

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

Facultad de Química

**BETA - CAROTENO**

**(ESTUDIO TECNICO ECONOMICO Y ANTEPROYECTO  
DE UNA PLANTA)**

**T E S I S**

Que para obtener el título de

**INGENIERO QUIMICO**

p r e s e n t a

**GUILLERMO JOSE VALENZUELA**

México, D. F.

1975



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 esta 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.

CLAS. Tesis  
ADQ. 1975  
FECHA 11/11/78  
PROC. 177



QUÍMICA

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE:	PROF. ROLANDO MONTEMAYOR ESTRADA
VOCAL:	PROF. FRANCISCO BARNES DE CASTRO
SECRETARIO:	PROF. MARIO RAMIREZ Y OTERO
1er. SUPLENTE:	PROF. ROBERTO ANDRADE CRUZ
2o. SUPLENTE:	PROF. ALFONSO FRANZUTTI ALTAMIRANO

362

SITIO DONDE SE DESARROLLO

EL TEMA: FACULTAD DE QUIMICA

SUSTENTANTE:

GUILLERMO JOSE VALENZUELA

ASESOR DEL TEMA:

PROF. ROLANDO MONTEMAYOR ESTRADA



A MIS PADRES Y FAMILIARES

A MIS AMIGOS, COMPAÑEROS Y MAESTROS

A LA UNIVERSIDAD

Agradezco en una forma especial  
al Ing. Rolando Montemayor Estrada  
la dirección de esta tesis.

I N D I C E

## I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO I GENERALIDADES	2
CAPITULO II CARACTERISTICAS DE LA PLANTA	21
2.1 Selección de la materia prima	21
2.2 Selección del Proceso	29
2.3 Localización de la planta	50
2.4 Análisis del Mercado	57
2.5 Determinación de la capacidad	60
CAPITULO III ANTEPROYECTO DE LA PLANTA	64
3.1 Balances de Materia y Energía	64
3.2 Diagrama de flujo	69
3.3 Lista del equipo	73
CAPITULO IV EVALUACION ECONOMICA	79
4.1 Costo del Equipo	79
CAPITULO V ESTUDIO DE VIABILIDAD	80
5.1 Cálculo de la inversión fija y Capital de Trabajo	80
5.2 Costo Total del Producto	82
5.3 Cálculo de la Rentabilidad	86
CONCLUSIONES	96
REFERENCIAS	99

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

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

El carotenoide provitamínico A más extensamente distribuido en la naturaleza es el "Beta-Caroteno", ya que se ha encontrado en las hojas de todas las especies de plantas hasta ahora examinadas. Desde el punto de vista económico es el carotenoide más importante.

Ya que el caroteno es uno de los productos que se importa actualmente en grandes cantidades al país, este trabajo tiene por objeto realizar un estudio preliminar que permita determinar si existen posibilidades de industrializar este tipo de producto en México con objeto de sustituir su importación y crear una fuente de trabajo adicional para los mexicanos.

GENERALIDADES

## I.- GENERALIDADES:

El término "carotenoides" se refiere a un grupo de pigmentos de color amarillo a rojo, ampliamente distribuidos en los reinos animal y vegetal y que se distinguen por las siguientes características: Se encuentran constituidos generalmente por moléculas de isopreno, usualmente ocho, arreglados de tal manera que en la parte media de la molécula están presentes dos grupos de metilo en las posiciones 1:6, mientras que los otros grupos metilo ocupan las posiciones 1:5 en la cadena lateral. La estructura general de los carotenoides es del tipo alifático o alifático - alicíclico y sus sistemas cromóforos contienen numerosos enlaces dobles, conjugados, carbono-carbono.

Todos los carotenoides son solubles en grasas y lípidos; el término lipocromos es derivado de esta propiedad. Los únicos carotenoides solubles en agua son aquellos que contienen grupos con características ácidas (ej. grupos carboxilo o enol) y son capaces de formar sales alcalinas solubles en agua, o bien aquellos que han adquirido propiedades lipofílicas por esterificación con residuo de azúcar (ej. en crocina).

En vista de su estructura química, los carotenoides pue-



den ser clasificados como un subgrupo de los pigmentos Poliénicos. Sin embargo estos últimos también incluyen pigmentos que no están compuestos por moléculas de isoprenos sino que contienen cadenas abiertas alifáticas de enlaces dobles conjugados (ej. difenilpolienos).

El gran interés que han adquirido los carotenoides durante los últimos treinta años está condicionado no sólo al interés de su estructura química sino también a su importancia biológica y fisiológica. Varios de estos pigmentos son pro-vitaminas de la vitamina A y además juegan una parte esencial en el organismo animal y humano.

#### EXISTENCIA.

El beta-caroteno, se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. Desde el punto de vista económico es el carotenoide provitamínico A más importante. Ha sido encontrado en las hojas de todas las especies de plantas hasta ahora examinadas: todas las partes verdes de las plantas (hojas, tallos, etc.), contienen este pigmento, el cual invariablemente acompaña a la clorofila, junto con la xantofila, el epoxido xantofílico y frecuentemente con alfacaroteno.

Las hojas otoñales también contienen beta-caroteno. El cambio de coloración verde a coloración roja o café para las ho-

jas en el otoño es causada por el desplazamiento de la clorofila dentro de los cloroplastos, por los carotenos o xantofilas y el cambio es aparentemente irreversible. Los plastidos que tienen una preponderancia por estos pigmentos son conocidos como cromoplastos. De hecho numerosas investigaciones han mostrado que el beta-caroteno se encuentra en una forma casi total en los reinos vegetal y animal. Estos pigmentos se encuentran universalmente presentes en los tejidos fotosintéticos de las plantas superiores, algas y bacterias, en flores, frutos y raíces de las plantas superiores, así como en hongos y bacterias. También se encuentran ampliamente distribuidos en animales, especialmente invertebrados marinos, los que tienden a almacenar los carotenos en las gonadas, piel y alas. Todos los carotenoides encontrados en los animales son derivados de los de las plantas aunque, debido al metabolismo, los pigmentos ingeridos sufren alteraciones y los carotenoides encontrados en los animales no son encontrados en las plantas.

En los tejidos fotosintéticos de las plantas superiores y algas los carotenoides se encuentran localizados en los cloroplastos. En las bacterias fotosintéticas están localizados en los cromatóforos que corresponden al grana de las plantas superiores. En todos los casos existen como lipoproteínas en asociación con las clorofilas, aunque también pueden existir como lipo

proteínas en otros tejidos de las plantas superiores (ej. raíz de zanahoria) y en los hongos y bacterias (ej. Coryne Bacteria). En otras plantas (ej. Palma Roja, Phycomices), se encuentran presentes en forma de gotas de aceite. El color de las algas cafés es debido, en gran parte al complejo proteínico ficoxantina mientras que el pigmento libre es amarillo.

Los carotenoides en las hojas de todas las plantas superiores son cualitativamente iguales, pero se presentan variaciones en las diferentes clases de algas y bacterias fotosintéticas. Los carotenoides específicos se acumulan en las regiones reproductivas de las algas (ej. Ulva). Alrededor del 0.2% de la materia seca de las hojas es caroteno y en tejidos no fotosintéticos este valor puede elevarse hasta el 1%; en los ladrillos-rojos coronarios de ciertos narcisos, el valor es de 16.5%.

En los animales los carotenoides existen como lípidos en células especializadas (ej. Xantóforos y Eritróforos, en la piel de las truchas); disuelto en la grasa del cuerpo (vacas) y como cromoproteínas en los huevos verdes de las langostas. El siguiente sumario, dará una indicación de las fuentes del beta-caroteno.

TABLA I. 4 - A.

FUENTES VEGETALES A PARTIR DE LAS CUALES EL BETA CAROTENO  
HA SIDO AISLADO.

FUENTE:	REFERENCIAS:
a) Frutos:	
Arbutus	K. Schon, Biochem. J.29 (1935) 1779.
Capsicum frutescens jap.	L. Zechmeister y L. v. Cholnoky Ann. 489 (1931) 1.
Capsicum japonicum	L. Zechmeister y L. v. Cholnoky 454 (1927) 54; 445 (1927) 70; 509 (1934) 269.
Citrullus vulgaris Schrad.	L. Zechmeister y P. Tuzson, Ber. 63 (1930) 2883.
Citrus aurantium Risso.	L. Zechmeister y P. Tuzson, Z. physiol. Chem. 221 (1934) 279.
Citrus poonensis hort.	R. Yamamoto y S. Tin, Chem. Centr. 1934 I, 1660.
Citrus madurensis Lour.	L. Zechmeister y P. Tuzson, Z. physiol. Chem. 221 (1934) 279.
Convallaria majalis	A. Winterstein y U. Ehrenberg, Z. physiol. Chem. 207 (1932) 31.
Cucurbita maxima Duch.	H. Sugimoto y K. Ueno, Chem. Centr. 1931 II 2892. L. Sechmeister y P. Tuzson, Ber. 67 (1934) 824
Diospyros costata	K. Schon, Biochem, J.29 (1935) 1779.
Gonocaryum pyriforme	A. Winterstein, Z. physiol. Chem. 215 (1939) 52; 219 (1933) 249.

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| Mangifera indica      | R. Mamamoto, Y. Osima y T. Goma<br>Chem. Centr. 1933, I, 441.   |
| Pirus Aucuparia       | R. Kuhn y E. Lederer, Ber. 64<br>(1931) 1354.   |
| Prunus armeniaca      | H. Brockmann, Z. physiol. Chem.<br>216 (1933) 45.   |
| Rosa canina           | R. Kuhn y C. Grundmann, Ber. 67<br>(1934) 341.  |
| Rosa damascena        | R. Kuhn y C. Grundmann, Ber. 67<br>(1934) 341.  |
| Rosa rubiginosa       | R. Kuhn y C. Grundmann, Ber. 67<br>(1934) 341.  |
| Solanum Lycopersicum  | R. Willstatter y H.H. Escher, Z.<br>physiol. Chem. (1910) 49.   |
| Taxus baccata         | R. Kuhn y H. Brockmann, Ber. 66<br>(1933) 834.  |
| b) Flores:            |   |
| Acacia decurrens      | J.M. Petrie, Biochem. J.18  |
| Acacia discolour      | (1924) 957.   |
| Acacia linifolia      |   |
| Acacia longifolia     |   |
| Calendula officinalis | L. Zechmeister y L. v. Cholnoky,<br>Z. physiol. Chem. 208 (1932) 29.  |
| Caltha palustris      | P. Karrer y A. Notthafft, Helv.<br>Chim. Acta 15 (1932) 1195  |
| Gazania rigens        | K. Schon, Biochem. J.32 (1938)<br>1566. L. Zechmeister y W.A.<br>Scroeder, J. Am. Chem. Soc. 63<br>(1943) 1535. |
| Genista tridentsta    | K. Schon, Biochem, y B. Mesquita.<br>J. 30 (1936) 1966.   |

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| Kerria japonica DC          | P. Karrer y E. Jucker, Helv. Chim. Acta 29 (1946) 1539.  |
| Laburnum anagyroides        | dito   |
| Ranunculus                  | P. Karrer y Notthofft, Helv. Chim. Acta 15 (1932) 1195.<br>P. Karrer. E. Jucker, J. Rutschmann y K. Steinlin, Helv. Chim. Acta 28 (1945) 1146. |
| Serothamnus scoparius       | P. Karrer y E. Jucker, Helv. Chim. Acta 27 (1944).   |
| Tragopogon pratensis        | véase Rannunculus.   |
| Trollius europaeus          | P. Karrer y E. Jucker, Helv. Chim. Acta 29 (1946) 1539.  |
| Ulex europaeus              | K. Schon, Biochem. J. 30 (1936) 1960.  |
| Ulex Gallii                 | dito.  |
| c) OTRAS FUENTES VEGETALES: |  |
| Aceite de Acacia acuminata  | T. M. Trikoyus y J.C. Drumond, Nature 139 (1937) 1105.   |
| Pellegrini                  | H. Klyn, Z. Physiol. Chem. 82 (1912) 224.  |
| Algas cafés                 | Willstater y H.J. Page, Ann. 404 (1914) 251; P.W. Carter, L.C. Cross, I.M. Heilbron y E.R.H. Jones, Biochem, J.43 (1948) 349.                  |
| Diatomea                    | F.G. Khol, Chem. Centr. 1906, I. 1669.   |
| Nitella opaca               | I.M. Heilbron, E.G. Parry y R.F. Phipers, Biochem. J.29 (1935) 1376.   |
| Aceite de palma             | R. Kuhn y Brockmann, Z. Physiol. y Chem. 200 (1931) 255.   |
| Aceite amarillo             | E. Lederer, Chem. Centr. 1939. I. 2991.  |



PROPIEDADES.

Forma Cristalina: Prismas hexagonales violeta oscuro, cuando son obtenidos por cristalización en una mezcla benceno-metanol, placas casi cuadradas - rómbicas, rojas cuando son obtenidas en éter de petróleo.

Punto de Fusión: 181-182°C; 187.5° (Miller).

Solubilidad: El beta-caroteno es menos soluble que el alfa-isomero, así que este último puede ser concentrado en los licores madre durante la cristalización del caroteno. El beta-caroteno es fácilmente soluble en disulfuro de carbono, benceno y cloroformo y menos soluble en éter de petróleo; 100 ml. de n-hexano disuelven 109 mg. de beta-caroteno a 0°C. El pigmento es casi insoluble en metanol y etanol.

Propiedades espectrales:

<u>Solvente</u>		<u>Máxima absorción</u>	
Disulfuro de Carbono	520	485	450 mu
Cloroformo	497	466	mu
Petróleo	483.5	452	426 mu
Hexano	477	450	425 mu

Reacciones coloridas: Al disolver 1-2 mg. de beta-caroteno en 2 ml. de cloroformo y agregando ácido sulfúrico concentrado la capa ácida se colorea de tono azul. Al disolver el



pigmento en cloroformo, agregando una gota de ácido nítrico fumante se produce inmediatamente una coloración azul, la cual se torna gris y finalmente de un color amarillo sucio. Al disolver 1-2 mg. de beta-caroteno en el cloroformo, agregando una solución de tricloruro de antimonio en cloroformo se produce una coloración azul oscura, que tiene una máxima absorción a 590 m $\mu$ . El cloruro de hidrógeno en solución etérea o metanólica no produce coloración con el beta-caroteno.

Actividad óptica: El beta-caroteno tiene una estructura simétrica y es inactivo ópticamente.

Prueba de partición: Al realizar la partición entre éter de petróleo y una solución acuosa de metanol al 90%, la concentración de beta-caroteno en el primero es 660 veces mayor que en el último (Kuhn y Brockmann).

Propiedades cromatográficas: El beta-caroteno es absorbido moderadamente en hidróxido de calcio a partir de una solución de éter de petróleo. En una columna cromatográfica invertida es encontrado abajo del alfa-caroteno y arriba del gama caroteno.

La elución puede efectuarse por medio de una solución etérea que contenga alrededor de 5% de metanol. El beta-caroteno que se encuentra débilmente absorbido en carbonato de zinc o

carbonato de calcio es lavado durante el desarrollo del cromatograma.

Comportamiento con oxígeno: Al permanecer en el aire el beta-caroteno absorbe oxígeno con una velocidad ascendente formando productos incoloros. De acuerdo con von Euler, la auto-oxidación de preparaciones muy puras comienza solamente después de varios días de contacto con el aire, formándose formaldehído. Al agitar la solución de beta-caroteno en tetracloruro de carbono con oxígeno, se forma un poco de glioxal.

Detección y estimación: El beta-caroteno puede ser separado de los otros hidrocarburos carotenoides por absorción en hidróxido de calcio a partir de éter de petróleo y puede ser identificado por su máxima absorción. De acuerdo con Kuhn y Brockmann una solución alcohólica de azobenceno puede ser usada como estándar para determinaciones colorimétricas.

Comportamiento fisiológico: El beta-caroteno posee una gran potencia vitamínica (vitamina A), la cual ha sido estudiada en detalle por T. Moore.

#### USOS.

El beta-caroteno fue usado inicialmente para al tratamiento de las molestias de niños raquíticos o como prevención

para las enfermedades de invierno en niños y adultos.

En la actualidad el beta-caroteno se utiliza en la producción de productos farmacéuticos y veterinarios y en la manufactura de margarina vitaminada, siendo el mercado mundial de millones de libras y millones de dólares. El beta-caroteno ha tenido una relativa importancia en farmacia, pero ha recibido un sólido reconocimiento financiero; su importancia mayor es como componente de alimentos para animales, el precio de pastos, alfalfas, etc., ha sido determinado en gran parte, y algunas veces completamente, por su contenido de beta-caroteno. El beta-caroteno ha sido también usado como un suplemento vitamínico en la fortificación de la margarina. Los avicultores usan este producto para dar a las aves o los huevos de las aves una pigmentación de color amarillo, usándose para estandarizar la pigmentación de la yema en las raciones para ponedoras.

Algunos de los nombres comerciales son: Carophyl 10, presentado en forma de polvo estabilizado, conteniendo 10% del éster etílico del ácido beta-apo-8-carotenoico y beta-caroteno. Extracto de luzerna que contiene clorofilas alfa y beta en un 20%, xantofilas de 0.6 a 0.8%, beta-caroteno de 0.3 a 0.4%, tocoferoles de 0.8 a 1%, vitamina K, de 0.15 a 0.2%. El resto está compuesto de materias grasas, fosfolípidos y esteroides.

METODOS GENERALES DE FABRICACION.

Existen numerosos métodos para extraer los carotenoides a partir de diversos productos alimenticios. Algunos dependen de la digestión del material con potasa acuosa o alcohólica, seguidos de una extracción de los carotenoides por éter, por acetona y éter, o por alcohol etílico y petróleo ligero. Sin embargo, Lease y Mitchell encontraron que cuando se aplica un álcali a resinas vegetales ricas en carbohidratos, éstas impiden la completa extracción del caroteno. Los métodos que no emplean álcali en su primer estado son de mayor aplicación. Diferentes investigadores han recomendado extracción directa a partir de productos alimenticios con mezclas calientes de petróleo ligero y acetona, diacetona seguida de petróleo ligero y etanol seguido de petróleo ligero. Otros han preferido una agitación prolongada con acetona fría o maceración y/o molienda con varios solventes, señalan objeciones al álcali, al calor y a la agitación prolongada con solventes, proponiendo una extracción por molienda del material en frío, con polvo de cuarzo y una mezcla de acetona y petróleo ligero.

El siguiente paso después de obtener el extracto crudo es separar las provitaminas de las xantofilas, clorofilas y otros pigmentos los cuales interferirían con las separaciones cromatográficas finales. Se han desarrollado mucho métodos,

los cuales dependen esencialmente de una extracción del producto en una mezcla al 90% de metanol o diacetona para poder extraer las provitaminas con petróleo ligero. En los últimos años, la mayoría de los investigadores han encontrado que es más conveniente separar en una columna de absorción las provitaminas ligeramente absorbidas de las impurezas más fuertemente absorbidas. El difosfato dicálcico, la ceniza de hueso y el carbonato de sodio han sido usados con éxito para este propósito, aunque la extracción puede realizarse también con magnesia, sílice, etc. Se ha señalado que el absorbente ideal debe ser selectivo, estable y permeable al paso del fluido, pero éste no debe causar la destrucción de las provitaminas que son inestables. Se ha recomendado el uso de alumina estabilizada por la adición de sulfato de sodio anhidro.

En las extracciones realizadas sin la saponificación de los productos alimenticios o materiales biológicos, el producto principal es el beta-caroteno. En tales materiales pueden existir errores causados por la baja actividad biológica del alfa-caroteno que se encuentra en pequeñas cantidades y de otras provitaminas, que pueden ser despreciadas. Algunas plantas contienen esteroides de xantófilas los cuales tienen una solubilidad similar a la de las provitaminas y un comportamiento cromatográfico similar por lo que estos esteroides deben ser hidrolizados. Por ejem-

plo, el maíz contiene una provitamina hidroxilada, zeaxantina, la cual es absorbida más fuertemente que los carotenos; el aceite de palma rojo contiene cantidades substanciales de alfa-caroteno, los tomates contienen el pigmento inactivo licopeno, el cual sustituye a los carotenos en su solubilidad preferencial en petróleo ligero. En ciertos tejidos marinos el beta-caroteno es solamente un constituyente de poca importancia de la fracción provitamínica. Los métodos actuales se encuentran basados en refinación cromatográfica para cada material, según los requerimientos individuales.

En los tejidos de las plantas verdes las clorofilas verdes azuladas se encuentran invariablemente con las xantófilas amarillas y los carotenos, usualmente con una relación de concentración de xantófilas a carotenos de dos a uno. Considerando la presencia de los grupos hidróxilos en cada uno de los anillos ionónicos de las xantofilas éstas son mucho más solubles en alcohol que los carotenos y menos solubles en petróleo ligero.

El alfa-caroteno acompaña al beta-caroteno en muchas de sus fuentes, en cantidades que oscilan en un 30%, mientras que la proporción de gama-caroteno es generalmente del 1%.

Aparte de las provitaminas existen otros grupos carote-

noides, los cuales a menudo las acompañan y complican los procedimientos de extracción.

En síntesis, el procedimiento de extracción dependerá de la concentración del beta-caroteno, del material a considerar, de los pigmentos que lo acompañen, del costo de la materia prima, de la disponibilidad de ésta y de las necesidades cromatográficas específicas e individuales una vez seleccionada la fuente más conveniente de extracción.

TABLA II

MATERIAS PRIMAS CON MAYOR CONTENIDO DE BETA-CAROTENO.

Las concentraciones de beta-caroteno se expresan en Unidades Internacionales. (Ver Unidades).

	Beta-caroteno i.u. / por 100 g.
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	930
Frijol ( <i>Phaseolus cocineus</i> )	650
Grosella Negra ( <i>Ribes nigrum</i> )	250
Col de Bruselas ( <i>Brassica oleracea</i> )	700
Zanahoria, raíz ( <i>Daucus carota</i> )	20,000
Zanahoria, hoja	19,500
Trébol, hoja	19,500
Trébol ( <i>Trifolium repens</i> )	23,000
Mastuerzo ( <i>Lepidium sativum</i> )	8,300
Grosella blanca ( <i>Ribes grossularia</i> )	230

	Beta-caroteno l.u./ por 100 g.
Pastos	19,500
Lechuga ( <i>Lactuca serriola</i> )	2,600
Menta ( <i>Mentha spicata</i> )	19,000
Narcisos	500,000
Ortiga ( <i>Urtica dioica</i> )	23,000
Perejil ( <i>Carum petroselinum</i> )	13,800
Pera ( <i>Pisum sativum</i> )	670
Espinacas ( <i>Spinacia oleracea</i> )	11,000
Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> )	1,300
Berro ( <i>Nasturtium officinale</i> )	5,200
Alfalfa Seca ( <i>Medicago sativa</i> )	66,600
Aceite de Palma Roja (Muy madurada)	113,000
Aceite de Palma Roja (Madura)	84,000

Por último, otro de los métodos generales de fabricación es la síntesis de beta-caroteno realizada por la compañía Hoffman La Roche. La cadena lateral de beta-ionona es extendida por tratamiento con 3-bromopropino para obtener un carbinol acetilénico. Se hacen reaccionar dos moléculas de un derivado de bromuro de magnesio con una molécula de 4-octeno-2,7-diona para producir un tetraol. El derivado carotenoide hidroxilado  $C_{40}$  se hidrogena en presencia de paladio y se deshidrata con ácido toluensulfóni-



co para producir beta-caroteno. Existen otras síntesis pero no son de importancia industrial.

El método de fabricación a seguir en nuestro país será expuesto más adelante, una vez hecho el análisis técnico-económico de las materias primas con mayor contenido de beta-caroteno y del procedimiento más conveniente para su extracción.

#### UNIDADES.

La Unidad Internacional de actividad de provitamina A se define como la actividad biológica de 0.6 microgramos de trans-beta-caroteno. Así, un gramo de beta-caroteno contiene  $1.67 \times 10^6$  U.I. de provitamina A. Biológicamente, una unidad de vitamina A es equivalente a una unidad de provitamina A. El patrón internacional de provitamina A es una solución de beta-caroteno puro en aceite de semillas de algodón, conteniendo 0.6 microgramos de provitamina por 5 mg. de solución estabilizada con hidroquinona.

Hasta la adopción del actual patrón de acetato de vitamina A, la USP usaba el patrón internacional de beta-caroteno para valorar los aceites de hígado de bacalao como norma de referencias en la determinación de Vitamina A. Como un resultado de pruebas biológicas se ha encontrado que la Unidad Internacional de beta-caroteno es casi exactamente equivalente a una U.I.

de vitamina A. Esta relación se aplica solamente cuando las dos sustancias son comparadas a bajos niveles de dosificación y cuando la dieta basal y las condiciones experimentales no difieren grandemente de aquellas consideradas generalmente para pruebas biológicas exactas. Se ha encontrado también, que el medio que se utilice para estabilizar el beta-caroteno puede afectar la absorción de éste.

CARACTERISTICAS DE LA PLANTA

## II.- CARACTERISTICAS DE LA PLANTA.

### 2.1- Selección de la Materia Prima.

La obtención de beta-caroteno puro se lleva a cabo principalmente extrayéndolo de diversos vegetales por medios cromatográficos. Sin embargo, los productos comerciales que se importan al país son preparados que además de beta-caroteno, contienen xantofilas, clorofilas, fosfolípidos, etc.; es decir, que para satisfacer el mercado nacional no se requiere obtener un producto puro.

La selección de la materia prima se debe hacer tomando en cuenta la disponibilidad, bajo costo y alto rendimiento de beta-caroteno y analizando conjuntamente la posibilidad de aprovechamiento de sub-productos.

Las posibles materias primas fueron seleccionadas tomando en cuenta el alto contenido de beta-caroteno y para este trabajo se escogieron: zanahoria, trébol, pastos y alfalfa. No obstante ser los nercisos los vegetales con mayor contenido de este pigmento (ver tabla I-2), no se encuentran disponibles en México y su elevado costo los hace prohibitivos como materia prima.

TABLA II-1

Costos Promedio por Kilogramo para 1973-1974:

	<u>Pesos M.N.</u>
Zanahoria	0.75
Trébol	0.60
Pastos	0.45
Alfalfa	0.50

Fuente: Secretaría de Agricultura y Ganadería.

TABLA II-2

Contenido promedio de Beta-Caroteno por cada 100 gr.

	<u>i.u. por 100 gr.</u>
Zanahoria	19,500
Trébol	21,000
Pastos	19,500
Alfalfa	21,500
Alfalfa seca	50,500

La urgente necesidad de encontrar fuentes que sean de alta calidad nutritiva para usarse como suplemento alimenticio que ayude a superar el problema mundial de una mala alimentación proteínica, ha traído como resultado un creciente interés en el

estudio y evaluación de todas las posibles fuentes potenciales de suministros alimenticios. Investigadores como J.E. Kinsella, entre otros, han encontrado que las hojas verdes fraccionadas, tales como la alfalfa, pueden ser utilizadas como una fuente adecuada para la extracción de proteína alimenticia, además de la obtención de pigmentos como el beta-caroteno.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestran los rendimientos de aminoácidos esenciales y de proteína total de varios forrajes y semillas. (Akeson, W.R. & Stahman, M. A., Stahman, M.A.).

TABLA II-3

Rendimiento de Aminoácidos Esenciales y Proteína Total

Cosecha	Rendimiento aprox. de aminoácidos esenciales (lbs/Acre)	Rendimiento total de proteína
Alfalfa	300	2,400
Frijol de soya	150	650
Maíz	170	1,550
Clavel	150	
Semilla para ganado	130	
Sorgo	100	2,010
Frijol de campo	100	
Cebada	60	
Semilla de algodón	50	
Trigo	50	400
Arroz	85	20

Del análisis de las tablas anteriores, se concluye que la materia prima a usar en México para la obtención conveniente de beta-caroteno es la alfalfa, la cual se encuentra disponible en buena calidad y bajo costo, siendo además de la que se pueden extraer sub-productos de mayor valor. Los pastos, aunque tienen un rendimiento total de proteínas elevado (1,900), tienen un rendimiento menor de beta-caroteno, aparte de que los sub-productos que se obtienen son altamente fibrosos, lo cual reduce su demanda en el mercado.

La alfalfa es uno de los cultivos de forraje más importantes en el país, ya que el mayor potencial para aumentar el ingreso en México se encuentra en la producción de ganado. Para ello, se requiere la producción eficiente de cultivos para obtener productos de alto contenido proteínico, ya sea utilizándola como alimento para el ganado, o bien extrayendo de ella productos tales como el beta-caroteno, proteínas, etc., que se utilizan como complemento para la alimentación avícola, o extrayendo la pro-vitamina A para utilizarla como complemento dietético para el hombre. Muchas tierras en el país son ideales para producir alfalfa de la más alta calidad con altos rendimientos y bajos costos y se estima que podría mantener una industria ganadera, avícola o alimenticia, con un valor de cuatro o cinco veces el de la producción actual.

Los principales Estados en los que se cultiva la alfalfa, en orden de importancia, son:

	<u>Siembra</u>	<u>Cosecha</u>
Guanajuato	Nov/Feb.	Mar/Oct.
México	Sep/Feb.	Mar/Nov.
Hidalgo	Dic/Jun.	Ene/Nov.
Querétaro	Mar/Abr.	Mar/Nov.
Durango	Nov/Feb.	Mar/Oct.
Chihuahua	Sep/Dic.	Mar/Oct.

Conforme a la tabla anterior, se puede apreciar que se puede disponer de alfalfa en los estados del centro del país prácticamente todo el año.

NO.)  
A continuación se exponen los datos estadísticos, correspondientes a los años 1970, 1971 y 1972.



TABLA II-4

PRODUCCION DE ALFALFA VERDE

Ciclo Invierno 1970 - 1971

Datos Preliminares

Superficie, Rendimiento y Producción Total.

<u>Zonas estadísticas y entidades</u>	<u>Superficie Hectáreas</u>	<u>Rendimiento Kg/ha</u>	<u>Producción Toneladas</u>
<u>Edos.Unid. Mex.</u>	76,801	62,813	4.824,100
<u>Norte:</u>	10,700	77,691	831,300
Coahuila	5,100	80,450	410,300
Durango	5,600	75,178	421,000
<u>Golfo:</u>	382	3,916	1,500
Veracruz	382	3,916	1,500
<u>Pacífico Norte:</u>	20,254	19,459	394,125
Baja California	15,179	7,906	120,000
Baja California Terr.	1,500	100,000	150,000
Nayarit	50	15,000	750
Sinaloa	3,525	25,000	123,400
<u>Centro:</u>	45,465	79,120	3.597,200
Aguascalientes	3,165	80,000	277,200
Guanajuato	26,000	82,000	2.132,000
Hidalgo	16,000	74,250	1.188,000

TABLA II-5

PRODUCCION DE ALFALFA VERDE 1971

<u>Zonas estadísticas y cantidades</u>	<u>Sup. Has. Cosechadas</u>	<u>Rend.Kg. p/Ha.</u>	<u>Prod. en Ton.</u>	<u>Precio Rural \$ X K.</u>	<u>Valor en miles de pesos</u>
Chihuahua	14,500	40,000	580,000	0.14	81,200
Durango	8,302	73,012	606,000	0.10	60,615
Baja California	15,677	44,970	705,000	0.08	56,400
Oaxaca	2,862	38,941	111,300	0.09	10,030
Guanajuato	25,064	80,000	2.005,100	0.16	320,819
Hidalgo	16,500	72,000	1.188,000	0.16	190,080
Jalisco	3,340	79,982	267,140	0.17	45,414
México	20,000	58,000	1.160,000	0.15	174,000
Puebla	13,000	58,100	755,300	0.14	105,742
Querétaro	9,000	80,000	720,000	0.12	86,400

PO

TABLA II-6

PRODUCCION DE ALFALFA VERDE 1972.

<u>Zonas estadísticas</u> <u>y cantidades</u>	<u>Sup. Has.</u> <u>Cosechadas</u>	<u>Rendimiento</u> Kg/Ha.	<u>Producción</u> <u>Toneladas</u>	<u>Valor de la</u> <u>cosecha</u> (miles de pesos)
Baja California (Edo.)	17,897	48,250	863,300	86,345
Baja California (Terr.)	1,500	100,000	150,000	21,000
Coahuila	11,744	76,720	901,500	76,583
Chihuahua	15,000	40,000	600,000	84,000
Durango	8,400	74,000	620,000	67,200
Guanajuato	26,000	80,000	2.080,000	332,800
Hidalgo	17,500	72,000	1.260,000	113,400
México	20,000	60,000	1.200,000	168,000
Querétaro	10,000	60,000	600,000	72,000
San Luis Potosí	9,000	75,000	675,000	74,250
Sonora	10,465	90,875	967,400	87,063
Tlaxcala	893	29,870	26,700	5,608
Zacatecas	10,500	45,000	472,500	118,125

## II.- 2. SELECCION DEL PROCESO.

NO  
Como se mencionó anteriormente, el beta-caroteno puro se obtiene por medios cromatográficos, a partir de alfalfa seca o húmeda. Si el objetivo es obtener preparados comerciales de la calidad de los que se importan a México, no es necesario llevar a cabo una separación cromatográfica. Es conveniente señalar que, de la información que se pudo obtener acerca de la composición de los preparados comerciales importados de Alemania República Federal, Estados Unidos, Suiza y Uruguay, por los laboratorios Productos Roche, Ciba Geigy, Comercial Reka, Hoffman Pinter Boswort, Productos Cosméticos Cabello y Merck de México, éstos tienen una concentración promedio de pro-vitamina A que oscila entre 0.3 y 0.4% en peso.

X NO  
OBTENCION A PARTIR DE ALFALFA SECA.

La obtención del beta-caroteno a partir de alfalfa seca consiste esencialmente en una extracción con solventes, seguida de una cromatografía sobre una columna de magnesia. En la literatura se encuentran descritos varios procedimientos que excluyen adecuadamente la clorofila del eluyente de la columna. El producto obtenido por el procedimiento cromatográfico cumple con las especificaciones requeridas para lograr el máximo rendimiento de pro-vitamina A pura.

X-200  
La creciente importancia que ha adquirido el forraje como suplemento alimenticio y pigmentador de aves caseras ha hecho que las xantófilas lleguen a ser tan importantes como el beta-caroteno y éstas son también obtenidas durante el proceso.

Todas las operaciones de extracción por solventes deben efectuarse en equipos que impidan el paso de luz para evitar pérdidas de caroteno y xantófilas.

#### PROCEDIMIENTO.

La materia prima seca es alimentada originalmente a una desmenuzadora y de aquí es transportada por una banda inclinada a un molino de cuchillas rotatorias, reduciendo la alfalfa hasta un tamaño de malla 40. De aquí es conducida hasta un tanque de agitación donde se le añaden 7.5 - 10 litros de una mezcla hexano-acetona en relación 7:3 en volumen, más 0.25 litros de agua por kilogramo de alfalfa seca, agitando suavemente (alrededor de 5 - 7 rpm). Si la extracción quiere hacerse a partir de un concentrado de xantófilas, proteínas y caroteno, deben agregarse 5 litros de una mezcla hexano-acetona en relación en volumen 1:1 y el tiempo de agitación debe ser de 0.25 horas. Después de 30 minutos de haber agitado la alfalfa se agrega 1 litro de KOH metanólico por cada kilogramo de materia seca. Se continúa la agitación durante 5 minutos y la mezcla se pasa a un recipiente donde se deja reposar 0.5 horas; se filtra y el líquido se diluye con hexano, agregando

No.

7.5 litros por Kg de materia seca. Por último, se procede a realzar la separación cromatográfica.

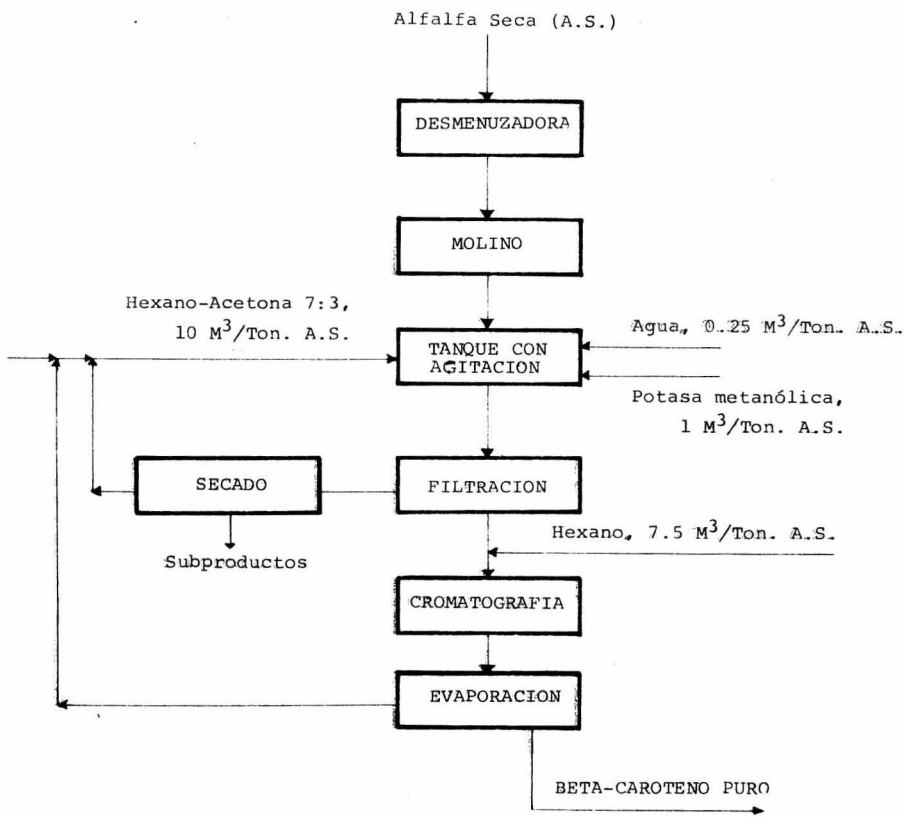


Fig. II.1. Sistema de extracción por solventes.

NO

Antes de seguir analizando el proceso hay que señalar que éste es poco rentable debido a la necesidad de emplear un gran volumen de solventes, aparte de que la operación cromatográfica es lenta y que es necesario disponer de varias columnas cromatográficas para poder efectuar el procedimiento en escala industrial de la magnitud requerida en México. Los sistemas de recuperación de solventes son costosos y poco eficientes y, aunque el producto es de gran calidad, esto no hace redituable el proceso. Además, los sub-productos de alfalfa que se obtienen son altamente fibrosos y tienen un mercado reducido.

0 OBTENCION DE BETA-CAROTENO A PARTIR DE ALFALFA HUMEDA.

5'

El proceso involucra la extracción mecánica de una porción del líquido contenido en la alfalfa fresca, obteniéndose un jugo esencialmente libre de fibra y quedando una pasta prensada útil para la alimentación animal o para la extracción del beta-caroteno remanente. A partir de la pasta prensada se puede preparar harina de alfalfa deshidratada.

Se han empleado diferentes extractores para separar sólidos, caroteno, xantofilas y proteína a partir de alfalfa fresca. El equipo utilizado incluye una prensa de doble tornillo, una prensa de un tornillo, una prensa V y rodillos de caña de azúcar.

Para poder determinar cuál de estos equipos es conveniente utilizar en el país, es importante hacer un análisis y una evaluación de éstos, puesto que representan una parte esencial del costo del proceso.

Con la prensa de doble tornillo se logra la máxima extracción de sólidos, en comparación a los otros extractores, separando alrededor del 30% de sólidos, 25% de caroteno y 40% de proteína en una pasada. Una segunda prensada, sin adición de agua, separa un 10% adicional de carotenoides y sólidos y un 13% de proteína. Después de separar el 40 - 50% de las proteínas iniciales con la prensa de doble tornillo o con un tandem de tres molinos de caña de azúcar, la pasta prensada residual, si proviene de alfalfa de buena calidad, retiene alrededor de un 20% de proteína y aproximadamente 100 mg/lb de caroteno y 250 mg/lb de xantófila.

La prensa de doble tornillo ocupa una área relativamente pequeña (7 x 8 x 12 ft) y es capaz de procesar hasta 10 toneladas por hora. A esta capacidad alrededor del 65% del peso de la alfalfa fresca se extrae como jugo. Esta extracción es cerca del doble que la obtenida con una sola pasada por un molino de caña de azúcar o por una prensa V (tabla II-7). La prensa de doble tornillo extrae más jugo que una prensa de un solo tornillo, aunque la diferencia en extracción entre estas dos máquinas es



casi despreciable.

Cuando se considera la extracción de carotenoides y proteínas, la prensa de doble tornillo es bastante satisfactoria. Esta prensa extrae el doble de la cantidad de carotenoides y proteínas obtenidas por una sola prensada en un molino de azúcar, (Tabla II-8). La extracción de los carotenoides, sólidos y proteínas por la prensa de doble tornillo es superior a la prensa de un solo tornillo. Sin embargo, es conveniente señalar que se logra una mejor extracción si ésta se desarrolla a bajas temperaturas (alrededor de 10 - 15°C).

Ya que las prensas de tornillo son más eficientes, la desintegración del material llega a ser poco importante para una buena extracción. Sin embargo, sin una desintegración previa del material, una prensa de tornillo rinde un residuo con una relación mayor de fibra larga (1-1/8") a fibra corta (1") y este producto fibroso da lugar a un alimento áspero de poco valor nutritivo para el ganado.

En la tabla II-9 se muestran las composiciones aproximadas de sólidos en el jugo extraído por las diferentes prensas. En todos los casos el jugo muestra un enriquecimiento de nitrógeno de 1.6 veces sobre la alfalfa entera. Las preparaciones de jugo, en base al peso de material seco, contienen 150-160 mg/lb de

✓

caroteno y 295-320 mg/lb de xantofila. Estos valores son iguales o mayores que los de jugo usado para preparar un concentrado de caroteno-proteína-xantofila para alimento avícola.

Las composiciones aproximadas del jugo obtenido a partir de una extracción con una prensa de doble tornillo son similares a las obtenidas en un sistema de tres molinos de azúcar (tabla II-10). Estos residuos contienen alrededor de 100 mg/lb de caroteno y 250 mg/lb de xantofila, y tienen una alta cantidad de nitrógeno. Los residuos obtenidos de las otras prensas tienen un contenido de proteína, grasa y ceniza similar al de la alfalfa original. Todos los residuos contienen más fibra que la aceptada para los grados estándar de alfalfa deshidratada. El contenido máximo de fibra cruda en alfalfa deshidratada es de 27% y 22% para materiales con un contenido de 17% a 20% de proteína, respectivamente. Es importante notar que los molinos de caña de azúcar son los que producen un residuo menos fibroso.

No hay pérdida de proteína cruda en ninguna de las prensas, sin embargo, hay pérdidas de caroteno. En molinos de caña de azúcar hay una pérdida de alrededor de un 10% por cada molino, la cual puede verse reducida a un 5% con la adición de amoníaco.

La pérdida total de carotenoides en una prensa de doble tornillo llega a ser de un 40%. Las mayores pérdidas de caroteno

✓

en la prensa de doble tornillo se deben a que ésta aumenta la ruptura de las células, lo que resulta en la liberación de cantidades mayores de enzimas tales como la lipoxigenasa, la cual induce la oxidación del caroteno. Por otra parte, en los molinos de caña de azúcar se extrae una mayor cantidad de grasa, lo cual reduce la pérdida de beta-caroteno.

Como se puede observar, las máquinas con las que se obtiene el mejor rendimiento son la prensa de doble tornillo y un conjunto de tres molinos de caña de azúcar y, aunque la extracción es mayor en una prensa de doble tornillo, las pérdidas de beta-caroteno son casi tres veces mayores que las que se producen en molinos de caña de azúcar. Si por otra parte consideramos que la tecnología acerca de la extracción con molinos de caña de azúcar se encuentra ampliamente desarrollada en México, podemos llegar a la conclusión de que éstos últimos son la maquinaria más conveniente a utilizar para la extracción, debido a que se obtienen altos rendimientos en caroteno, xantofila y proteína, así como también un sub-producto menos fibroso.

TABLA II-7

Porcentaje de componentes de alfalfa extraídos en un solo paso para diferentes prensas

	<u>COMPONENTE EXTRAIDO</u>				
	<u>Peso</u>	<u>Sólidos</u>	<u>Beta-Caroteno</u>	<u>Xantofilas</u>	<u>Proteína cruda</u>
<u>Prensa:</u>	%	%	%	%	%
Molino de caña de azúcar	30	13	10	9	17
Prensa - V - :	35	13	8	7	23
Un tornillo :	54	19	18	15	28
Doble tornillo :	63	30	26	25	40

TABLA II-8

Porcentaje de componentes de alfalfa extraídos por tres molinos de azúcar

	<u>Sólidos</u>	<u>Beta Caroteno</u>	<u>Xantofilas</u>	<u>Proteína cruda</u>
<u>Molinos:</u>	%	%	%	%
<u>Desmenuzada:</u>				
Primero	13	8	8	15
Segundo	11	7	7	13
Tercero	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>6</u>	<u>12</u>
Total:	30	21	21	40
<u>Alfalfa desintegrada:</u>				
Primero	19	17	26	30
Segundo	6	4	7	9
Tercero	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>7</u>
Total:	30	24	36	46

TABLA II.9

Composición aproximada de sólidos en el jugo extraído por varias prensas

	<u>Nitrógeno</u>	<u>Proteína</u>	<u>Grasa</u>	<u>Fibra</u>	<u>Ceniza</u>
<u>Prensa:</u>	%	%	%	%	%
Doble tornillo	5.4	35	2	1.5	17
Molino de caña de azúcar	6.4	40	2	0.5	16.7
Prensa - V -	6.5	40.6	0.4	0.4	17.6
Un tornillo:	4.4	27	1.0	0.9	16.4

TABLA II.10

Composición aproximada de los residuos en la pasta prensada

	<u>Nitrógeno</u>	<u>Proteína</u>	<u>Grasa</u>	<u>Fibra</u>	<u>Ceniza</u>
<u>Fracción:</u>	%	%	%	%	%
Alfalfa entera:	3.9	24.4	4.5	20.3	10.7
Pasta prensada molino de caña de azúcar:					
Un molino	3.5	21.7	4.0	27.5	8.7
Tres molinos: (')	3.4	20	3.9	30	6.4
Prensa de doble tornillo:	3.1	19.4	3.7	28.5	7.4
Un tornillo:	2.7	16.9	3.2	28	5.5
Prensa en - V -:	3.8	23.8	4.3	27.5	9.7

(') Se agrega una cantidad de agua, igual al jugo removido, después del primero y la segunda molienda.

A continuación se describe el proceso que se ha considerado óptimo para llevar a cabo en el país la extracción de beta-caroteno.

Se ha demostrado ampliamente que los molinos para caña de azúcar son efectivos para fraccionar alfalfa fresca en plantas en que la escala de operación sea comercial y se procesen de 20 a 40 toneladas por hora. Con el primer molino se extraen del 15 al 20% de sólidos y 25 a 30% de proteínas y tres molinos extraen un 33% de sólidos y casi el 50% de la proteína presente. Los rodillos comerciales de la caña de azúcar, con acanaladuras estándar, han sido utilizados eficientemente; estos rodillos están completamente automatizados y cortan el material y exprimen el jugo en forma simultánea. El jugo obtenido tiene un alto contenido de caroteno y xantofila y puede ser procesado para obtener un suplemento alimenticio avícola de buena calidad, o para extraer el beta-caroteno y xantofila por medios cromatográficos. Es conveniente agregar amoniaco para reducir las pérdidas de xantofila y la degradación de las clorofilas durante el procesado. La pasta final que se obtiene como residuo después de la molienda se seca en un deshidratador convencional comercial, obteniéndose un alimento de alta calidad de alfalfa deshidratada, o bien se puede procesar para extraer el beta-caroteno y las xantofilas por medio de solventes y después efectuar una operación cromatográfica.

Existe un gran mercado potencial para suplementos alimenticios poco fibrosos, con alto contenido de xantofilas y caroteno, para aves y gallinas ponedoras; este mercado puede satisfacerse elaborando concentrados de proteínas de hojas. El color verde de la clorofila mejorará el valor del producto para la alimentación de polluelos y gallinas, más que disminuirlo.

#### EQUIPO.

Planta Comercial. El sistema se muestra en la figura II-2, y consiste de los siguientes componentes.

Alimentador "A", equipado con un rastrillo de fondo y accionado por un motor.

Transportador inclinado "B", equipado con una banda de hule. El cinturón o banda es accionado por un motor equipado con una transmisión de velocidad variable. El ángulo de inclinación es de 45 grados.

Transportador nivelado "C", el cual es una banda horizontal suave equipada con un carrete del tipo de rueda de paletas y un magneto permanente. La banda y el carrete son accionados por motores equipados con transmisiones de velocidad variable.

Transportador de tornillo cerrado "D", el cual se utiliza para rociar de amoníaco la alfalfa desmenuzada a través de dos

tubos accesorios localizados en la parte superior de la unidad. Es accionado por un motor equipado con transmisión de velocidad variable. Se utiliza una pistola rociadora.

Tándem de molinos "E", constituido por tres unidades en que los rodillos están arreglados en forma triangular. Los rodillos son accionados por un motor y tienen ajustados ductos de alimentación, con una ventana plástica para ver el nivel de alfalfa.

Transportador "F" para arrastrar la descarga de la pasta prensada, es una banda suave accionada por un motor de velocidad constante.

Tanque de jugo "G", equipado con tres tamices metálicos de diferentes tamaños de mallas para eliminar las fibras. Las mallas están arregladas de acuerdo con el tamaño de las aberturas.

#### PROCEDIMIENTO.

La alfalfa fresca se suministra a la desmenuzadora y a la salida de ésta recogida por el transportador inclinado "B", el cual eleva la alfalfa arriba de los rodillos, a la altura requerida para mantener la máxima alimentación posible. El material es entonces conducido al transportador "C", pasando a través del carrete de nivel y el imán permanente. El carrete, rotando en dirección opuesta a la banda, nivela el material desmenuzado a una altu



ra de 2", el cual es pasado a continuación a través del magneto para cualquier material ferroso presente y es descargado a un transportador de tornillo "D". A la entrada del transportador de tornillo se rocía una solución acuosa de etoxiquina sobre la alfalfa. Este transportador cerrado también permite la aplicación de amoníaco. El material tratado en esta forma se mezcla al ser conducido por el tornillo al ducto alimentador de los rodillos "B". La alimentación se mantiene a una altura dada en el ducto ajustando la velocidad del alimentador "A" para lograr la mejor eficiencia de rodamiento. Así, cuando el material pasa a través de los rodillos es comprimido hasta una quinta parte de su volumen inicial, liberando el jugo verde. El jugo, junto con algo de fibra, se hace pasar a través de un tanque "G" donde se eliminan las fibras por medio de mallas. El jugo es bombeado a un tanque de almacenamiento "H" para el siguiente procesado.

La pasta prensada es extraída de la descarga lateral de los rodillos y trasladada por un transportador "F" a un depósito de almacenamiento para su procesado posterior o para su deshidratación.

El jugo pasa a un sistema de coagulación para la preparación de un concentrado de proteína de hoja; éste debe tener un pH entre 8 y 8.5. El tratamiento con amoníaco elimina esencialmente las pérdidas de caroteno y ayuda al proceso de coagulación,

lo cual facilita su separación.

El diagrama de flujo del sistema de coagulación se muestra en la fig. II-3. El equipo se ha diseñado para trabajar en forma continua o intermitente. La cámara de mezclado es una cruz estándar. Se tiene un recipiente de mezclado y un tanque para quitar la espuma equipado con un derrame y con una paleta en forma de S en la parte superior. La paleta metálica es un poco menor que el diámetro del tanque y está provista de extremos de hule para raspar los lados del tanque.

Se utiliza un inyector de vapor similar al que se emplea para fluidos alimenticios, para lograr un calentamiento rápido. Debido a la caída de presión causada por el orificio de descarga y una velocidad de flujo baja, el coágulo formado puede obstruir el inyector, por lo que es necesario modificar la unidad para que descargue directamente a la presión atmosférica. El jugo verde es introducido en el centro del flujo de vapor. De esta forma la proteína del jugo es coagulada antes de que ésta llegue a estar en contacto con las superficies calientes exteriores de la boquilla, lo que ayuda a reducir la obstrucción a velocidades de flujo menores de 2 lpm. Con velocidades mayores de 2 lpm se obtiene un funcionamiento satisfactorio cuando se realiza una operación intermitente. La mezcla coagulada se descarga a un tanque y se procesa en forma similar a la descrita por Morrison y Pitie, en el año de

1961. Sin embargo, este proceso se puede adaptar a uno continuo agregando más calor al jugo verde y mezclándolo con el jugo café caliente que se obtiene después de la coagulación. Esto eleva la temperatura de la mezcla de jugo a 45 - 55°C.

Fig. II.2. Sistema de extracción por molienda.

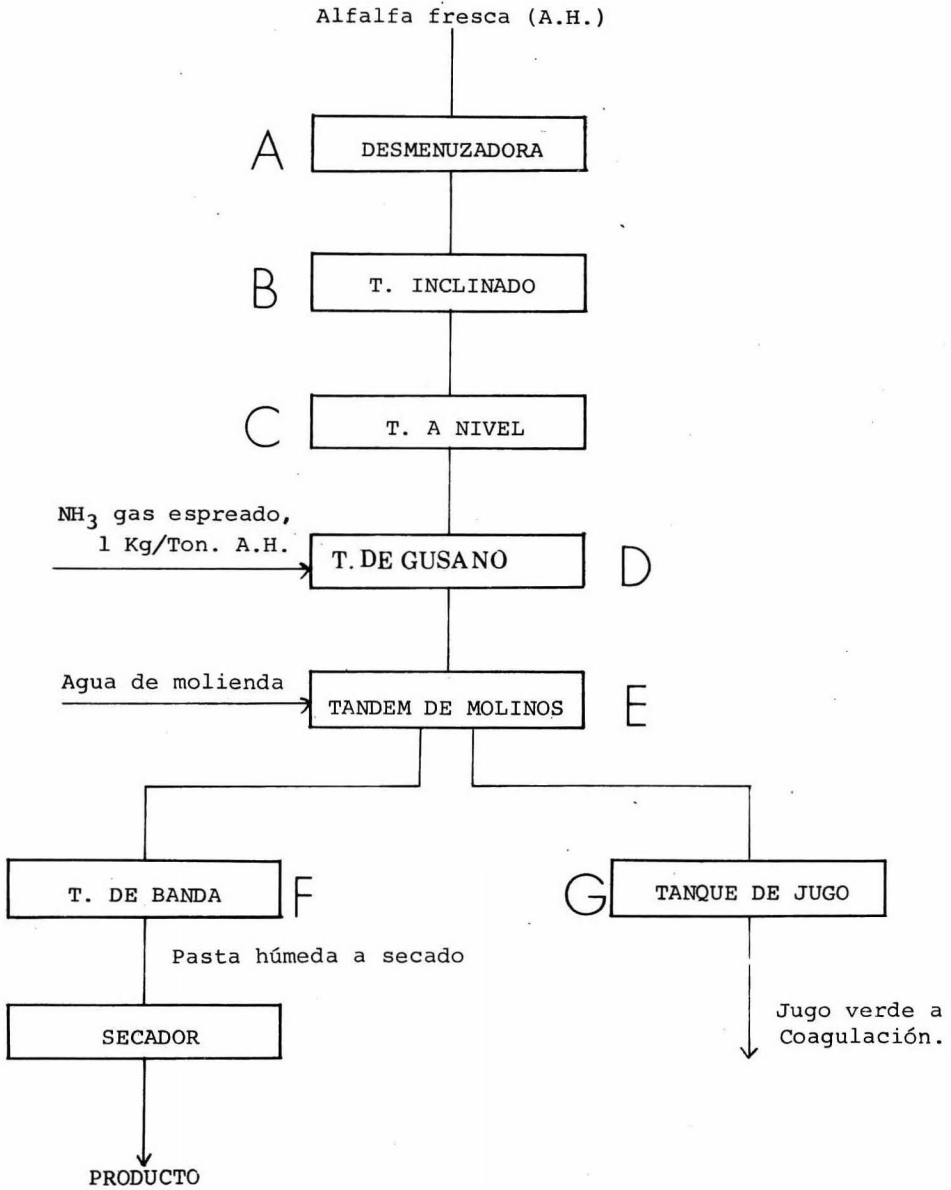
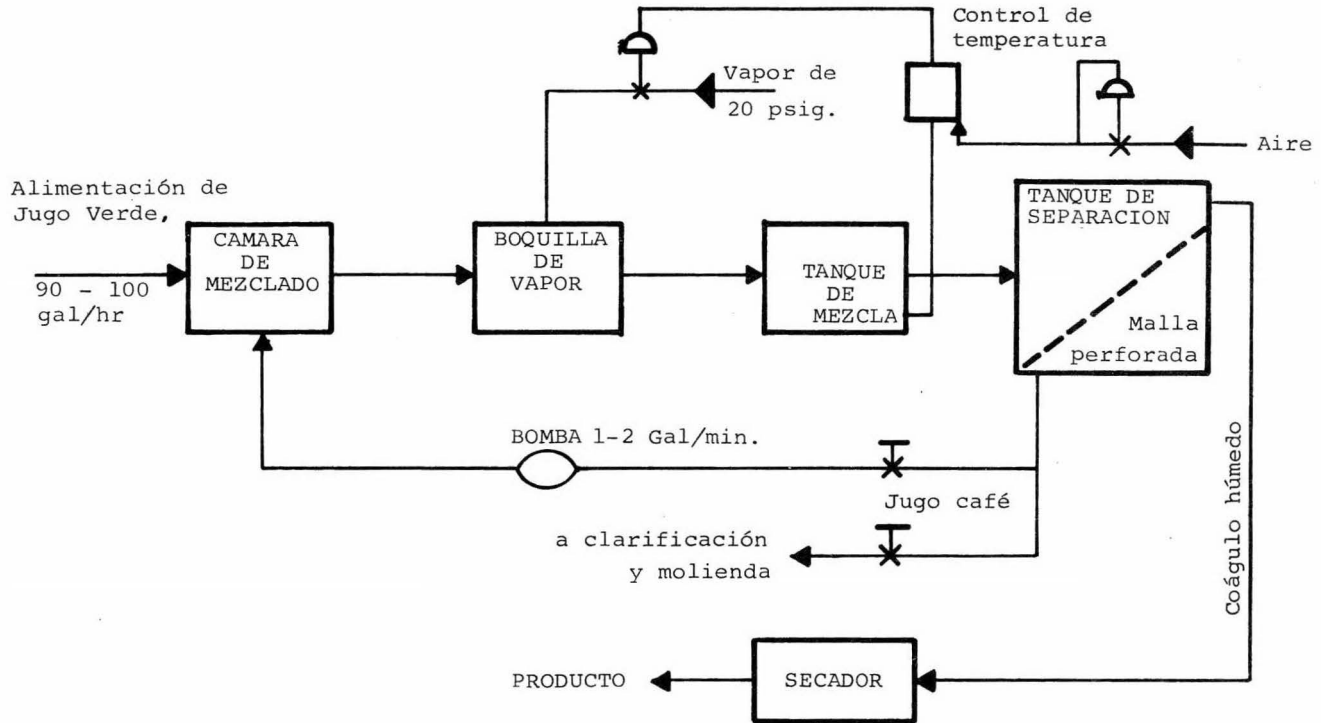


Fig. II.3. Sistema de Coagulación y secado.



La recirculación del jugo café, aparte de que pre-calienta el jugo verde, aumenta la velocidad de flujo y debido a éste, es que velocidades de menos de 2 lpm pueden ser manejadas satisfactoriamente. La velocidad de flujo del jugo café es, en general, de 220 litros por hora.

Para coagular el concentrado de caroteno, xantofila y proteína se usa vapor de 20 psig. La mezcla espumosa coagulada pasa a través de un recipiente de mezclado donde se revuelve bastante bien por la fuerza de la descarga de la boquilla. La temperatura en este recipiente se mantiene entre 80 - 82°C modulando el flujo de vapor de la boquilla, manteniéndose dicha mezcla el tiempo necesario para que el coágulo formado se integre y flote. De este tanque de mezclado el material es descargado en el tanque rasador para la separación del coágulo y el jugo café. Para quitar la espuma se utiliza una paleta en forma de S que gira a 8 rpm. El vapor contribuye a incrementar el volumen total del líquido en un 10 a 15%. Se utiliza un tamiz finamente perforado en el fondo del tanque rasador para filtrar las partículas finas y clarificar el material del jugo café. La acumulación del material clarificado no causa ningún problema en el producto. El jugo café se clarifica y se usa como agua de molienda, lo que ayuda a obtener productos con mayor contenido de beta-caroteno.

Es conveniente indicar que la dureza y estabilidad del

coágulo varía con el  $pH$ , obteniéndose las características óptimas a un  $pH$  de 8.5. Un coágulo más duro es más fácil de manejar durante la operación.

La separación del jugo verde, a un  $pH$  de 8.5 en el coágulo y el jugo café, muestra que el 2% de los sólidos originalmente presentes se sedimenta en el tanque rasador. El contenido de sólidos en el coágulo separado depende de los sólidos insolubles más una fracción de los sólidos solubles proporcional al contenido de humedad, encontrándose que la cantidad promedio es de alrededor del 46% para este proceso, calculado en base seca.

En la tabla II-11 se resumen las pérdidas de caroteno y xantofila de acuerdo al  $pH$ . Se observa que la adición de amoníaco elimina las pérdidas de caroteno y reduce substancialmente la de xantofila.

TABLA II-11.

Pérdidas de Caroteno y Xantofilas durante la coagulación.

<u><math>pH</math></u>	<u>Pérdida de Caroteno</u>	<u>Pérdida de Xantofila</u>
	%	%
5.8	10.6	36.5
6.5	17.5	42.8
7.5	5.8	29.7
8.0	5.4	26.6
8.5	0.0	5.8

Por último, el coágulo es secado en un evaporador intermitente convencional. Este coágulo seco, puede ser cromatografía do para obtener el beta-caroteno puro, aunque como se mencionó anteriormente, para las necesidades del mercado en México no es necesario obtener este tipo de producto.



### II.-3. LOCALIZACION DE LA PLANTA.

Para poder efectuar la localización de una planta industrial se deben tener en cuenta varios factores, entre los cuales se pueden citar:

(a) Mercados.

- (1) Características del producto. Precio actual y futuro.
- (2) Localización y distribución geográfica, actual y futura.
- (3) Industrias consumidoras. Tendencias. Nuevos usuarios.
- (4) Logística de distribución. Distancias. Costos de fletes. Inventarios. Tiempos de transportación.
- (5) Competencia presente y futura. Localización.
- (6) Aspectos relacionados con exportaciones.

(b) Materias primas.

- (1) Fuentes de materias primas.
- (2) Disponibilidad presente y futura.
- (3) Logística de distribución. Distancia. Costos de fletes. Inventarios. Tiempos.
- (4) Materias primas sustitutas.
- (5) Aspecto relacionado con exportaciones.

(c) Aspectos fiscales.

- (1) Impuestos federales y locales.
- (2) Incentivos federales y estatales.
- (3) Política de descentralización industrial y desarrollo regional.
- (4) Otros impuestos y obligaciones.

(d) Condiciones climáticas.

- (1) Altura sobre el nivel del mar.
- (2) Condiciones de temperatura y humedad.
- (3) Exposición a temblores, huracanes, etc.
- (4) Efecto de factores climatológicos sobre la inversión.

(e) Agua.

- (1) Disponibilidad. Cantidad. Requisitos legales.
- (2) Calidad. Características biológicas y químicas.
- (3) Confiabilidad.
- (4) Costos.

(f) Energía eléctrica y combustibles.

- (1) Disponibilidad. Cantidad.
- (2) Calidad. Características de las fuentes.
- (3) Confiabilidad de fuentes de corriente eléctrica.
- (4) Necesidad de fuente de emergencia.
- (5) Costos.

(g) Control ambiental.

- (1) Leyes y especificaciones relacionadas con el control ambiental: aire, agua, tierra.
- (2) Concentración industrial. Contaminación atmosférica.
- (3) Medios de disposición de efluentes.
- (4) Medios de disposición de desperdicios.

(h) Medios de transporte.

- (1) Ferrocarriles.
- (2) Carreteras.
- (3) Vías fluviales y marítimas.
- (4) Transportación aérea.
- (5) Aspecto de logística. Frecuencia. Costos. Confianza. Tiempos. Distancias.

(i) Mano de obra.

- (1) Disponibilidad. Calidad.
- (2) Relaciones sindicales. Influencia de sindicatos locales. Problemas.
- (3) Posibilidad de entrenamiento.
- (4) Costos. Tabuladores.

(j) Desarrollo del lugar.

- (1) Características del terreno. Espacio. Costo.

- (2) Resistencia del terreno.
  - (3) Acceso a FF.CC. y carreteras.
  - (4) Acceso a fuentes de agua, energía y corriente eléctrica.
  - (5) Espacio para expansión.
  - (6) Provisiones y espacio para expansión en plantas existentes. Planes futuros en otras líneas.
- (k) Factores de la comunidad.
- (1) Urbana o rural.
  - (2) Disponibilidad y costo de casas.
  - (3) Aspectos culturales y religiosos: Iglesias, Bibliotecas, Teatros, Cines, Escuelas.
  - (4) Servicios municipales en general.
  - (5) Hospitales, médicos, servicios médicos de emergencia.
  - (6) Hoteles y restaurantes.
  - (7) Instalaciones y actividades recreativas.
- (l) Comunicaciones.
- (1) Facilidades para transportación del personal. Terrestre. Aérea. Otras.
  - (2) Teléfono y telégrafo.
  - (3) Servicio de correo.
  - (4) Radio.

- (m) Otros aspectos varios.
- (1) Legislación local.
- (2) Refacciones. Disponibilidad.

A continuación se analizarán en conjunto estos factores para el caso especial de nuestro estudio.

Para nuestro caso particular la materia prima es un factor determinante para la localización de la planta, ya que se necesitan grandes proporciones de materia prima con respecto al producto terminado. La planta debe situarse cerca del centro de abastecimiento para evitar costos elevados en el transporte de grandes volúmenes de materia prima hacia un lugar cercano a los centros de consumo donde se extraería el producto.

Debido a lo anterior, se piensa que sería conveniente en alguno de los estados del centro del país, ya que éstos son los principales productores de alfalfa, seleccionándose al estado de Querétaro que reúne las características más convenientes para el desarrollo de este tipo de industria: materias primas en abundancia, incentivos fiscales, existencia de mano de obra y servicios, posibilidad de desarrollo, comunicaciones, etc.

A continuación se resumen los incentivos fiscales de este estado.

	<u>10 años</u>	
Ingresos Mercantiles	1.2	- Escalonados
		3 - A 100%
		3 - A 75%
		2 - A 50%
		2 - A 25%
Predial	1%	- - - - -
Traslación de dominio	2%	100%
Impuesto sobre sueldos	5%	Infonavit
Vigilancia a empresas exenta	0	0
Municipales		De acuerdo a leyes <u>lo</u> cales.
Registro de derecho Pu. Prop. Impuesto adicional		100% sobre todos Imp. y derechos, salvo I.M. 50% proporcional.
Productos del capital por créditos	10%	50% x créditos
Licencia Sanitaria	50% P\$	- - - - -
Diversos	- - -	Coop. al 50% del costo
Otros puntos		Prod. personal capaci- tado. No da incentivo a empresas que gocen de incentivos de des- centralización.

Cabe hacer notar que las condiciones climatológicas de Querétaro no influyen sobre el proceso de fabricación de este pro ducto. El agua aunque se encuentra disponible en cantidad suficiente, no es un factor determinante para la producción de beta-

caroteno ya que su requerimiento es mínimo y, por otro lado, debido a la automatización del proceso, el sistema que se propone para la extracción requiere de un mínimo de mano de obra.

II.- 4. ANALISIS DEL MERCADO.

Debido a que este producto tiene bastante tiempo de encontrarse en el mercado internacional, partiremos de la base de que los principales consumidores del producto en el país lo han venido usando regularmente desde hace varios años. Por tal motivo, es lógico considerar que el mercado nacional se encuentra prácticamente saturado, presentando dicho mercado una tendencia normal a incrementarse.

Este producto hizo su aparición en el mercado internacional a principios de la década del 30, pero no fue sino hasta la década de los cuarenta cuando las compañías productoras de Vitaminas se interesaron en su desarrollo, siendo una consecuencia de este hecho el incremento notable de la demanda que tuvo el beta-caroteno por esa época. Desde entonces el consumo internacional ha mostrado una tendencia favorable, ya que hasta la fecha no ha surgido sustituto alguno que pueda igualar o mejorar sus cualidades. Uno de los principales hechos en que se basa la tendencia favorable de éste es, quizás, la gran investigación de que es objeto por las grandes compañías productoras de suplementos alimenticios con el fin de mejorar y/o encontrarle nuevas aplicaciones.

El beta-caroteno que se consume en México proviene principalmente de Suiza, Uruguay y Estados Unidos, en proporción de



27.5%, 45% y 26%, respectivamente para el año de 1972. Esta distribución porcentual no se ha mantenido constante.

Desde agosto de 1963, fue creada la fracción arancelaria 29.38 A 031 que fija los derechos aduanales como sigue: \$ 0.60 K.L. más 15% Ad Valorem sobre P.O. \$ 57.00 K.L., es decir \$ 0.60 de específicos más el 15% del precio oficial de \$ 57.00 el kilo legal, siempre y cuando el valor del kilo no exceda el precio señalado. En caso contrario se pagará el 15% sobre el valor de la factura más los \$ 0.60 del específico.

CAROTENO

	<u>Unidad kilos legales</u>	Importación en 1968 <u>Valor en \$</u>
Totales:	3,877	\$ 3.021,509.00

CAROTENO

		Importación en 1969
Totales:	7,184	\$ 4.234,921.00

CAROTENO

		Importación en 1970
Totales:	4,342	\$ 3.112,552.00

CAROTENO

		Importación en 1971
Totales:	8,324	\$ 5.254,626.00

	<u>CAROTENO</u>	Importación en 1972
Totales	23,246	\$ 14.478,201.00

	<u>CAROTENO</u>	Importación en 1973
Totales:	51,418.33	\$ 31.888,694.63

## II.-5. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD.

La capacidad de la planta se deberá fijar tomando en cuenta, como base fundamental, las importaciones que se han venido haciendo de este producto desde el año de 1968, ya que éste no se produce en México hasta la fecha y todo es de procedencia extranjera. Ya que el presente estudio tiene por objeto cubrir la totalidad de las necesidades de consumo en el país, se tomaron en cuenta el 100% de las importaciones. Se empleó el método de los mínimos cuadrados para determinar la tendencia que representa el consumo de beta-caroteno en años pasados y proyectar la demanda hacia el futuro. La proyección se hizo para el año de 1980, suponiendo que la planta entraría en operación con 100% de capacidad en dicho año.

La ecuación base para este método, es:

$$\ln y = a + b x \quad (1)$$

en donde y son toneladas legales, x los años, a y b son constantes de proporcionalidad.

$$\sum \ln y = a N + b \sum x \quad (2)$$

$$\sum x \ln y = a \sum x + b \sum x^2 \quad (3)$$

Substituyendo (2) en (3) y despejando a:

$$a = \frac{(\sum \ln y) (\sum x^2) - (\sum x) (\sum x \ln y)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (4)$$

y

$$b = \frac{N \sum x \ln y - (\sum x) (\sum \ln y)}{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (5)$$

Año x	Producción (y) Tons	ln y	Crecimiento %	x <sup>2</sup>	x ln y
8	3.877	1.36	48	64	10.88
9	7.184	2.00	46	81	18.00
10	4.342	1.46	(39)	100	14.60
11	8.324	2.16	48	121	23.76
12	23.246	3.15	64	144	37.80
<u>13</u>	<u>51.41833</u>	<u>3.94</u>	<u>55</u>	<u>169</u>	<u>51.22</u>
<u>Σ63</u>		<u>Σ14.07</u>	37% Prom.	<u>Σ679</u>	<u>Σ156.28</u>

$$\sum \ln y = 14.07$$

$$\sum x^2 = 679$$

$$\sum x \ln y = 156.28$$

$$N \sum x^2 = 4,074$$

$$(\sum x)^2 = 3,969$$

Substituyendo los valores correspondientes a las ecuaciones (4) y (5) tenemos:

$$a = \frac{(14.07) (679) - (63) (156.28)}{6(679) - (3969)} = -2.70$$

$$b = \frac{6(156.28) - (63) (14.07)}{6(679) - (3969)} = 0.40$$

Sustituyendo los valores de a y b en la ecuación (1)

tenemos:

$$\ln y = -2.77 + 0.40 x$$

Ver gráfica II.1.

Por lo tanto, el consumo esperado para 1980 será

$$\ln y = -2.70 + 0.40 X \quad (20)$$

$$\ln y = 6.9$$

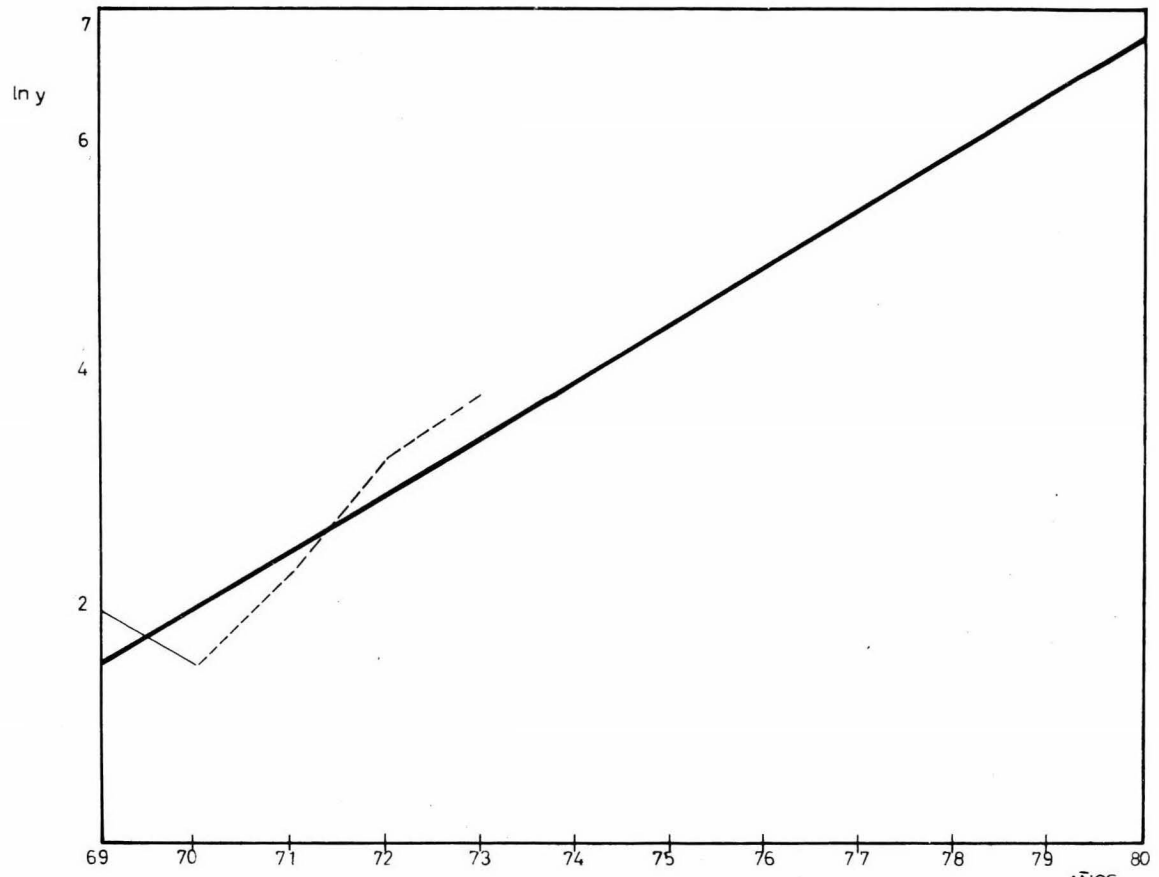
$$y = 998 \text{ toneladas}$$

$$1068.9$$

El consumo esperado para 1980, será usado para fijar la capacidad de diseño de la planta.

CAPACIDAD DE DISEÑO : 1,000 toneladas.

*Handwritten notes:*  
 1980 - 1068.9  
 1068.9  
 1000



63

PROYECCION DE LA DEMANDA DE BETA-CAROTENO EN MEXICO

AÑOS

ANTEPROYECTO DE LA PLANTA

### 3.- ANTEPROYECTO DE LA PLANTA.

#### 3.1.- Balances de Materia y Energía.

Puesto que la concentración de beta-caroteno varía de 0.3 a 0.4% en los productos que se consumen en el país, este dato se usará para calcular la cantidad que será necesaria producir de éste para el año de 1980. (Nosotros consideraremos una concentración de 0.5%, o sea que será necesario producir 5,000 kilogramos de beta-caroteno al año).

Suponiendo que la Planta trabajara 300 días al año, tenemos:

$$\frac{5,000 \text{ Kg}}{300 \text{ días}} = 16.66 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}$$

Si se trabaja dos turnos de 8 horas cada uno, nos da:

$$\frac{16.6}{16} = 1.0375 \frac{\text{Kg.}}{\text{día}}$$

Ya que la concentración promedio de beta-caroteno en la alfalfa es de 0.352 Kg por tonelada de alfalfa y se pierde un 10% en el proceso, las toneladas de alfalfa que será necesario procesar por hora es:



$$\frac{\text{Toneladas Alfalfa}}{\text{hr}} = \frac{1.0375 \text{ Kg.}}{0.2968 \text{ Kg/Ton. A}} = 3.5$$

Tomando como base la producción de 1.0375 Kg de beta-caroteno en una hora, los balances son:

BALANCE DE MATERIA.

ENTRA	SALE
1. A las cuchillas como alfalfa fresca:	Como alfalfa desmenuzada
3.5 toneladas	3.5 toneladas
2. Al transportador de gusano como alfalfa desmenuzada	Como alfalfa amoniacal
3.5 toneladas	3.5035 toneladas
<u>0.0035 toneladas, NH<sub>3</sub></u>	
3.5035 toneladas	

La distribución en peso se calculará resolviendo dos ecuaciones simultáneas que representen la humedad y sólidos de la pasta prensada y el jugo verde, a partir de un peso dado de alfalfa, considerando que el por ciento de sólidos en la alfalfa es de un 25%.

$$\text{Sólidos: } 0.25 (3.5) = 0.34 \text{ C} \neq 0.08 \text{ J}$$

$$\text{Humedad: } 0.75 (3.5) = 0.66 \text{ C} \neq 0.92 \text{ J}$$

Donde C se refiere a la pasta prensada y J al jugo verde; los valores 0.34 y 0.66, corresponden a la extracción que se obtiene en el tandem de molinos. Resolviendo este sistema de ecuaciones, obtenemos:

$$C = 1.89 \text{ Ton.} \quad \text{y} \quad J = 1.61 \text{ Ton.}$$

ENTRA	SALE
3. Al tandem de molinos	1.8935 Ton. como pasta húmeda
3.5035 como alfalfa amoniacal	<u>3.2235</u> Ton. como jugo 5.117 Ton.
1.61 como agua de molienda	
<u>0.0035</u> Ton. NH <sub>3</sub>	
5.117 Ton	

A partir de aquí, el jugo pasa al proceso de coagulación y la pasta a secado, por lo que se hará un balance de materia in dependiente y global, para cada proceso.

Para la pasta húmeda;

ENTRA	SALE
4. Al secador	0.5775 Ton. como producto seco <u>1.316</u> Ton. como vapor
1.8935 Ton. pasta húmeda	1.8935 Ton.

El balance que se describe a continuación incluye los procesos de secado del coágulo y clarificación del jugo café que se obtienen durante la coagulación.

Para el jugo verde:

ENTRA	SALE
5. Al sistema de coagulación	0.220 Ton. como coágulo seco (Producto)
3.2235 Ton. como jugo verde	0.430 Ton. como vapor <u>2.5735</u> Ton. como jugo café
	3.2235 Ton.

BALANCE DE ENERGIA

1. Secador de tubos de vapor, rotatorio.

Se harán las siguientes consideraciones, tanto para la pasta como para el coágulo:

Temperatura de alimentación: 77°F

Temperatura del producto: 215°F

Evaporación por lb. de producto: 1 lb.

Carga de calor por lb. de producto: 1190 BTU

Presión de vapor usada: 5 Kg/cm<sup>2</sup>

A continuación se describe el balance para la pasta:

$$h_v = 897 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \times \frac{1 \text{ lb.}}{0.454 \text{ Kg}} = 2,600 \frac{\text{BTU}}{\text{Kg}}$$

$$Q = 2,600 \frac{\text{BTU}}{\text{Kg}} \times 1,316 \text{ Kg.} = 4.421,600 \text{ BTU}$$

$$\text{Libras de vapor} = \frac{4.421,600 \text{ BTU}}{897 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 5,000$$

El balance para el coágulo es:

$$Q = 2,600 \frac{\text{BTU}}{\text{Kg}} \times 408.57 \text{ Kg} = 842,282 \text{ BTU}$$

$$\text{Libras de capor} = \frac{842,282 \text{ BTU}}{897 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}} = 950$$

### 3.2. DIAGRAMAS DE FLUJO.

Enseguida se presentan los diagramas de flujo cuantitativos del proceso para la extracción de beta-caroteno; se tomó como base para este diagrama una tonelada de pasta seca como producto terminado (ver Figs. 3-1 y 3-2).

El diagrama de flujo cualitativo (fig. 3-3), nos muestra el equipo principal a usarse en este proceso. La planta trabajará 300 días al año, operando dos turnos de 8 horas diariamente.

La descripción cualitativa del proceso, fue descrita en el capítulo anterior.

La simbología empleada en este diagrama y la capacidad del equipo, son mencionadas a continuación.

<u>SIMBOLOS</u>	<u>EQUIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>
A	Cuchillas rotatorias	4 Tons/hr
B	Transportador de banda	3.5 Tons/hr
C	Transportador de banda a nivel	3.5 Tons/hr
D	Transportador de gusano	3.6 Tons/hr
E	Tandem de molinos	3.5 Tons/hr
F	Transportador de banda para descarga	2 Tons/hr
G	Secador de tubos de vapor	2 Tons/hr
H	Sistema de coagulación	15 GPM

BASE: 1 TONELADA DE PASTA SECA COMO PRODUCTO TERMINADO

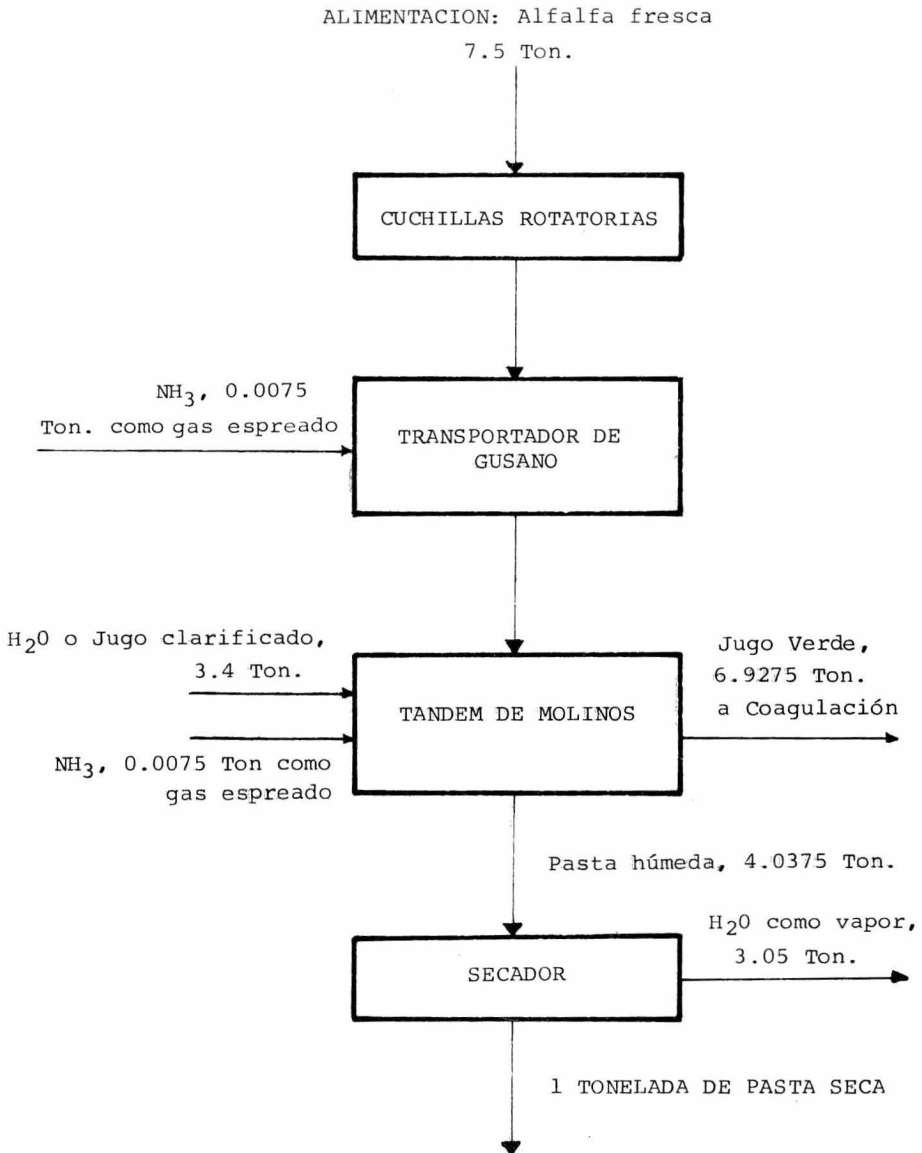
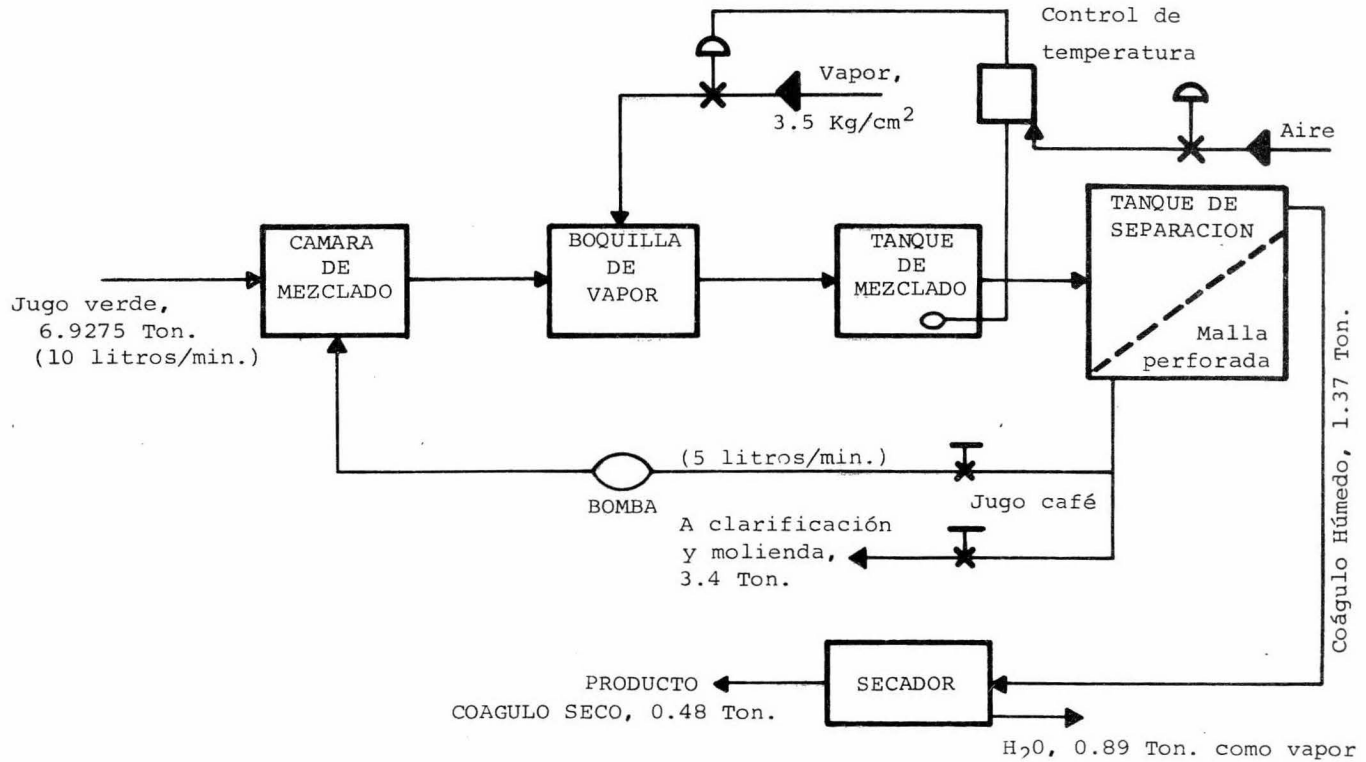
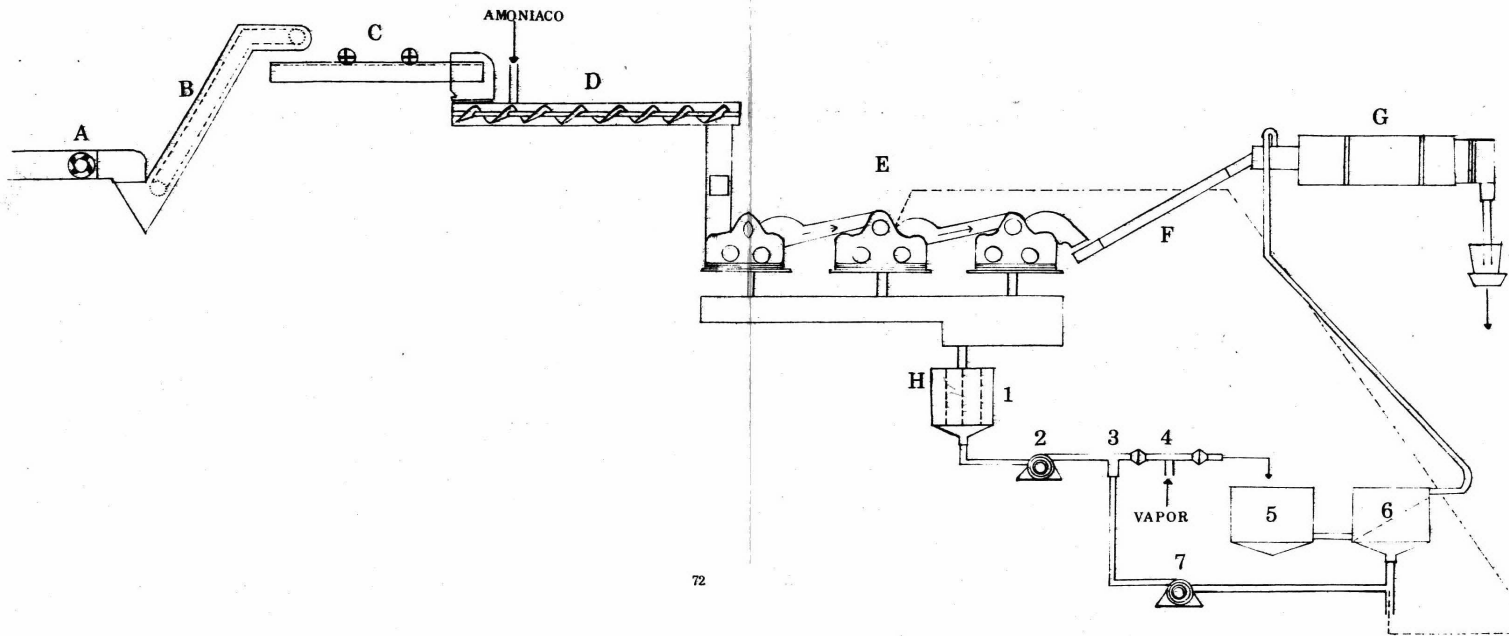


Fig. III-1. Sistema de extracción por molienda.

Fig. III-2. Sistema de coagulación y secado.

71







### 3.3. LISTA DEL EQUIPO.

La capacidad del equipo fue calculada para satisfacer la demanda de beta-caroteno en 1980.

A.- Cuchillas rotatorias: Estas girarán a 920 rpm para desmenuzar la alfalfa y así poder obtener una mejor extracción.

Capacidad: 4 toneladas.

Material a cortar: alfalfa fresca.

Salida del material: alfalfa cortafa con tamaño de 1/8".

Equipo auxiliar: número (2) motor de 15 HP.

Material de construcción: acero inoxidable. .

Diámetro del rotor: 10"

Características de las cuchillas: número (7), 30" largo montadas en un marco de acero colado (7 fijas y 7 móviles).

Unidades: 2

Espacio requerido: 96" x 39".

B.- Transportador de banda inclinado.

Capacidad: 3.5 toneladas.

Material que transporta: alfalfa desmenuzada.

Longitud: 4 metros.

Angulos de inclinación: 45°

Ancho de la banda: 14".

Equipo adicional: motor 1.5 HP, reductor de velocidad,  
cadenas.

Número de unidades: 1.

C.- Transportador de banda a nivel.

Capacidad: 3.5 toneladas.

Material que transporta: alfalfa desmenuzada.

Longitud: 3.5 metros.

Ancho de la banda: 13".

Equipo adicional: motor 1.5 HP, reductor de velocidad,  
carrete, magneto permanente, cadenas.

Número de unidades: 1.

D.- Transportador de gusano.

Capacidad: 3.6 toneladas.

Material que transporta: alfalfa amoniaca.

Longitud: 4.5 metros.

Diámetro del tornillo: 14", con hoja de acero 1/4" (el  
diámetro del tornillo es el mismo,  
que la separación entre dos cren-  
tas sucesivas).

Equipo adicional: motor 3 HP, reductor de velocidad,

Número de unidades: 1.

E.- Tandem de molinos.

Capacidad: 3.5 toneladas.

Material a moler: alfalfa amoniaca.

Diámetro de rodillo: 12"

Longitud: 3'

Velocidad: 6 rpm.

Hendiduras: entrada 1", salida 3/8"

Equipo auxiliar: motor 60 HP.

Unidades: 3. (2 rodillos fijos, 1 flotante).

F.- Transportador de banda, para descarga.

Capacidad: 2 toneladas.

Material que transporta: pasta prensada.

Longitud: 4 metros.

Ancho de la banda: 12"

Equipo adicional: motor 1.5 HP de velocidad constante.

Número de unidades: 1.

G.- Secador de tubos de vapor.

Capacidad: 2 toneladas.

Producto: de 0.01 a 0.15% de humedad.

Temperatura normal de alimentación: 77°F.

Temperatura normal del producto: de 215 a 225°F

Presión de vapor usada: 5 Kg/cm<sup>2</sup>

Superficie de calentamiento requerida por libra de producto: 1 pie<sup>2</sup>.

Diámetro: 38"

Longitud: 15'

Superficie: 230 pies<sup>2</sup>

Area libre: 6.3 pies<sup>2</sup>

Equipo adicional: motor 3 HP.

Número de unidades: 1.

#### H.- Sistema de coagulación.

##### 1.- Tanque de jugo con mallas:

Capacidad: 4.3 m<sup>3</sup>

Contenido: jugo verde.

Material de construcción: Acero al carbón con recubrimiento vinílico de 10 milésimas de pulgada de espesor.

Número de unidades: 1.

##### 2.- Bomba centrífuga:

Capacidad: 15 gpm.

Equipo adicional: motor eléctrico 3/4 HP.

Número de unidades: 1.

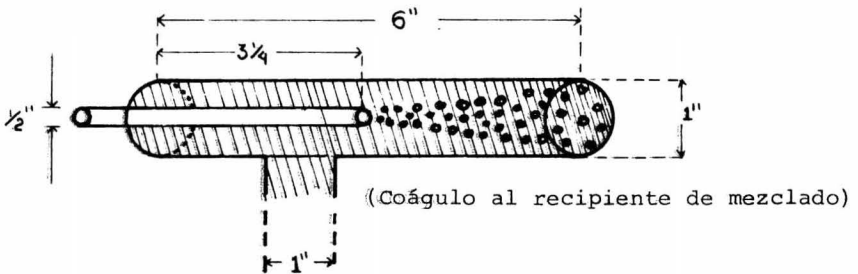
## 3.- Cámara de mezclado.

Cruz estándar: 3/4"

Número de unidades: 1.

## 4.- Boquilla.

Las dimensiones se describen en la figura que se presenta a continuación.



Boquilla de vapor para coagulación

## 5.- Recipiente de mezclado.

Capacidad: 68 litros.

Contenido: Jugo café y coágulo.

Material de construcción: Acero al carbón con recubrimiento vinílico de 10 milésimas de pulgada de espesor.

Número de unidades: 1.

## 6.- Tanque despumador.

Capacidad: 454 litros.

Contenido: Jugo con coágulo.

Material de construcción: Acero al carbón con recubrimiento vinílico de 15 milésimas de pulgada de espesor.

Número de unidades: 1.

7.- Bomba centrífuga.

Capacidad: 2 a 4 gpm.

Equipo adicional: motor eléctrico de 1/4 HP.

Número de unidades: 1.

I.- Equipo auxiliar.

1.- Caldera de tubos de agua.

Capacidad: 200 HP de vapor.

Producción: 6,900 lbs/hr de vapor de 5 Kg/cm<sup>2</sup> de presión.

Equipo auxiliar: bomba de alimentación, quemador, chimenea, etc.

2.- Tanque de almacenamiento de combustible para caldera:

Capacidad: 10 metros<sup>3</sup>.

Material de construcción: acero al carbón.

3.- Cisterna de almacenamiento de agua:

Capacidad: 40 metros<sup>3</sup>.

Material de construcción: ladrillo, concreto y varilla.

EVALUACION ECONOMICA



4.- EVALUACION ECONOMICA.

4.1.- Costo del Equipo.

Los costos del equipo descrito que a continuación se resume, fueron en su gran mayoría cotizados con los fabricantes.

1.- 2 cuchillas rotatorias 4 ton/h c/u		
	\$ 51,000.00	\$ 102,000.00
2.- Transportador de banda inclinado, de 3.5 ton/h		12,030.00
3.- Transportador de banda a nivel de 3.5 ton/h		11,500.00
4.- Transportador de gusano de 3.5035 ton/h		28,325.00
5.- Tandem de molinos de 3.5 ton/h		105,286.00
6.- Transportador de banda de 2 ton/h		9,100.00
7.- Secador indirecto de tubos de vapor de 2 ton/h		243,150.00
8.- Tanque de jugo 4 m <sup>3</sup>		14,142.00
9.- Boquilla de inyección con cruz estándar		16,500.00
10.- Recipiente de mezclado de 0.068 m <sup>3</sup>		1,757.00
11.- Tanque despumador de 0.454 m <sup>3</sup>		4,646.00
12.- Caldera de tubos de agua, incluyendo tanque de combustible		185,000.00
13.- 2 bombas centrífugas de 15 gpm		19,000.00
14.- 1 bomba centrífuga de 36 gpm		4,500.00
15.- Cisterna de almacenamiento de agua		11,490.00
		<u>\$ 868,426.00</u>
		=====



ESTUDIO DE VIABILIDAD

5.- ESTUDIO DE VIABILIDAD.5.1.- Cálculo de la inversión fija y Capital de trabajo.

El método que se utilizará para estimar la inversión fija de esta planta es el de los porcentajes derivados del costo del equipo.

## 1.- Costos directos:

a)	Costo del equipo	\$ 868,426.00
b)	Instalación del equipo y auxiliares. Esto incluye el costo de mano de obra, cimentación y otros factores relacionados con el equipo. Para plantas de procesamiento sólido-fluido, el porcentaje debido a este concepto, es de aproximadamente del 40%.	347,370.40
c)	Instrumentación (instalada). Para una planta química de este tipo, se usa normalmente un valor del 13% del costo del equipo.	112,895.38
d)	Tubería (instalada). Dentro de este concepto se incluyen costos de válvulas uniones, tubos soportes y mano de obra de la instalación del mismo. Se considera un 15% del costo del equipo.	130,263.90
e)	Instalación eléctrica (instalada). En este factor se incluye sub-estación eléctrica, alumbrado e instalaciones eléctricas en general. Se aplicará el 10% del costo del equipo.	86,842.60
f)	Edificio. Se estima que el costo del edificio será el 20% del costo del equipo	173,685.20
g)	Terreno. Localizado en parque industrial para contar con todos los servicios, se consideran necesarios 5,000 metros cuadrados a un precio promedio de 100.00 m <sup>2</sup> .	500,000.00
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS DE LA PLANTA:		\$ 2.219,483.48

## 2.- Costos indirectos:

## a) Ingeniería y construcción.

Se considerará el 10% del costo directo de la planta

\$ 221,948,35

TOTAL DE COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS \$ 2.441,431.83

## 3.- Factor de contingencia:

Este factor se incluye para compensar algunos eventos impredecibles, que puedan afectar a la inversión. Normalmente se acostumbra aplicar un 10% del costo total directo e indirecto de la planta

\$ 2.685,575.01

INVERSION FIJA

\$ 2.685,575.01

## 4.- Capital de trabajo:

Para determinar esta cantidad, se tomaron en cuenta 3 meses de gastos en la planta, lo cual corresponde aproximadamente a

\$ 4.165,195.50

INVERSION TOTAL:

\$ 6.850,770.51

=====

## 5.2.- Costo total del producto.

Todos los costos que a continuación se detallan, se harán tomando en consideración un día de operación de la planta.

## 5.2.1.- Costos de manufactura.

## 5.2.1.i.- Costos directos de producción:

## a) Materia prima.

56 Tons. a \$ 1,000.00 por Ton.	\$ 56,000.00
56 Kgs. de amoníaco a \$ 5.70 por Kg.	<u>319.20</u>
Sub-total	\$ 56,319.20

## b) Servicios.

Agua 27 m <sup>3</sup> /día, a \$ 3.20 el metro <sup>3</sup>	\$ 86.40
Energía eléctrica 1,528 HP-día o 1,100 kw-día	175.00
Combustible, 266 litros diesel/día a \$ 0.50 el litro	<u>133.00</u>
Sub-total	\$ 399.40

## c) Mano de obra directa.

2 encargados de alimentación, dos turnos	\$ 300.00
1 encargado molinos, nivel de descarga, dos turnos	150.00
2 encargados de secador, dos turnos	300.00
3 encargados sistema de coagulación, dos turnos	450.00
3 encargados productos, dos turnos	450.00
2 ayudantes, dos turnos	<u>300.00</u>
Sub-total	\$ 1,950.00

## d) Mano de obra indirecta.

1 electricista, dos turnos a \$150.00/turno	\$	300.00
1 mecánico de mantenimiento, dos turnos a \$ 250.00/turno		500.00
1 ayudante, dos turnos a \$ 80.00/turno		<u>160.00</u>
Sub-total	\$	960.00

## e) Supervisión.

1 ingeniero, dos turnos a \$ 300.00/turno	\$	600.00
---	----	--------

## f) Mantenimiento y reparación.

Se considera el 8% anual de la inversión fija, de tal manera, que el valor por día es \$ 716.15	\$	<u>716.15</u>
TOTAL COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION	\$	60,939.75

## 5.2.1.ii.- Costos fijos.

## a) Depreciación.

Se considera un 10% anual de la inversión fija, obteniéndose por día	\$	895.20
---	----	--------

## b) Impuesto predial.

Estimado un 2% anual de la inversión fija, obteniéndose por día	\$	179.04
--	----	--------

## c) Seguros de la planta.

Estimados en 2% anual de la inversión fija, obteniéndose por día	\$	<u>179.04</u>
---	----	---------------

TOTAL COSTOS FIJOS:	4	1,253.28
---------------------	---	----------

## 5.2.1.iii.- Costos diversos de la planta.

## a) Prestaciones.

Se considera 35% sobre sueldos totales  
(15% Seguro Social, 5% Infonavit, 1%  
productos del trabajo, educación, vaca  
ciones, e6c.) \$ 2,091.25

## b) Laboratorio de control de calidad.

1 Químico, un turno \$ 250.00

1 Ayudante, un turno 140.00

Gastos de laboratorio 140.00

Sub-total \$ 530.00

## c) Gastos de empaque.

Se considera 1% sobre materias primas \$ 563.19

TOTAL COSTOS DIVERSOS DE LA PLANTA: \$ 3,184.44

TOTAL COSTOS DE MANUFACTURA: \$ 65,377.47

## 5.2.2.- Gastos Generales.

## 5.2.2.i.- Gastos de Administración.

a) 1 Gerente general, un turno \$ 500.00

b) 1 Contador, un turno \$ 250.00

1 Ayudante de Contador, un turno 125.00

c) 1 Secretaria, un turno 150.00

d) Gastos de oficina 150.00

TOTAL GASTOS DE ADMINISTRACION \$ 1,175.00

## 5.2.2.ii.- Gastos de Distribución y Ventas.

a) 3 Agentes de Ventas, un turno	\$ 900.00
b) 1 Secretaria, un turno	150.00
c) Distribución del producto	\$ 1,000.00
d) Gastos de Representación	\$ 300.00
e) Impuestos mercantiles, 4% anual, por lo tanto por día es	<u>\$ 14,401.44</u>
TOTAL DE GASTOS DE DISTRIBUCION Y VENTAS	<u>\$ 16,751.44</u>
C O S T O T O T A L D E L P R O D U C T O :	<u>\$ 83,303.91</u> =====

## 5.3.- Cálculo de la Rentabilidad.

El costo total del producto fue obtenido en base a un día de operación (14.00 Ton/día), para poder calcular la rentabilidad se hará para un año, considerando 300 días hábiles.

COSTOS DE MANUFACTURA:	<u>\$/año</u>
a) Costos directos de producción	\$ 18.281,925.00
b) Costos fijos	375,984.00
c) Costos diversos de la planta	<u>955,332.00</u>
	\$ 19.613,241.00
GASTOS GENERALES:	
a) Gastos de Administración	\$ 352,500.00
b) Gastos de Distribución y Ventas	<u>\$ 5.025,432.00</u>
	<u>\$ 5.377,932.00</u>
COSTO TOTAL DEL PRODUCTO:	<u>\$ 24.991,173.00</u> =====

Este costo total del producto es para cuando la planta opere al 100% de su capacidad, sin embargo, existen costos que varían al cambiar el nivel de producción, los cuales se denominan gastos variables y que en general son la depreciación, seguros y predial, no obstante esto, consideraré fijos otros gastos, como por ejemplo los de Administración, pues si se ve en su evaluación se consideró el mínimo de empleados y gastos de oficina tomando en cuenta el 100% de producción, pensando que estos gastos no variarían mucho con el nivel de producción, es decir, si la planta



trabajase al 50% de su capacidad se observa que estos gastos no se reducirán a la mitad.

GASTOS FIJOS.	<u>\$/año</u>
Mano de obra indirecta	\$ 288,000.00
Supervisión	180,000.00
Depreciación	214,845.00
Impuesto predial	53,712.00
Seguros de la planta	53,712.00
Administración	325,500.00
Mantenimiento y reparación	<u>214,845.00</u>
TOTAL GASTOS FIJOS	\$ 1.357,614.00
GASTOS VARIABLES (Al 100% de capacidad):	
	<u>\$/año</u>
Materia prima	\$ 16.895,760.00
Servicios	118,320.00
Mano de obra directa	585,000.00
Prestaciones	627,375.00
Laboratorio de control de calidad	159,000.00
Gastos de empaque	168,957.00
Gastos de distribución y ventas	<u>5.025,432.00</u>
TOTAL DE GASTOS VARIABLES	\$ 23.579,844.00
TOTAL GASTOS FIJOS $\neq$ VARIABLES	\$ 24.937,458.00 =====

De tal forma que relacionando los gastos fijos y variables, con los ingresos por ventas y con el porcentaje de capacidad instalada, obtendremos la utilidad antes de impuestos para cada año de operación de la planta.

Se tomará como primer año de operación de la planta 1976, en el cual se espera una demanda de producto de 577 toneladas, lo que representa un 57.7% de la capacidad instalada; como el precio en el mercado internacional para este tipo de producto es de \$ 33,337.40 por tonelada, los ingresos por ventas serán de:

	<u>\$/año</u>
INGRESOS BRUTOS POR VENTAS:	\$ 17.938,930.00
Menos 5% por devoluciones y descuentos	<u>(896,946.50)</u>
Ingresos netos por ventas	\$ 17.041,983.50
GASTOS FIJOS	\$ 1.357,614.00
GASTOS VARIABLES (Para 57.7% de la capacidad)	<u>\$ 13.605,569.99</u>
GASTOS TOTALES	\$ 14.963,183.99

La utilidad antes de impuestos será la diferencia existente entre los ingresos netos por ventas y los gastos totales:

Ingresos netos por ventas	\$ 17.041,983.50
Menos Gastos totales	<u>(14.963,183.99)</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 3.310,711.82

Considerando el impuesto sobre la renta en un 42% sobre las utilidades, la utilidad neta es:

Utilidad antes de impuestos	\$ 3.310,711.82
Menos Impuesto sobre la Renta (42%)	<u>(1.390,498.96)</u>
UTILIDAD NETA	\$ 1.920,212.86

La rentabilidad para el año 1976 es:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Inversión total}} \times 100$$

$$\text{Rentabilidad} = \frac{1.920,212.86}{6.850,770.51} \times 100 = 28.03\%$$

Para el año de 1977:

Demanda esperada: 683 Tons.

Porcentaje de la capacidad: 68.3%

	<u>\$/año</u>
Ingresos brutos por ventas	\$ 22.769,944.20
Menos: 5% de devoluciones y descuentos	<u>(1.138,472.20)</u>
Ingresos netos por ventas	\$ 21.630,972.00
Gastos fijos	\$ 1.357,614.00
Gastos variables (para 68.3%)	<u>\$ 16.105,033.45</u>
Gastos totales	\$ 17.462,647.45
Ingresos netos por ventas	\$ 21.630,972.00
Menos: Gastos totales	<u>\$(17.462,647.45)</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 4.168,324.55
Menos: Impuesto sobre la Renta (42%)	<u>(1.750,696.31)</u>
Utilidad neta:	\$ 2.417,628.24

La rentabilidad para el año 1977 es:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{2.417,628.24}{6.850,770.51} \times 100 = 35.28\%$$

Para el año de 1978:

Demanda esperada: 789 Tons.

Porcentaje de la capacidad: 78.9%

	<u>\$/año</u>
Ingresos brutos por ventas	\$ 26.303,308.60
Menos: 5% de devoluciones y descuentos	<u>\$ (1.315,160.40)</u>
Ingresos netos por ventas	\$ 24.988,048.20
Gastos fijos	\$ 1.357,614.00
Gastos variables (para 78.9%)	<u>\$ 18.604,496.92</u>
Gastos totales	\$ 19.962,110.92
Ingresos netos por ventas	\$ 24.988,048.20
Menos: Gastos totales	<u>\$(19.962,110.92)</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 5.025,937.28
Menos: Impuesto sobre la renta (42%)	<u>\$ (2.110,893.65)</u>
Utilidad neta	\$ 2.915,043.63

La rentabilidad para el año de 1978 es:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{2.915,043.63}{6.850,770.51} \times 100 = 43.55\%$$

Para el año de 1979:

Demanda esperada: 895 Tons.

Porcentaje de la capacidad: 89.5%

	<u>\$/año</u>
Ingresos brutos por ventas	\$ 29.836,973.00
Menos: 5% de devoluciones y descuentos	<u>\$ (1.491,848.65)</u>
Ingresos netos por ventas	\$ 28.345,124.35
Gastos fijos	\$ 1.357,614.00
Gastos variables (para 89.5%)	<u>\$ 21.103,960.38</u>
Gastos totales	\$ 22.461,574.38
Ingresos netos por ventas	\$ 28.345,124.35
Menos: Gastos totales	<u>\$(22.461,574.38)</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 5.883,549.97
Menos: Impuesto sobre la renta (42%)	<u>\$ (2.471,090.97)</u>
Utilidad neta	\$ 3.412,459.00

La rentabilidad para el año de 1979 es:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{3.412,459.00}{6.850,770.51} \times 100 = 50.80\%$$

Para el año de 1980:

Demanda esperada: 1,000 Tons.

Porcentaje de la capacidad: 100%

	<u>\$/año</u>
Ingresos brutos por ventas	\$ 33.337,400.00
Menos: 5% de devoluciones y descuentos	<u>\$ (1.666.870.00)</u>
Ingresos netos por ventas	\$ 31.670,530.00
Gastos fijos	\$ 1.357,614.00
Gastos variables (para 100%)	<u>\$ 23.579,844.00</u>
Gastos totales	\$ 24.937,458.00
Ingresos netos por ventas	\$ 31.670,530.00
Menos: Gastos totales	<u>\$ (24.937,458.00)</u>
Utilidad antes de impuestos	\$ 6.733,072.00
Menos: Impuesto sobre la Renta (42%)	<u>\$ (2.827,890.00)</u>
Utilidad neta	\$ 3.905,182.00

La rentabilidad para el año de 1980 es:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{3.905,182.00}{6.850,770.51} \times 100 = 57\%$$

De el análisis anterior se deduce que la Inversión Total podrá ser recuperada en 3 años aproximadamente.

A continuación se pueden observar dos gráficas, la primera de ellas (Fig. 5-1) de Ingresos y Egresos de la planta en función de la Capacidad instalada, pudiéndose apreciar en ella el punto de equilibrio y la segunda (Fig. 5-2) que muestra la variación de la Rentabilidad sobre la Inversión Total en función del porcentaje de Capacidad y los años.

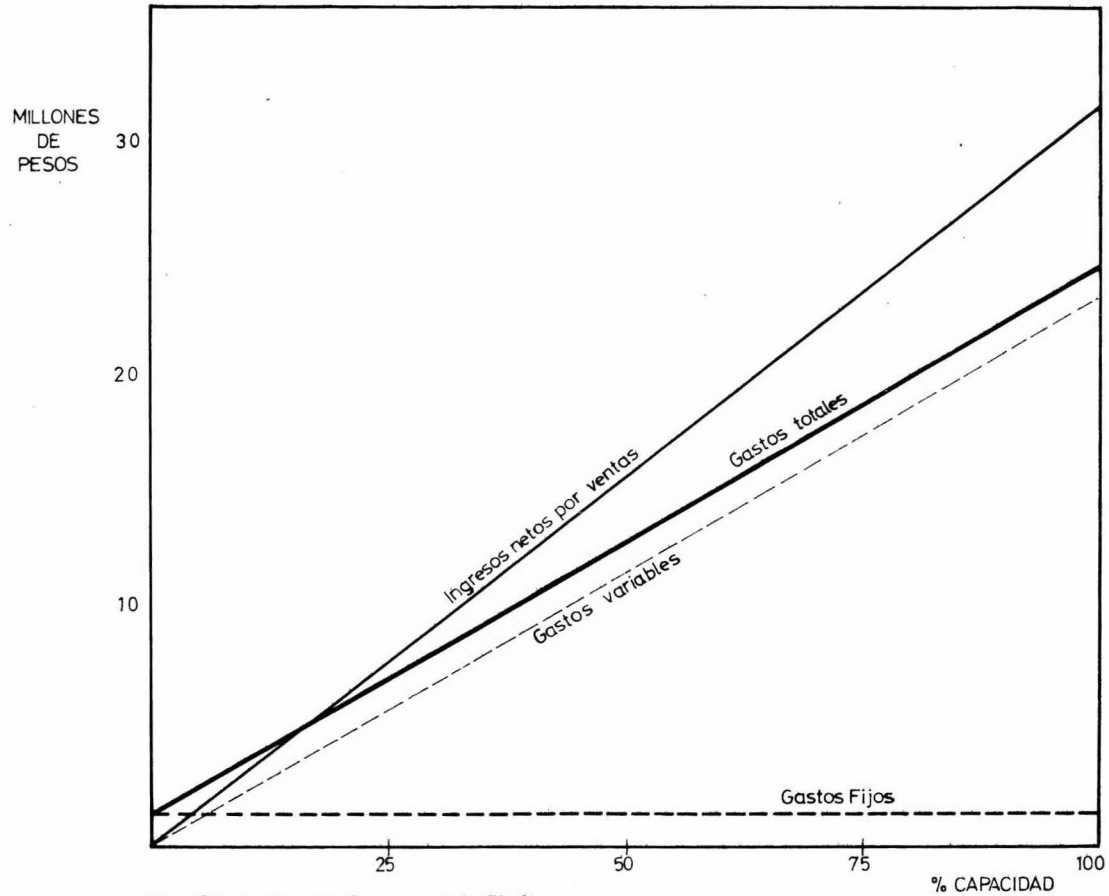


Fig: 5-1 Ingresos y Egresos de la Plarita



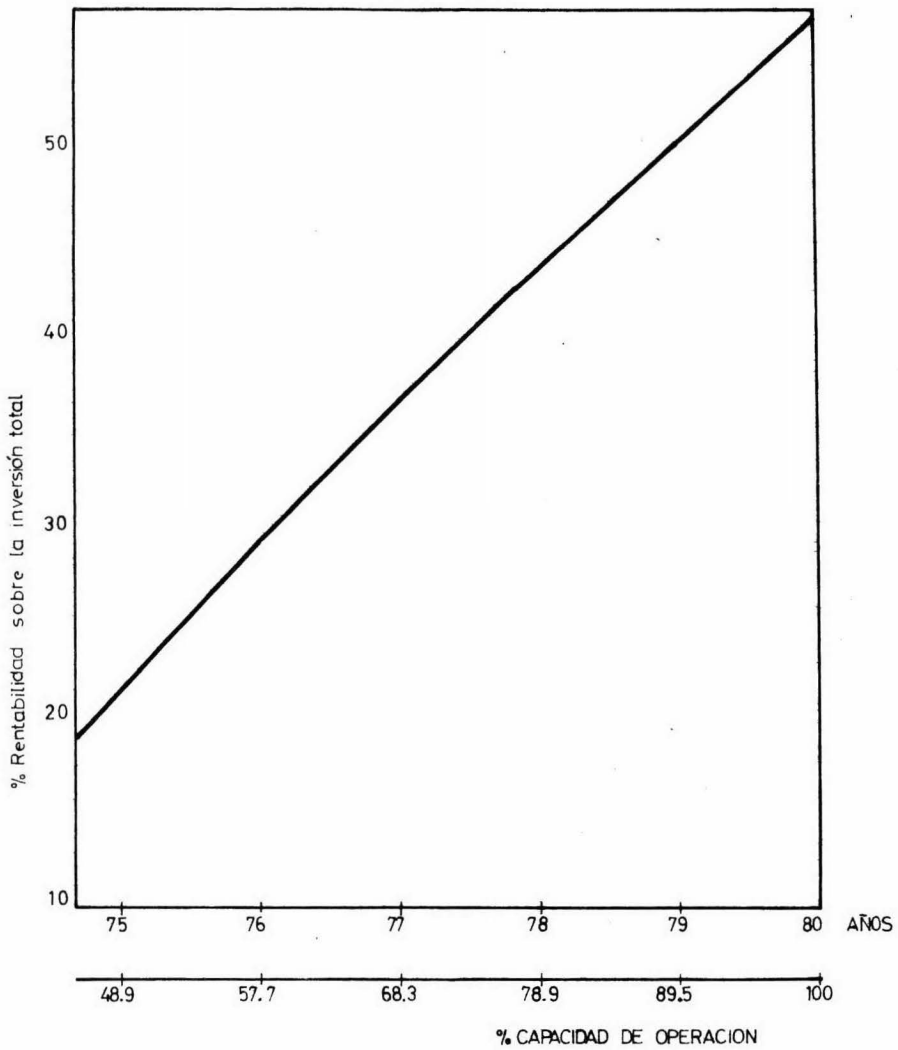


Fig-5-2 Variación de la rentabilidad

CONCLUSIONES

## C O N C L U S I O N E S .

El estudio Técnico-Económico sobre la viabilidad de instalación de una planta para la extracción de Beta-Caroteno en México, resultó bastante satisfactorio, sobresaliendo, entre otros, los siguientes puntos:

- 1.- Este producto se usa básicamente en la Industria Alimenticia y la Farmacéutica.
- 2.- Existen esencialmente dos procesos para la extracción del Beta-Caroteno que son la extracción mecánica y la extracción por solventes.
- 3.- Actualmente este producto se puede obtener en forma pura por separación cromatográfica, aunque considero que podría obtenerse también por solubilidad selectiva.
- 4.- Medicago sativa (o alfalfa) fue la materia prima seleccionada para la extracción del Beta-Caroteno, ya que se cultiva en casi todo el país, principalmente en los estados del centro.

- 5.- Dada la relativa sencillez del proceso de fabricación seleccionado, considero necesario realizar una experimentación detallada para poder determinar correctamente si el proceso descrito cumple con las especificaciones mínimas requeridas para la industrialización de este producto. Los datos que aparecen en la literatura con respecto a la extracción del Beta-Caroteno a escala industrial parecen ser poco confiables, por lo que estimo fundamental realizar una experimentación previa al respecto.
  
- 6.- La planta industrial quedó localizada en el Estado de Querétaro, debido a que se encontró que era el más apropiado desde los puntos de vista de disponibilidad de mano de obra, servicios, etc.
  
- 7.- El mercado es favorable para este producto en el país, justificándose la instalación de una planta. Sin embargo, es necesario realizar un estudio de mercado más profundo, con objeto de determinar el nivel de saturación de éste, los porcentajes de consumo del producto en las diferentes industrias que lo emplean, así como su mercado internacional,

pudiéndose de esta manera proyectar con mayor pre  
cisión la demanda requerida.

- 8.- La Inversión Fija en este estudio resultó ser de \$ 2.685,575.01 y el Capital de Trabajo de \$ 4.165,195.50, por lo tanto, la Inversión Total para este proceso es de \$ 6.850,770.51.
- 9.- El Costo Total del producto fue de \$ 83,303.91/día, para una Capacidad de 56 Ton/día.
- 10.- La Inversión Total necesaria, sería recuperable en un lapso de tiempo relativamente corto (3 años aproximadamente), resultando evidente la buena ren  
tabilidad que se obtendría de la Inversión Total.

Con este estudio se pretendió analizar las posibilidades de industrialización de uno de los recursos agrícolas que existen en el país. Con ello se podría sustituir la importación del CAROTENO.

Con todo lo que se ha expresado a través de este trabajo espero que el mismo pueda servir de incentivo para el establecimiento de una planta en el país.

R E F E R E N C I A S

REFERENCIAS.

- 1.- Akeson, W.R. y Stahmann, M.A., Leaf Protein Concentrates Econ Botany, 20, 244 (1966).
- 2.- Aries, R.S. y R.D. Newton, "Chemical Engineering Cost Estimation". Mac Graw Hill Book, Co. (1965).
- 3.- Badger, W.L., Bmachero, J.T., "Introduction to Chemical Engineering", Mac Graw Hill Book, Co. (1960).
- 4.- Bailey, G.F., Atkins, M.E., "Ind. Eng. Chem." 41 2033 (1949).
- 5.- Ball, S.W., Goddwin, T.W., Morton, R.A., Biochem J., 45 304 (1949).
- 6.- Baumann, C.A., y Steenbock, H., Biol. Chem. 101, 561-572 (1933).
- 7.- Beauchene, R.W., Mitchell, H.L., J. Agr. Food. Chem. 5, 162 (1957).
- 8.- Booth, V.H., J. Sci. Food Agr. 11, 8 (1960).
- 9.- Braithwaite, G.D. y Goodwin, T.W., Biochem. J., 76, 1, 5, 194 (1960).
- 10.- Brown, A.H., Lazar, M.E., Wasserman, T., Ind. Eng. Chem. 43, 2949, (1951).
- 11.- Coulson, J.M., Richardson, J.F., Chemical Engineering, Vols. 1, 2, Pergamon Press. (1966).
- 12.- Crook, E.M., Biochem. J., 40, 197, (1945).
- 13.- Davies, B.H., Jones, D. y Goodwin, T.W., Biochem. J. 87, 326, (1963).
- 14.- Davis, J.B. y Weedon, B.C.L., Proc. Chem. Soc. p. 261 (1961).
- 15.- Davys, M.N., Pirie, N.W., Engineering, 190, 274, (1960).

- 16.- Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Mans, L., Andersen L.B., "Principles of Unit Operations", John Wiley & Sons, Inc. (1960).
- 17.- Gaston, G.A., Goodwin, T.W., Biochem. J. 48, 154, (1961).
- 18.- Goodwin, T.W., "Comparative Biochemistry of Carotenoids", London, Chapman & Hall (1952).
- 19.- Goodwin, T.W. y Taha, M. Biochem. J., 48, 513, (1952).
- 20.- Goodwin, T.W., "Recent Advances in Biochemistry", Churchill, London (1960).
- 21.- Grossman, S., Ben Aziz, A., Phytochemistry, 8, 2287 (1969).
- 22.- Hartmann, A.M., Kane, E.A. y Schinn, L.A., Does the Carotene in Alfalfa Hay Account Completely for its Vitamin A, Activity?, Amer. Soc. Biol. Chem. Proc. 28, XXXVI (1934).
- 23.- Hartman, G.H., Jr., Akeson, W.R., Stahmann, M.A., J. Agr. Food Chem., 15, 74, (1967).
- 24.- Karrer, P. y Jucker, E., "Carotenoids", Elsevier Publishing Co., Amsterdam, (1950).
- 25.- Kern, D.Q., "Procesos de Transferencia de Calor", Cecsca, (1972).
- 26.- Kinsella, J.E., Chem. Ind., 17, 550 (Abril - 1970).
- 27.- Knowles, R.W., Livingston, A.L., Nelson, J.W., Kohler, G.O. J. Agr. Food Chem., 16, 985 (1968).
- 28.- Knuckles, B.E., Spencer, R.R., Lazar, M.E., Bickoff, E.M. J. Agr. Food Chem., 18, 1086 (1970).
- 29.- Knuckles, B.E., Witt, S.C., Miller, R.E., J. Ass. Offic. Anal. Chem., 54, 769 (1971).
- 30.- Krinsky, N.C., J. Biol. Chem., 232, 881, (1953).
- 31.- Lansford, W., "The Encyclopedia of Biochemistry" Reinhold, Inc., (1967).
- 32.- Lazar, M.E., Spencer, R.R., J. Agr. Food Chem. 19, 944, (1971).



- 33.- Livingston, A.L., Nelson, J.W., Kohler, G.O., J. Agr. Food Chem., 16, 492, (1968).
- 34.- Livingston, A.L., Kuzmicky, D.D., Poultry Sci., 48, 1678, (1969).
- 35.- Mac Adams, W.H., "Heat Transmission", 2nd. Ed. p. 269, New York, Mac Graw Hill Book Co., (1942).
- 36.- Mac Cabe Smith, "Unit Operations of Chemical Engineering", Mac Graw Hill Book Co., (1967).
- 37.- Morgan, A.I., Carlson, R.A., Ind. Eng. Chem., 52, 219, (1960).
- 38.- Moore, T., "Vitamin A", Elsevier, New York, (1957).
- 39.- Morton, R.A. y Goodwin, Nature, 153, 194, (1950).
- 40.- Pennock, J.F., Hemming, F.N., y Morton, R.A., Biochem. J., 82, 11, (1962).
- 41.- Perry, R.H., Chilton, C.H., "Chemical Engineer's Hand Book", Fifth Edition, Mac Graw Hill Book Co., (1973).
- 42.- Peters y Timmerhaus, "Plant Design" and Economics for Chemical Engineers", 2a. Edición, Mac Graw Hill Book co.
- 43.- Phillips, G.N., Eskwe, R.K., Ind. Eng. Chem., 43, 1672, (1951).
- 44.- Pirie, N.W., Proc. Nutr. Soc., 15, 154, (1956).
- 45.- Pirie, N.W., Biochem. Eng. Res., 10, 29, (1957).
- 46.- Pirie, N.W., J. Biochem. Microbiol. Tech. Eng., 1, 13, (1959).
- 47.- Pirie, N.W., Science, 152, 1701, (1966).
- 48.- Purcell, A.E., Thompson, G.A. y Bonner, J.T., Biol. Chem. 234, 1081, (1959).
- 49.- Robeson, C.D. y Baxter, J.G., Nature, 155, 300, (1945).
- 50.- Robeson, C.D. y Baxter, J.G., T. Amer. Chem. Soc. 64, 136, (1947).

- 51.- Rudd, F.D., Powers, G.J., Siirola, T.J., "Process Synthesis", prentice Hall, (1973).
- 52.- Schmidt, A.X., List, H.L., "Material and Energy Balances", Prentice Hall, (1962).
- 53.- Schoen, H.M., "New Chemical Engineering Separation Techniques", Inter-Science Publishers, (1962).
- 54.- Schantz, E.M., J. Biol. Chem., 182, 1347, (1950).
- 55.- Walter, B.C.L., en "Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments" (Goodwing, T.W., Editor) London Academic Press (1965).
- 57.- Witt, S.C., Spencer, R.R., Bickoff, E.M., Kohler, G.C., J. Agr. Food Chem., 19, 162, (1971).
- 58.- Zechmeister, A.L., Le Rosen, W.A., Schroeder, A., Polgar, Y L. Pauling, J. Amer. Chem. Soc., 65, 1940, (1943).