta de vigilancia y sala de primeros auxilios, cimentación de tanques, bombas, tuberías, caldera, canal para la tubería de combustible.
- 8º) INSTALACION DE EQUIPO Y AUXILIARES.- Incluye la mano de obra, descarga, ensamble, fijación, alineación y nivelación del equipo. El porcentaje debido a este concepto es del 4,2 % del costo de la obra civil y estructural.
- 9º) OBRA MECANICO Y TUBERIAS.- Incluye la mano de obra de montaje y suministro de tuberías, válvulas y conexiones, bombas, tubos soportes. Se estimó en base a un 40 % del costo total del equipo de proceso.
- 10º) INSTALACION ELECTRICA.- Incluye la mano de obra para la instalación y el suministro de materiales eléctricos, subestación, transformadores, interruptor de baja tensión, tablero de mando, cables, conductores, postes y estructura, aisladores, alumbrado. Se incluye además el contrato con la C.F.E. para contar con una planta de generación de corriente. Se estimó en base a un 12 % del costo total del equipo de proceso.

- 11°) **INSTALACION DE INSTRUMENTOS Y CONTROLES.**- Incluye la mano de obra y suministro de equipos de instrumentación y control para flujo, temperatura y presión, y se estimó en base a un 28 % del costo total - del equipo de proceso.
- 12°)  **AISIAMIENTO Y PINTURA.**- Incluye el aislamiento de tuberías y tanques, así como, la pintura, se estimó como un lote.
- 13°) **MOBILIARIO DE OFICINA.**- Se estimó en base a las necesidades mínimas para las operaciones del personal técnico y administrativo en la - planta.
- 14°) **EQUIPO DE TRANSORTE.**- Se consideró una unidad con una capacidad de 3.5 Toneladas para el movimiento del producto terminado; es importante mencionar que en el lugar donde será instalada la planta se cuenta con vía de ferrocarril, por lo que gran parte de producto - terminado se transportará por este medio.
- 15°) **TERRENO.**- Se estimó en base al precio actual de la zona industrial, el cual es de \$ 6,500.00/m<sup>2</sup> y se comprará un área total de 6,000 m<sup>2</sup>.
- 16°) **LICENCIA O TECNOLOGIA.**- Se estimó como un 5 % del costo total del - equipo de proceso.
- 17°) **INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE.**- Se estimó que se requerirán 25,000 horas-Hombre para el proyecto completo a razón de \$ 2,250.00/H-H.
- 18°) **GASTOS DE PRUEBA Y ARRANQUE.**- Se estimaron como un 2 % de la inversión total.
- 19°) **IMPREVISTOS Y CONTINGENCIAS.**- Este factor se incluye para compensar algunos eventos impredecibles, como la pérdida de algunos lotes que afectan la inversión o bien en virtud de que las inversiones de capital se evalúan por medio de estimaciones y cotizaciones preliminares. Se estimaron como un 10 % del costo total de construcción por concepto de Imprevistos y Contingencias sobre Capital de Trabajo.
- 20°) **SISTEMA DE ESTERILIZACION.**- Se le considera un factor de suma importancia en este proceso y se determina como un 5 % de la inversión fija.
- 21°) **CONTROL DE LA CONTAMINACION.**- Se requiere un cuidado excesivo en - cuanto a contaminación y pérdida del producto, por lo que se considera un 6 % de la inversión fija.

## ESTIMADO DE LA INVERSION.

	COSTOS ( Pesos )
EQUIPO DE PROCESO.	766'991,189.00
EQUIPO DE SERVICIOS AUXILIARES:	
- Equipo de Laboratorio y Control de Calidad.	15'000,000.00
- Caldera y sus Accesorios.	20'363,200.00
- Transformador, Subestación y Equipo Eléctrico.	15'000,000.00
- Tanques de Almacenamiento.	78'114,246.00
SISTEMA CONTRA INCENDIO.	10'000,000.00
CONSTRUCCION DE POZO PARA SUMINISTRO DE AGUA.	5'500,000.00
OBRA CIVIL Y ESTRUCTURAL.	386'600,000.00
INSTALACION DEL EQUIPO Y AUXILIARES.	16'237,200.00
OBRA MECANICO Y TUBERIAS.	306'796,476.00
INSTALACION ELECTRICA.	92'038,943.00
INSTALACION DE INSTRUMENTOS Y CONTROLES.	214'757,533.00
AISLAMIENTO Y PINTURA.	9'000,000.00
MOBILIARIO DE OFICINA.	7'806,346.00
EQUIPO DE TRANSPORTE.	18'000,000.00
TERRENO.	39'000,000.00
LICENCIA O TECNOLOGIA.	38'349,559.00
INGENIERIA BASICA Y DE DETALLE.	56'250,000.00
GASTOS DE PRUEBA Y ARRANQUE.	41'916,094.00
IMPREVISTOS Y CONTINGENCIAS.	91'096,863.00
INVERSION FIJA:	2,228'817,649.00
SISTEMA DE ESTERILIZACION.	111'440,882.00
CONTROL DE LA CONTAMINACION.	133'729,058.00
INVERSION TOTAL:	2,473'987,589.00

## ANÁLISIS FINANCIERO.

MONTO DE LA INVERSIÓN.

La inversión requerida para realizar el proyecto, incluyendo los gastos financieros en preoperación ascienden a la cantidad de:

\$	2,627'616,658.00	M. N.
\$	1'604,553.4	Dólares U.S.A.

En la Tabla 7.1 se presenta el desglose de la inversión el cual se ha dividido en Activos Fijos y Gastos de Preoperación con el objeto de - lograr su adecuada aplicación al cálculo de la depreciación y amortización.

El inicio de operaciones será el 1.º de Enero de 1988, se han considerado 15 meses para terminar la construcción total de la planta y 3 meses adicionales para las pruebas y arranque, por lo que el 1.º de Julio - de 1989 se iniciará la operación de la planta.

PROGRAMA DE VENTAS.Mercado Nacional

De acuerdo a la demanda de Acido Láctico en el país y al estudio - presentado en el inciso 5.1 denominado Proyección de la Demanda Nacional y considerando el inicio de operaciones de la planta el 1.º de Julio de - 1989, se presenta en la Tabla 7.2 el Programa de Ventas Nacionales con - un horizonte de planeación a 10 años para efectos de la evaluación del - proyecto.

Mercado de Exportación.

En la Tabla 7.2 se detalla el Programa de Exportaciones el cual se inicia el 1.º de Enero de 1990 y como se mencionó en el inciso 5.1.4, se contemplan exportaciones de un 3 a un 10 % de la producción anual total de Acido Láctico.

PRECIOS.

El precio de venta del Acido Láctico para el mercado nacional se de terminó de acuerdo al estudio de Estructura de Precios presentado en el inciso 4.3 y para fines de estudio se considera a partir del 20 de Octubre de 1987 y es de:

\$	5,346.00/Kg.	L.A.B. Planta
----	--------------	---------------

Para el precio de exportación de Acido Láctico se considera:

\$ 3,000.00/Kg. L.A.B. Frontera

El precio anterior se consideró empleando el tipo de cambio de \$ 1,637.6/U.S. Dlls., al mes de Octubre de 1987.

#### CARTERA DE CLIENTES.

Para las ventas en el Mercado Nacional se ha establecido una política de crédito de 30 días, debido a que para este tipo de producto se considerará un plazo de crédito normal para tener una buena recuperación de cartera.

Para las ventas del Mercado de Exportación se pretende operar por medio de cartas de crédito con el objeto de tener una recuperación en un plazo no mayor a 90 días, sin embargo para las ventas de exportación se contará con el apoyo financiero al Comercio Exterior por parte del FOMEX como lo indica su programa financiero de 1984; por lo tanto se tendrá una recuperación de crédito a los 30 días.

Debido a los intereses tan bajos por el financiamiento del FOMEX, no se han considerado para el estudio estos gastos financieros.

De acuerdo al consumo de materias primas, se considerará una política de crédito de 30 días para las materias primas.

En la Tabla 7.3 se presenta el programa de Cartera de Clientes, así como el Crédito de Proveedores.

#### CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS.

Los consumos de materias primas se calcularon de acuerdo a los requerimientos y condiciones del proceso.

#### Consumo de Materias Primas:

1.3031569 Ton. de Sacarosa/Ton. de Acido Láctico  
 0.8687712 Ton. de Carbonato de Calcio/Ton. de Acido Láctico.  
 0.022588 Ton. de Fosfato Diamónico/Ton. de Acido Láctico.  
 0.0173754 Ton. de Nitrato de Calcio/Ton. de Acido Láctico.  
 0.00217192 Ton. de Fosfato Monopotásico/Ton. de Acido Láctico.  
 0.00217192 Ton. de Sulfato de Magnesio/Ton. de Acido Láctico.  
 0.00868771 Ton. de Acido Cítrico/Ton. de Acido Láctico.

O.00208505 Ton. de Cloruro de Potasio/Ton. de Acido Láctico.  
 O.0000868771 Ton. de Cloruro Férrico/Ton. de Acido Láctico.  
 O.6460618 Ton. de Agua de Consumo/Ton. de Acido Láctico.  
 5.814556 Ton. de Agua de Recuperación/Ton. de Acido Láctico.  
 O.3455403 Ton. de Hidróxido de Calcio/Ton. de Acido Láctico.  
 O.6048631 Ton. de Acido Sulfúrico/Ton. de Acido Láctico.  
 O.42195817 Ton. de Carbón Activado  
 O.00148905 Ton. de Ayuda Filtro/Ton. de Acido Láctico.  
 O.0000525547 Ton. de Ferrocianuro de Potasio/Ton. de Acido Láctico.

Los costos de las materias primas se consideraron para el mes de Octubre de 1987 como se indica en el inciso 4.7, denominado Disponibilidad y Precios de las Materias Primas.

No se consideraron costos por fletes ya que el producto será vendido L.A.B. Planta en Puebla, Pue.

En la Tabla 7.4 se presenta el Programa de Consumo de Materias Primas.

#### CONSUMO DE SERVICIOS AUXILIARES.

Los consumos de servicios auxiliares fueron calculados en base a las necesidades del proceso y los costos de los mismos en base a las tarifas existentes en la zona donde será instalada la planta y que se indica en la sección de Balance de Energía ( Cap. VI ).

<u>SERVICIOS AUXILIARES</u>	<u>CONSUMO/</u> <u>Ton. de AC. LACTICO</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>
Energía Eléctrica	132.0 Kw-hr	\$ 29.22/Kw-hr
Agua de Enfriamiento	41.683946 m <sup>3</sup>	90.00/m <sup>3</sup>
Vapor	11.819439 Ton.	2,670.00/Ton.

En la Tabla 7.5 se presenta el Programa de Servicios Auxiliares.

#### MANO DE OBRA DIRECTA Y SUPERVISION DE PLANTA.

Debido a que gran parte del proceso es automatizado, se requiere poco personal en la operación del mismo.

Los requerimientos de Mano de Obra Directa y Supervisión de Planta se presentan en la Tabla 7.6 .

La Mano de Obra Directa la constituyen el personal sindicalizado; - los salarios y prestaciones se establecen por medio de contratos colectivos de trabajo, tomando como base el salario mínimo vigente a la fecha de la zona donde será instalada la planta.

La Supervisión de la Planta se forma por el personal de confianza, - los sueldos y prestaciones se fijaron de acuerdo a los sueldos existentes en la zona.

#### PROGRAMA DE DEPRECIACION Y AMORTIZACION.

Para la instalación de una nueva planta se requiere de una inversión inicial formada por bienes tangibles e intangibles.

Estos bienes tangibles e intangibles sufren un desgaste u obsolescencia con el paso del tiempo y con el objeto de tomarlos en cuenta como un costo de operación se considera que hay una disminución de su valor durante la vida útil de los mismos.

Esta disminución recibe el nombre de Depreciación para los bienes tangibles y Amortización para los bienes intangibles.

Las Tasas porcentuales de depreciación y amortización se obtuvieron de la Ley del Impuesto sobre la Renta en sus artículos 43, 44 y 45 de la Sección III, Capítulo II.

En la Tabla 7.7 se presenta el Programa de Depreciación y Amortización.

#### CRÉDITO REFACCIONARIO.

Para hacer frente a la inversión se ha estructurado el siguiente plan financiero:

<u>FUENTE</u>	<u>MONTO</u> <u>( Pesos en M. N. )</u>	<u>MONTO</u> <u>( Dólares )</u>	<u>*</u>
Recursos Propios	2,049'540,993.24	1'251,551.66	78
Crédito Refaccionario	578'075,664.76	353,001.74	22
<b>TOTAL</b>	<b>2,627'616,658.00</b>	<b>1'604,553.4</b>	<b>100</b>

En el Estudio Técnico Económico se ha considerado contar con un Crédito Refaccionario otorgado por el FONDO DE EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL ( FONEI ), el cual es un organismo financiero cuya labor principal es auxiliar a la pequeña y mediana industria.

Por lo tanto se decidió tomar un crédito refaccionario de:

\$ 578'075,664.76 bajo las condiciones de crédito que fija el FONEI en sus reglas generales de operación y que se detallan a continuación:

- El crédito otorgado tendrá un plazo de diez años con un período de gracia de tres años.
- La disposición de este crédito será en dos partes y se empleará para la compra del equipo de proceso e instrumentos y controles.

La primera disposición será el 1º de Julio de 1988 por un monto de \$ 289'037,832.38 y la segunda disposición será el 1º de Enero de 1989 por un monto de \$ 289'037,832.38 .

- La amortización de crédito deberá hacerse en pagos iguales semestrales al final del período, programándose la primera amortización para el 1º de Enero de 1992 y la última para el 1º de Enero de 1998.
- La Tasa neta de interés aplicable será cinco puntos sobre el CEP ( COSTO PORCENTUAL PROMEDIO ) que el Banco de México da a conocer mensualmente a través del Diario Oficial de la Federación.

La Tasa inicial que se aplique será la vigente a la del mes inmediato anterior, a la fecha de contratación del crédito y se modificará mensualmente.

Los intereses originados serán sobre los montos dispuestos y se pagarán mensualmente al final del período.

- Se deberá cubrir una comisión por compromiso de cinco al millar por año sobre saldos no dispuestos y una comisión de administración de cinco al millar por año, como pago único calculado sobre el monto total del crédito.

El Programa del Crédito Refaccionario se presenta en la Tabla 7.8 .

#### CAPITAL DE TRABAJO.

Para garantizar la operación continua de una planta se debe contemplar una cantidad de dinero adicional que deberá ser invertida y que recibe el nombre de Capital de Trabajo, el cual será el siguiente:

- a) Se considerará un inventario de materias primas de 30 días.
- b) Para el inventario de producto terminado se considerarán 7 días debido a que es conveniente reducir los gastos financieros.
- c) Efectivo en Caja y Valores: 30 días.
- d) Cuentas por Cobrar: 30 días.
- e) Cuentas por Pagar: 30 días.
- f) Los gastos financieros del Capital de Trabajo se estimaron en base a un crédito revolvente por año, a una tasa neta de interés de ocho puntos sobre el CPP.

En la Tabla 7.9 se detalla el cálculo del Capital de Trabajo.

#### ESTADOS FINANCIEROS PROFORMA.

##### Estado de Resultados Proforma.

El Estado de Resultados Proforma está constituido por:

- Los ingresos los cuales representan las ventas netas y que se muestran en el programa correspondiente a la Tabla 7.2
- Los Costos y Gastos Variables están formados por las materias primas y servicios auxiliares los cuales se muestran en la Tabla 7.4 y 7.5 respectivamente.

Para el envase del producto se considera utilizar bidones de plástico de 50 litros, con un costo por bidón de \$ 5,000.00 .

En caso de exportación, los gastos de exportación en pesos por tonelada de producto se estimarían en un 1.5 % del precio de venta de exportación.

- Los Costos y Gastos Fijos están formados por:

La Mano de Obra Directa y Supervisión de la Planta que se detallan en la Tabla 7.6 .

La Depreciación y Amortización que se detallan en la Tabla 7.7 .

Los Costos de Materiales de Mantenimiento se estimaron como un 6 % de la inversión de activos fijos. Esta cantidad estimada depende del porcentaje de la capacidad instalada empleada como sigue: Cuando opera a más del 75 % se considera el 6 % de la inversión de

activos fijos; cuando opera entre un 50 y un 75 % se considera el 85 % del costo total; cuando opera entre un 25 y un 50 % se considera el 75 % del costo total y cuando opera abajo del 25 % se considera el 50 % del costo total.

El Costo del Laboratorio se calculó como un 15 % de la mano de obra directa de planta.

Los Seguros se estimaron en un 1 % de la inversión de activos fijos.

Los Gastos Indirectos de Planta como son: Servicio Médico, Seguridad Industrial, Alumbrado, Comunicación y Transporte Interno, Almacenamiento, etc., se estimaron como un 40 % de la mano de obra directa de planta.

Los Gastos Administrativos, los cuales son necesarios para la operación eficiente de una planta como son los gastos de alta gerencia y actividades administrativas, se estiman en un 60 % ( para industrias químicas ), del costo total de la mano de obra directa y supervisión de planta.

El renglón de Ventas, en el cual se involucran todos los gastos necesarios para lograr los pronósticos de venta previamente establecidos y así lograr la exitosa operación de la empresa, se estiman como un 10 % del costo total del producto.

- Otros gastos que se deben involucrar son los gastos relacionados con el costo del dinero y reciben el nombre de Gastos Financieros.

Los Gastos Financieros a Largo Plazo resultantes del crédito refinancionario se detallan en la Tabla 7.8 y los Gastos Financieros a Corto Plazo relativos al Capital de Trabajo se detallan en la Tabla 7.9.

- El pago de Dividendos se considera como un 25 % sobre la utilidad neta.
- En la Ley del Impuesto sobre la Renta, en el Artículo 13 se encuentra legislado un pago del 42 % sobre utilidades gravables que toda empresa o sociedad mercantil con ingresos superiores a \$ 500,000.00 debe pagar por concepto de impuestos.

- Adicionalmente y de acuerdo al Artículo 117 de la Ley Federal del Trabajo se marca la obligación para todas las empresas o sociedades mercantiles un pago del 8 % a los trabajadores de las utilidades después de gastos financieros.

En la Tabla 7.10 se presentan las utilidades o pérdidas netas que resultan de la operación del proyecto para la fabricación del Acido Láctico.

#### ESTADO DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS PROFORMA.

Los ORIGENES, es el dinero y recursos necesarios para mantener en operación una planta.

Para el proyecto, los orígenes o recursos para los primeros años de preoperación ( 1988 - 1989 ), lo forman el Capital Social, que es el dinero fresco aportado por los accionistas y que es por un valor total de \$ 2,049'540,993.24 de los cuales \$ 1,524'793,179.00 se considera su aplicación para 1988 y \$ 524'747,814.00 para 1989, además del Crédito Refaccionario del FONEI. En la Tabla 7.8 se detallan las disposiciones de capital para los años 1988 y 1989.

A mediados de 1989, en que se inicia la operación de la planta, los recursos estarán constituidos por la utilidad gravable y los renglones de depreciación y amortización.

Otro recurso de la empresa es el Crédito a Corto Plazo, que es un Crédito revolvente para el Capital de Trabajo y que se detalla en la Tabla 7.9 .

También se cuenta con ingresos no gravables llamados CEPROFIS los cuales se determinaron de la siguiente manera:

<u>CONCEPTO</u>	<u>MONTO CEPROFI</u> <u>( Pesca en N.N. )</u>
10 % sobre la Inversión Fija	209'230,199.6
20 % sobre Empleos Generados ( 36 Empleos x 0.20 x 365 x \$ 4,691.30 )	12'328,736.0
5 % sobre Equipo Nacional	48'652,688.0
<b>TOTAL</b>	<b>270'211,623.6</b>

\* Salario Mínimo de la Zona ( Puebla ).

El monto total de los CEPROFIS son aplicados contra el pago de impuestos.

En las APLICACIONES se incluyen todas las erogaciones a realizar, - los renglones de Activo Fijo y Activo Diferido que aparecen en 1988 y - 1989 constituyen el Monto Total de la Inversión.

El incremento y amortización del Capital de Trabajo se detalla en - la Tabla 7.9 y la amortización del crédito a largo plazo se presenta en la Tabla 7.8 .

Los pagos del Impuesto sobre la Renta ( ISR ) y el Reparto de Utilidades ( RUT ), se indican en la Tabla 7.10 .

En la Tabla 7.11 se detalla el Estado de Origen y Aplicación de Recursos Proforma.

#### BALANCE GENERAL PROFORMA.

En las Tablas 7.12 y 7.12-"A" se presenta el Balance General Proforma que indica el estado en unidades monetarias que muestra la situación financiera de la empresa al cierre de cada año.

El Balance General está formado por los Activos, Pasivos y el Capital Contable.

Los Activos Totales constituyen el conjunto de bienes ya sea, tangibles e intangibles y que se dividen en: Activo Circulante, Activo Fijo y Activo Diferido.

El Pasivo Total es el concepto que involucra a los acreedores de la empresa y se divide en: Pasivo a Corto Plazo y Pasivo a Largo Plazo.

El Pasivo a Corto Plazo se refiere a las deudas que se tienen que liquidar a un plazo no mayor de un año y el Pasivo a Largo Plazo a las deudas que se tienen que liquidar a más de un año.

El Capital Contable es el patrimonio de los accionistas y muestra principalmente el Capital Social, así como, las utilidades retenidas, el pago de dividendos y los ingresos no gravables.

RAZONES FINANCIERAS.

En la Tabla 7.13 se muestran las Razones Financieras de liquidez, solvencia, actividad y rentabilidad del proyecto.

TASA INTERNA DE RETORNO DE LA INVERSIÓN.

Para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno de la Inversión como se muestra en la Tabla 7.14 se emplearon para la determinación del Flujo de Efectivo los conceptos de las Tablas 7.7, 7.10, 7.11, 7.12, y -- 7.12-"A".

Observación:

El Banco de México ha declarado que el tipo de cambio controlado de " equilibrio " correspondiente a la sesión celebrada el 28 de Octubre de 1987 fue de \$ 1,637.60 M. N. ( un mil seiscientos treinta y siete pesos 60/100 Moneda Nacional ) por un dólar de los Estados Unidos de América.

TABLA 7.1

RESUMIO DE LA INVERSION.

<u>ACTIVOS FIJOS</u>	<u>MONTO</u> <u>( Pesos en M. N. )</u>
Equipo de Proceso.	766'991,189.00
Equipo de Servicios Auxiliares.	128'477,446.00
Sistema Contra Incendio.	10'000,000.00
Construcción de Pozo para Suministro de Agua.	5'500,000.00
Obra Civil y Estructural.	386'600,000.00
Instalación de Equipo.	16'237,200.00
Obra Mecánico y Tuberías.	306'796,476.00
Instalación Eléctrica.	92'038,943.00
Instalación de Instrumentos y Controles.	214'757,533.00
Aislamiento y Pintura.	9'000,000.00
Mobiliario de Oficina.	7'806,346.00
Equipo de Transporte.	18'000,000.00
Ferreno.	39'000,000.00
Imprevistos y Contingencias.	91'096,863.00
<b>TOTAL DE ACTIVOS FIJOS:</b>	<b>2,092'301,996.00</b>
<u>GASTOS DE PREOPERACION.</u>	
Licencia.	38'349,559.00
Ingeniería Básica y de Detalle.	56'250,000.00
Gastos de Prueba y Arranque.	41'916,094.00
Gastos Financieros en Preoperación.	153'629,069.00
<b>TOTAL DE GASTOS DE PREOPERACION:</b>	<b>290'144,722.00</b>
Gastos de Esterilización.	111'440,882.00
Control de la Contaminación.	133'729,058.00
<b>INVERSION TOTAL:</b>	<b>2,627'616,658.00</b>

TABLA 7.2

PROGRAMA DE VENTAS.

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b>VENTAS EN TONELADAS.</b>										
Ventas Nacionales de Acido Láctico.	721	944	1,017	1,093	1,173	1,258	1,311	1,366	1,460	1,500
Ventas Exportación de Acido Láctico.	0	30	42	57	75	95	114	120	40	0
T O T A L :	721	974	1,059	1,150	1,248	1,353	1,425	1,486	1,500	1,500
<b>VENTAS EN MILES DE PESOS.</b>										
Ventas Nacionales ( \$ 5,346.00/Kg. )	3'854,466	5'046,624	5'436,882	5'843,178	6'270,858	6'725,268	7'008,606	7'302,636	7'805,160	8'019,000
Ventas Exportación ( \$ 3,000.00/Kg. )	0	90,000	126,000	171,000	225,000	285,000	342,000	360,000	120,000	---
T O T A L :	3'854,466	5'136,624	5'562,882	6'014,178	6'495,858	7'010,268	7'350,606	7'662,636	7'925,160	8'019,000
<b>VENTAS EN MILES DE DOLARES</b>										
Ventas Nacionales ( \$ 3.2645335/Kg. )	2,354	3,082	3,320	3,568	3,829	4,107	4,280	4,459	4,766	4,897
Ventas Exportación ( \$ 1.8319492/Kg. )	0	55	77	104	137	174	209	220	73	---
T O T A L :	2,354	3,137	3,397	3,672	3,966	4,281	4,489	4,679	4,839	4,897

TABLA 7.3

CARTERA DE CLIENTES.  
( Miles de Pesos )

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
Cartera de Ventas Nacionales ( 30 días )	321,206	420,552	453,074	486,932	522,572	560,439	584,051	608,553	650,430	668,250
Cartera de Ventas Exportación ( 30 días )	0	7,500	10,500	14,250	18,750	23,750	28,500	30,000	10,000	---
TOTAL ( M \$ ) :	321,206	428,052	463,574	501,182	541,322	584,189	612,551	638,553	660,430	668,250
TOTAL ( M \$ ) :	196	261	283	306	331	357	374	390	403	408
<b>CREDITO DE PROVEEDORES</b>										
Sacarosa (30 días)	37,975	51,300	55,777	60,570	65,731	71,262	75,054	78,267	79,004	79,004
Carbonato de Calcio (30 días)	34,503	46,611	50,678	55,033	59,723	64,748	68,193	71,112	71,782	71,782
Fosfato Diamónico (30 días)	1,126	1,522	1,655	1,797	1,950	2,114	2,226	2,322	2,344	2,344
Nitrato de Calcio (30 días)	1,647	2,225	2,420	2,628	2,852	3,091	3,256	3,395	3,427	3,427
Fosfato Monopotásico (30 días)	728	984	1,069	1,161	1,260	1,366	1,439	1,501	1,515	1,515
Sulfato de Magnesio (30 días)	45	61	67	72	78	85	90	93	94	94
Acido Cítrico (30 días)	1,120	1,513	1,645	1,787	1,939	2,102	2,214	2,309	2,330	2,330
Cloruro de Potasio (30 días)	74	100	109	118	128	139	147	153	154	154
Cloruro Férrico (30 días)	12	16	17	19	20	22	23	24	24	24
Agua de Consumo (30 días)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Agua de Recuperación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Calcio (30 días)	1,204	1,627	1,769	1,921	2,084	2,260	2,380	2,482	2,505	2,505
Acido Sulfúrico (30 días)	6,433	8,690	9,448	10,260	11,134	12,071	12,713	13,258	13,383	13,383
Carbón Activado (30 días)	73	73	73	73	73	73	73	73	73	73
Ayuda Filtro (30 días)	125	169	184	200	217	235	247	258	260	260
Ferrocianuro de Sodio (30 días)	15	20	22	24	26	28	29	31	31	31
TOTAL ( M \$ ) :	85,083	114,914	124,936	135,666	147,218	159,599	168,087	175,281	176,929	176,929

TABLA 7.4

PROGRAMA DE CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS.

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b>CONSUMO EN TONELAJADAS.</b>										
Sacarosa	940	1,269	1,380	1,499	1,626	1,763	1,857	1,936	1,955	1,955
Carbonato de Calcio	626	846	920	999	1,084	1,175	1,238	1,291	1,303	1,303
Fosfato Diamónico	16	22	24	26	28	31	32	34	34	34
Nitrato de Calcio	13	17	18	20	22	24	25	26	26	26
Fosfato Monopotásico	1.56	2.11	2.30	2.49	2.71	2.93	3.09	3.22	3.25	3.25
Sulfato de Magnesio	1.56	2.11	2.30	2.49	2.71	2.93	3.09	3.22	3.25	3.25
Acido Cítrico	6.26	8.46	9.2	9.99	10.84	11.75	12.37	12.90	13.03	13.03
Cloruro de Potasio	1.50	2.03	2.20	2.39	2.60	2.82	2.97	3.09	3.12	3.12
Cloruro Férrico	0.062	0.084	0.092	0.099	0.108	0.117	0.123	0.129	0.130	0.130
Agua de Consumo ( 10 % )	466	629	684	743	806	874	921	960	969	969
Agua de Recuperación ( 90 % )	4,192	5,663	6,158	6,687	7,257	7,867	8,286	8,640	8,722	8,722
Hidróxido de Calcio	249	337	366	397	431	468	492	513	518	518
Acido Sulfúrico	436	589	641	696	755	818	862	899	907	907
Carbón Activado	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421	0.421
Ayuda Filtro	0.735	0.993	1.080	1.173	1.272	1.380	1.453	1.515	1.530	1.530
Ferrocianuro de Sodio	0.037	0.051	0.055	0.060	0.065	0.071	0.074	0.078	0.078	0.078

CONSUMO EN MILES DE PESOS.

Sacarosa	( \$ 485.00/Kg.)	455,694	615,598	669,321	726,836	788,775	855,138	900,644	939,198	948,047	948,047
Carbonato de Calcio	( \$ 661.00/Kg.)	414,040	559,327	608,139	660,397	716,674	776,971	818,317	853,347	861,387	861,387
Fosfato Diamónico	( \$ 830.00/Kg.)	13,517	18,261	19,854	21,560	23,398	25,366	26,716	27,860	28,122	28,122
Nitrato de Calcio	( \$ 1,578.00/Kg.)	19,769	26,706	29,036	31,531	34,218	37,097	39,071	40,744	41,128	41,128
Fosfato Monopotásico	( \$ 5,579.00/Kg.)	8,736	11,802	12,832	13,935	15,122	16,395	17,267	18,006	18,176	18,176
Sulfato de Magnesio	( \$ 347.50/Kg.)	544	735	799	868	942	1,021	1,076	1,122	1,132	1,132
Acido Cítrico	( \$ 2,146.00/Kg.)	13,442	18,159	19,744	21,440	23,268	25,225	26,567	27,705	27,966	27,966
Cloruro de Potasio	( \$ 592.00/Kg.)	890	1,202	1,307	1,420	1,540	1,670	1,759	1,834	1,852	1,852
Cloruro Férrico	( \$ 2,247.50/Kg.)	141	190	207	225	244	264	278	290	293	293
Agua de Consumo (10 %)	( \$ 6,000.00/Kg.)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Agua de Recuperación ( 90 % )	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidróxido de Calcio	( \$ 58.00/Kg.)	14,450	19,520	21,224	23,048	25,012	27,116	28,559	29,781	30,062	30,062
Acido Sulfúrico	( \$ 177.00/Kg.)	77,191	104,277	113,377	123,120	133,612	144,853	152,562	159,092	160,591	160,591
Carbón Activado	( \$ 2,066.00/Kg.)	872	872	872	872	872	872	872	872	872	872
Ayuda Filtro	( \$ 2,041.00/Kg.)	1,501	2,028	2,205	2,394	2,598	2,817	2,967	3,094	3,123	3,123
Ferrocianuro de Sodio	( \$ 4,695.00/Kg.)	178	240	261	284	308	334	352	367	370	370

T O T A L ( M \$ ) : 1'021,001 1'378,953 1'499,214 1'627,966 1'766,619 1'915,175 2'017,043 2'103,348 2'123,157 2'123,157

TABLA 7.5

PROGRAMA DE SERVICIOS AUXILIARES.

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b>CONSUMO POR TON. PRODUCIDA DE AG. LACTICO</b>										
Energía Eléctrica ( Kw-hr )	95,172	128,568	139,788	151,800	164,736	178,596	188,100	196,152	198,000	198,000
Agua de Enfriamiento ( m <sup>3</sup> )	30,054	40,600	44,143	47,937	52,022	56,398	59,400	61,942	62,526	62,526
Vapor ( 150 psia ) ( Ton. )	8,522	11,512	12,517	13,592	14,751	15,992	16,843	17,564	17,729	17,729
<b>CONSUMO EN MILES DE PESOS.</b>										
Energía Eléctrica ( \$/Kw-hr. )	2,781	3,757	4,085	4,436	4,814	5,219	5,496	5,732	5,786	5,786
Agua de Enfriamiento ( \$/m <sup>3</sup> )	2,705	3,654	3,973	4,314	4,682	5,076	5,346	5,575	5,627	5,627
Vapor ( \$/Ton. )	22,753	30,737	33,420	36,292	39,384	42,698	44,970	46,895	47,337	47,337
<b>T O T A L ( M \$ ) :</b>	<b>28,239</b>	<b>38,148</b>	<b>41,478</b>	<b>45,042</b>	<b>48,880</b>	<b>52,993</b>	<b>55,812</b>	<b>58,202</b>	<b>58,750</b>	<b>58,750</b>

TABLA 7.6

SUPERVISION DE PLANTA Y MANO DE OBRA DIRECTA.

	<u>PERSONAS POR TURNO</u>	<u>NUM. DE TURNOS</u>	<u>TOTAL DE PERSONAS</u>	<u>SUELDO O SALARIO ANUAL</u>	<u>PRESTACIONES ( 40 % )</u>	<u>SUELDO O SALARIO TOTAL</u>	<u>IMPORTE TOTAL PESOS/AÑO</u>
<b>PERSONAL PARA LA SUPERVISION DE PLANTA</b>							
<b>( PERSONAL DE CONFIANZA )</b>							
Superintendente	1	1	1	8'700,000	3'480,000	12'180,000	12'180,000
Jefe de Turno	1	3	3	6'669,600	2'667,840	9'337,440	28'012,320
Q.F.B. especialista en Fermentación	1	1	1	6'343,200	2'537,280	8'880,480	8'880,480
Jefe de Mantenimiento	1	1	1	5'799,600	2'319,840	8'119,440	8'119,440
Ingeniero Electro-Mecánico	1	1	1	5'220,000	2'088,000	7'308,000	7'308,000
Recepcionista	1	1	1	2'328,000	931,200	3'259,200	3'259,200
Secretaria	2	1	2	2'030,400	812,160	2'842,560	5'685,120
Subtotal:	8		10				73'444,560
<b>MANO DE OBRA DIRECTA</b>							
<b>( PERSONAL SINDICALIZADO )</b>							
Instrumentista	1	1	1	4'059,600	1'623,840	5'683,440	5'683,440
Auxiliar laboratorista ( + )	1	3	3	3'480,000	1'392,000	4'872,000	14'616,000
Ayudante de Mecánico	1	3	3	2'899,200	1'159,680	4'058,880	12'176,640
Operador de Tablero	1	3	3	2'610,000	1'044,000	3'654,000	10'962,000
Operador en Producto Terminado	1	3	3	2'319,600	927,840	3'247,440	9'742,320
Almacenista	1	3	3	2'031,000	812,400	2'843,400	8'530,200
Obrero especializado ( + + )	1	3	3	1'864,800	745,920	2'610,720	7'832,160
Obrero sin especializar ( + + + )	2	3	6	1'688,868	675,547	2'364,415	14'186,491
Secretaria	1	1	1	1'740,000	696,000	2'436,000	2'436,000
Subtotal:	10		26				86'165,251
<b>T O T A L :</b>							<b>159'609,811</b>

- ( + ) Encargado de la alimentación del medio y mosto, así como de la esterilización.
- ( ++ ) Encargado de la Fermentación.
- ( +++ ) Encargado de Precipitación, Filtración, Evaporación, Centrifugación, Secado, etc.



TABLA 7.8

CREDITO REFACCIONARIO DE FONEI.

	<u>DISPOSICIONES</u> <u>( M \$ )</u>	<u>AMORTIZACION DE</u> <u>CAPITAL</u> <u>( M \$ )</u>	<u>SALDO DE</u> <u>CAPITAL</u> <u>( M \$ )</u>	<u>COMISION POR</u> <u>ADMINISTRACION</u> <u>( M \$ )</u>	<u>COMISION DE</u> <u>COMPROMISO</u> <u>( M \$ )</u>	<u>INTERESES</u> <u>( CPP + 5 )<sup>+</sup></u>	<u>TOTAL DE GASTOS</u> <u>FINANCIEROS ( M \$ )</u>
1º Enero 1988	0	0	0	0	0	0	0
1º Julio 1988	289,037.8	0	0	2,890.37	0	0	2,890.37
1º Enero 1989	289,037.8	0	289,037.8	0	722.59	137,726.5	138,449
1º Julio 1989 ++	0	0	578,075.6	0	0	275,453	275,453
1º Enero 1990	0	0	578,075.6	0	0	275,453	275,453
1º Julio 1990	0	0	578,075.6	0	0	275,453	275,453
1º Enero 1991	0	0	578,075.6	0	0	275,453	275,453
1º Julio 1991	0	41,291	578,075.6	0	0	275,453	275,453
1º Enero 1992	0	41,291	536,784.6	0	0	255,778	255,778
1º Julio 1992	0	41,291	495,493.6	0	0	236,103	236,103
1º Enero 1993	0	41,291	454,202.6	0	0	216,428	216,428
1º Julio 1993	0	41,291	412,911.6	0	0	196,752	196,752
1º Enero 1994	0	41,291	371,620.6	0	0	177,077	177,077
1º Julio 1994	0	41,291	330,329.6	0	0	157,402	157,402
1º Enero 1995	0	41,291	289,038.6	0	0	137,727	137,727
1º Julio 1995	0	41,291	247,747.6	0	0	118,052	118,052
1º Enero 1996	0	41,291	206,456.6	0	0	98,377	98,377
1º Julio 1996	0	41,291	165,165.6	0	0	78,701	78,701
1º Enero 1997	0	41,291	123,874.6	0	0	59,026	59,026
1º Julio 1997	0	41,291	82,583.6	0	0	39,351	39,351
1º Enero 1998	0	41,292.6	41,292.6	0	0	19,676	19,676
	<u>578,075.6</u>	<u>578,075.6</u>					

+ CPP = 90.30 % Anual ( Banco de México, Octubre 1987 )

++ Fecha de Arranque de la Planta.



TABLA 7.10

ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA.  
( Miles de Pesos )

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
INGRESOS	3'854,466	5'136,624	5'562,882	6'014,178	6'495,858	7'010,268	7'350,606	7'662,636	7'925,160	8'019,000
Ventas de Acido Láctico	3'854,466	5'136,624	5'562,882	6'014,178	6'495,858	7'010,268	7'350,606	7'662,636	7'925,160	8'019,000
COSTOS Y GASTOS VARIABLES	1'121,340	1'444,680	1'570,676	1'705,567	1'850,831	2'006,471	2'113,196	2'203,617	2'224,370	2'224,370
Materias Primas	1'021,001	1'378,953	1'499,214	1'627,966	1'766,619	1'915,175	2'017,043	2'103,348	2'123,157	2'123,157
Servicios Auxiliares	28,239	38,148	41,478	45,042	48,880	52,993	55,812	58,202	58,750	58,750
Envase	72,100	27,579	29,984	32,559	35,332	38,303	40,341	42,067	42,463	42,463
CONTRIBUCION MARGINAL	2'733,126	3'691,944	3'992,206	4'308,611	4'645,027	5'003,797	5'237,410	5'459,019	5'700,790	5'794,630
COSTOS Y GASTOS FIJOS	459,167	781,014	793,614	825,934	840,460	856,024	866,697	875,739	877,814	877,814
Mano de Obra Directa	43,083	86,165	86,165	86,165	86,165	86,165	86,165	86,165	86,165	86,165
Supervisión de Operación	36,722	73,445	73,445	73,445	73,445	73,445	73,445	73,445	73,445	73,445
Depreciación y Amortización	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188	190,188
Materiales de Mantenimiento	47,077	106,707	106,707	125,538	125,538	125,538	125,538	125,538	125,538	125,538
Laboratorio	6,462	12,925	12,925	12,925	12,925	12,925	12,925	12,925	12,925	12,925
Seguros	10,462	20,923	20,923	20,923	20,923	20,923	20,923	20,923	20,923	20,923
Indirectos de Planta	17,233	34,466	34,466	34,466	34,466	34,466	34,466	34,466	34,466	34,466
Administración	47,883	95,766	95,766	95,766	95,766	95,766	95,766	95,766	95,766	95,766
Ventas	60,057	160,429	173,029	186,518	201,044	216,608	227,281	236,323	238,398	238,398
UTILIDAD DE OPERACION	2'273,959	2'910,930	3'198,592	3'482,677	3'804,567	4'147,773	4'370,713	4'583,280	4'822,976	4'916,816
GASTOS FINANCIEROS	809,858	1'084,282	1'127,886	1'115,129	1'085,899	1'060,065	1'016,602	969,694	913,929	842,915
Crédito a Largo Plazo	413,902	550,906	550,906	491,881	413,180	334,479	255,779	177,078	98,377	19,676
Crédito a Corto Plazo	395,956	533,376	576,980	623,248	672,719	725,586	760,823	792,616	815,552	823,239
UT. DESP. DE GASTOS FINANCIEROS	1'464,101	1'826,648	2'070,706	2'367,548	2'718,668	3'087,708	3'354,111	3'613,586	3'909,047	4'073,901
DIVIDENDOS	0	366,025	175,257	233,426	262,097	301,830	342,198	369,645	398,100	430,906
UTILIDAD GRAVABLE	1'464,101	1'460,623	1'895,449	2'134,122	2'456,571	2'785,878	3'011,913	3'243,941	3'510,947	3'642,995
Pago del I.S.R. ( 42 % )	0	613,462	796,089	896,331	1'031,760	1'170,069	1'265,004	1'362,455	1'474,598	1'530,058
Pago del R.U.T. ( 8 % )	0	146,132	165,656	189,404	217,493	247,017	268,329	289,087	312,724	325,912
UTILIDAD NETA	1'464,101	701,029	933,704	1'048,387	1'207,318	1'368,792	1'478,580	1'592,399	1'723,625	1'787,025

TABLA 7.11

ESTADO DE ORIGEN Y APLICACION DE RECURSOS PROFORMA.  
( Miles de Pesos )

	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b>ORIGENES</b>											
Ut. Deep. de Gastos Financieros	0	1464101	1826648	2070706	2367548	2718668	3087708	3354111	3613586	3909047	4073901
Depreciación y Amortización	0	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188
Crédito a Largo Plazo	289037.8	289037.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crédito a Corto Plazo	0	402804	542600	586958	634026	684353	738134	773981	806324	829656	837476
Capital Social	1524793	524748	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros Ingresos no Gravables:											
CEPROPIS sobre Inversión	0	0	0	0	0	83692	125538	0	0	0	0
CEPROPIS sobre Empleo	0	0	0	0	12329	0	0	0	0	0	0
CEPROPIS sobre Equipo Nacional	0	0	0	0	24326	24327	0	0	0	0	0
<b>TOTAL DE ORIGENES</b>	<b>1813830.8</b>	<b>2870878.8</b>	<b>2559436</b>	<b>2847852</b>	<b>3228417</b>	<b>3701228</b>	<b>4141568</b>	<b>4318280</b>	<b>4610098</b>	<b>4928891</b>	<b>5101565</b>
<b>APLICACIONES</b>											
Activo Fijo	1653157	439145	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Activo Diferido	160673.8	129471	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	0	402804	139796	44358	47068	50327	53781	35847	32343	23332	7820
Amortización Créd. Largo Plazo	0	0	0	41291	82582	82582	82582	82582	82582	82582	41292.6
Amortización Créd. Corto Plazo	0	402804	542600	586958	634026	684353	738134	773981	806324	829656	387476
Pago del I.S.R.	0	0	613462	796089	896331	1031760	1170069	1265004	1362455	1474598	1530058
Pago de R.U.T.	0	0	146132	165656	189404	217493	247017	268329	289087	312724	325912
Pago de Dividendos	0	0	366025	175257	233426	262097	301830	342198	369645	398100	430906
<b>TOTAL DE APLICACIONES</b>	<b>1813830.8</b>	<b>1374224</b>	<b>1808015</b>	<b>1809609</b>	<b>2082837</b>	<b>2328612</b>	<b>2593413</b>	<b>2767941</b>	<b>2942436</b>	<b>3120992</b>	<b>2723465</b>
<b>FLUJO NETO</b>	<b>0</b>	<b>1496655</b>	<b>751421</b>	<b>1038243</b>	<b>1145580</b>	<b>1372616</b>	<b>1548155</b>	<b>1550339</b>	<b>1667662</b>	<b>1807899</b>	<b>2378100</b>
<b>FLUJO ACUMULADO</b>	<b>0</b>	<b>1496655</b>	<b>2248076</b>	<b>3286319</b>	<b>4431899</b>	<b>5804515</b>	<b>7352670</b>	<b>8903009</b>	<b>10570671</b>	<b>12378570</b>	<b>14756670</b>

TABLA 7.12

BALANCE GENERAL PROFORMA.  
( Miles de Pesos )

	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<u>ACTIVO</u>											
<u>ACTIVO CIRCULANTE</u>											
Caja y Bancos	0	1503305	2261377	3299620	4445200	5817816	7365971	8916310	10583972	12391871	14769971
Cuentas y Docum. por Cobrar	0	321206	428052	453574	501182	541322	584189	612551	638553	660430	668250
Inventarios	0	160031	216161	235019	255209	276948	300243	316216	329751	332854	332854
Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SUMA ACTIVO CIRCULANTE	0	1984542	2905590	3998213	5201591	6636086	8250403	9845077	11552276	13385155	15771075
<u>ACTIVO FIJO</u>											
Terreno	39000	39000	39000	39000	39000	39000	39000	39000	39000	39000	39000
Edificio y Obra Civil	316222	392100	392100	392100	392100	392100	392100	392100	392100	392100	392100
Maquinaria y Equipo	1297935	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299	1525299
Otras Inversiones	0	135903	135903	135903	135903	135903	135903	135903	135903	135903	135903
Depreciación Acumulada	0	(161173)	(322346)	(483519)	(644692)	(805865)	(967038)	(1128211)	(1289384)	(1450557)	(1611730)
SUMA ACTIVO FIJO	1653157	1931129	1769956	1608783	1447610	1286437	1125264	964091	802918	641745	480572
<u>ACTIVO DIFERIDO</u>											
Gastos Preoperativos	160673.8	290145	290145	290145	290145	290145	290145	290145	290145	290145	290145
Amortización Acumulada	0	(29015)	(58030)	(87045)	(116060)	(145075)	(174090)	(203105)	(232120)	(261135)	(290150)
SUMA ACTIVO DIFERIDO	160673.8	261130	232115	203100	174085	145075	116055	87040	58025	29010	-5
ACTIVO TOTAL	1813830.8	4176801	4907661	5810096	6823286	8067598	9491722	10896208	12413219	14055910	16251642

TABLA 7.12 - "A"

BALANCE GENERAL PROFORMA.  
( Miles de Pesos )

	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b><u>PASIVO</u></b>											
<b><u>PASIVO A CORTO PLAZO</u></b>											
Proveedores	0	85083	114914	124936	135666	147218	159599	168087	175281	176929	176929
R.U.T. por Pagar	0	0	146132	165656	189404	217493	247017	268329	289087	312724	325912
Crédito a Corto Plazo	0	402804	542600	586958	634026	684353	738134	773981	806324	829656	837476
SUMA PASIVO A CORTO PLAZO	0	487887	803646	877550	959096	1049064	1144750	1210397	1270692	1319309	1340317
PASIVO A LARGO PLAZO	289037.8	578075.6	578075.6	536784.6	454202.6	371620.6	289038.6	206456.6	123874.6	41292.6	0
SUMA PASIVO TOTAL	289037.8	1065963	1381722	1414335	1413299	1420685	1433789	1416854	1394567	1360602	1340317
<b><u>CAPITAL CONTABLE</u></b>											
Capital Social	1524793	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541	2049541
Utilidad Neta Ejercicio	0	1464101	701029	933704	1048387	1207318	1368792	1478580	1592399	1723625	1787025
Otros Ingresos no Gravables	0	0	0	0	36655	108019	125538	0	0	0	0
Utilidad Retenida del Ejercicio Anterior	0	0	1464101	2165130	3098834	4183876	5499213	6993543	8472123	10064522	11788147
SUMA DE CAPITAL CONTABLE	1524793	3513642	4214671	5148375	6233417	7548754	9043084	10521664	12114063	13837688	15624713
TOTAL PASIVO Y CAPITAL CONTABLE	1813830.8	4579605	5596393	6562710	7646716	8969439	10476873	11938518	13508630	15198290	16965030

TABLA 7.13

RAZONES FINANCIERAS.

	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<u>LIQUIDEZ</u>										
AC / PCP	4.06	3.61	4.55	5.42	6.32	7.20	8.13	9.09	10.14	11.76
AC - INV / PCP	3.73	3.34	4.28	5.15	6.06	6.94	7.87	8.83	9.89	11.51
<u>SOLVENCIA</u>										
PT / AT ( % )	25.52	28.15	24.34	20.71	17.60	15.10	13.00	11.23	9.67	8.24
PT / CC ( % )	30.33	32.78	27.47	22.67	18.82	15.85	13.46	11.51	9.83	8.57
<u>ACTIVIDAD</u>										
V / INV	24.08	23.76	23.66	23.56	23.45	23.34	23.24	23.23	23.80	24.09
C x C / V / DIA ( Dias )	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
V / AT ( % )	0.92	1.04	0.95	0.88	0.80	0.73	0.67	0.61	0.56	0.49
<u>RENTABILIDAD</u>										
UN / V ( % )	37.98	13.64	16.78	17.43	18.58	19.52	20.11	20.78	21.74	22.28
UN / AT ( R.O.I. )	35.05	14.28	16.07	15.36	14.96	14.42	13.56	12.82	12.26	10.99
UN / CC ( R.O.S.E. )	41.66	16.63	18.13	16.81	15.99	15.13	14.05	13.14	12.45	11.43
UN / INV. TOTAL	55.71	26.67	35.53	39.89	45.94	52.09	56.27	60.60	65.59	68.00
UN / CS	71.43	34.20	45.56	51.15	58.90	66.78	72.14	77.69	84.09	87.19

TABLA 7.14

TASA INTERNA DE RETORNO DE LA INVERSION.

( Miles de Pesos )

	<u>1988</u>	<u>1989</u>	<u>1990</u>	<u>1991</u>	<u>1992</u>	<u>1993</u>	<u>1994</u>	<u>1995</u>	<u>1996</u>	<u>1997</u>	<u>1998</u>
<b>UTILIDAD NETA</b>	0	1464101	701029	933704	1048387	1207318	1368792	1478580	1592399	1723625	1787025
Depreciación y Amortización	0	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188	190188
Gastos Financieros ( 50 % )	0	404929	542141	563943	557565	542950	530033	508301	484847	456965	421458
Otros Ingresos no Gravables	0	0	0	0	36655	108019	125538	0	0	0	0
<b>VALOR DE RECUPERACION:</b>											
Terreno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39000
Edificio y Obra Civil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196050
Equipo y Maquinaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	277974
Otras Inversiones	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crédito a Corto Plazo ( Capital de Trabajo )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	837476
<b>FIUJO POSITIVO</b>	0	2059218	1433358	1687835	1832795	2048475	2214551	2177069	2267434	2370778	3749171
Activo Fijo	1653157	439145	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Activo Diferido	160673.8	129471	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo	0	402804	139796	44358	47068	50327	53781	35847	32343	23332	7820
<b>FIUJO NEGATIVO</b>	1813830.8	971420	139796	44358	47068	50327	53781	35847	32343	23332	7820
<b>FIUJO NETO</b>	(1813830.8)	1087798	1293562	1643477	1785727	1998148	2160770	2141222	2235091	2347446	3741351

TASA INTERNA DE RETORNO : 65.59 %

PERIODO DE RECUPERACION : 3.5 Años.

## CONCLUSIONES Y RESULTADOS.

De acuerdo al presente estudio y a la información presentada en los capítulos y tablas que forman parte integrante del mismo, se concluye lo siguiente:

- 1.º Para el Proyecto de Fabricación de Acido Láctico en México, basándose en el Estudio de Mercado, en el cual se definieron tanto la oferta - como la demanda del producto, los canales de comercialización y distribución, así como la proyección de la demanda esperada en los próximos años, se contempla la necesidad de construir una Planta con una capacidad nominal de 1,500 Ton./Año, para poder satisfacer la Demanda Nacional estimada y además enviar los excedentes al mercado exterior. Con esto también se pretende la sustitución de productos sucedáneos en el mercado nacional.
- 2.º Se analizaron todas las entidades federativas de la República Mexicana, encontrándose que la mejor ubicación para esta Planta será la Ciudad de Puebla, Pue., debido a que es un punto estratégico entre el suministro de materias primas y la cercanía al Area Metropolitana que es el mayor centro de consumo. Además cuenta con la infraestructura adecuada que facilita la distribución del producto, así como importantes incentivos fiscales que otorga el gobierno del Estado señalando a ésta área como una zona preferente para el Desarrollo Urbano Industrial IB.
- 3.º El precio de venta del Acido Láctico en el Mercado Nacional en la actualidad es de \$ 5,346.00/Kg. o su equivalente en dólares \$ 3.26/Kg. y para el mercado exterior de \$ 3,000.00/Kg. ( 1.83 dólares/Kg. ).
- 4.º En el análisis de las variables se compararon diversos microorganismos como fuente de obtención del Acido Láctico. Se observó que dicho ácido obtenido a partir de *Lactobacillus delbrueckii* en cultivo sumergido presenta mejores propiedades. Además el *Lactobacillus delbrueckii* resiste condiciones más drásticas.
- 5.º Debido a la situación actual de nuestro País en el cual se ha fijado una política de máxima integración Nacional y de acuerdo al Estudio Técnico que se ha desarrollado con anterioridad, se determinó que el

proceso seleccionado consiste en la Fermentación de la Sacarosa. Las materias primas empleadas son en su totalidad de producción Nacional, al igual que todos los equipos involucrados en el proceso de fabricación del Acido Láctico.

- 5.º Para cumplir con la demanda del producto y satisfacer las necesidades del País, realizando incluso exportaciones en pequeña escala, se ha definido una operación de 360 días al año, considerándose tres turnos por día.
- 7.º Realizando el análisis económico se encontraron los siguientes resultados:

El Monto de la Inversión Total del proyecto será de:

	\$	2,627'616,658.00	M. N.
o	\$	1'604,553.40	Dólares U.S.A.

Para hacer frente a esta Inversión, se considera la siguiente Estructura Financiera:

Recursos Propios	78 %
Recursos Financieros	22 %

De acuerdo a la Evaluación Económica realizada se encontró:

- 8.º Del Estado de Resultados Proforma, en el cual se presentaron los ingresos totales del proyecto, vía ventas de Acido Láctico, los costos y gastos fijos, los costos y gastos variables, así como los gastos financieros; los cuales afectan en forma definitiva el proyecto, se puede observar que en el primer año de operaciones el cual inicia en Julio de 1989 se presenta una utilidad neta de \$ 1,464'101,000.00, ésta utilidad se debe principalmente a que se inician operaciones a mediados de año, obteniéndose muy pocos ingresos y aunado a lo anterior la enorme carga financiera, la cual, se ve afectada principalmente por el Crédito Refaccionario por el Fondo Nacional de Equipamiento Industrial ( FONEI ).

En el año de 1990, al incrementarse en forma considerable los ingresos, vía ventas de Acido Láctico, se observa una mejoría, obteniéndose una utilidad Neta de \$ 701'029,000.00 que va aumentando en forma moderada hasta una Utilidad Neta Acumulada en 1998 de \$ 13,304'960,000.0

De acuerdo a la relación Utilidad Neta/Ventas se puede observar que si es conveniente ya que en todos los años, de 1989 a 1998 la Rentabilidad es mayor al 13.6 % .

- 9º Debido a la utilidad neta del primer año, se inicia el pago de Dividendos a partir de 1990, el cual representa el 25 % de la Utilidad Neta del año de 1989, así como el pago del Impuesto sobre la Renta y el Reparto de Utilidades los cuales representan el 42 % de la Utilidad Gravable y el 8 % de la Utilidad después de Gastos Financieros - respectivamente.
- 10º En el Estado de Origen y Aplicación de Recursos Proforma presentado en la Tabla 7.11 se observa que para el primer año de preoperación, el flujo de efectivo fue nulo, ya que para el año de 1989 el flujo mostrado es de \$ 1,496'655,000.00 y esto se debe principalmente al efecto que provoca la depreciación y amortización las cuales son una herramienta contable para poder considerar un costo de producción - adicional y aunque no representa un egreso físico de efectivo de la empresa, se puede considerar como un recurso monetario.

Adicionalmente se han considerado los beneficios fiscales otorgados por el Gobierno, en este caso los CEPROFIS, ya que al incurrir en una actividad Industrial prioritaria se obtienen CEPROFIS sobre la Inversión, sobre el Empleo Generado y sobre el Equipo de Fabricación Nacional.

El beneficio total adquirido será de \$ 270'211,623.60 y será aplicado contra el pago de impuestos de los años 1992 a 1994.

Para los siguientes años de operación se observa un constante aumento del flujo de efectivo, llegando a tener un flujo de efectivo acumulado para 1998 de \$ 14,756'670,000.00 .

- 11º Para el Balance General y de acuerdo a las Razones Financieras encontramos:

El proyecto presenta una adecuada liquidez, solvencia y actividad - que son producto de la estructura financiera seleccionada y que tiene una razón de apalancamiento ( Pasivo Total/Capital ) de 22/78 haciendo parecer que la operación del proyecto es buena, debido - principalmente al financiamiento considerado.

En lo que se refiere a la Rentabilidad, observamos que en todos los años desde 1989 hasta 1998 va aumentando moderadamente.

De acuerdo al párrafo precedente, la razón por la cual la Tasa Interna de Retorno de la Inversión ( T.I.R. ) es muy baja haciendo poco atractivo el proyecto, es debido a que de la totalidad de la Inversión, el 78 % corresponde a dinero fresco que deberá ser aportado por los accionistas y que los flujos obtenidos durante la operación no son suficientes con respecto a la inversión que va a ser realizada, ya que existen otros mecanismos de inversión externos que ofrecen altos rendimientos con un bajo riesgo, otorgando hasta un 94.3 % comparado con un 65.59 % que ofrece el proyecto.

A pesar de que la rentabilidad es baja, la inversión se recupera en 3.5 años. Además este trabajo es solo un estudio preliminar y aun así presenta cierto atractivo.

- 2.º Las alternativas capaces de mejorar el proyecto son el aumento al precio de venta del producto y el aumento a la demanda, siendo la primera la más adecuada; pero la menos conveniente debido a que resta competitividad en el mercado lo que limita el precio de venta nacional.

En lo que se refiere al aumento de la demanda es la única alternativa a recomendar.

- 3.º Debido a lo anterior las recomendaciones más adecuadas vía mejorar la factibilidad del Proyecto son las siguientes:

- a) Tratar de eficientar al Máximo la Planta Productiva Nacional, para así disminuir los costos de producción y lograr una mayor competitividad en el mercado internacional.
- b) Desarrollar Tecnologías propias, para mejorar los procesos actuales y tratar de alcanzar en la medida de nuestras posibilidades una real autosuficiencia tecnológica.

En base a lo anterior lograr la sustitución eficiente de importaciones evitando la salida de divisas, así como la generación de nuevos empleos, desarrollando la Planta productiva, mejorando la balanza de pagos en el renglón que conviene a la Industria Química, fortaleciendo de esta forma el desarrollo Económico e Industrial de nuestro país México.

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

- 1.- Andersen, A. A., and J. E. Greaves: " d-Lactic Acid Fermentation of Jerusalem Artichokes ". *Ind. Eng. Chem.*, 34: 1,522 - 1,526 (1942).
- 2.- Aries S. Robert and Newton D. R. : " Chemical Engineering Cost Estimation ". Edit. Mc. Graw Hill Book, Co. U. S. A., 1965.
- 3.- Asociación Nacional de la Industria Química, A. C. ( A.N.I.Q.) " Anuario de la Industria Química Mexicana ".
- 4.- Asociación Nacional de la Industria Química, A. C. ( A.N.I.Q.) " Directorio de las Empresas, Productos, Servicios y Distribuidores de la Industria Química Mexicana ".
- 5.- Association of Official Agricultural Chemists: " Oficial Methods of Analysis of EE. UU. " 1980 ( A. O. A. C. Methods / Especificaciones del Acido Láctico )
- 6.- Baetsele, R.: " Preparation of Lactic Acid by Fermentation " ( 1938 ).
- 7.- Banco de México, S. A.; Subdirección de Investigación Económica; " Serie Información Económica, Precios ".
- 8.- Banco Nacional de México, Centro de Información, Banamex.
- 9.- Bazan Resendiz, Lauro Antonio.: " Estudio Monográfico sobre la Fabricación de Cultivos Lácticos, para la Producción de Crema, Mantequilla y Queso ". México, Tesis U.N.A.M., 1981.
- 10.- Barker, Horale Albert, 1907 : " Bacterial Fermentations ". New York J. Wiley, 1956.
- 11.- Brinton M. Miller, Ph. D.; Warren Litsky, Ph. D.: " Industrial Microbiology ". Mc. Graw Hill Book Company U. S. A.
- 12.- Burton, L. A.: " Byproducts of Milk ", *Food Inds.*, 9: 571, 634 ( 1937 ).
- 13.- Campbell, L. A.: " Production of Calcium Lactate and Lactid Acid from Cheese Whey ", *Can. Dairy Ice Cream Jour.*, 32(3): 29 - 31 ( 1953 ).
- 14.- Cañizo Suárez, María Elena.: " Elaboración y Evaluación de un Producto seco a base de Leche Fermentada y Maíz y su Adaptación a nivel rural ". México, Tesis U.N.A.M., 1977.
- 15.- Centro de Información Científica y Humanística de la U.N.A.M.
- 16.- Chemical Marketing Report T. M. ( O.P.D. ): " Oil, Paint and Drug Reporter," Entire Contents Copyright by Schell Publishing Company.

- 17.- Cordon, T. C., R. H. Treadway, M. D. Walsh, and M. F. Osborne: " Lactic Acid from Potatoes ", *Ind. Eng. Chem.*, 42: 1,833 - 1,836 ( 1950 ).
- 18.- Coronado Mendoza, Leon Carlos.: " Estudio de los Productos Químicos de Importación y Factibilidad de su Fabricación en México ". México, Tesis U.N.A.M., 1978.
- 19.- Coronado Vega, Blanca Edith.: " Estudio Físicoquímico de la Producción de Acido Láctico por Inóculos Mixtos ". México, Tesis U.N.A.M. 1983.
- 20.- Dale F. Rudd, Gary J. Powers, Jeffrey J. Siirola.: " Process Synthesis ", pag. 106 - 111, 155 - 159. Edit. Prentice Hall Inc. U. S. A. 1973.
- 21.- Daniel I. C. Wang.: " Fermentation and Enzyme Technology ", New York J. Wiley, C 1979.
- 22.- D. Ferlman : " Annual Reports on Fermentation Processes "
- 23.- Dirección General de Estadística Económica.
- 24.- Dirección General de Normas.
- 25.- Dunn, M. S., S. Shankman, M. N. Camien, and H. Block : " The Amino Acid Requirements of 23 Lactic Acid Bacteria ", *Jour. Biol. Chem.*, 168:1 ( 1947 ).
- 26.- F. C. Webb : " Ingeniería Bioquímica ", pag. 62 - 71, 168 - 171, 181 - 185, 212 - 253, 260 - 271. Edit. Acribia, España, 1965.
- 27.- F. C. Vilbrant, C. E. Dryden : " Chemical Engineering Plant Design " pag. 189 - 195 . Edit. Mc Graw Hill Kogakusha, L. T. D. Japan, 1959.
- 28.- Foust S. Alan, Leonard A. Wenzel, Curtis W. Clump, Louis Maué, L. Bryce Andersen : " Principios de Operaciones Unitarias ". Compañía Editorial Continental, S. A., 1975.
- 29.- G. Devore Jr. : " Química Orgánica ". Octava reimpresión, Publicaciones culturales, S. A., 1978.
- 30.- Garrett, J. F. : " Lactic Acid ". *Ind. Enc. Chemical* ( 1930 ).
- 31.- Herrera Rodríguez, Martha Elsa. : " Manual de Prácticas Técnico-Didácticas para el Laboratorio de Tecnología de Alimentos II ". México, Tesis U.N.A.M. 1980.
- 32.- Henry C. Vogel : " Fermentation and Biochemical Engineering Handbook Principles, Process Design, and Equipment ". Noyes Publications/ Park Ridge, New Jersey, U. S. A., 1983.
- 33.- Henry J. Peppler, D. Ferlman : " Microbial Technology ". Segunda Edición, New York Academic, 1979.
- 34.- Harold B. Reisman, James H. Gore, John T. Day : " Bioengineering Food ( Chemical Engineering Progress Symposium Series ) " Vol. 64 pag. 26 - 36. Edit. American Institute of Chemical Engineering U. S. A., 1968.

- 35.- Howard F. Rase ; " Chemical Reactor Desing for Process Plants ", Vol. II, pág. 161 - 178 . Edit. John Wiley and Sons U. S. A., 1977.
- 36.- Howard F. Rase y M. H. Barrow : " Ingeniería de Proyectos para Plantas de Proceso ". Cía. Editorial Continental, S. A. de C. V. 1982.
- 37.- Hougen O. A., K. M. Watson y R. A. Ragatz : " Principios de los Procesos Químicos " Vol. I, Balance de Materia y Energía. Edit. Reverté, S. A., 1980.
- 38.- Hanson, T.P. and Tsao, G. T. ( 1972 ) : " Kinetics studies of the Lactic Acid Fermentation in Batch and Continuous Culture " . Biotech. and Bioeng. 14:233.
- 39.- Inskeep, G. C., G. G. Taylor, and W. C. Breitzke : " Lactic Acid from Corn Sugar ". Ind. Eng. Chem., 44: 1,955 - 1,966 ( 1956 ) .
- 40.- Instituto Nacional de la Nutrición.
- 41.- Instituto Nacional de Higiene.
- 42.- Jørgensen Alfred and Albert Hansen : " Microbiología de las Fermentaciones Industriales ". Séptima Edición, Editorial Acribia, 1959.
- 43.- J. J. Staniak, F. B. Gailey, C. S. Brown, M. J. Johnson : " Industrial and Engineering Chemistry ", 38, 666 - 671; 1946.
- 44.- K. A. Bisset, and C. M. F. Hale : " Correlation Between Morphological and Physiological Character in the Classification of Members of the genus Lactobacillus ", Jour. Gen. Microbiol., 13:68 ( 1955 ) .
- 45.- Kirk Raymond E. and Othmer Donald F. : " Encyclopedia of Chemical Technology ". Second Edition, Edit. The Interscience Encyclopedia Publishers a Division of John Wiley and Sons, Inc.
- 46.- Kitahara, K. and Obayashi, A. ( 1955 ) : "D. L. forming Lactic Acid bacteria ". J. Gen. Appl. Microbiol. 1:237 .
- 47.- Kern Donald Q. : " Procesos de Transferencia de Calor ". Cía. Editorial Continental, S. A. de C. V., Decimoseptima impresión, 1984.
- 48.- L. E. Casida, Jr. : " Industrial Microbiology ". John Wiley and Sons, Inc. 1968.
- 49.- Iaskin, Allen I. : " Fermentation: Science and Technology with a Future ", 1980.
- 50.- Leonard, R. H., W. H. Peterson, and M. J. Johnson : " Lactic Acid from Fermentation of Sulfite Waste Liquor ", Ind. Eng. Chem., 40: 57 - 67, ( 1948 ) .
- 51.- María Elena Aguilar Gordillo : " Producción de Acido Cítrico por Métodos Microbiológicos en Cultivos Sumergidos utilizando Agitación y Aereación. México, Tesis U.N.A.M.
- 52.- Martínez Torres, Rafael Francisco : " Estudio Técnico - Económico de una Fuente Productora de Acido Tartárico por Fermentación de - Glucosa ". México, Tesis U.N.A.M., 1974.

- 53.- Morrison, Robert Thornton and Boyd, Robert Neilson : " Organic Chemistry ". Third Edition, Allyn and Bacon, Inc., 1975 .
- 54.- Mc. Cabe, Warren L. : " Elements of Chemical Engineering "
- 55.- Macías Hernández Jesús : " Anteproyecto para una Planta de Acido Láctico ". México, Tesis U.N.A.M., 1972.
- 56.- Needle, H. C., and R. S. Arien : " Lactic Acid and Lactates, Sugar " December, 1949, pp. 32 - 36 .
- 57.- Nueva Tarifa del Impuesto General de Importación. Edit. Información Aduanera de México, Tomo I.
- 58.- Olive, T. R. : " Waste Lactose is Raw Material for a New Lactic Acid Process ", Chem. and Met. Eng., 43: 480 - 483, ( 1936 ).
- 59.- Peckham, G. T., Jr. : " The Commercial Manufacture of Lactic Acid " Chem. Eng. News, 22: 440 - 443, 469, ( 1944 ) March 25.
- 60.- Pederson, C. S. : " La Fermentación de Glucosa, Fructuosa and Arabinose by Organisms from Spoiled Tomato Products ", N. Y. State Agr. Exp. Sta., Tech. Bull. 151, 1929./ "The Gas-producing Species of the Genus Lactobacillus ", Jour. Bact., 35: 95 - 108, ( 1938 )/ W. H. Peterson, and E. B. Fred: " The Forms of Lactic Acid Produced by Pure and Mixed Cultures of Bacteria ", Jour. Biol. Chem., 68: 151, ( 1926 ).
- 61.- Pequeño Larousse Técnico, Idio Ediciones Olimpia, S. A., 1977.
- 62.- Pérez Avila, Raúl y José Ramón Velarde : " Curso Práctico de Laboratorio de Fermentaciones Industriales ". México, Tesis U.N.A.M. 1978.
- 63.- Perry, Robert H. and Cecil H. Chilton : " Manual del Ingeniero Químico ", Quinta Edición, Edit. Mc. Graw-Hill Book Co., U.S.A.; 1983.
- 64.- Peter, Max S. and Klaus D. Timmerhaus : " Plant Design and Economics for Chemical Engineers ", Second Edition. Edit. Mc. Graw-Hill Kogakusha, LTD.
- 65.- Piccolo Calvera : " Acido Adípico, Estudio Técnico-Económico ". México, Tesis U.N.A.M., 1977.
- 66.- Poder Ejecutivo Federal ; " Plan Nacional de Desarrollo 1983 - 1988.
- 67.- Prescott, S. C. and C. G. Dunn 1959 : " Industrial Microbiology ", 3rd Edit., pp 304 - 331. Edit. Mc. Graw-Hill Book Co., Inc., N. Y.
- 68.- Productos Químicos, Materias Primas, Especialidades Químicas; Envases y Embalajes : " Guía de la Industria Química/ Información Técnica y Comercial ". Publicación Anual de Editorial Cosmos.
- 69.- Quintero Ramírez Rodolfo : " Ingeniería Bioquímica, Teoría y Aplicaciones " Ed. Alhambra Mexicana, 1981.
- 70.- Pederson, Carl Severin : " Microbiology of Food Fermentations " 2a. Edit. West Port Connecticut, 1979.

- 71.- Richard W. Thoma : " Industrial Microbiology ". Dowden, Hutchinson and Ross, Inc.
- 72.- Rodríguez García, María de Lourdes ; " Sistema de Optimización de Condiciones de Cultivo en Fermentaciones ". México, Tesis U.N.A.M. 1983.
- 73.- Roger, L. A. and Whittier, E. O. ( 1928 ).: " Limiting factors in the Lactic Fermentation ". J. Bacteriol. 16: 211 .
- 74.- Rose, Anthony H. : " Industrial Microbiology ", pp. 172 - 177. Butterworths, Washington, 1961 .
- 75.- Russell, C., R. R. Ebandari, and T. K. Walker : " Vitamin Requirements of Thirty four Lactic Acid Bacteria Associated with Brewery Products, J. Gen. Microbiol., 10 ( 3 ): 371 - 376
- 76.- Schmidt Alois X. and List Harvey L. : " Material and Energy Balance " Prentice-Hall, Inc.,
- 77.- Schopmeyer, H. H. 1954 : " Lactic Acid " pp. 389 - 419 in Industrial Fermentations, Vol. I ( ed. by Underkofler and R. J. Hickey ) Chemical Publishing Co., Inc., New York.
- 78.- Secretaría de Agricultura y Ganadería, Instituto Nacional de Investigación Agrícola.
- 79.- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial : " Importaciones de Productos Químicos y sus Materias Primas ", Dirección General de Industrias/ Subdirección Sectorial de la Industria Química.
- 80.- Secretaría de Programación y Presupuesto ( S. P. P. ): " Anuario Estadístico del Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos " Coordinación General del Sistema Nacional de Información / Dirección General de Estadísticas.
- 81.- Shuich Aiba, A. E. Humphery and N. F. Millie : " Biochemical Engineering ", 2a. Ed., New York Academic Press, 1973.
- 82.- Smith, L. T., and H. V. Claborn : " The Production of Pure Lactic Acid " , Ind. Eng. Chem. ( News Ed. ), 17: 641, ( 1939 ).
- 83.- Snell, E. L. Tatum, and W. H. Peterson : " Growth Factors for Bacteria. III. Some Nutritive Requirements of *Lactobacillus delbrueckii*" Jour. Bact., 33: 207 - 225, ( 1937 ).
- 84.- Solomons, G. L. : " Material and Methods in Fermentation " . Fermentación, Aparatos y Equipo. London: Academic Press, 1969.
- 85.- Steel, Robert : " Biochemical Engineering: Unit Processes in Fermentation ", 1923.
- 86.- Stiles, H. R., and L. M. Pruess : " Nutrient Requirements of *Lactobacillus delbrueckii* in the Lactic Fermentation of Molasses ", Jour. Bact., 36: 149 - 153, ( 1938 ).
- 87.- Tatum, E. L. and W. H. Peterson : " Fermentation Methods for Production of Dextro - Lactic Acid ", Ind. Eng. Chem., 27: 1,493 ( 1935 ).

- 88.- " The Merk Index and Encyclopedia of Chemical and Drugs ", Novena Ed., 1976, Merk and Co. Rahwall N. J., U. S. A.
- 89.- Underkofler, Leiland Alfred : " Industrial Fermentation " 1906/1954.
- 90.- U. S. EXPORTS, Edit. Departament of Commerce U. S., U. S. A.
- 91.- Whitter, E. O., and L. A. Rogers : " Continuous Fermentation in the Production of Lactic Acid ", Ind. Eng. Chem., 23: 532 - 534, (1931).
- 92.- Wilkinson, J. P., and A. H. Rose : " Fermentation Processes " pp. 395 - 397 in Biochemistry of Industrial Micro - organisms ( ed. by Rainbow and A. H. Rose ). Academic Press, New York.