

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA
Y MANUFACTURERA**



**ESTUDIO TECNICO ECONOMICO
PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA INDUSTRIAL
DE PAPAINA A PARTIR DE LA CARICA PAPAYA
EN LA SELVA CENTRAL**

TESIS

**PARA LA OBTENCION DEL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO QUIMICO**

Autores:

**Poma Quispe, Jorge Daniel
Vargas Rojas, Elmer Armando**

UNI, ABRIL DE 1996

INDICE

I. CONCLUSIONES	5
II. ASPECTOS GENERALES	8
III. ESTUDIO DE LA CARICA PAPAYA	10
3.1 DESCRIPCION BOTANICA	10
3.2 UBICACION TAXONOMICA	11
3.3 CLIMA Y SUELO	11
3.4 CULTIVO	12
3.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	14
3.6 COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPAYA	16
IV. ESTUDIO DEL LATEX DE PAPAYA	17
4.1 TAMAÑO DEL FRUTO A SANGRAR	17
4.2 FACTORES CLIMATICOS	17
4.3 NUMERO DE INCISIONES POR FRUTO	17
4.4 ADICION DE ANTIOXIDANTES	18
4.5 ACTIVADORES-PROTECTORES	19
4.6 ANTICOAGULANTES	20
4.7 COMPONENTES PRESENTES EN EL LATEX	20
V. ESTUDIO DEL PRODUCTO	22
5.1 DEFINICION DE ENZIMAS	22
5.2 ESTRUCTURA DE LA PAPAINA	23
5.3 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DE LA PAPAINA	27
5.4 APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA PAPAINA	28
5.4.1 ABLANDADOR DE CARNES	28
5.4.2 INDUSTRIA CERVECERA	30
5.4.3 USO ANTICONCEPTIVO	31
5.4.4 INDUSTRIA PANIFICADORA	32
5.4.5 INDUSTRIA CEREALERA	32
5.4.6 INDUSTRIA DE PRODUCTOS COSMETICOS	32
5.4.7 INDUSTRIA DE PRODUCTOS CARNICOS	32
5.4.8 INDUSTRIA TEXTIL	33
5.4.9 INDUSTRIA DEL CUERO	33
5.4.10 INDUSTRIA FOTOGRAFICA	33
5.4.11 INDUSTRIA OPTICA	33
VI. ESTUDIO DE MERCADO	34
6.1 ZONAS PRODUCTORAS DE PAPAYA	34
6.2 VOLUMENES DE PRODUCCION, TASA DE CRECIMIENTO SUPERFICIE COSECHADA DE PAPAYA	35

6.3	IMPORTACIONES DE PAPAINA POR PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL (DEMANDA INTERNA)	38
6.4	PRONOSTICO DE DEMANDA POR LA INDUSTRIA NACIONAL	40
6.5	IMPORTACIONES DE PAPAINA POR LOS PAISES DE LA JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA (SIN CONTAR PERU)	43
6.6	PRONOSTICO DE LA DEMANDA POR PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNAC	45
6.7	CANALES COMERCIALES DISPONIBLES	47
6.7.1	IMPORTADORES	49
6.7.2	FABRICANTE EXTRANJEROS	50
6.7.3	INTERMEDIARIO DE PRODUCTOS BASICOS	50
VII.	METODOS PARA LA OBTENCION DE PAPAINA	51
7.1	METODO DE PURIFICACION MECANICA	52
7.2	METODO DE FRACCIONAMIENTO ALCOHOLICO	53
7.3	ELECCION DEL PROCEDIMIENTO	54
7.4	SECUENCIA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS A NIVEL LABORATORIO	54
7.4.1	METODO DE PURIFICACION MECANICA	55
7.4.2	METODO DE FRACCIONAMIENTO ALCOHOLICO	58
7.4.3	PRINCIPALES VARIABLES EXPERIMENTALES UTILIZADAS EN LOS DOS METODOS	60
7.5	CURVA ESTANDAR DE ALBUMINA	61
7.6	CURVA ESTANDAR DE TIROSINA	62
7.7	RESULTADO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES A NIVEL LABORATORIO	63
VIII.	TECNOLOGIA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS Y RESULTADOS	64
8.1	TECNOLOGIA DEL PROCESO	64
8.1.1	ESTIMACION DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	64
8.1.2	DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL BALANCE DE MASA	65
8.1.3	BALANCE DE MASA EN EL MEZCLADOR	66
8.1.4	BALANCE DE MASA EN LA CENTRIFUGA	66
8.1.5	BALANCE DE MASA EN EL FILTRO	67
8.1.6	BALANCE DE MASA EN EL EVAPORADOR	68
8.1.7	BALANCE DE MASA EN EL ATOMIZADOR	69
8.2	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS EN LAS OPERACIONES IMPLICADAS PARA LA PRODUCCION DE PAPAINA	70
8.2.1	DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL MEZCLADOR	70
8.2.2	DISEÑO Y ESPECIFICACION DE LA CENTRIFUGA	73
8.2.3	DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL FILTRO	74

8.2.4	DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL EVAPORADOR	76
8.2.5	DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL SECADOR	82
IX.	EVALUACION ECONOMICA	88
9.1	COSTO DE LA PLANTA	88
9.1.1	ESTIMACION DE LA INVERSION FIJA	88
9.1.2	ESTIMACION DEL CAPITAL DE TRABAJO	91
9.1.3	INVERSION TOTAL DE CAPITAL	91
9.2	COSTO TOTAL DEL PRODUCTO	93
9.2.1	COSTO DE FABRICACION	93
9.2.2	GASTOS GENERALES	95
9.3	RENTABILIDAD	97
9.3.1	FLUJO NETO DE FONDOS	97
9.3.2	VALOR ACTUAL NETO	99
9.3.4	RENTABILIDAD	99
X.	DISCUSION	100
	BIBLIOGRAFIA	104
	APENDICE	107

I. CONCLUSIONES

- 1.- El método escogido para la obtención de papaína prepurificada fue la de purificación mecánica sobre la de fraccionamiento alcohólico por ser mas económica en cuanto al uso de reactivos y generar un producto de actividad enzimática similar .
- 2.- La adición de la solución antioxidante (metabisulfito de sodio) servirá para proteger la actividad enzimática del látex . La adición de la solución anticoagulante (citrato de sodio) permitirá obtener un látex con mayor fluidez, tanto durante las incisiones como durante el almacenamiento hasta su tratamiento. La cisteína permitirá reactivar el enlace disulfido que es el causante de la actividad enzimática del látex. El EDTA será el agente secuestrante de los metales pesados que inhiben la acción del producto.
- 3.- La centrifugación separa al látex en tres fases: Una fase sólida denominada material insoluble, una fase sólida de sobrenado que comprende impurezas y una fase líquida casi completamente libre de las referidas impurezas y de los componentes insolubles del látex.
- 4.- La filtración de la fase líquida proveniente de la centrifugación permitirá retirar las últimas fracciones de los componentes insolubles del látex.
- 5.- La Evaporación permitirá la concentración de los sólidos en la solución filtrada hasta 30º Brix. Por ser esta solución sensible a temperaturas elevadas trabajaremos con un evaporador al vacío (de película descendente) que permite una temperatura de ebullición menor.

- 6.- El secado por aspersion es ideal para todo producto sensible al calor por que el tiempo de permanencia en la cámara de secado es mínimo. En nuestro caso la solución concentrada ingresará a la cámara de secado a 160°C y saldrá a 70°C.
- 7.- se utilizó como agente promotor de secado GOMA ARABIGA al porcentaje de 1% p/v (peso en g. de soluto por 100 ml de solución) del volumen total a atomizar observándose una retención de la actividad del 70%. Las condiciones de temperatura en el atomizador son las mismas que en el caso de secado sin material encapsulante.
- 8.- La papaína producida se encuentra dentro de las especificaciones de una papaína comercial.
- 9.- Se trabajará en la planta con una alimentación de 347 Kg látex/día proporcionados por los agricultores de la zona. Esto representa una explotación de 434 Hás de cultivo de papayo al año.
- 10.- Hemos elegido el Valle de Chanchamayo en el departamento de Junín como zona de localización de la planta por la extensión de sus áreas de cultivo (1200 Has) y su cercanía a la capital.
- 11.- La planta trabajará el primer año al 80% de su capacidad instalada (16TM) -considerando la posibilidad de imprevistos no tomados en cuenta hasta el momento de iniciar la producción- para después trabajar al total de su capacidad (20 TM).
- 12.- Comparando el nivel de producción nacional (20 TM/AÑO) con el consumo mundial (300 TM/AÑO) se tiene un mercado constante a conquistar, para ello utilizar mos los servicios de los importadores.

13.- La Evaluación Económica nos indica que el proyecto es altamente rentable y con un periodo de recuperación de capital invertido bastante corto. Para un horizonte de planeamiento de 10 años tenemos:

VAN: 606408

TIR:18%

TD:10%

14.- El proyecto avanzará hacia una explotación integral de la papaya produciendo otros productos como: pectinas, purés, néctare,etc que otorgarán una aún mayor rentabilidad.

II. ASPECTOS GENERALES

2.1 INTRODUCCION

Uno de los retos de mayor trascendencia para la industria nacional es el dar a los productos que manufactura un valor agregado mayor que le permita competir con éxito, y conquistar así nuevos mercados internacionales para el país. La Agricultura, y vinculada estrechamente a ella la Agroindustria, deben transitar el mismo camino sobretodo siendo este sector el que absorbe directamente a cerca del 40% de la población nacional.

El Perú siendo un país de clima tan propicio para el crecimiento de variedades de plantas que proporcionan insumos importantes para la industria (podemos mencionar plantas de colorantes naturales, aceites esenciales, insecticidas, etc.), no puede desperdiciar la posibilidad real de industrializar todos estos recursos naturales.

Una de las plantas susceptible de ser industrializada de forma integral es sin duda la Carica Papaya L., de ella se obtiene, mediante ligeras incisiones en la corteza del fruto no maduro, un líquido lechoso denominado Látex de Papaya. Este látex sometido a una posterior purificación da lugar a la obtención de una enzima proteolítica llamada PAPAINA, de múltiple utilidad, que va desde su ya tradicional uso como ablandador de carnes hasta su reciente empleo como anticonceptivo natural en países del Africa del Sur (que son los mayores productores de esta enzima en el mundo). Del fruto rayado a consecuencia de las incisiones y cuyo aspecto se torna desagradable para la venta (con la consiguiente pérdida de su valor) se

pueden obtener subproductos como las ya conocidas mermeladas, néctares, puré, papaya en polvo, pectinas (ver Ref. Bibliof. 5)

Teniendo conocimiento que cerca del 25 al 30% de la producción de papaya se pierde desde el instante de la cosecha hasta el momento de consumo por problemas de almacenamiento, transporte, putrefacción o ataques fungosos (ahora mismo las plantaciones de papaya son castigadas por el ataque de una enfermedad denominada «pata de rana»), hay la posibilidad de aprovechar en el mismo lugar lo que hoy representa una pérdida para el agricultor.

La Papaya para su crecimiento y producción requiere de climas tropicales (temperaturas que van de 17-38°C y humedad relativa del 50 al 95%), por lo que lugares como Piura, Junín, Cuzco, Loreto se presentan como zonas de mayor rendimiento confirmadas por las últimas estadísticas elaboradas por el Ministerio de Agricultura.

Es la zona del Valle de Chanchamayo (Junín) la mayor abastecedora de papaya consumida en la capital. Debido a su cercanía a la ciudad (6-7 horas por vía terrestre) se sugiere la instalación de la PLANTA PROCESADORA DE PAPAÍNA en esta localidad.

Se presenta entonces este estudio técnico-económico que recoge lo avanzado hasta el día de hoy en técnicas de procesamiento y control de calidad para la obtención de este producto.

III. ESTUDIO DE LA CARICA PAPAYA

3.1 DESCRIPCION BOTANICA

La Carica Papaya L. es una planta herbácea de tallo simple y erecto que termina con una corona de hojas que pueda alcanzar una altura de 2-4 metros y un diámetro de 20 a 30 c , tiene una raíz principal que crece verticalmente, y raíces secundarias laterales relativamente superficiales. Sus hojas son grandes con peciolo huecos y cilíndricos cerca del limbo, y a medida que llegan a la edad adulta se secan volviéndose coriáceas y van cayendo a medida que crece la planta.

Figura Nº1



3.2 UBICACION TAXONOMICA

- Familia: CARICAE
- Género: CARICA
- Especie: C. Papaya L.
- Sinónimos: Lechosa-Bomba (Caribe)
Melón, Papaya, zapote (México)
Mamón (Argentina)
Mamao (Brasil)
Pawpaw (Inglés)

3.3 CLIMA Y SUELO

El papayo requiere de abundante calor ,sin bajas temperaturas durante la noche ni durante el invierno.

La temperatura debe oscilar entre los 17°C y 33°C y humedad relativa entre 60 y 85%. Esto quiere decir que es aparente para valles tropicales y subtropicales. La excesiva humedad con baja temperatura trae consigo el ataque de hongos y virus.

En campos expuestos al viento esto afecta seriamente a las plantas de papayo, por lo que previamente debe ponerse rompevientos y aporcar las plantas.

Considerando temperatura y humedad ,Piura, Iquitos, Tumbes son los lugares que poseen las mejores condiciones seguidos de Chiclayo y Chanchamayo.

El papayo necesita de suelos de fácil drenaje, fértiles y ricos en materia orgánica. Es muy susceptible a cualquier exceso de agua, ya sea por abundancia de riegos, lluvias o inundaciones. Venticuatro horas de inundaciones son suficientes para destruir un papayal.

El papayo es también afectado aún por niveles ligeros de salinidad, las equías algo prolongadas también dañan el cultivo. El papayo crece tanto en suelos ácidos como alcalinos siempre que no lleguen a condiciones extremas (ver cuadro N° 1).

Cuadro N°1

Variación de la Acidez en el Cultivo del Papayo

pH	CARACTERISTICAS DEL CULTIVO
4 - 5	Terreno característico de la Selva, muy ácido, se recomienda realizar un encalado. Esta operación al mismo tiempo que suministra calcio a las plantas disminuye la acidez.
5.5 - 7.5	La acción del suelo en este rango de pH no ha influido negativamente en forma aparente sobre la germinación de la semilla de papaya.
6.5	Son los mejores suelos, tanto desde el punto de vista físico como químico para el cultivo de papayo, aluviales, con cierta pendiente.

Fuente: Calzada Benza, José (Ver Ref. Bibliog. 3)

3.4 CULTIVO

El papayo se puede sembrar por semilla, estaca o por injerto, pero sólo la propagación por semilla tiene interés comercial.

Las semillas se extraen de los frutos maduros, se lavan y se secan - utilizando un colador y tela áspera - sucesivamente para eliminar el arilo y

lograr así una germinación rápida (15 a 20 días a una temperatura óptima de 20°C). Esta semilla puede ser utilizada inmediatamente o guardarse en un lugar fresco para su uso posterior sin presentar pérdidas en su poder germinativo.

La mejor época de siembra desde el punto de vista del mercado para alcanzar altos precios es Abril, porque así se inicia la cosecha a principios del verano que es donde existe una mayor demanda de fruto.

El papayo puede sembrarse directamente en el campo o en almácigos para su posterior trasplante cuando las plantitas alcancen una altura de 8 cm. para el almácigo se utilizan bolsas de 4" x 6" x 3 milésimos llenas de tierra fértil y que no provienen de cultivos anteriores de papaya, con 2 perforaciones en la parte inferior para el drenaje. La siembra en almácigo tiene la ventaja de permitir un mejor control de riego durante la primera edad de las plantas y requiere para su propagación de una cantidad menor de semillas (150 a 200 g) que la siembra directa (300 a 400 g). En el almácigo se utilizan alrededor de 2200 bolsas por hectárea a razón de 4 semillas por bolsa previamente desinfectada con Arazán.

Es bueno intercarlar el cultivo de papaya con cultivos precoces como vainita, frijol, fresa, camote o interplantar frutas como lúcuma o naranja que quedarán una vez que termine el cultivo de papaya. Al escoger el cultivo debe tenerse en cuenta que no tenga ni plagas ni enfermedades comunes con el papayo.

Los primeros riegos después del trasplante deben hacerse con una periodicidad de 3 a 8 días. A medida que las plantas van creciendo se deben ir distanciando los riegos. El Papayo una vez que ha adquirido un metro de

altura es muy susceptible al exceso de agua, porque este disminuye la aireación del suelo y trae consigo fuerte ataque de hongos y putrefacción de raíces.

En la primera edad de las plantas de papaya los deshierbos son importantes porque originan competencia. Una vez que la planta adquiere vigor, esta competencia pierde importancia, aunque es preciso señalar que las malas hierbas son huéspedes de plagas y enfermedades. Se procede a deshierbar utilizando hoz, guadaña o lampa cuando las plantas son chicas. Cuando la densidad es alta sólo es posible deshierbar usando lampa, teniendo cuidado de no utilizar productos químicos a no ser que se pruebe su uso exitosamente.

El raleo se hace tomando en cuenta que sólo deben quedar las plantas vigorosas y la población masculina en un 4% y adecuadamente distribuida.

Una planta de papaya rendirá una buena producción si es convenientemente fertilizada, en el momento oportuno y en las cantidades adecuadas. Para planificar una buena fertilización se proceden a realizar análisis de suelos y foliar. La papaya es por lo general susceptible a los abonos nitrogenados y según el tipo de suelo se hace necesario agregar fertilizantes a base de Fósforo, Calcio, Potasio y Magnesio (sobre todo en suelos de la selva).

3.5 CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

En general, en el papayo las enfermedades tienen mayor importancia que las plagas, tanto por la incidencia con que se presentan como por lo difícil de su control.

A partir de los 8 meses del trasplante las plantas son susceptibles a ser atacadas o a manifestar el efecto del ataque de algunas enfermedades fungosas. Así, las raíces pueden ser atacadas por *Phytophthora palmívora* y/o *P. parasí-*

tica, los que originan un color amarillento de las hojas terminales de la planta como primer síntoma, terminando con un marchitamiento general, también atacan a la fruta en el árbol y en los depósitos ocasionando manchas blanquesinas de esporángios, que son arrastradas por la lluvia y por el viento propagándose así la enfermedad. Las plantas deben ser inmediatamente eliminadas en cuanto aparece el primer síntoma; raíces, tallos y hojas deben ser quemados en un lugar alejado. Para prevenir la enfermedad hay que aplicar Dithane M-45 pulverizado a las plantas en proporción del 2%. Otro hongo es el *Colletotrichum gloeosporioides*, éste ataca a las hojas de la planta adulta y frutos, se distingue de los anteriores por producir en el fruto una masa de esporas de color rosado pálido. Otro hongo bastante frecuente es el *Oidium Caricae* que también ataca a las hojas en la que aparecen manchas blanquecinas pulverulentas.

Entre las enfermedades virósicas se tiene el mosaico como la principal, se manifiesta por hojas gruesas y manchas alternas irregulares verde oscuro y verde claro entre la nervadura de las hojas todo lo cual provoca una defoliación de arriba a abajo. Esta enfermedad se trasmite por medio de los áfidos, no hay medio de control y las plantas que aparecen con síntomas deben ser inmediatamente eliminadas.

Los pulgones son insectos pequeños de color amarillo, verde o verde oscuro que viven en el envez de las plantas, succionan la savia y son vectores del virus Mosaico. Las hojas también pueden ser atacadas por la Arañita Roja, estos son ácaros muy pequeños de color rosado que también viven en el envez de las hojas, se controla con Parathión al 1%.

Los grillos, gusanos de tierra, etc, atacan a las plantas pequeñas que pueden controlarse con cebos (Ver Ref. Bibliog. 4)

3.6 COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPAYA

CUADRO N^o 2
COMPOSICION DE LA PAPAYA 100 G. DE PARTE COMESTIBLE

COMPONENTES MAYORES (g)	MADURO (1)	MADURO(2)	VERDE(2)
Calorias	32.0	32.0	28.0
Agua	90.8	90.7	91.6
Proteinas	0.4	0.5	0.8
Grasas	0.1	0.1	0.1
Carbohidratos	8.2	8.3	6.9
Fibra	0.4	0.6	0.8
Cenizas	0.5	0.4	0.6
MINERALES (mg)			
Calcio	23	20	41
Fósforo	14	13	22
Hierro	0.3	0.4	0.3
VITAMINAS (mg)			
Caroteno	0.27	--	--
Vit. A (Actividad, mg)	--	110	tr
Tiamina	0.02	0.03	0.04
Riboflavina	0.07	0.04	0.04
Niacina	0.41	0.3	0.2
Acido Ascórbico Reducido	55	46	36

FUENTE: (1) Collazos y Col. (1,975)

(2) Woot-Tsuen (1,962)

IV. ESTUDIO DEL LÁTEX DE PAPAYA

Los portadores del látex de papaya vienen a ser los conductores lactíferos formados de grandes tubos articulados provenientes de células cuyas paredes transversales son reabsorbidas. La red se extiende en toda la planta excepto la raíz. La extracción es posible de las hojas, tallo, tronco, peciolos, sin embargo sólo el fruto es utilizado por que la purificación es más fácil y el producto obtenido es de mejor calidad.

4.1 TAMAÑO DEL FRUTO A SANGRAR

La recolección comienza cuando los frutos son más o menos de 10 cm de diámetro, cuando se encuentra a la mitad de su desarrollo. Frutos más jóvenes tienen muy poca papaína. Se puede asumir que existe una correlación positiva entre el largo del fruto y la recolección del látex.

4.2 FACTORES CLIMATICOS

El látex se recolecta en tiempos frescos o nublados y a la caída de la tarde. De preferencia la mañana es buena hora. La sangría se hace a partir de las 6 a.m. y la recolección empieza a las 10 a.m.

4.3 NUMERO DE INCISIONES POR FRUTO

Previamente se debe proceder a limpiar el fruto de polvo e impurezas con un lienzo humedecido en agua y otro en solución de Metabisulfito de sodio.

Para realizar las sangrías se emplea una navaja laminada hundiéndola hasta una profundidad de 1.5-3 mm (una profundidad mayor provocaría la

m zcla con los jugos de papaya) y con una separación de corte a corte de 2.5 c. e pueden utilizar otros elementos como aluminio, acero inoxidable, etc. Estos corte e juntan en la base. Al cortarse el conducto lactífero el látex fluye y es recolectado en la base. El látex fluye rápidamente de 8-10 s. y después lentamente para cesar finalmente a los 2-3 minutos.

Cada fruta puede volverse a rayar entre las incisiones precedentes 2 a 3 veces en un intervalo de 10 días.

Según datos un obrero puede recolectar 8 lts de látex. El látex que queda coagulado en el fruto se retira con una espátula de madera y ubicado en el envase recolector o en un aparte(se considera de menor actividad).

4.4 ADICION DE ANTIOXIDANTES

Conviene saber que todo complejo enzimático presente en el látex pierde rápidamente su actividad por oxidación, es por esto necesario tomar todas las precauciones necesarias a fin de disminuir el deterioro por contacto prolongado con el aire o contacto con metales pesados para lo cual se utiliza ciertas sustancias denominadas antioxidantes entre las que tenemos:

- 1) Metabisulfito de sodio: Es pre ervante (antiséptico, desinfectante); es reductor (controla la oxidación de la papaína impidiendo su inactividad); es amortiguador (impide cambios de pH). Al personal encargado de las incisiones se le hace entrega de una solución de metabisulfito al 9% la que utilizará para humedecer la superficie del fruto previa al sangrado. Luego en el propio látex se adiciona en la proporción de 0.7-1% y este alcanza una gran estabilidad por un periodo de 8 meses en ausencia de humedad.

- 2) Thymol : El Central Food Technological Research Institute utiliza una mezcla de 0.5% de Metabisulfito de sodio y 0.2% de Thymol.
- 3) Tetrionato de Sodio (TT): El tetrionato de sodio fue ensayado como posible protector de la actividad proteolítica (PA) de la papaína cruda rehidratada durante el secado y el almacenamiento. La adición de 1% de TT significa la disminución de la pérdida, Esta protección fue del 15-20% más alta que la de Metabisulfito. Papaína cruda con 1% de TT disminuye 20% de PA y con metabisulfito disminuye 45% de PA en 13 semanas de temperatura ambiente. (Ver Ref. Bibliog. 1)

4.5 ACTIVADORES - PROTECTORES

La papaína es activa cuando el grupo tiol libre en la enzima está en estado reducido e inactivo ,cuando el grupo tiol de la enzima está oxidado en la forma disulfido (de S-H a S-S). También se reportó que un número importante de metales pesados inhiben la acción proteolítica de la papaína.

Los agentes activadores mas comúnmente usados son cisteína, H_2S y cianuro. Los 3 son capaces de reducir el enlace disulfido y adicionalmente formar quelatos o componentes insolubles con metales pesados. Este grupo de activadores añadido con el EDTA (Etilendiaminotetracético), un agente metal quelato provoca diferentes resultados en diferentes combinaciones. la cisteína sólo activa marcadamente en citrato y fosfato a pH 6-7 pero esta actividad no es lograda a menos que el EDTA esté presente. Es notable la influencia del EDTA a pesar de que este por si solo no produzca activación, esto demuestra que la remoción de los iones metálicos es indispensable para lograr una máxima actividad (Ver. Ref. Bibliog. 26)

4.6 ANTICOAGULANTES

Se utiliza una solución de Citrato de Sodio al 12% (60g en 1/2 lt de agua destilada), retarda la coagulación favoreciendo la salida de mayor cantidad de látex de las incisiones.

4.7 COMPONENTES PRESENTES EN EL LÁTEX

En el látex de papaya se encuentran presentes en cantidades relativas la papaína, quimopapaína y la papaya peptidasa. Su peso molecular y su punto isoeléctrico son mostrados en el Cuadro N° 3.

CUADRO N° 3
CARACTERISTICAS DEL LÁTEX DE PAPAYA

ENZIMA	PESO MOLECULAR (PM)	PUNTO ISOELECTRICO	CONCENTRACION (1)
Papaina	21000 (27000-30000)*	8.75	10
Quimopapaina	36000 (45,000)*	10.1	45
Papaya Peptidasa	25000	10.5	20

(*) Otros autores

(1)Expresado como porcentaje de proteína soluble del látex

FUENTE: BURKE E. DAVID (Ver ref. Bibliog. 2)

La quimopapaína (del tipo A y B) tiene la mitad de la actividad proteolítica de la papaína en la hidrólisis de la hemoglobina (Jansen y Balls, 1941). Sin embargo es más estable que la papaína. El tiempo para una pérdida del 50% de su actividad a 75°C y pII 7.2 es 75 minutos frente a 56 minutos de la papaína. En contraste con la papaína muestra buena estabilidad a pII-2 y temperatura bajo de 10°C. Un tratamiento ácido se usará como medio para obtener quimopapaína libre de papaína.

La quimopapaína es la mayor proteasa de la preparación de látex de papaya. Las relativas cantidades de quimopapaína A y B en varias preparaciones varía con el origen del látex de papaya. Del mismo modo los montos de todas las proteasas varía con el estado y período de desarrollo de la planta de papaya y el método de procesamiento adoptado. Debido a la similaridad en las características generales de A y B y las dificultades resultantes en su separación las propiedades de A y B son generalmente reportados bajo el nombre de quimopapaína.

La papaya peptidasa es una proteína más básica que la quimopapaína y es igualmente estable a pH 2. Es al mismo tiempo llamada quimopapaína II. Posiblemente por que es estable al tratamiento ácido.

V. ESTUDIO DEL PRODUCTO

La papaína es una proteasa sulfihídrica que se obtiene a partir del látex de papaya. Como enzima tiene la capacidad de catalizar reacciones químicas determinadas, y en consecuencia, tiene aplicaciones específicas.

La utilidad de esta enzima depende de su actividad, es decir, de su capacidad de actuar como catalizador. Cuanto mayor es la actividad específica por unidad de peso de la enzima, más valiosa es ésta.

La papaína se importa en 3 formas: cruda, con escamas y secada por aspersion. Por lo general, la papaína cruda se seca, al sol o en hornos. El secado a sol produce una papaína marrón de baja calidad. La papaína en escamas se produce mediante una extracción de impurezas, que después se seca en bandejas de acero en hornos por las que circula aire caliente. Este tipo de papaína tiene un 50% más de actividad que la cruda. La papaína secada por aspersion, es la que tiene más actividad, es un producto más estable y está exenta de materiales extraños, con una duración de almacenamiento y cuenta microbiana aceptables (este es el tipo de papaína a producir) (Ver Ref. Bibliog. 6).

5.1 DEFINICION DE ENZIMAS

Las enzimas son biocatalizadores de acción específica, de origen celular, de naturaleza compleja y coloidal, destruibles por el calor y la oxidación. Todas las enzimas tienen la propiedad de acelerar una reacción química que se realiza normalmente a una velocidad moderada; no la provocan, sino la aceleran.

Las enzimas se encuentran en todos los organismos animales o vegetales, en el interior de las células y fuera de ellas.

Las enzimas como las hormonas, se generan como producto de la actividad celular.

Llámesse substrato a toda sustancia sobre la cual actúa la enzima. El nombre de cada enzima proviene del nombre del substrato sobre el que actúa añadiéndole el sufijo «asa»; así por ejemplo, la enzimas que actúan sobre las proteínas reciben el nombre de proteasas.

La reacción en términos generales se realiza en la siguiente forma:



La enzima liberada después de la reacción se une de nuevo a una molécula del proceso, y así continúa el proceso.

Hay una serie de enzimas que actúan sobre la proteínas, siendo una de las mas importantes la papaína; también se puede citar las fixina que se obtiene de la higuera y la bromelína que se obtiene de la piña.

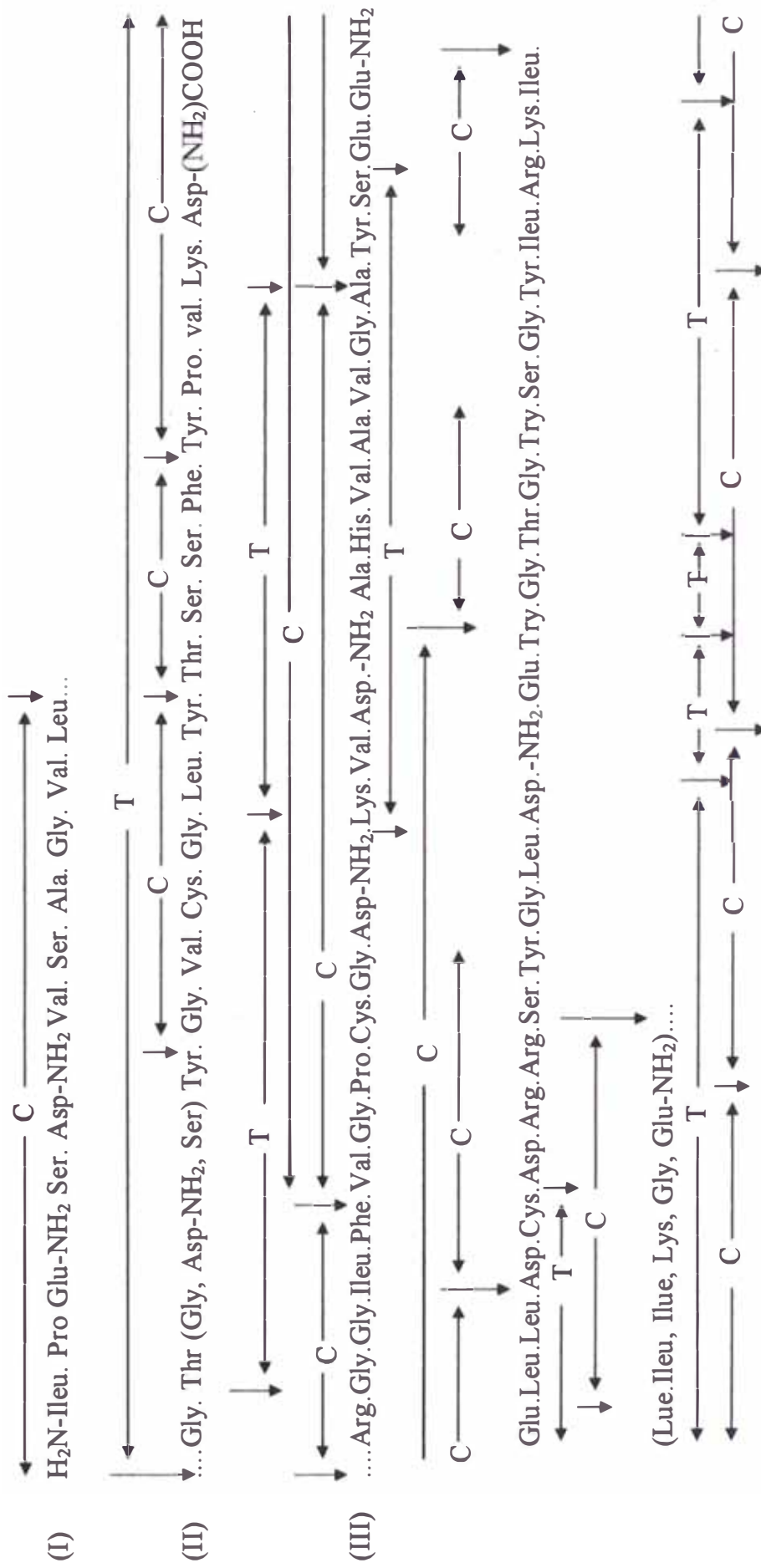
5.2 ESTRUCTURA DE LA PAPAINA

La determinación primaria de la composición de aminoácidos en la papaína ha sido revisado por otros métodos. Esto incluye el análisis de ácidos

FIG. N° 2

SECUENCIA DE PEPTIDOS DE PAPAIA

Las secuencias no relacionadas se dan en números Romanos. Puntos de puptura por Tripsina (T) y quimotripsina © se indican con flechas. notese que en unos cuantos casos, los peptidos abtenidos de digestiones tripticas fueron hidrolizadas por la quimotripsina presente como un contaminante en el preparado de tripsina.



- (IV) Arg. Asp-NH₂. Thr. Pro. Tyr. Tyr. Glu. Gly. Val. Glu.-NH₂. Arg. Tyr. Cys. Arg. Ser. Arg. Glu. Lys. Gly. Pro. Tyr. Ala. Ala. Lys. Thr. Val.
-
- Asp. Gly. Arg. Glu-NH₂. Val. Glu.-NH₂. Pro. Tyr.....
- (V) Ileu. Pro. Glu. Tyr. Val. Asp. Try. Arg.....
-
- (VI) Glu-NH₂. Ala. Ala. Gly. Lys. Asp. Phe. Glu-NH₂. Leu. Tyr. Arg.....
-
- (VII) Arg. Gly. Ala. Val. Thr. Pro. Val. Lys. Glu-NH₂.....
-
- (VIII) Gly. Ileu. His. Tyr. Arg.....
-
- (IX) Asp-NH₂. Glu.-NH₂. Gly. Ala. Leu.....
-
- (X) Ala. Phe.....
-
- (XI) Asp-NH₂. Pro. Gly. Tyr...
-

hidrolizados y enzimas hidrolizadas mediante el empleo del analizador automático aminoácido. El resumen se presenta en el siguiente cuadro:

CUADRO Nº 4
COMPOSICION AMINOACIDA DE PAPAÑA

AMINOACIDO	RESIDUOS	AMINOACIDO	RESIDUOS
Alanina	13	Lisina	9
Arginina	10	Fenilalanina	4
Acid. Aspártico	17	Prolina	9
Media cistina	8	Serina	11
Acido Glutámico	17	Treonina	7
Glicina	23	Triptófano	5
Histidina	2	Tirosina	17
Isoleucina	10	Valina	15
Leucina	10	Grupos Amida	19

TOTAL DE RESIDUOS : 187

FUENTE: SMITH, E.L. (Ver Ref. Bibliog. 26)

El peso molecular calculado a partir de la composición está en los 21000, lo cual está de acuerdo con las mediciones físicas realizadas. Nótese que la papaína no contiene metionina y 8 residuos de media-cistina. En previos estudios se obtuvo 6 residuos de media-cistina, como ácido cisteico después de oxidación con ácido perbromico y de hidrólisis con HCl.

Estudios recientes indican que se requieren condiciones drásticas para abrir la molécula de papaína y romper todos los lazos de disulfuro mediante los métodos oxidativos o del método de ruptura. Al final el disulfuro total se determina por titulación amperométrica. Nuevos estudios utilizan la reacción

del intercambio del disulfuro en una solución ácida fuerte para estimar el total de media-cistina más el contenido de cisteína en las proteínas. Por ello aparece que el contenido de azufre de 8 átomos por molécula de papaína se cuenta por el contenido de media-cistina. Nótese que la enzima activa contiene solo un grupo tiol, mientras que la enzima inactiva no contiene dicho grupo tiol (Ver Ref. Bibliog. 27).

5.3 PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LA PAPAINA

La papaína pura es un polvo amorfo, granulado, de color blanco, grisáceo o parduzco; ligeramente higroscópico, incompletamente soluble en agua y en la mayoría de los solventes orgánicos. Soluble en alcohol etílico y metílico. Su punto isoeléctrico es 8.8 y su peso molecular es 27000 (determinado por el método de la ultracentrifuga).

La papaína mantiene su actividad hasta temperaturas de 60-90°C pero en marcada relación con el pH en el cual actúa. A un pH < 4 la papaína se inactiva irreversiblemente.

Conocida como enzima proteolítica (de la palabra proteína y la voz griega, lysis, disolver), o sea sustancias que disuelven o destruyen otras sustancias; es denominada dentro de la clasificación de las enzimas como papainasa y su actividad enzimática está dada por el grupo II.

Su actividad proteolítica es rápida entre los 50 y 60°C actuando mejor a un pH próximo a 7.0. La ventaja de la papaína sobre otras enzimas como la pepsina es que puede actuar en medio alcalino, neutro o hasta ligeramente ácido.

Una papaína de buena calidad debe presentar las características especificadas en la siguiente tabla:

CUADRO N°5
CARACTERÍSTICAS DE LA PAPAÍNA*

CARACTERÍSTICAS	REQUERIMIENTOS
HUMEDAD (% EN PESO MÁXIMO)	10
NITROGENO TOTAL (% PESO)	8.5
PROTEINA REAL	50
CENIZA TOTAL(% PESO MAX)	11
CENIZA INSOLUBLE AL ACIDO (% PESO MAX)	30
EXTRACTO DE ALCOHOL SOLUBLE (% PESO MAX)	0.2
ETER SOLUBLE (% PESO)	8.0
SO ₂ (ppm)	3000

METODO DE TEST E TA REFERIDO EN EL APENDICE

FUENTE:FOPEX (Ver Ref. Bibliog. 10)

5.4 APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA PAPAÍNA

Se utiliza fundamentalment en la industria cervecera, así como en la alimentaria y en la química. Ultimamente e ha presentado como un efectivo interruptor de embarazos encontrando una aplicación natural en paí s de Africa Oriental.

5.4.1. ABLANDADOR DE CARNES

Existen varias pat ntes sobre el proceso de ablandamiento de la

carne con papaína. Van desde las inyecciones de papaína antes de la matanza (se asegura de este modo una distribución equilibrada de las enzimas a través del sistema vascular del animal y suministra una cantidad suficiente a los músculos y otros tejidos), pasando por una combinación de tetrasodio de papaína, cloruro de sodio y fosfato monosódico (después de la matanza). La papaína se utiliza en diversas cantidades en cada uno de estos procesos, y también compete en este caso con otros procesos de ablandamiento, como el machaqueo, el corte, la separación de las fibras de carne con ultrasonido, inyecciones de soluciones salinas de bajo nivel o inyección de agua a presión. La papaína también puede utilizarse en combinación con bromelina y ficina y se puede emplear sucedáneos como enzimas bacteriales y de hongos.

La papaína también es mezclada con especies como glutamato monosódico y se usa como sal para condimentar la carne antes de someterla a cocción ejerciendo su poder ablandador -limitado por tener una acción superficial- en los primeros minutos cuando la temperatura es aún baja.

Bastan 2.5 kilos de papaína para ablandar 500,000 kilos de carne de res.

Se han desarrollado máquinas para uso a escala comercial en restaurantes, distribuidores de carne, etc. Estas máquinas tienen una fila de agujas con aberturas a través de la cual la solución enzimática es bombeada bajo presión al interior de la carne como un fino spray.

5.4.2 INDUSTRIA CERVECERA

La Industria Cervecera utiliza el 75% de los suministros totales de papaína. El aclarado y el mantenimiento de la cerveza puede realizarse como etapas separadas del proceso o durante el proceso de fabricación de la cerveza: malteado, fermentación en braceado, «lagerización», embotellado, enlatado o trasvase a barriles.

Según problema en el proceso con el desarrollo de turbidez no biológicas de la cerveza, la papaína se utiliza al inmunizar la cerveza a los cambios de temperatura, proceso en el cual las turbidez por ácido tánico causados por la formación de complejos de fenol polihídrico proteínico (polifenol) durante la destilación y durante el enfriamiento se degradan mediante la papaína, de modo que las partículas del complejo son demasiado pequeñas para formar una turbiedad. Cada cervero soluciona este problema de forma diferente, pues dispone de una amplia gama de opciones tecnológicas. Estas soluciones van desde la extracción de los polifenoles hasta las extracciones de proteínas mediante la adición de otros preparados, pasando por el cambio de collares de cobre (que causan oxidación) a los de acero inoxidable y plástico en las unidades de destilación y de distribución. Así, la papaína se halla en circunstancias muy competitivas.

En el proceso la papaína se utiliza en forma líquida o en polvo. El líquido se puede añadir directamente al proceso, y el polvo deshidratado por aspersión se suele envasar en sacos solubles en agua hechos de alcohol vinílico.

Las diferentes cervezas necesitan cantidades distintas de papaína, según su duración de almacenado, así, la cerveza de barril, que se vende con relativa rapidez, necesita menos papaína que una cerveza con una duración de almacenamiento de 3 a 6 meses. Hace falta todavía más papaína para las cervezas de exportación o en lata, en el cual el productor tiene muy poco control sobre la duración del almacenamiento (que puede llegar a los dos años).

5.4.3 USO ANTICONCEPTIVO

Según el estudio de los Doctores Senthilmahan y Topping, aparentemente la papaína tiene la propiedad de disolver ciertos enlaces peptídicos de la hormona proteica conocida como Hormona Luteinizante (H.L.) producida por la glándula hipófisis en la base del cerebro. Esta hormona, que es una proteína para mantener el cuerpo luteo o Cuerpo amarillo del Ovario (eyección del Ovulo del Ovario) el que a su vez, produce la hormona ovárica conocida como PROGESTERONA.

La función de la progesterona es mantener intacta y bien irrigada la mucosa del útero donde anida el óvulo fertilizado, el que es alimentado por la sangre de la madre y protegido por el anclaje en la mucosa para que no se desprenda. Si falta la hormona luteinizante segregada por la hipófisis, el cuerpo amarillo del ovario no puede desarrollar, y por ende no hay producción de la hormona progesterona y, la mucosa del útero se desprende arrastrando el óvulo fertilizado, frustrándose el desarrollo del embrión y el consecuente embarazo.

Al parecer por los estudios realizados, la papaína siendo una enzima proteolítica destruye la hormona luteinizante(HL) al disolver exactamente ciertos enlaces peptídicos de la molécula proteica de la hormona. Ello evita el estímulo hormonal en la formación y el mantenimiento del cuerpo lúteo o cuerpo amarillo en el ovario y, por consiguiente no hay secreción de la hormona progesterona, la mucosa uterina se desprende arrastrando el óvulo fecundado e interrumpiendo el embarazo (Ver Ref. Bibliog. 9).

5.4.4 INDUSTRIA PANIFICADORA

La papaína se incorpora en productos de panadería como galletas sin sal, obleas y pastas, y también para condicionar la masa en la fabricación del pan.

5.4.5 INDUSTRIA CEREALERA

La papaína se utiliza para enriquecer cereales proteínicos, alimentos instantáneos y alimentos naturales de alto contenido proteínico. También se emplea en la fabricación de alimentos instantáneos, a fin de realizar la cocción rápida.

5.4.6 INDUSTRIA DE PRODUCTOS COSMÉTICOS

Se utiliza la papaína en dentrificadora, crema faciales, limpiadora, preparados para suavizar la piel y pasta de dientes.

5.4.7 INDUSTRIA DE PRODUCTOS CÁRNICOS

Las carnes ablandadas se sazonan(glutamato monosódico) con la enzima papaína

5.4.8 INDUSTRIA TEXTIL

En la industria textil se emplea la papaína para desgomar la seda y como agente de limpieza en la limpieza en seco y en la lavandería.

5.4.9 INDUSTRIA DEL CUERO

En la industria del cuero, se utiliza la papaína en el preparado de compuestos de maceración. La maceración es un proceso empleado antes del curtido, en el cual las pieles se sumergen en una solución en fermento para darles blandura y suavidad. La papaína también se utiliza para depilar y como auxiliar cuando se utiliza sosa caústica en lugar de cal, que puede plantear problemas en los procesos ulteriores de teñido.

5.4.10 INDUSTRIA FOTOGRAFICA

Se usa la papaína en preparados para la recuperación de plata a partir de película usada en laboratorio de revelado fotográfico.

5.4.11 INDUSTRIA OPTICA

La papaína se utiliza como ingrediente activo en los limpiadores de enzimas para lentes de contacto blando

VI. ESTUDIO DE MERCADO

El presente capítulo presenta las estadísticas sobre volúmenes de producción de papaya en el Perú en los cinco últimos años, cantidades importadas de papaína por la industria nacional y los países de la Junta Nacional del Acuerdo de Cartagena (JUNAC); rutas comerciales utilizadas y concluye con recomendaciones a seguir por parte de los países productores.

A nivel mundial hablamos de una producción de papaína de alrededor de 300 TM, de las cuales por lo menos 100 TM son absorbidas por el mercado norteamericano. El consumo a nivel nacional y por los países de la JUNAC alcanza apenas un total de 5 TM aunque tiende a crecer. Son los EE.UU., Europa y Japón los principales comercializadores de papaína, por lo que nuestra producción debe ir en esa dirección sin descuidar el mercado interno. (Ver Ref. Bibliog. 6 y 10)

6.1 ZONAS PRODUCTORAS DE PAPAYA

En el Perú, según el cuadro N.º.6, la papaya se cultiva a nivel nacional en 22 departamentos, siendo los principales productores: Piura, Junín, La Libertad, Loreto, Cuzco, San Martín, Madre de Dios, Cajamarca, Huánuco, Ayacucho.

Según información recopilada del Ministerio de Agricultura en el período 1990- 1994 (ver cuadro N.º.7) sobre la producción de papaya, este ha tenido un comportamiento creciente en Piura habiendo desplazado al primer lugar al Valle de Chachamayo (Junín).

6.2 VOLUMENES DE PRODUCCION, TASA DE CRECIMIENTO
Y SUPERFICIE COSECHADA DE PAPAYA

CUADRO Nº 6

PRODUCCION PROMEDIO ANUAL DE PAPAYA POR
DEPARTAMENTO (EN TM)

DEPARTAMENTO	PRODUCCION PROMEDIO ANUAL (1990 - 1994)	PARTICIPACION PORCENTUAL
PIURA	38,430.3	49.8
JUNIN	12,586.6	16.4
LA LIBERTAD	6,972.2	9.1
LORETO	2,853.2	3.7
CUZCO	2,830.2	3.7
SAN MARTIN	2,526.7	3.3
MADRE DE DIOS	1,720.0	2.2
CAJAMARCA	1,584.0	2.0
HUANUCO	1,366.7	1.8
AYACUCHO	1,122.8	1.5
AMAZONAS	1,111.8	1.4
PASCO	959.6	1.2
LIMA	832.3	1.1
TUMBES	533.6	0.7
PUNO	413	0.6
UCAYALI	389.2	0.5
APURIMAC	309.6	0.4
ANCASH	248.6	0.3
HUANCAVELICA	175.3	0.2
LAMBAYEQUE	106.6	0.1
AREQUIPA	61.2	
ICA	26.0	-
TOTAL	77150.4	100.0

Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ALIMENTACION
ESTADÍSTICAS AGRARIAS 1990 - 1994 (Ver Ref. Bibliog. 19)

CUADRO N° 7
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE PRODUCCION
DE PAPAYA POR DEPARTAMENTOS

DEPARTAMENTO	1990		1991		1992		1993		1994	
	TM	Tasa %	TM	Tasa %	TM	Tasa %	TM	Tasa %	TM	Tasa %
AMAZONAS	1733	-	1078	-37.8	580	-46.2	490	-15.5	1934	294.7
ANCASH	262	-	240	-9.16	246	2.5	234	-4.9	230	-1.7
APURIMAC	300	-	318	6.0	320	0.6	306	-4.4	310	1.3
AREQUIPA	62	-	66	6.5	63	-4.5	64	1.6	63	-1.6
AYACUCHO	1146	-	1202	4.9	891	-25.8	1317	47.8	1329	0.9
CAJAMARCA	1590	-	1584	-0.3	1600	1	1506	-5.8	1544	2.5
CUZCO	1610	-	1834	13.9	2634	43.6	3340	26.8	5663	69.6
HUANCAVELICA	165	-	175	6.0	196	12	182	-7.1	185	1.6
HUANUCO	1320	-	1350	2.3	1380	2.2	1360	-1.4	1400	2.9
ICA	30	-	18	-6.7	28	-	28	-	28	-
JUNIN	14093	-	19.662	39.5	16630	-15.4	5289	-68.2	3672	-30.6
LA LIBERTAD	13196	-	13552	2.7	6549	-51.7	2376	-63.7	3222	35.6
LAMBAYEQUE	144	-	125	-13.2	78	-37.6	75	-3.8	75	-
LIMA/CALLAO	900	-	765	-15.0	833	8.9	631	-24.3	836	24.5
M.DE DIOS	1780	-	1700	-4.5	1700	-	1690	-0.6	1700	0.6
PASCO	960	-	972	1.25	980	0.8	962	-1.8	984	2.3
PIURA	33470	-	49029	46.5	46482	-5.2	39949	-14.0	32281	-19.2
PUNO	426	-	418	-1.9	410	-1.9	400	-2.4	409	2.2
SAN MARTIN	2906	-	2600	-10.5	2330	-10.4	2280	-2.1	2100	-7.9
UCAYALI	376	-	392	4.3	390	-5.1	400	2.6	407	1.75
TUMBES	1140	-	958	-16.6	448	-5.3	128	-71.4	75	-41.4.

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA, ESTADISTICAS AGRARIAS (Ver Ref. Bibliog. 19)

SUPERFICIE COSECHADA DE PAPAYA (HECTAREAS) POR
DEPARTAMENTO (1988-1991)

Cuadro Nº 8

Departamento	1988	1989	1990	1991
1.Amazonas	90	61	50	153
2.Ancash	30	30	26	25
3.Apurímac	32	32	32	30
4.Arequipa	9	9	9	9
5.Ayacucho	172	114	132	148
6.Cajamarca	150	152	148	150
7.Cusco	141	195	289	405
8.Huancavelica	25	28	26	25
9.Huánuco	104	106	105	108
10.Ica	4	4	4	4
11.Junín	1904	1446	1196	1216
12.La Libertad	518	240	126	156
13.Lambayeque	14	10	10	10
14.Lima	85	77	54	76
15.Loreto	293	200	237	250
16.Madre de Dios	170	170	169	170
17.Moquegua	0	0	0	0
18.Pasco	60	60	60	60
19.Piura	1745	1782	1332	1341
20.Puno	40	40	40	40
21.San Martín	200	194	190	180
22.Tacna	0	0	0	0
23.Tumbes	45	20	6	6
24.Ucayali	39	39	40	40
TOTAL	5870	5009	4281	4602

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA, ESTADÍSTICAS AGRARIAS (Ver Ref. Bibliog. 19)

6.3 IMPORTACIONES DE PAPAÑA POR PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL (DEMANDA INTERNA)

CUADRO N° 9

AÑO	VALOR FOB(\$)	VALOR CIF (\$)	PESO NETO (KG)	PRECIO (\$/KG)
1988	1,900	2,025	61	\$33.2
1989	3,500	3,466	76.0	\$45.6
1990	5,000	5,670	74.9	\$75.69
1991	15,000	16,680	234.1	\$71.25
1992	-	-	-	-
1993	10,432	11,126	118.8	93.65

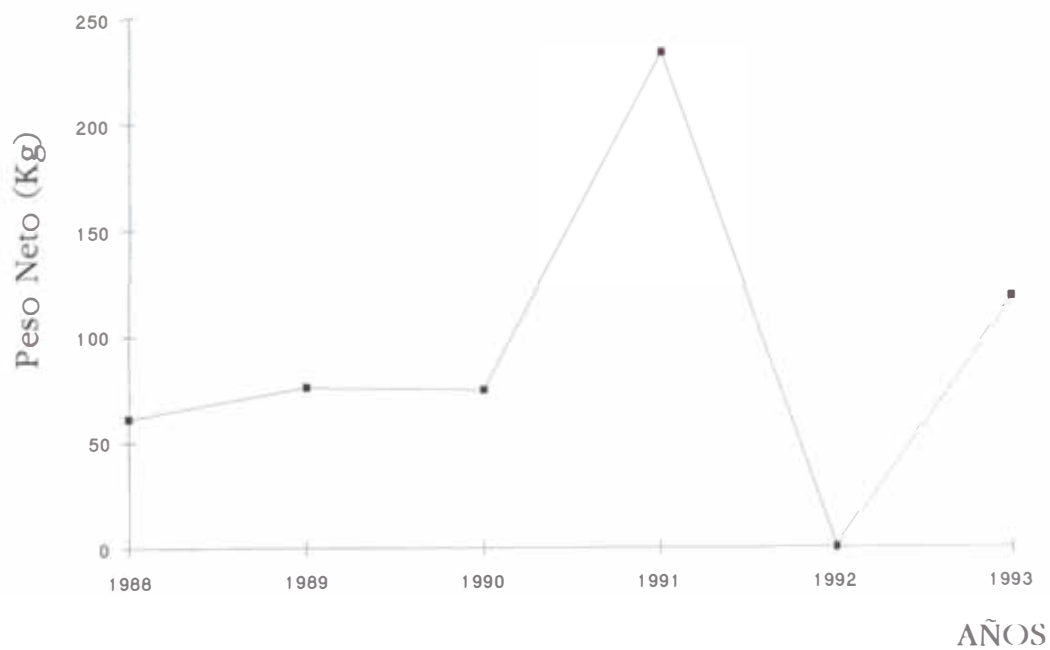
FUENTE : JUNAC y SUNAD (Ver ref. Bibliográfica 14)
PRECIO PROMEDIO (5 últimos años): 85.0 \$ kg

IMPORTACION DE PAPAÑA
POR PARTE DE LA INDUSTRIA NACIONAL

CUADRO N°10

N	A ñ o X	P e s o N e t o (K g . / a ñ o) Y
1	1 9 8 8	6 1
2	1 9 8 9	7 6
3	1 9 9 0	7 4 , 9
4	1 9 9 1	2 3 4 , 1
5	1 9 9 2	0
6	1 9 9 3	1 1 8 , 8

Figura N° 3



6.4 PRONOSTICO DE LA DEMANDA POR LA INDUSTRIA

NACIONAL

Para pronósticos de demanda futura debe evitarse la elección de modelos no lineales, salvo en el caso que existan serias razones teóricas. Una vez realizada la regresión es posible la formulación acerca de la confiabilidad de la pendiente, de la ordenada al origen y de todos los valores predichos de la ecuación. Las magnitudes estadísticas necesarias son las siguientes: La varianza residual $S^2(Y)$, la varianza de la pendiente $S^2(b)$, la varianza de la media $S^2(\bar{Y})$ y la varianza de un punto $S^2(Y_i)$ respectivamente (Ver Ref. Bibliog 25). Si estos valores son muy distorsionados dentro de los niveles de confianza que se requieren la regresión lineal no representará el método para pronosticar futuras demandas.

Asumiendo una ecuación de regresión lineal:

$$Y_i = a + b X_i$$

Donde:

$$a = Y - b * X$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n} = 112.96$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n} = 3$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n (x_i) \sum_{i=1}^n (y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

CUADRO N° 11

AÑO X _i	DEMANDA Y _i	X _i *Y _i	X _i ²	(Y _i -Y)	(Y _i -Y) ²
1	61	61	1	-51.96	2699.84
2	76.0	152	4	-36.96	1366.04
3	74.9	224.7	9	-38.06	1448.56
4	234.1	936.4	16	121.4	4737.96
5	118.8	594	25	5.84	34.11
$\Sigma X_i=15$		$\Sigma Y_i=564.8$	$\Sigma X_i*Y_i=1968.1$	$\Sigma X_i^2=55$	$\Sigma (Y_i-Y)^2= 20,286.51$

Reemplazando en (1)

$$b = \frac{5*1986.1 - 15*564.8}{6*55 - 15^2}$$

$$b = 13.03$$

$$a = \bar{Y} - b * \bar{X} = 112.96 - 13.03 (3)$$

$$a = 73.87$$

como:

$$Y_i = a + b * X_i$$

$$Y_i = 73.87 + 13.03 X_i$$

Realizando los cálculos de $S^2(Y)$ y $S^2(b)$

La desviación estándar para los valores de Y esta dada por la fórmula :

$$S^2(Y) = \frac{1}{n-2} [\sum(\bar{Y}-Y)^2 - b \sum(\bar{X}-X)(\bar{Y}-Y)]$$

donde n-2 representa el número de grados de libertad, ya que han sido gastados dos de ellos al calcular los valores de a y b.

Reemplazando valores tenemos:

$$S^2(Y) = 6196.2$$

$$S(Y) = 78.7$$

La desviación estándar de la pendiente S(b) esta dada por:

$$S^2(b) = \frac{S^2(Y)}{\sum(X-X)^2}$$

Reemplazando valores tenemos:

$$S^2(b) = 619.62$$

$$S(b) = 24.9$$

Para un límite de confianza del 90% en la pendiente

$t_{0,9}$ para n-2 grados de libertad es 2.353

$$b_{0,9} = 13.03 \pm 2.353(24.9)$$

de donde resulta:

$$b_1 = 71.63$$

$$b_2 = -45.57$$

Se observa una acentuada dispersión en los valores de la pendiente, lo cual indica que se tendrá un rango demasiado amplio en la proyección de las demandas futuras.

6.5 IMPORTACIONES DE PAPAÑA POR LOS PAISES DE LA JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA SIN CONTAR PERU

CUADRO N° 12

AÑO	VALOR CIF(\$)	PE O NETO(kg/año)	PRECIO (\$/kg)
1990	165,000.000	2519.6	76.4
1991	391,000.000	5393.1	72.5
1992	212,000.000	2695.5	78.65
1993	399,000.000	4173.6	95.6

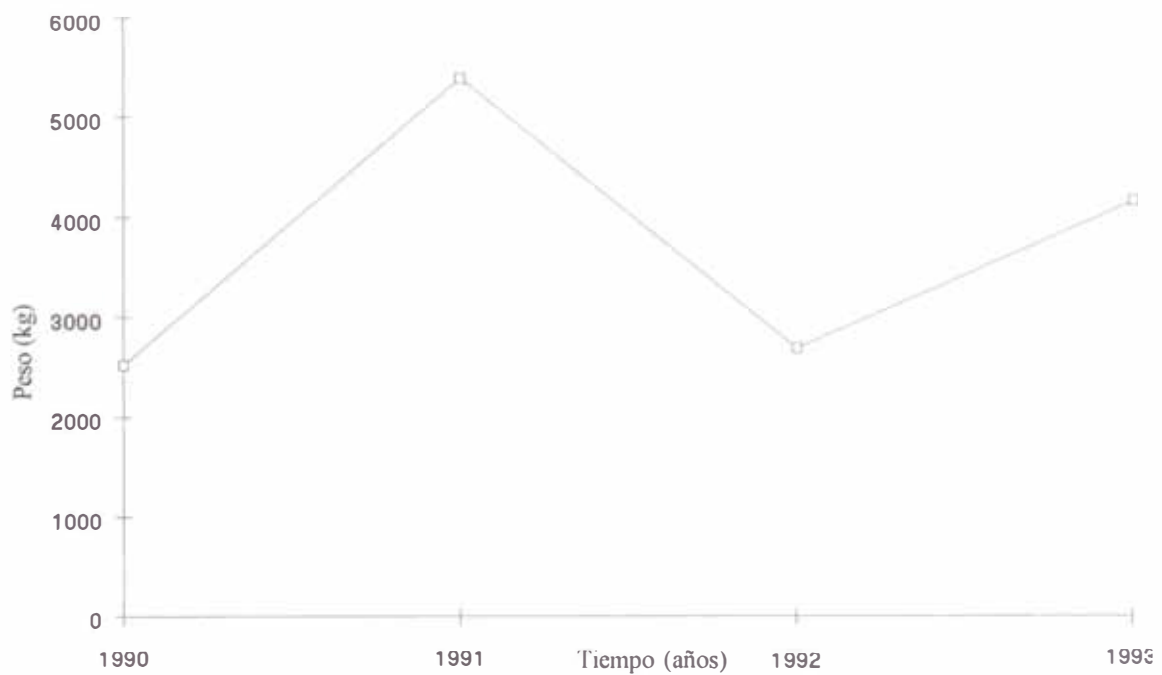
FUENTE: JUNAC-SUNAD (Ver ref. Bibliog.14)
Solo existe información 90-93

IMPORTACIONES DE PAPAINA POR PARTE DE LOS
PAISES DE LA JUNAC

Cuadro N°13

N	Año	Peso Neto (Kg./año)
	X	Y
1	1990	2519,6
2	1991	5393,1
3	1992	2695,5
4	1993	4173,6

Figura N° 4



6.6 PRONOSTICO DE LA DEMANDA POR PARTE DE LOS PAISES DE LA JUNAC

De la ecuación general de la recta:

$$Y_i = a + b X_i$$

Donde:

$$a = \bar{Y} - b * \bar{X} \text{-----(1)}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i)}{n} = 3695.45$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i)}{n} = 2.5$$

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n (x_i) \sum_{i=1}^n (y_i)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$b = 226.44$$

Reemplazando en (1)

$$a = 3695.45 - (226.44)(2.5)$$

$$a = 3695.45 - 566.1$$

$$a = 3129.35$$

Ecuación Lineal

$$Y_i = 3129.35 + 226.44 * X_i$$

Igual que en 6.6 calculando $S_2(Y), S_2(b)$

Se sabe que:

$$S^2(Y) = \frac{1}{n-2} [\sum(\bar{Y}-Y)^2 - b \sum(\bar{X}-X)(\bar{Y}-Y)]$$

reemplazando:

$$S^2(Y) = 2618375.3$$

$$S(Y) = 1618.13$$

Calculando la desviación de la pendiente

$$S^2(b) = \frac{S^2(Y)}{\sum(X-X)^2}$$

$$S^2(b) = 104735$$

$$S(b) = 323.6$$

Para un límite de confianza del 90%

$t_{0,9}$ para $n-2$ grados de libertad es 2.920

$$b_{0,9} = 226.44 \pm 323.6(2.92)$$

de donde resulta:

$$b_1 = 1171.3$$

$$b_2 = -718.5$$

Al igual que en el caso anterior existe una marcada dispersión en el valor de las pendiente de regresión.

El estudio segmentado de mercado de una enzima particular (papaína) dentro de una población de alrededor de 2600 - reconocidas oficialmente - resulta incierto. Esta se acentúa si se toma en cuenta que los datos estadísticos con los cuáles trabajan las compañías importadoras señalan -generalmente- volúmenes globales de enzimas sin señalar su especificidad.

CUADRO Nº 14

PRONOSTICO PARA LA DEMANDA DE LOS PROXIMOS 10 AÑOS

AÑO	DEMANDA INTERNA	DEMANDA EXTERNA	DEMANDA TOTAL
1995	236.7	5481	5717
1996	249.3	6067.6	6316.9
1997	262.4	6294.1	6556.5
1998	275.4	6520.5	6795.9
1999	288.5	6746.9	7035.4
2000	301.5	6973.4	7274.9
2001	314.5	7199.8	7514.3
2002	327.6	7426.3	7753.9
2003	337.6	7652.7	7990.3
2004	353.6	7879.1	8232.6

6.7 CANALES COMERCIALES DISPONIBLES

La papaína se puede importar de 3 formas:

- Directamente por conducto de un importador.
- De fabricantes, del extranjero, por conducto de distribuidores.
- Directamente por un intermediario de productos básicos.

6.7.1 IMPORTADORES

El importador es el intermediario más importante en el comercio de papaína. Es el agente al que se dirigen los fabricantes y los usuarios finales que buscan suministro de papaína. Al importador se le considera un profesional, dado que se especializa en la compra, el transporte y el análisis de papaína.

Los importadores compran directamente de la fuente. Por lo general obtienen sus suministros de Zaire, la India y Sri Lanka que tienen técnicas rigurosas en su producción. Otros países han demostrado irregularidad en materializar suministros de papaína oportunamente.

Los importadores deben estar en capacidad de manejar todo tipo de papaína para satisfacer la demanda de los clientes desde la papaína cruda hasta la ecada por aspersión. Generalmente se prefiere manejar esta última por que se trata de un producto más estable, de un mayor valor agregado y que representa menor inversión en costos por fletes.

Los importadores venden a los fabricantes de preparado y a las industrias que son los usuarios finales. El importador, si es necesario, presta asesoramiento sobre mejores técnicas de recolección, secado y embalaje, así como manipulación y transporte por que a ambas partes le interesa que la papaína llegue a su destino sin que se reduzca su actividad.

6.7.2 FABRICANTES EXTRANJEROS

Los fabricantes europeos y estadounidenses elaboran papaína para su distribución en todo el mundo.

Los fabricantes extranjeros venden a distribuidores de su propia estructura empresarial o a distribuciones independientes. Los distribuidores manejan miles de preparados químicos de fabricantes extranjeros.

6.7.3 INTERMEDIARIO DE PRODUCTOS BÁSICOS

Por lo general, los intermediarios de productos básicos se sienten atraídos por la papaína cuando ésta obtiene un precio alto en el mercado. Obtienen el producto al igual que el importador (Zaire, Uganda, etc) pero el producto que ofrecen no es normalizado ya que su interés es puramente pecuniario.

VII. METODOS PARA LA OBTENCION DE PAPAÍNA

Este capítulo describe las pruebas ensayadas a nivel laboratorio para la obtención de papaína y su posterior utilización para fijar las variables a escala industrial.

Dos son los métodos trabajados:

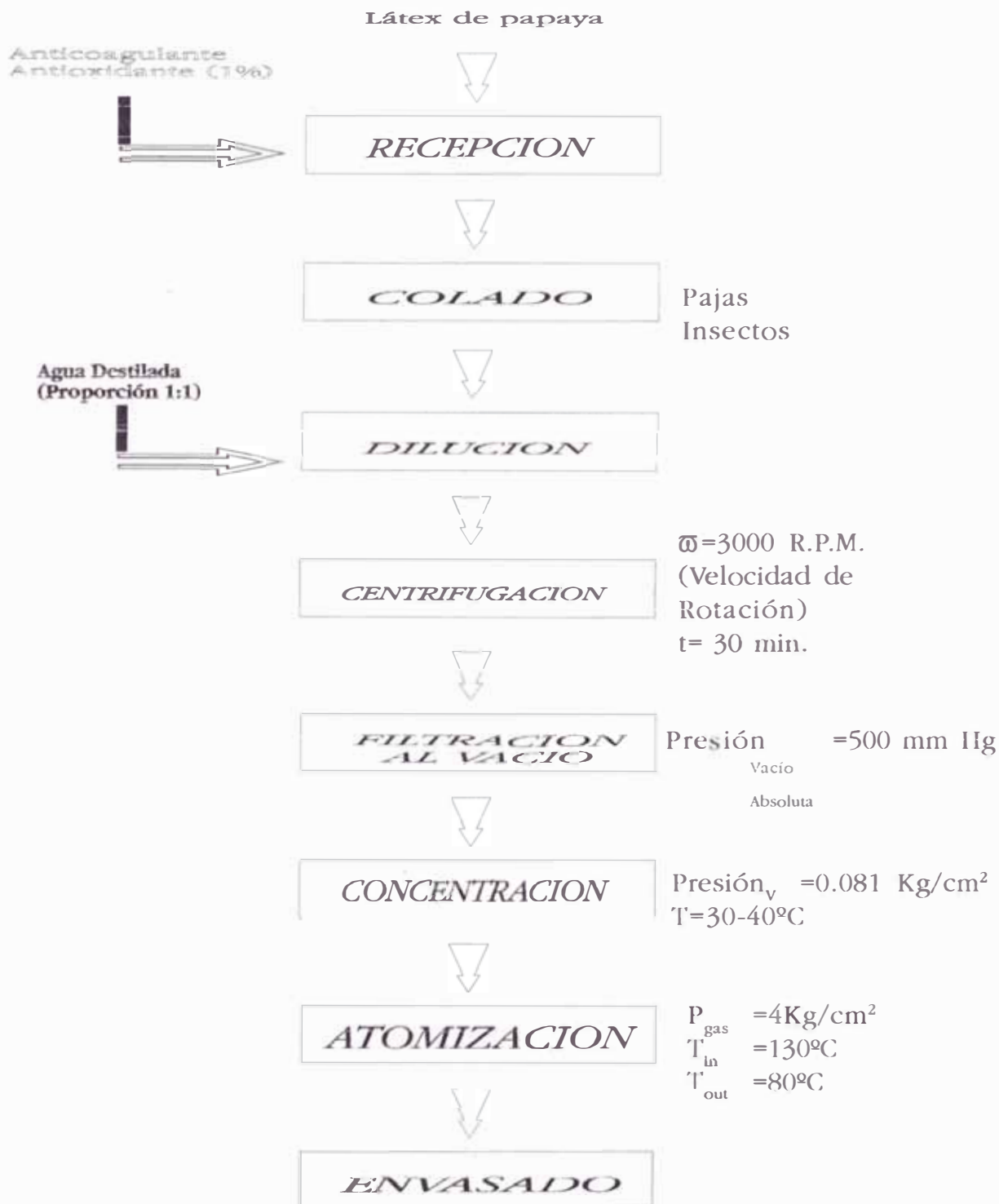
- El procedimiento de Purificación Mecánica.
- El Método de Fraccionamiento Alcohólico.

Además de los dos procedimientos utilizados existen una treintena de métodos para eliminar los compuestos no proteolíticos del látex. Estos consisten en la precipitación de las proteínas con sales (sulfato de Amonio, Acetato de Plomo) ; solventes orgánicos (Alcohol, acetona, cloroformo, éter) y polímeros orgánicos (Polietilenglicol).

La proteína contiene tres componentes: Papaína activa, papaína activable y papaína no activable. La diferencia entre estos componentes parece encontrarse asociada con el estado del grupo tiol del lugar activo. En la papaína activa, el grupo tiol se encuentra completamente reducido. La papaína activable, la cual es inactiva en sí misma, puede ser transformada en papaína activa por medio de la reacción con los tioles. Se han presentado evidencias que demuestran que el grupo tiol se encuentra en un enlace de disulfido con el aminoácido de cisteína en la papaína inactiva. La papaína no activable, no puede ser activada y convertida en un material enzimáticamente activo por adición de tioles. Actualmente se ha desarrollado el método cromatográfico para separar la papaína no activable de aquella que se encuentra activa.

7.1 PROCESO DE PURIFICACIÓN MECÁNICA

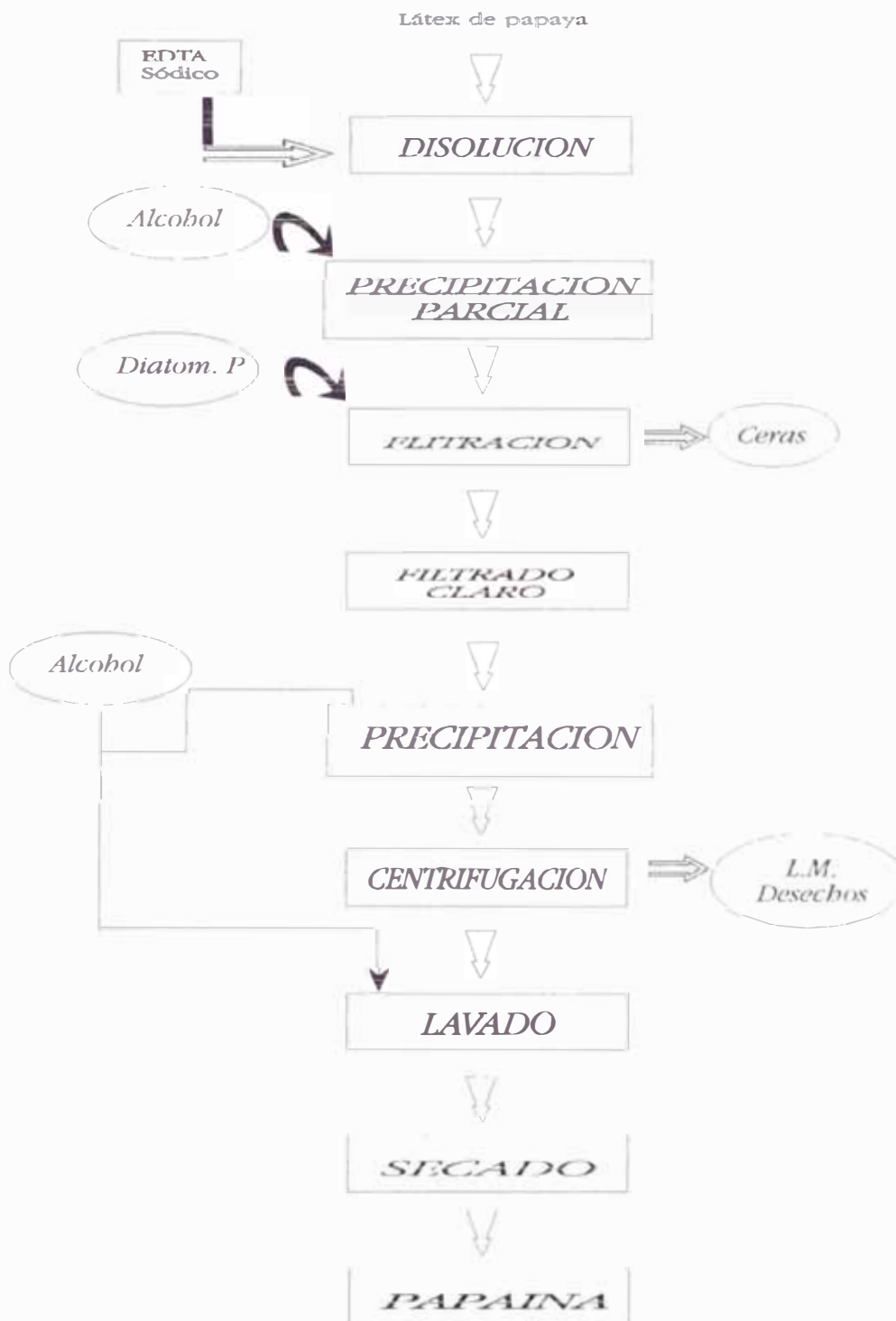
Figura N° 6



Fuente: León Boudart (Ver ref. Bibliog. 16) FOPEX - Fondo Promoción a las exportaciones (Ver Ref. Bibliog. 10)

7.2 PROCEDIMIENTO DE FRACCIONAMIENTO ALCOHOLICO

Figura N° 7



Fuente: Marrero, Miguel García, Jesús
(Ver Ref. Bibliog. 18)

7.3 SELECCION DEL PROCEDIMIENTO

A partir de los diagramas de flujo se observa que las operaciones que intervienen en ambos procesos son las mismas (dilución, centrifugación, filtración, concentración y secado) con la diferencia que el primero de los métodos se caracteriza por la no utilización de solventes orgánicos tratándose solo de una purificación mecánica, mientras que en el segundo caso se encuentra presente la adición de alcohol etílico como agente precipitante que permitirá separar a la papaína de los demás compuestos presentes en el látex.

La selección del método se basará principalmente en dos consideraciones:

1. La actividad enzimática encontrada en cada uno de los productos obtenidos nos indicará la calidad (la papaína se comercializa por actividad).
2. El estudio de los parámetros económicos nos permite diferenciar los costos de cada alternativa.

7.4 SECUENCIA DE LAS PRUEBA REALIZADAS A NIVEL LABORATORIO

En la etapa a nivel laboratorio se utilizó látex seco extraído de plantaciones de Papayo en la localidad de Pampamiche n el Valle de Chanchamayo, provincia de Tarma, departamento de Junín.

Previa a la descripción de los métodos de purificación utilizados se presenta un cuadro con las características promedio de los frutos trabajado : peso, longitud, diámetro y rendimiento promedio de látex (Ver Cuadro N° 15).

Cuadro N° 15

Rendimiento Promedio de Látex por fruto			
Peso del fruto (Kg)	Longitud (c)	Diámetro (c)	Látex recolectado (g) *
1.15	30	10	6
0.73	28.5	9.5	5.6
0.82	27.2	8.6	5.8
1.08	28.9	9.2	6
-Variedad de fruto		:	PAUNA
-Tiempo de vida del fruto		:	8-10 meses
-N de recolecciones por fruto		:	3 veces cada 2 días
-Hora de sangría		:	6-9 a.m. ó al atardecer
-Hora de recolección		:	A partir de las 10 a.m.
-Tiempo de drenaje		:	Los primeros 8-10 . fluye rápida- mente, posteriormente se hace len- ta hasta cesar a los 30 segundos

*El látex recolectado incluye el que se coagula en el fruto y es posteriormente raspado.

7.4.1 METODO DE PURIFICACION MECANICA

- ☐ Recolección y adición de antioxidante y anticoagulante.-Se recibe en una bandeja de plástico de color oscuro y boca

ancha al cual se le va agregando las soluciones antioxidantes (metabisulfito de sodio) y anticoagulante (citrato de sodio) conservándose en refrigeración hasta su uso en el Laboratorio de Orgánica.

- ❑ Colado.-Para separar las pajas o insectos que se encuentren presentes en el látex los cuales cayeron al momento de la extracción. El grado de contaminación dependerá de las precauciones que se tomen previa a la extracción del látex:limpieza del polvo y suciedad presentes en el fruto así como el humedecimiento de la superficie con el anticoagulante logrando que el látex discurra con facilidad y no quede a medio camino,expuesto a las impurezas del medio hasta ser recuperado (el trabajo de campo indica la imposibilidad de evitar que parte del látex coagule).Estas previsiones se verán facilitadas si es que la altura y disposición de los frutos es la adecuada.
- ❑ Dilución.- El látex es diluido en agua ablandada en la proporción de 1:1 para solubilizar la máxima papaína posible y eliminar el mayor número de bacterias en la posterior centrifugación.
- ❑ Centrifugación.- La muestra es centrifugada para separar sus impurezas biológicas y químicas obteniéndose 3 fases: Una sobrenadante, una parte líquida y un precipitado. De estas 3 fases al menos la fase líquida es procesada para obtener papaína en polvo. La materia insoluble (fase sólida)

da) se vuelve a diluir y se centrifuga. La fase líquida obtenida durante este último proceso sigue el proceso siguiente.

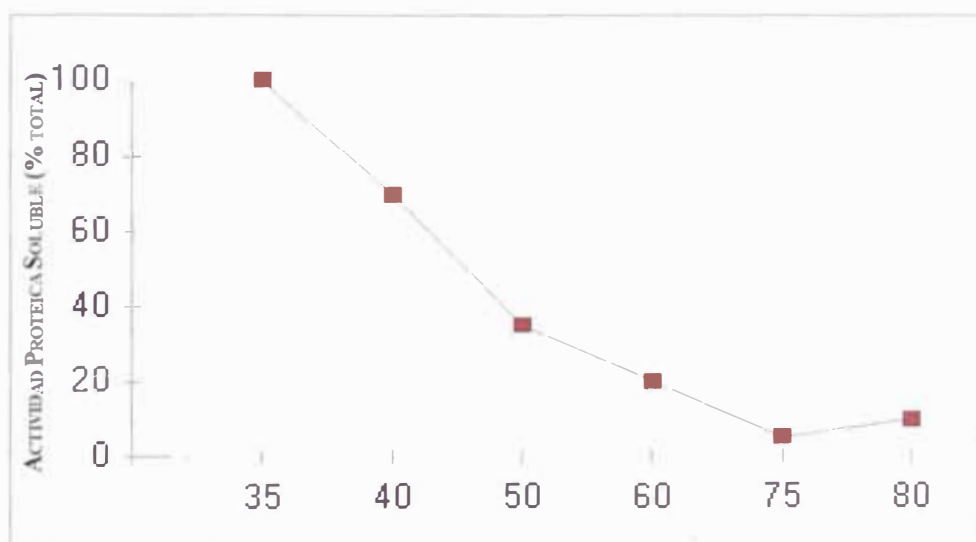
- ❑ Filtración.- El líquido resultante es filtrado para retirar las últimas fracciones de los componentes insolubles del látex.
- ❑ Concentración.- La papaina filtrada es concentrada para evitarle gasto de energía y tiempo al atomizador. Esta concentración se realiza en equipo que trabajan a una presión de vacío de 400 mm Hg. y a una temperatura inferior a 100°C. Con un volumen proveniente del filtrado de 238 ml a un volumen de concentrado de 124 ml se tuvo un tiempo de trabajo aproximado de 35 minutos. Se observó que mientras la solución se concentra esta adquiere mayor viscosidad la que dificulta una adecuada transmisión de calor.
- ❑ Atomización.- La papaina concentrada es secada por atomización con un porcentaje de humedad mínimo de 8%.
- ❑ Envasado.- El producto final es envasado en bolsas de polietileno, los cuales a su vez se ubican en envases oscuros debido a que son sensibles a la luz.
- ❑ Almacenamiento.- Se realizará a temperatura ambiente.

7.4.2 METODO DE FRACCIONAMIENTO ALCOHOLICO

Es necesario indicar que la adición de solventes orgánicos como alcohol etílico a soluciones acuosas proteicas reducen la solubilidad de estas al reducir la constante dieléctrica del medio. Se demostró experimentalmente que cuando se trabaja a una concentración de alcohol entre 30-50% la actividad se encuentra casi en su totalidad en el sobrenadante (Ver fig. N° 8). A este sobrenadante se le ajusta la concentración alcohólica entre 65-75% produciéndose la precipitación de la proteína (papaína). Al efectuarse el respectivo análisis enzimático en el sobrenadante y el precipitado se comprueba que es en esta última fracción donde se concentra la actividad.

En general los solventes a trabajar deben permanecer a una temperatura inferior a 4°C ya que en caso contrario puede dar lugar a la desnaturalización de la proteína.

Figura N° 8
Variación del Rendimiento de Papaína
en la Precipitación



El secado por atomización y en horno a presión reducida presenta ventajas y desventajas que señalamos a continuación:

VENTAJAS:

- a) Puesto que los tiempos de secado son muy cortos, muchos materiales termosensibles pueden ser secados satisfactoriamente, mientras que otros equipos de secado (horno) no resultan adecuados.
- b) En este secado el material no está en contacto con las paredes del equipo hasta que está seco y, además, las paredes se encuentran aproximadamente a la temperatura del aire de salida; por lo tanto se reducen los problemas de pegado y corrosión del equipo.
- c) El producto es obtenido como un polvo finamente dividido y en forma fácilmente soluble en un disolvente apropiado, lo que no ocurre en el caso de los hornos donde existe la tendencia a la formación de grumos.
- d) Las condiciones de limpieza y semiesterilidad son más fácilmente obtenidas que en los otros equipos de secado (horno).

DESVENTAJAS:

- a) El contenido de calor por unidad de peso del producto es alto debido a que el contenido de humedad en la alimentación puede ser grande comparado con la mayor parte de los otros equipos de secado.
- b) El costo del equipo es alto respecto del tonelaje anual del producto seco.
- c) Todas las impurezas de la alimentación quedan retenidas en el producto.

DESCRIPCION DEL METODO

- ❑ Primera Dilución: El látex es diluído en alcohol al 96% hasta alcanzar una concentración alcohólica entre 30-50%.
- ❑ Primera Filtración: Después de un breve reposo se filtra y el residuo formado esencialmente por ceras y resinas se desecha.
- ❑ Segunda Dilución: Al filtrado claro se le agrega alcohol hasta alcanzar una concentración entre 65 y 75%.
- ❑ Segunda Filtración: La papaína precipitada se separa por filtración o centrifugación.
- ❑ Secado: Se seca en un horno a presión reducida o se atomiza previo lavado con alcohol.

7.4.3 PRINCIPALES VARIABLES EXPERIMENTALES UTILIZADAS EN LOS DOS METODOS

CUADRO Nº 16

OPERACION	CARACTERISTICAS Y VARIABLES IMPORTANTES
MUESTRA	En ambos casos se agrega la solución anticoagulante (al 12%) y la solución antioxidante (al 9%).
CENTRIFUGACION	Se realizan a una velocidad de 3000 r.p.m. por 30 minutos.
FILTRACION	Se filtran al vacío con un kitasato y embudo Buchner. Presión Absoluta de vacío=500mm Hg.
EVAPORACION	Se realizan en el evaporador rotatorio (rotavapor) al vacío. Pvacío = 400mmHg
SECADO POR ATOMIZACION	Velocidad en el rodete $\omega=30000$ r.p.m. P=5kg/cm ² Tin=130°C Tout= 80°C Flujo: 166 gotas/min

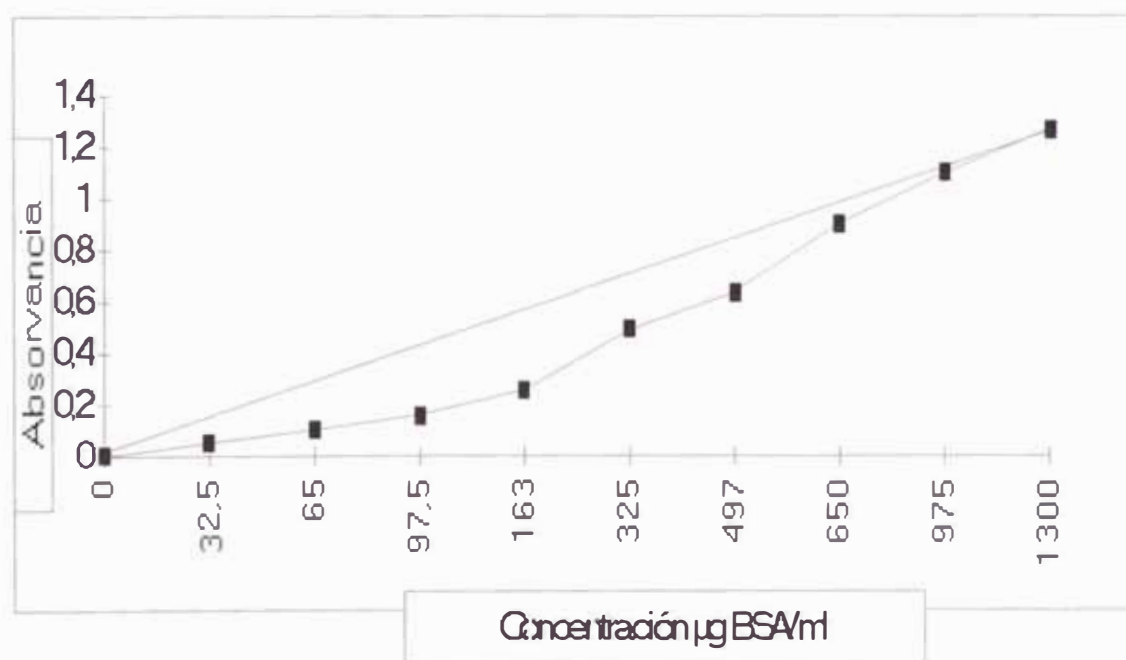
7.6 CURVA ESTANDAR DE ALBUMINA

CUADRO Nº17

Concentración ($\mu\text{gBSA/ml}$)	Absorvancia Experimental
32,5	0,053
65	0,103
97,5	0,159
162,5	0,257
325	0,494
497	0,639
650	0,904
975	1,1
1300	1,271

Se basa en la preparación de soluciones de Albúmina de Suero de Bovino de concentración conocida ($32 \mu\text{g BSA/ml}$ hasta $1300 \mu\text{g BSA/ml}$), procediéndose a su lectura por el método colorimétrico con el reactivo Folin-Ciocalteau.

Figura Nº 9



7.6 CURVA ESTANDAR DE TIROSINA

 $\lambda=750$

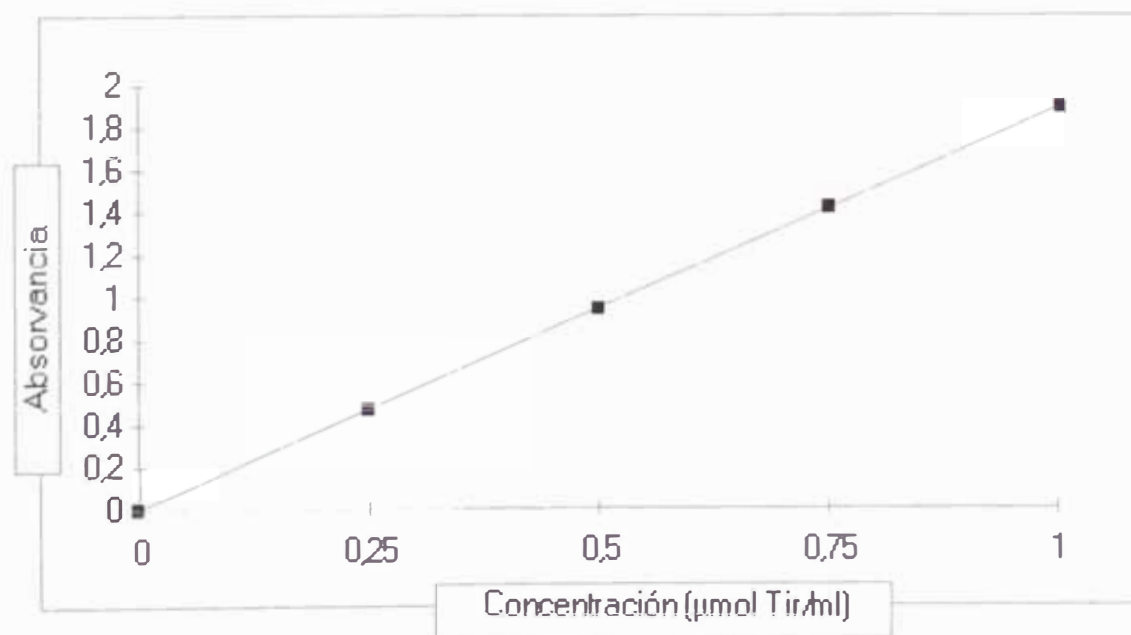
(nm)

Cuadro N° 18

Concentración ($\mu\text{Mol Tir/ml}$) (X)	Absorvancia Experimental (Y)	Absorvancia Teórica (Y)
0,1	0,265	0,189
0,25	0,51	0,4725
0,5	0,89	0,945
0,75	1,035	1,4175
1	1,64	1,89

Para la curva estandar de Tirosina se preparan soluciones de Tirosina en HCL 0.2 M de concentración conocida (desde 0.1 $\mu\text{mol Tir/ml}$ hasta 1 $\mu\text{mol Tir/ml}$) procediéndose a su lectura por el método colorimétrico con el reactivo Folin - Ciocalteu

Figura N°10



7.7 RESULTADO DE LAS PRUEBAS EXPERIMENTALES

A NIVEL LABORATORIO

RESULTADOS A NIVEL LABORATORIO DE LATEX DE PAPAYA PREPURIFICADO MECANICAMENTE

Cuadro Nº19

Prueba Nº	CENTRIFUGADO					CONCENTRACION		
	Látex (g)	Agua Destilada (ml)	Látex Diluido (g)	Precipitado (g)	Centrifugado "+sobre (g)	Filtrado (ml)	Agua Evaporada (ml)	Concentrado (ml)
1	50	50	100	27	73	60	28	32
2	50	50	100	30	70	55	27	28
3	50	50	100	31	69	54	26	28
4	30	30	60	18	42	34	16	18
5	30	30	60	16	44	35	17	18

SECADO

Prueba Nº	Agua Evaporada (ml)	Producto Obten.(g)	Rendimiento (%)	Contenido de Proteínas (1)	Activ. Enzimática del Producto (2)	Activ. Especifica (3)
1	24	8	16	2.5	1.07	0.43
2	20.5	7.5	15	2.3	1.0	0.44
3	20.5	7.5	15	2.2	1.04	0.37
4	12.5	5.5	18.3	2.0	0.96	0.39
5	12.4	5.6	18.3	2.0	0.98	0.38

RESULTADOS A NIVEL LABORATORIO DEL LATEX PREPURIFICADO POR IRACCIONAMIENTO ALCOHOLICO

Cuadro Nº 20

Prueba Nº	PRIMERA DILUCION			CENTRIFUGADO			SEGUNDA DILUCION			FILTRADO		
	Látex (g)	Alcohol al 40% (g)	Rendimiento (%)	Precipitado (g)	Centrifugado (g)	Alcohol al 60% (g)	Alcohol al 60% (g)	Centrifugado (g)	Filtrado (g)	Torta Humeda (g)	Filtrado (g)	Torta Humeda (g)
1	50	35	17	24	61	61	61	61	47	14	47	14
2	50	35	16	25	60	60	60	60	47	13	47	13
3	50	35	18	25	60	60	60	60	47	14	47	14
4	30	20	16	14	36	36	36	36	29	8	29	8
5	30	20	16.6	13	37	37	37	37	30	9	30	9

Prueba Nº	Torta Seca (g)	Rendimiento (%)	Contenido de Proteína "(1)	Actividad Enzimática "(2)	Actividad Especifica "(3)
1	8.5	17	2.2	1	0.45
2	8	16	2.3	1.1	0.48
3	9	18	2.2	1	0.45
4	4.8	16	2.1	0.9	0.43
5	5	16.6	2.1	0.9	0.43

(1) Contenido de proteínas: mgBSA/mg muestra

(2) Actividad enzimática: U/mg de muestra donde U=µmoles Tirosina liberadas/minuto

(3) Actividad específica:U/mg de proteína

VIII. TECNOLOGIA DE LAS OPERACIONES UNITARIAS Y RESULTADOS

8.1 Tecnología del Proceso

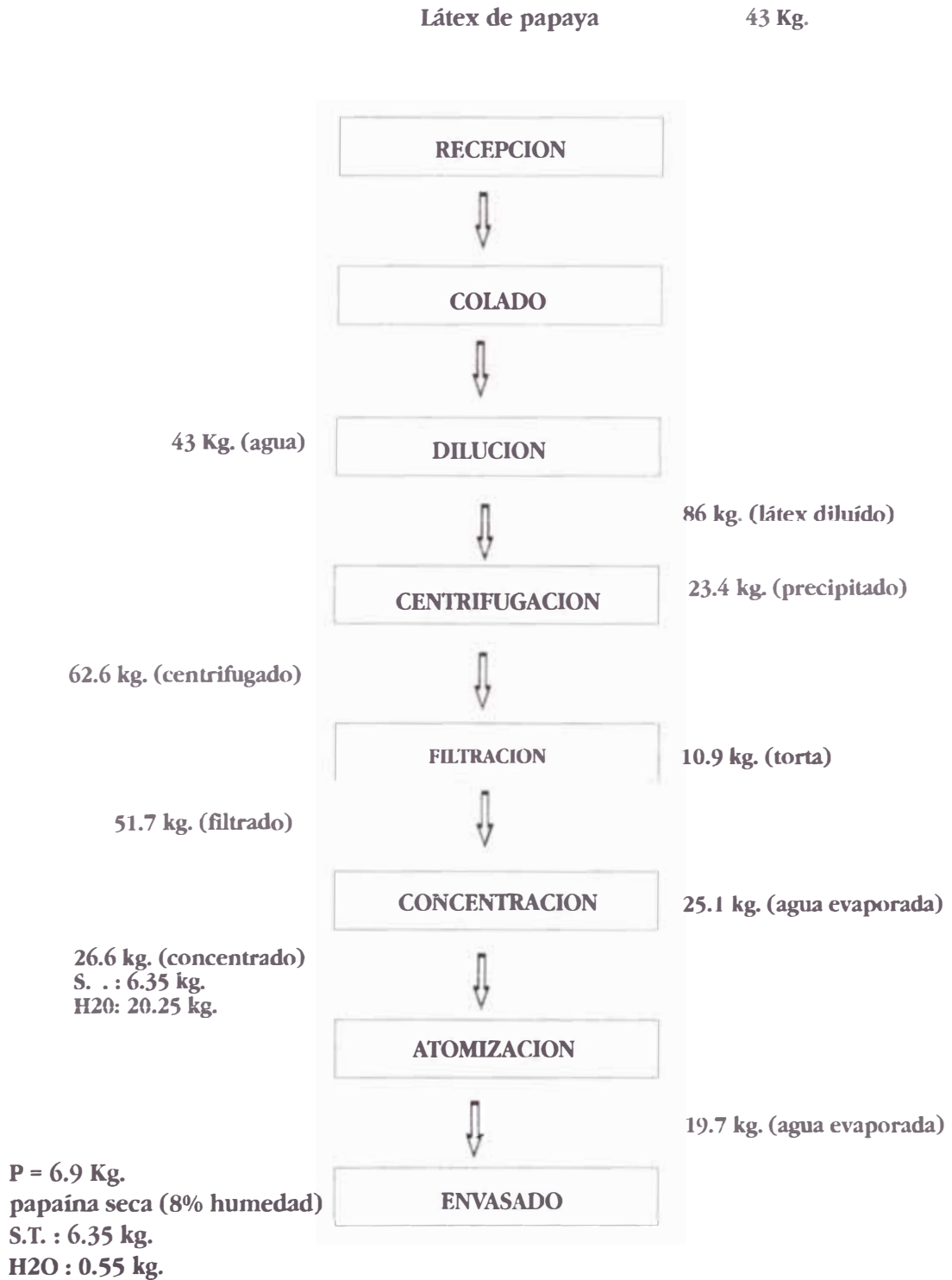
8.1.1 Estimación de la disponibilidad de materia prima

1. Al ubicarse la planta de purificación de papaína en la selva central (Valle de Chanchamayo), la materia prima será extraída de plantaciones de papaya de esta localidad.
2. Según estadísticas del Ministerio de Agricultura la superficie cosechada de papaya en el departamento de Junín fue de 1,216 hectáreas en el año 1991 y con un promedio similar en los últimos 5 años.
3. Nos hemos fijado un volumen de producción de papaina en 20 TM/año teniendo como referencia una producción mundial permanente de 300 TM/año.
4. Tomando como rendimiento de papaína, con respecto al látex fresco, el obtenido en las pruebas experimentales (16%) se necesitan 125 TM de látex fresco/año ó 347 Kg/día ó 43 Kg/hr (1 año=360 días; 1 día=8 horas).
5. Considerando 6 gramos de látex fresco por fruto (Ver cuadro N 15) luego de tres recolecciones y con una capacidad de 4000 plantas por hectárea, con 12 frutos disponibles por planta se tendrá:
 $(6 \text{ grs látex/fruto}) \times (12 \text{ frutos/planta}) \times (4,000 \text{ plantas/Há}) = 288 \text{ Kg. de látex/Há}$
6. Estamos hablando entonces de un área de cultivo de :

$$(125 \text{ TM de látex/año}) / (288 \text{ Kg. látex/Há}) = 434 \text{ Há/año}$$

8.1.2 Diagrama de Flujo para el Balance de Masa

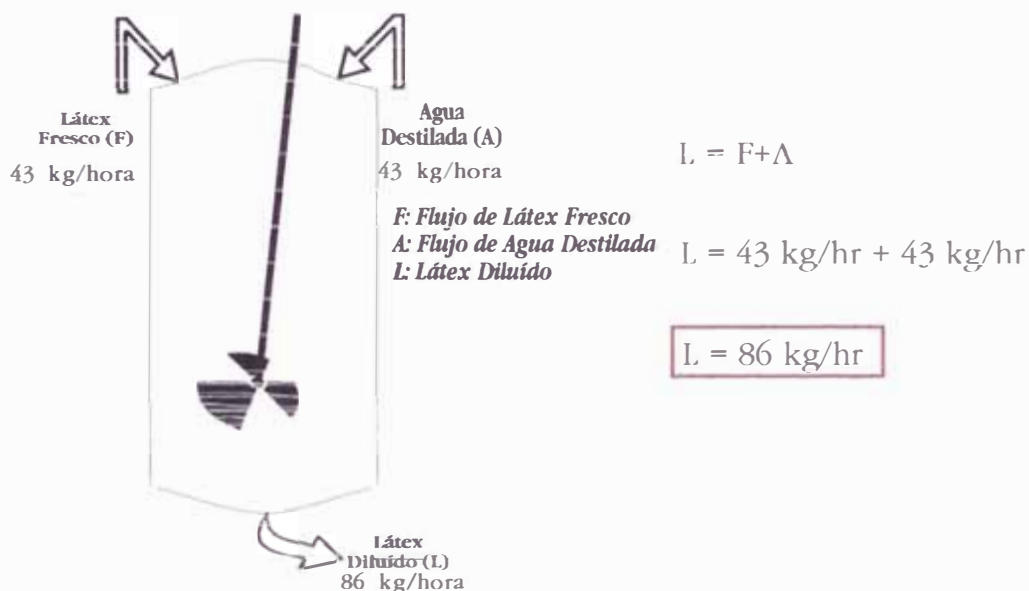
Figura N° 11



Rendimiento : 16%

8.1.3 Balance de Masa en el Mezclador

Figura N°12



8.1.4 Balance de Masa en la Centrífuga

Figura N°13

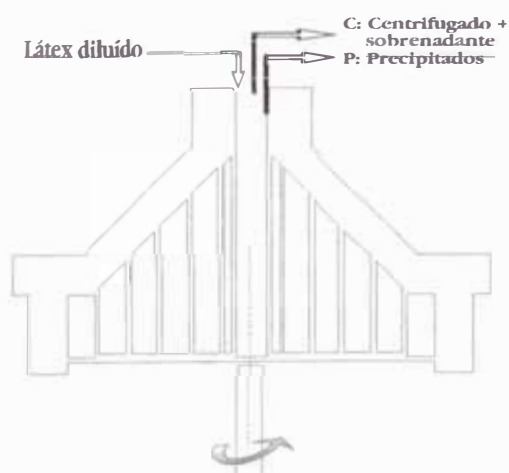


Tabla de Actividades obtenida experimentalmente

Cuadro N°21

a_l (U/mg)	a_c (U/mg)	a_p (U/mg)
0.111	0.135	0.047

Donde U: μmol de Tirosina liberada/min

C: centrifugado + sobrenadante

P: precipitado

 a_l = Actividad Enzimática del látex a_c = Actividad Enzimática del Centrifugado a_p = Actividad Enzimática del precipitado

Balance de Masa Total:

$$L = C + P \quad 86 = C + P \quad \dots\dots(1)$$

Balance de Masa por Actividad Enzimática

$$La_t = Ca_c + Pa_p$$

$$(86)(0.111) = C(0.135) + P(0.047) \quad \dots\dots\dots(2)$$

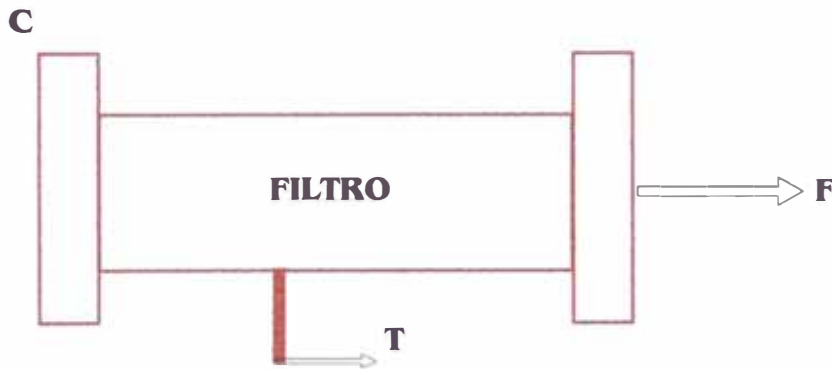
Reemplazando en (1) y (2)

$$P = 23.4 \text{ kg/hr}$$

$$C = 62.6 \text{ kg/hr}$$

8.1.5 Balance de Masa en el Filtro

Figura N° 14



C: Centrifugado

F: Filtrado

T: Torta (sobrenadante)

a_f : Actividad Enzimática del Filtrado

a_T : Actividad Enzimática de la torta o sobrenadante

a_c : Actividad Enzimática del centrifugado

Cuadro N° 22

a_c (U/mg)	a_f (U/mg)	a_T (U/mg)
0.135	0.143	0.097

$$C = F + T$$

$$62.6 = F + T \dots\dots\dots(1)$$

$$Ca_c = Fa_f + Ta_t$$

$$62.6 (0.135) = F(0.143) + T (0.097)$$

$$8.45 = 0.143F + 0.097T \dots\dots\dots(2)$$

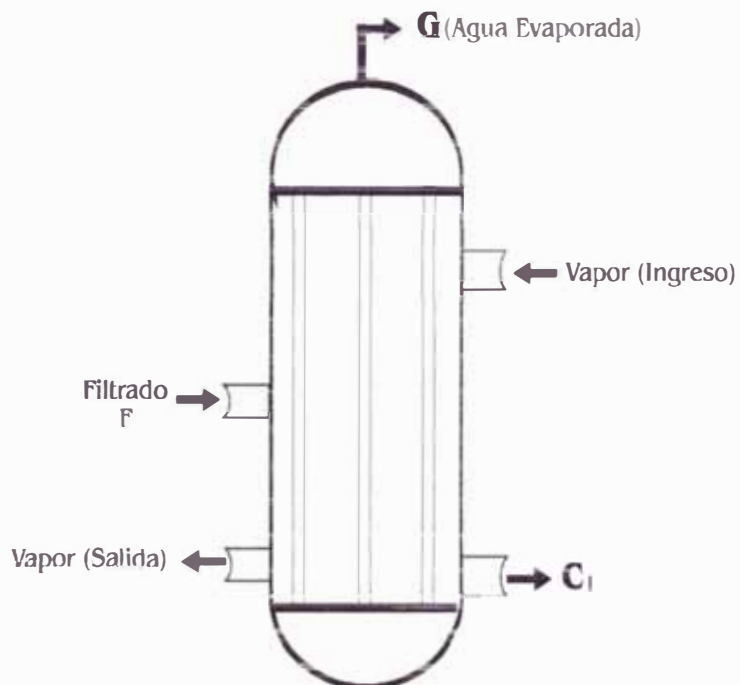
De (1) y (2)

$$T = 10.9 \text{ kg/hr}$$

$$F = 51.7 \text{ kg/hr}$$

8.1.6 Balance de Masa en el Evaporador

Figura N° 15



F: Filtrado

C₁: Concentrado

G: Agua Evaporada

a_F: Actividad Filtrada

a_{c₁}: Actividad del concentrado

a_G: Actividad del agua

x_{h₁}: Contenido de humedad en el concentrado

Cuadro N° 23

a_{cl}	a_G	a_F	x_{hl}
0.278	0	0.143	0.31

Balance de Masa

$$F = G + C_1$$

$$51.7 = G + C_1 \dots \dots \dots (1)$$

Balance de Actividad

$$Fa_F = Ga_G + C_1 a_{cl}$$

$$Fa_F = C_1 a_{cl}$$

$$(51.7)(0.143) = C_1(0.278) \dots \dots (2)$$

De (2) y (1)

$$G = 25.1 \text{ kg/hr}$$

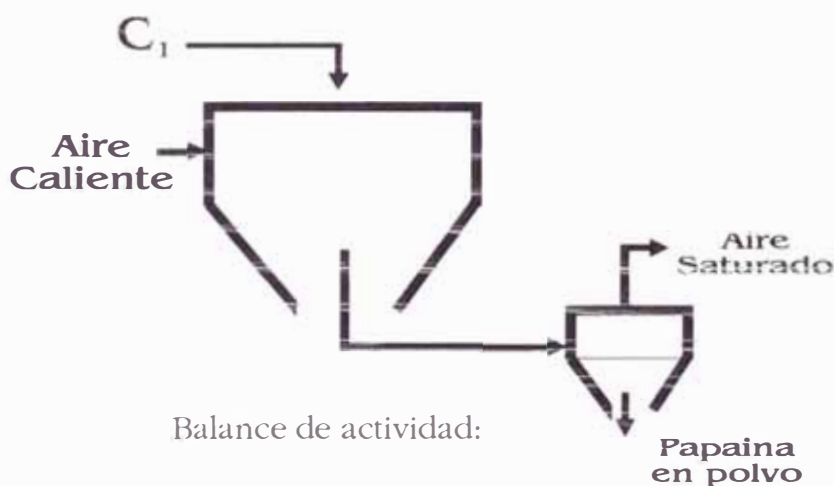
$$C_1 = 26.6 \text{ kg/hr}$$

ST (Sólidos totales en el concentrado) 6.9 kg/hr

$$H_2O = 19.7 \text{ kg/hr}$$

8.1.7 Balance de Masa en el Atomizador

Figura N° 16



C_1 : Concentrado
 a_{cl} : Actividad del concentrado
 P: Papaina en polvo
 a_p : Actividad de la papaina
 a_p : 1.07

Balance de actividad:

$$C_1(a_{cl}) = P(a_p)$$

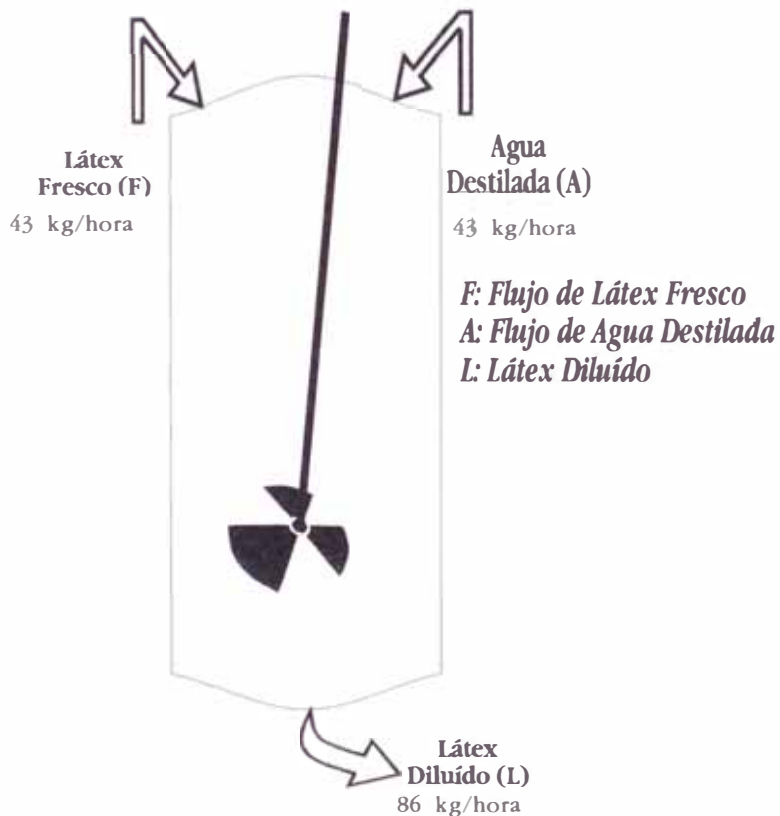
$$(26.6)(0.278) = P(1.07)$$

$$P = 6.9 \text{ kg/hr}$$

8.2 Diseño y Especificaciones de los Equipos en las Operaciones Implicadas para la Producción de Papaína

8.2.1 Diseño y Especificación del Mezclador

Figura N°17



En el mezclador se dispersará el látex fresco con agua ablandada en la proporción (1:1) por un intervalo de 1 hora.

El mezclador ha de constar de un recipiente cilíndrico vertical dentro del cual habrá un agitador.

Como la $d_m = 1.13 \text{ kg/lt}$ d_m : densidad de la mezcla

Sea θ : Tiempo de residencia (1 hora)

ρ_L : densidad del látex (1.3 Kg/lt)

ρ_w : densidad del agua (1 Kg/lt)

F_L : Flujo Volumétrico de látex

F_w : Flujo volumétrico de agua

F_s : Flujo Total de látex diluído

V_e : Volumen efectivo

V_r : Volumen real

$$F_L = (43 \text{ kg/hr}) / (1.3 \text{ Kg/lt})$$

$$F_L = 33 \text{ lt/hr}$$

$$F_w = (43 \text{ Kg/hr}) / (1 \text{ kg/lt})$$

$$F_w = 43 \text{ lt/hr}$$

$$F_s = F_L + F_w$$

$$F_s = 76 \text{ lt/hr}$$

$\theta = V_e / F_s$, despejando V_e tenemos:

$$V_e = (1 \text{ hr})(76 \text{ lt/hr})$$

$$V_e = 76 \text{ lts}$$

20% de factor de seguridad

$$V_r = (76)(1.2)$$

$$V_r = 91.2 \text{ lts}$$

$$V_r = \frac{\pi D^2 L}{4} \quad A = \pi D L + \frac{\pi D^2}{2}$$

expresando el área en función del volumen conocido y el diámetro y derivando con respecto a este último tenemos:

$$A'(D) = 4V(-1)/D^2 + \pi(2D)/2 = 0$$

de lo cual se tiene:

$$D = (4V/\pi)^{1/3}$$

$$L = 4V/\pi (\pi/4V)^{2/3}$$

reemplazando:

$$L = 48.6 \text{ c} = 1.6 \text{ ft}$$

$$D = 48.6 \text{ c} = 1.6 \text{ ft}$$

ESPECIFICACION DEL TK-MEZCLADOR

VOLUMEN EFECTIVO DEL TANQUE = 76 lt

VOLUMEN REAL DEL TANQUE = 91.2 lt

D=1.6 ft H=1.6 ft

FORMA: TANQUE VERTICAL CERRADO CON FONDO CONICO CON UN
ESPESOR DE 1/8"

TIPO DE AGITADOR: HELICE DE TRES PALAS

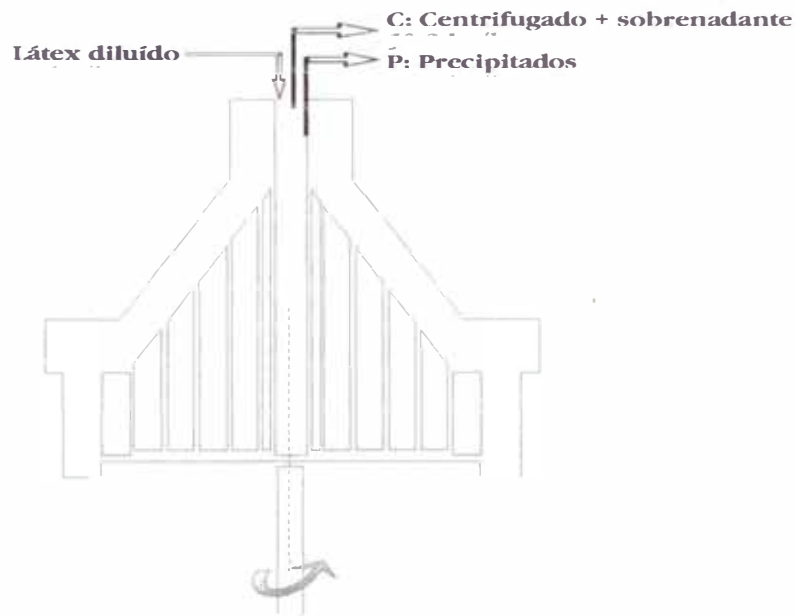
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

POTENCIA: 0.25 HP (Cálculo de la potencia en el agitador en el

Apéndice 5)

8.2.2 DISEÑO Y ESPECIFICACION DE LA CENTRIFUGA

Figura N° 18



Utilizaremos una centrífuga de Sedimentación tipo ROTOR TUBULAR con las siguientes características:

- Fuerza centrífuga alrededor de 13,000g.
- Bajas capacidades de operación
- Opera con pequeñas concentraciones de sólidos

De la Referencia Bibliográfica N°23 - Tabla 19-29

CENTRIFUGA	DIAMETRO DEL TAZON	VELOCIDAD (rpm)	FUERZA CENTRIFUGA	RENDIMIENTO	TAMAÑO TIPO
TIPO	EN PULGADAS		MAXIMA POR GRAVEDAD	(Gal/Min)	DEL MOTOR (HP)
TUBULAR	1 3/4	50000	62400	0.05-0.25	
	4 1/8	15000	13200	0.1-10	2
	6	15000	15000	0.2-20	3

ESPECIFICACIONES DE LA CENTRIFUGA

TIPO: ROTOR TUBULAR

DIAMETRO DEL TAZON : 6"

VELOCIDAD: 1500 R.P.M.

FUERZA CENTRIFUGA: 15900 g

TAMAÑO DEL MOTOR: 3 HP

8.2.3 DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL FILTRO

ESPECIFICACIONES DEL FILTRO

Figura N° 19

C: 62.6 Kg/hr



CALCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA DE VACIO

PESO DE LA SUSPENSION A FILTRAR = 62.6 Kg

PESO DE LA TORTA OBTENIDA = 10.9 Kg (17.4%

en peso de la suspensión)

HUMEDAD DE LA TORTA = 30%

DENSIDAD DEL FILTRADO	= 0.97 Kg/lt
VOLUMEN DE FILTRADO	= 53.3 lt (1.88 ft ³)
PRESION EN LA ENTRADA DE LA BOMBA	= 9.7 psi
PRESION A LA SALIDA DE LA BOMBA	= 14.7 psi
CAIDA DE PRESION (ΔP)	= 5psi
TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO	= 24°C (75°F)
RELACION ADIMENSIONAL (α/β)	= 0.6
ϕ_a (fracción de área filtrante)	= 0.1
ϕ_f (fracción de área sumergida)	= 0.3
μ_a (viscosidad del aire a 75° F)	= 0.016 cp
μ (viscosidad del agua a 75° F)	= 0.984 cp
w(lb de torta seca por ft ³ de filtrado:16.8/1.88)	= 8.94
m(lb de torta seca)	= 10.9*0.7*2.2=16.8 lb

Q_f (flujo de aire en ft³/hr)

$$\text{donde } Q_f = \phi_a * \mu * \alpha * m / \phi_f * \mu_a * 2\beta * w$$

reemplazando valores tenemos:

$$Q_f = 5.78 \text{ ft}^3/\text{hr a } 75^\circ\text{F y } 1 \text{ ATM}$$

Calculando la Potencia de la Bomba de Vacío

$$P = 3.03 * 10^{-5} * K * P_1 * Q_{fm1} * 144 [(P_2/P_1)^{(k-1)/k} - 1] \dots \dots \dots (\alpha)$$

donde

K = relación entre las capacidades caloríficas del gas a presión y volumen constante

Q_{fm1} = caudal de gas en pies cúbicos por minuto en las condiciones reinantes a la entrada de la bomba de vacío

$$Q_{fm1} = (5.78)(14.7)(144)/(60)(14.7-5)(144)$$

$$Q_{fm1} = 0.157 \text{ ft}^3/\text{min}$$

reemplazando en (α):

$P = 0.03$ HP (utilizaremos la bomba comercial mas pequeña)

ESPECIFICACIONES DEL FILTRO

FLUJO TOTAL: 62.6 kg/hr

FLUJO LIQUIDO: 51.7 Kg/hr

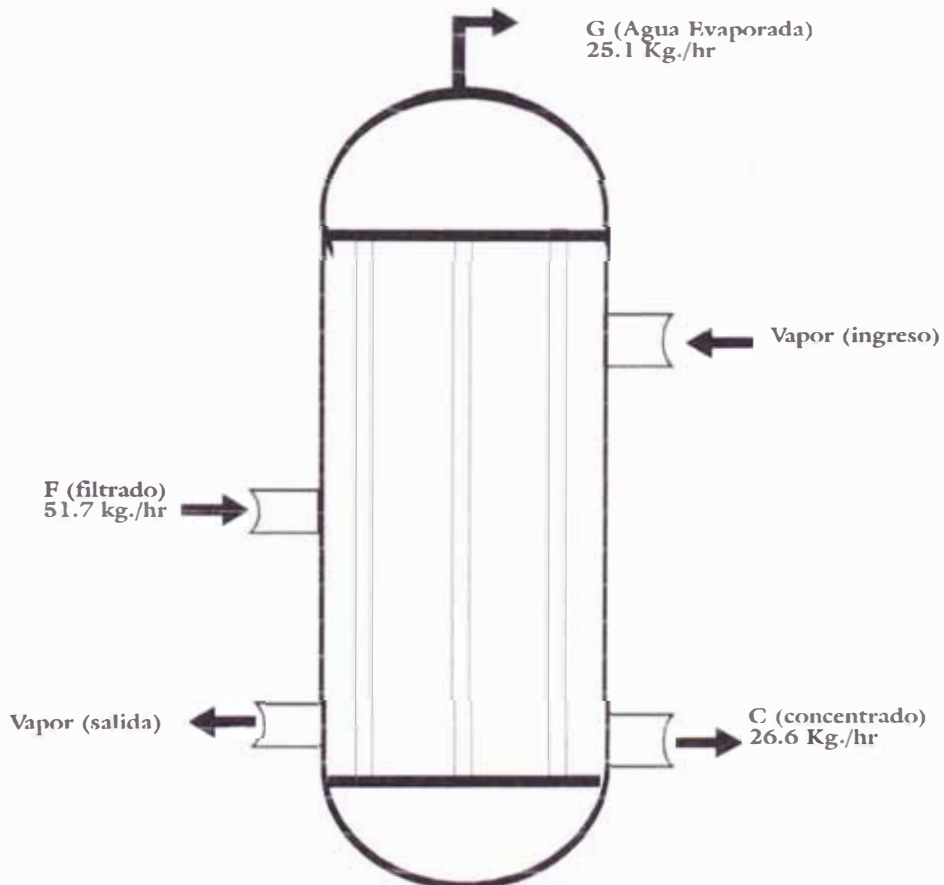
FLUJO SOLIDO: 10.9 Kg/hr

CAIDA DE PRESION: 5 psi.

POTENCIA DE LA BOMBA : 0.5 HP

8.2.4 DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL EVAPORADOR

Figura N^o 20



NOMENCLATURA

$$G \text{ (agua evaporada)} = 25.1 \text{ kg/hr}$$

$$F \text{ (solución sin concentrar)} = 51.7 \text{ kg/hr}$$

$$C \text{ (solución concentrada)} = 26.6 \text{ kg/hr}$$

$$T \text{ (temperatura máxima permisible de concentración)} = 60^\circ\text{C}$$

$$m_v \text{ (masa de vapor de calentamiento)} = ?$$

$$P_{\text{sat}} \text{ (presión de saturación a } 60^\circ\text{C)} = 0,2031 \text{ kg/cm}^2$$

$$\lambda_g \text{ (calor latente de evaporación del agua)} = 563.26 \text{ kcal/kg}$$

$$P_v \text{ (presión del vapor de calentamiento)} = 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_v \text{ (temperatura del vapor de calentamiento)} = 100^\circ\text{C}$$

$$\lambda_v \text{ (calor latente del vapor de calentamiento)} = 538.9 \text{ Kcal/kg}$$

$$T_{\text{in}} \text{ (temperatura de ingreso de la solución sin concentrar)} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{out}} \text{ (temperatura de salida del concentrado)} = 60^\circ\text{C}$$

$$C_{\text{ef}} \text{ (calor específico de la alimentación)} = 0.9 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

POR BALANCE DE ENERGIA

$$Q \text{ cedido por el vapor} = Q \text{ ganado por solución} + Q \text{ ganado por agua evaporada}$$

$$m_v \lambda_v = F C_{\text{ef}} (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) + G \lambda_g$$

$$m_v (538.9) = (51.7)(0.9)(60-24) + (25.1)(563.26) = 30888.6$$

$$m_v = 57.3 \text{ kg/hr}$$

ECONOMIA

$$\text{Economía} = \frac{\text{Agua evaporada}}{\text{vapor de calentamiento}}$$

$$\text{Economía} = 25.1/57.3$$

$$\text{Economía} = \frac{0.44 \text{ kg Agua evaporada}}{\text{kg de vapor de calentamiento}}$$

CALCULO DE NUMERO DE TUBOS:

-Del Manual del Ingeniero Químico Fig 10-30 (Ver Ref. Bibilog 23)

Para una temperatura de ebullición de 60°C(140°F):

$$U=350 \text{ Btu/ht ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$U=1708 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Tomando en cuenta el factor de ensuciamiento (fouling) para líquidos de proceso:

$$h_{di}=200 \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$h_{di}=976 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C (Tabla 10-9 Manual de Perry)}$$

-La práctica mas generalizada en un evaporador de tubos largos es el empleo de tubos de 2" de diámetro exterior con una longitud de 1.5 m

-De PRINCIPIO DE OPERACIONES UNITARIAS; FOUST,ALAN. Apéndice C-7 (Ver Ref. Bibliog. 11)

Diámetro exterior (pulg)	Espesor de la pared BWG (pulg)	Diámetro Interno (pulg)
2	16 0.065	1.87

-Calculando Ue (Coeficiente Global Total)

$$U=1708$$

$$1/U_e = 1/U + r_o/h_{di}r_i$$

$$r_o=0.75$$

reemplazando:

$$r_i=0.685$$

$$U_e=600 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h_{di}=1000$$

de:

$$U \times A \times \Delta T = 30888.6 \text{ kcal}$$

$$(600 \text{ kcal/m}^2\text{ }^\circ\text{C})(A)(100-60)^\circ\text{C} = 30888.6 \text{ kcal}$$

$$A=1.28\text{m}^2$$

Sobredimensionando un 10% más

$$A \text{ diseño} = 1.1A = 1.42 \text{ m}^2$$

$$A \text{ diseño} = 15.24 \text{ ft}^2$$

$$A = N * \pi * D * L$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$D = 2" = 0.0508 \text{ m}$$

$$N = A / \pi * D * L = 1.42 / (3.1416)(0.0508)(1.5)$$

$$N = 5.9$$

$$N = 6 \text{ tubos}$$

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA DE VACIO PARA EL EVAPORADOR

V_2 (Volumen de aire retirado por la bomba de vacío)

$$V_2 = N * \pi * (D^2/4) * L = (6)(3.1416)(0.0508^2/4)(1.5) \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V_2 = 0.018 \text{ m}^3/\text{min} = 0.64 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Sobredimensionando 20%

$$V_2 = (0.64)(1.2) = 0.77 \text{ ft}^3/\text{min}$$

De:

$$Q * P_1 = V_2 * P_2 \dots\dots(1)$$

Donde:

$$P_1 = 0.77 \text{ lb/pulg}^2$$

$$P_2 = 14.7 \text{ lb/pulg}^2$$

de (1)

$$Q = (V_2 * P_2)/P_1 = (0.77)(14.7)/0.77$$

$$Q = 14.7 \text{ ft}^3/\text{min}$$

$$\text{Potencia teórica} = 3.03 * 10^{-5} * K * P_1 * Q * 144 [(P_2/P_1)^{(k-1)/k-1}]$$

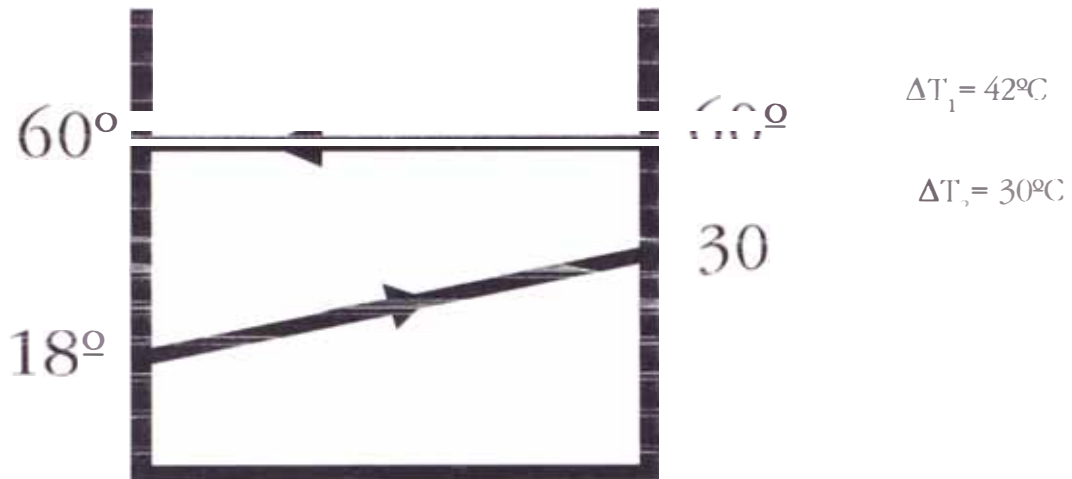
K - 1

$$\text{Pot. teor.} = 0.228 \text{ IIP}$$

ASUMIMOS UNA BOMBA DE VACIO DE POTENCIA = 0.5 IIP

DISEÑO DEL AREA DEL CONDENSADOR

UTILIZADO POR EL EVAPORADOR



$$Q = U A M \Delta T$$

$$14138 = U \cdot A \cdot (\Delta T_1 - \Delta T_2) / \ln(\Delta T_1 / \Delta T_2) \dots (1)$$

Para intercambiador de cubierta y tubo $U = 400-800 \text{ Btu/hr ft}^2\text{F}$
 (1920-3840 kcal/hr m² °C) Ver R. f. Bibliog. 11.

$$U = 1920 \text{ Kcal/m}^2\text{C}$$

Reemplazando en (1)

$$A = 0.74 \text{ m}^2$$

Con un incremento de 20%

$$A_{\text{diseño}} = 0.89 \text{ m}^2 = 9.58 \text{ ft}^2$$

ESPECIFICACIONES DEL EVAPORADOR

FUNCION: INCREMENTAR EL PORCENTAJE DE SOLIDOS EN LA SOLUCION

□ Area de Intercambio de calor: 15.24 ft²

□ Altura de los tubos : 1.5m

□ Diámetro de los tubos : 2"

□ Número de tubos del evaporador : 6

□ Presión de descarga : 14.7 lb/pulg²

□ Presión de vacío absoluta : 0.77 lb/pulg²

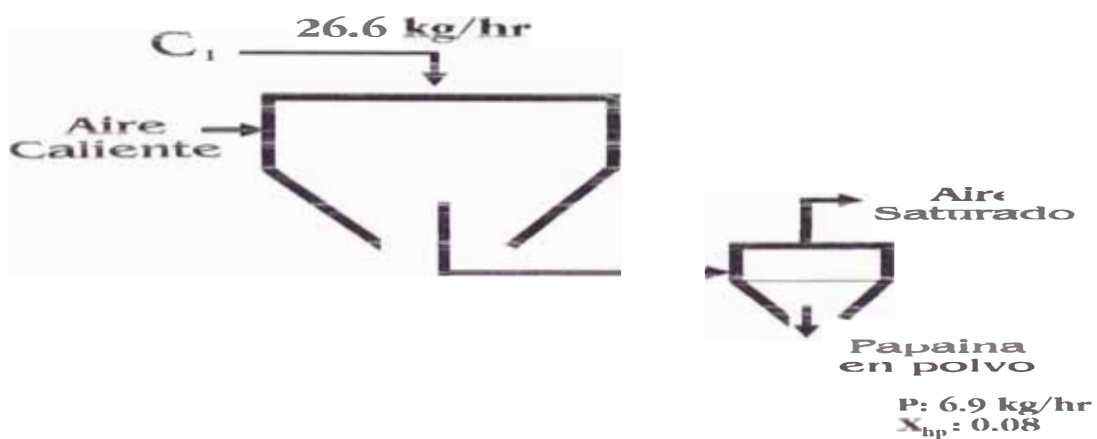
□ Potencia de bomba de vacío: 0.5 HP

□ Temperatura al interior de los tubos: 60°C

□ Area del condensador: 9.6 ft²

8.2.5 DISEÑO Y ESPECIFICACION DEL SECADOR

Figura N° 21



NOMENCLATURA

P (Flujo de producto) = 6.90 kg/hr

C_1 (Flujo de alimentación) = 26.6 kg/hr

X_{c1} (Contenido de humedad de la alimentación) = 0.76

X_{hp} (Contenido de humedad en el producto) = 0.08

I (Flujo de aire seco)

I_o (Flujo de aire húmedo)

H_1 (Humedad absoluta)

T_o (Temperatura de bulbo húmedo del ambiente)

T_1 (Temperatura de entrada de la cámara de secado)

T_2 (Temperatura de salida de la cámara de secado)

T_{2sat} (Temperatura de saturación adiabática)

T_R (Temperatura de referencia) 30°C

C_e (Calor específico del aire) = 0.238 kcal/kg°C = 0.238 BTU/lb°F

C_e (Calor específico del vapor de agua) = 0.46 Kcal/Kg°C = 0.46 BTU/lb°F

C_e agua (Calor específico del agua) = 1 kcal/kg°C

BALANCE DE AGUA

$$E = S$$

$$I * H_i + C_1 * X_{C1} = I * H_0 + PX_{hp} \dots\dots\dots(1)$$

Asumiendo que el secado es adiabático

Humedad Relativa (Chanchamayo) = 80%

Temperatura Ambiente (Chanchamayo) = 24 °C = 75°F

Fijamos temperatura de salida en 158°F = 70°C.

Usando Diagramas Psicométricos:

Para Hr = 80% y T = 75°F

$$h_i = 0.016 \text{ lb agua/lb aire seco}$$

$$T_{2sat} = 112.4^\circ\text{F} \quad h_0 = 0.054 \text{ lb agua/lb aire seco}$$

Reemplazando en (1) se tiene:

$$I*(0.016)+(26.6)(0.76) = I*(0.054)+(6.90)(0.08)$$

$$I = 503.9 \text{ kg/hr} = 1108.7\text{lb/hr}$$

$$I = 1108.7\text{lb A.S./hr}$$

$$I_0 = I * (1 + h_i)$$

$$I_0 = 1108.7(1 + 0.016)$$

$$I_0 = 1126.4 \text{ lb aire húmedo/hr}$$

Requerimiento de Energía del Secador:

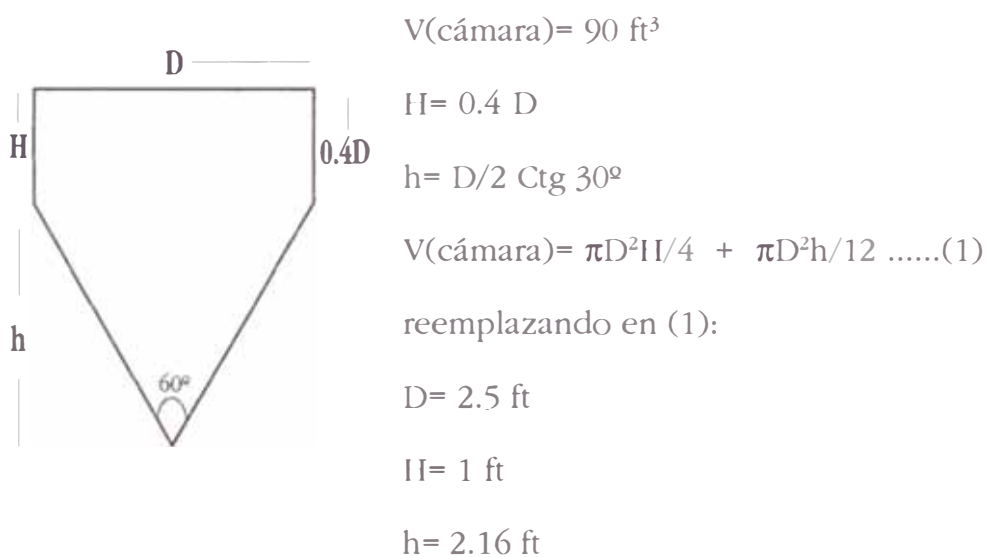
$$Q_M = I_0 * C_{\text{paire}} * T_{\text{aire}}$$

$$Q_M = (512 \text{ Kg/hr})(0.023 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(160-24)^\circ\text{C}$$

$$Q_M = 1601.5 \text{ kcal/hr} = 24.8 \text{ HP}$$

POTENCIA REQUERIDA DEL MOTOR = 24.8 HP

Sabiendo la capacidad evaporativa del secador(42 lb/hr) del gráfico 20.72 del Manual del Ingeniero Químico (Ver Ref. Bibliog 23) obtenemos el volumen de la cámara del secador



El diámetro del disco depende del tamaño del secador, tomando las medidas que tiene el secador del laboratorio asumimos la siguiente relación:

$$\text{diámetro del disco/diámetro de la cámara} = 0.16 \text{ ft}/4.8\text{ft} = 0.04$$

trabajando con nuestros valores:

$$\text{Diámetro del disco} = 0.16 \text{ ft}$$

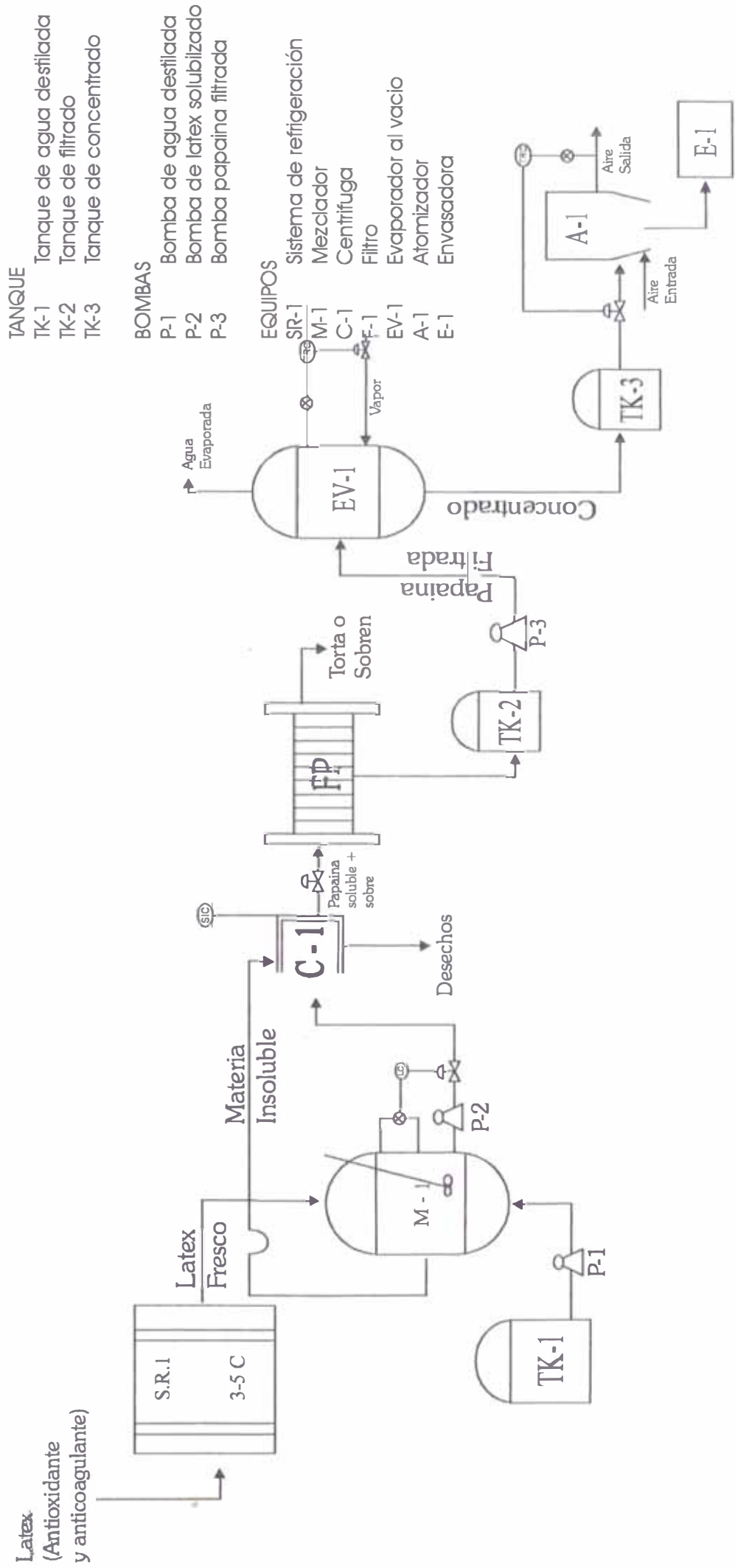
El utilizar diámetros pequeños lleva a trabajar a altas velocidades. Asumimos un secador tipo Planta Piloto

ESPECIFICACIONES DEL ATOMIZADOR

FU CION SECADO INSTANTANEO DEL PRODUCTO

FLUJO DE AGUA A EVAPORAR:	42.13 Lb/hr
FLUJO DE AIRE SECO:	1108.7 Lb/hr
FLUJO DE AIRE HUMEDO:	1126.4 Lb/hr
-PRESIO DE TRABAJO:	4Kg/cm ²
-VELOCIDAD DEL DISCO:	30000 RPM
-DIAMETRO DEL DISCO ROTATORIO:	0.16 ft
-NUMERO DE VENTANAS:	24

FIG. No. 22
 DIAGRAMA PARA LA OBTENCION DE PAPAINA EN POLVO
 A PARTIR DEL LATEX DE PAPAYA



IX. EVALUACION ECONOMICA

La tarea de evaluar económicamente requiere medir objetivamente ciertas magnitudes resultantes y combinarlas en operaciones aritméticas a fin de obtener un coeficiente de evaluación. La objetividad no implica desconocer que existen diferentes contenidos de evaluación, sin embargo, definido un criterio y reconocidas como válidas sus premisas deberá expresarse en cifras.

9.1 COSTO DE LA PLANTA

Los requerimientos monetarios para la instalación de una planta se pueden agrupar en dos grandes rubros: Inversión Fija y Capital de Trabajo.

9.1.1. ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN FIJA.

La inversión fija, incluye el capital necesario para:

1. Equipos adquiridos: Para el cálculo de costos de equipos se han utilizado los Costos de Marshall & Stevens para marzo del 94. El costo ha sido expresado en dólares a marzo de 1994.

(1 US\$ = S/.2.10) ver cuadro N°24.

2. Instalación del equipo Adquirido: La instalación del equipo adquirido requiere mano de obra, soportes, plataforma, gastos de construcción y otros factores relacionados con lo mismo. Se estima que el costo de instalación de los equipos varía desde el 35 al 45% del costo de adquisición del equipo (elegimos el 40%). En éste como en la mayoría de los casos siguientes se elegirá el promedio de la variación (por tratarse de una unidad de producción localizada

fuera de la capital) salvo indicación contraria como el de la energía eléctrica en el que se considera el máximo valor.

3. Instrumentación y Controles: El costo total de la instrumentación depende de la cantidad de controles necesarios y puede ser del orden del 6 al 30% del costo de adquisición de los equipos (elegimos el 18%).
4. Tuberías y accesorios: Incluye mano de obra, válvulas, tuberías y demás accesorios que se relacionan directamente con el tendido de tuberías que se utilizan en el proceso. El costo de tuberías y accesorios puede llegar al 100% del costo de los equipos o al 20% de la inversión de capital fijo (elegimos el 100% del costo de equipos).
5. Instalaciones Eléctricas: e tienen en cuenta los materiales necesarios para las instalaciones de potencia e iluminación, transformadores y otros. El costo de las adquisiciones eléctricas llega a ser del 10 al 15% del valor de los equipos adquiridos (elegimos el 15%).
6. Instalaciones de Servicio: Las instalaciones para proveer vapor, agua, potencia, aire comprimido, combustible, protecciones contra incendio, etc. El costo de estos suele encontrarse entre el 30 y el 60% del costo de los equipos (elegimos el 45%).
7. Obras Civiles: El costo de las obras civiles, incluyendo servicios para el proceso es del 5 al 18% del costo de adquisición de los equipos (elegimos el 12%).

Cuadro N° 24

COSTO DE EQUIPOS (24)(25)

ITEM	Descripción	Costo CIF (\$)
CE.	Centrífuga	42598
EV	Evaporador al vacío y Condensador	58410
FP	Filtro	14160
A	Tanque Agitado	6726
SE.	Secador por Atomización	25488
CA	Generador de Vapor (*)	21240
BV	2 Bombas de Vacío	3658
BC	3 Bombas centrífuga	271
RE	Sistema de Refrigeración(*)	2390
	TOTAL	US\$184941
	(*)Equipo de manufactura nacional	
	Costo Equipos	US\$184941

8. Terreno: La planta requiere de 600 m² de terreno y estará ubicado en la zona de Chanchamayo donde el costo es US\$2.5 m² (17)
9. Ingeniería y Supervisión: este costo representa aproximadamente el 10% de la totalidad de los costos directos del proceso.
10. Gastos de Construcción y Puesta en Marcha: Se considera aproximadamente el 12% de la totalidad de los costos directos.
11. Eventualidades: Generalmente se incluye para contrarrestar los efectos imprevisibles. Se encuentra entre 8 y 20% de la inversión de capital fijo. (elegimos 14%)

9.1.2 ESTIMACION DEL CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo es la disponibilidad que se requiere para cubrir los desembolsos que permiten iniciar las actividades y sufragar los gastos hasta que se produzcan ingresos suficientes se considera el 10% de la inversión total del capital.

9.1.3 INVERSION TOTAL DE CAPITAL

La suma de la inversión de capital fijo y de capital de trabajo se conoce como inversión total de capital o simplemente inversión total.

Cuadro N° 25

INVERSION TOTAL DE CAPITAL.

Costos Directos		Valor (US\$)
1. Equipos adquiridos		184941
Centrífuga	42598	
Evaporador al vacío y Condensador	58410	
Filtro	14160	
Tanque Agitado	6726	
Secador por Atomización	25488	
Generador de Vapor (*)	21240	
2 Bombas de vacío	3658	
3 Bombas centrífuga	271	
Sistema de Refrigeración(*)	2390	
2. Instalación		73976
3. Instrumentación y controles		33289
4. Tuberías y accesorios		184941
5. Instalaciones Eléctricas		27741
6. Obras civiles		22192
7. Instalaciones y Servicios		83223
8. Terreno		1500
TOTAL (CD)		US\$ 611803
Costos Indirectos		Valor (US\$)
9. Ingeniería y Supervisión		61180
10. Gastos de construcción y puesta en marcha		73416
11. Eventualidades		121507
TOTAL (CI)		US\$ 256103
Inversión de capital Fijo = CD+CI		867906
Capital de trabajo		96434
Inversión total de capital		US\$ 964340

9.2 COSTO TOTAL DEL PRODUCTO

Este costo puede dividirse en dos categorías: Costo de Fabricación y Gastos Generales.

9.2.1 Costo de Fabricación

En los costos de fabricación se incluyen todos los gastos relacionados con la fabricación o producción y con los equipos físicos de la planta como:

1. **Materia Prima:** Se refiere al látex de papaya. A los agricultores propietarios de las zonas de cultivo de papayo en Chanchamayo se les pagará por la extracción y el daño ocasionado al fruto en su presentación (lo que disminuye el precio de venta en el mercado). Conforme se avance hacia la explotación integral del fruto el costo de materia prima será representado por los gastos ocasionados en el cultivo (si es que optamos por plantaciones propias) o por la compra de la papaya en chacra. En el presente trabajo el costo de materia prima comprenderá el sueldo pagado a los agricultores encargados de la recolección. Considerando incisionar alrededor de 4,000 plantas día deducimos que unas 400 personas son las encargadas de esta tarea. Fijando un valor de US\$150/mes tenemos un costo de mano de obra de:

$$(400)(US\$150/mes)(12 \text{ m ses/año}) = US\$ 720000/año$$

Es necesario capacitar previamente a los agricultores a fin de asegurar materia prima de calidad

- 2.- Mano de Obra: 5 personas para la planta

Costo Anual: $(5 \text{ personas}) * (200 \$ / \text{mes}) * (12 \text{ mese} / \text{año}) = \12000 al año
3. Supervisión directa: Generalmente se requieren 2 supervisores por planta, pero debido a lo delicado del proceso consideramos 8 supervisores a US\$5000/año. Esta supervisión debe incluir el trabajo de campo.
4. Servicios Auxiliares: El costo de los servicios auxiliares, como vapor, electricidad, agua para el proceso, etc asciende a un 10% del costo total del producto.
5. Mantenimiento y Reparaciones: Para mantener una planta en eficientes condiciones de operación se requieren gastos de mantenimiento y reparaciones, pueden ser tan bajos como el 2% del costo de equipos. Si este trabaja en condiciones operativas no muy severas, puede llegar hasta un 20% en caso contrario (elegimos un 10%).
6. Suministro para las Operaciones: En toda operación de producción se requiere suministros tales como planos, diagramas, lubricantes, reactivos para análisis químico. El costo anual puede ser de alrededor del 10 al 20% del costo de mantenimiento y reparación.
7. Gastos de Laboratorio: Incluye el gasto de los ensayos de laboratorio para el control de operaciones y el control de calidad de los productos. Este costo puede situarse entre el 10 y el 20% del costo de mano de obra (elegimos el 20%).

8. Depreciación: Los equipos, edificios y materiales que forman parte de la planta industrial en el transcurso de su vida útil se deprecian. Generalmente se utiliza un método lineal para su determinación.
9. Impuestos locales: En las zonas menos densamente pobladas, los impuestos son del 1 al 2% de la inversión de capital fijo.
10. Seguros: Estos gastos suelen ser del 0.4% al 1% de la inversión del capital fijo (elegimos el 1%).
11. Gastos Generales de la Planta: Incluye gastos para la limpieza general, varios embalajes, seguridad, protección, etc. El costo por gastos generales varía entre el 10 y 20% del costo total del producto (elegimos el 20% por los cuidados a tener en el producto).

9.2.2 GASTOS GENERALES

Se refiere a los gastos administrativos, de distribución y marketing (en los tres casos asumimos como un 2% del costo total del producto).

CUADRO Nº26

COSTO TOTAL DE PRODUCTO

COSTOS DE FABRICACION (CF)

a. Costos directos de fabricación (CD)	Valor en US\$
1.Materia Prima	720000
2.Mano de obra	12000
3. Supervisión directa	40000
4.Servicios auxiliares	141958
5.Mantenimiento y reparación	18494
6.Suministro para las operaciones	1849
7.Gastos de laboratorio	2400
TOTAL (CD)	936701

b. Gastos fijos (GF)	
8.Depreciación	96434
9.Impuestos locales	8679
10.Seguros	8679
TOTAL (GF)	113792

c.Gastos generales de la planta (GP)	
11.Gastos generales de la planta	283936
TOTAL (GP)	283936

$$CF=CD+GF+GP$$

$$CF=US\$1334429$$

d. Gastos Generales	
1Gastos administrativos	28391
2.Gastos de distribución y marketing	28391
3.Gastos de investigación	28391
TOTAL (GG)	85173

Costo total de producto (CT):

US\$1419602/año

Para una producción de 20 TM/año

Costo unitario del producto (CU):

US\$1419602/20000

$$CU=US\$71/Kg$$

9.3 RENTABILIDAD

Es de uso frecuente utilizar como criterios de evaluación económica el VAN y el TIR. Se acostumbra presentar ambos.

9.3.1 FLUJO NETO DE FONDOS

Viene a ser el beneficio neto cada año. Toda evaluación económica será expresada en dólares, debido a su mayor estabilidad como moneda y su empleo general en el mercado internacional.

Se han considerado:

1. Moneda Constante referida al año 0
2. Vida útil 10 años, al cabo del cual se recupera el capital de trabajo.
3. Precio de venta del producto (papaina comercial prepurificada de 1-2 umol Tir/min de actividad):U \$85/kg.
4. Depreciación lineal.
5. Impuestos
 - Impuesto a la renta (30% de la renta neta)
6. Utilidad Neta
 - Reserva legal: 10% de la utilidad neta.
 - Utilidad retenida: 1% de la utilidad neta.
 - Dividendos: 89% de la utilidad neta.

Cuadro N° 27

CONCEPTO	0	1	2-9	10
A.FLUJO DE BENEFICIOS				
1.Ventas	0	1'360,000	1'700,000	1'700,000
2.Recuperación de capital de trabajo	0	0	0	96434
Total de beneficios	0	1'360,000	1'700,000	1796434
B. FLUJO DE COSTOS				
1.Inversión Fija	867906	0	0	0
2.Inversión de capital de trabajo	96434	0	0	0
3.Costo de fabricación	0	1334429	1334429	1334429
Total de costos	964340	1334429	1334429	1334429
C.UTILIDAD BRUTA (A-B)	(964340)	25571	363571	462005
D.GASTOS GENERALES	0	85173	85173	85173
E.UTILIDAD OPERATIVA (C-D)	(964340)	(59602)	280938	376832
F.DEPRECIACION	0	96434	96434	96434
G.RENTA NETA (E-F)	(964340)	(156036)	183964	280398
H.IMPUESTO				
Imp. a la renta	0	0	55189	84119
I.UTILIDAD NETA (E-H)				
1.Reserva legal (10%)	0	0	22575	29721
2.Utilidad retenida (1%)	0	0	2257	2972
3.Dividendos(89%)	0	0	200917	260020
Total de utilidad neta	(964340)	(156036)	225749	292713
FLUJO NETO DE FONDOS	(964340)	(156036)	322183	389147

9.3.2 VALOR ACTUAL NETO

Este criterio plantea que debe aceptarse la inversión si su Valor Actual Neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la suma de los valores actualizados del FNF generados durante el horizonte de evaluación

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FNF_t}{(1+i)^t}$$

FNF_t : Flujo neto de fondos en el período t
 i : Tasa de descuento

9.3.3 TASA INTERNA DE RETORNO

El criterio de tasa interna de retorno evalúa en función de una única tasa de rendimiento por período que iguala a cero el valor actualizado del Flujo neto de Fondos.

$$\sum_{t=0}^n \frac{FNF_t}{(1+r)^t} = 0$$

r = Tasa interna de retorno

La Tasa interna de retorno se compara con la tasa de descuento. Si la TIR es igual o mayor a la TD debe aceptarse la inversión y si es menor debe rechazarse.

9.3.4 RENTABILIDAD

TD: 10%

VAN (US\$)= 606408

TIR =18 %

VAN>0 y TIR >TD

El proyecto es rentable

X. DISCUSION

- 1.- Se requerirá recibir diariamente en la planta de procesamiento 347 Kilos de látex extraído de 4000 árboles a razón promedio de 12 frutos por árbol y un rendimiento de 6 grs de látex por fruto. Se hace necesario, por lo tanto, una coordinación permanente con los agricultores de la zona para garantizar el abastecimiento de materia prima, sugiriendo también al Ministerio de Agricultura promover la extensión de áreas de cultivo de papayo, ya que se habla de la utilización de cerca de 450 Hás. de cultivo al año (En el departamento de Junín donde se localizará la planta, se tiene una superficie cosechada de papaya de aproximadamente de 1200 Has)
- 2.- El mercado nacional y el de los países de la JUNAC representan un total promedio de 6 TM/AÑO frente a la capacidad de nuestra planta de 20 TM/AÑO , por lo que debemos ubicar nuestro producto en EE.UU.(principal consumidor) Japón y Alemania, utilizando para ello la intermediación de los proveedores que son los mejores conocedores del mercado de papaína y buscar además su asesoría técnica para la obtención de un producto de mejor calidad.
- 3.- El método elegido de Purificación Mecánica se basa en el proceso de separación de los componentes insolubles del látex por medios físicos (centrifugación, filtración), sin la utilización de solventes orgánicos.

En el segundo caso de fraccionamiento alcohólico, el látex solubilizado es diluído en alcohol absoluto hasta alcanzar una

concentración de entre 30 al 50%. Después de un breve reposo se filtra. El residuo formado principalmente por ceras y resinas se desecha. Al filtrado claro se le ajusta la concentración alcohólica hasta no menos del 65% y no más del 75%. La papaína precipitada se separa por centrifugación o filtración.

- 4.- A nivel laboratorio, se obtuvo un rendimiento del 16% con respecto a la cantidad de látex utilizado. No fué posible experimentar a nivel planta piloto por la dificultad de acceso a la materia prima, aunque tenemos información teórica (FOPEX) que confirma una eficiencia parecida. El látex utilizado fué traído de Chanchamayo (Junín) en una oportunidad y Rinconada (Chimbote) dos veces, además se trabajó con papaya encontrada en la UNI en las facultades de Arquitectura y Electrónica de buen rendimiento lácteo.
- 5.- En la recolección del látex se hacen necesario la utilización de soluciones antioxidantes como Thymol, Metabisulfito de Sodio o Tetrionato de Sodio a una concentración del 9 %, los que se encargan de preservar la actividad enzimática del látex , y soluciones anticoagulantes como el Citrato de Sodio o Potasio (al 12%). De los antioxidantes el mas eficaz es el Tetrionato, que tiene una capacidad de protección del 15 al 20% mas alta que el Metabisulfito, pero este último es mas económico y se encuentra accesible en el mercado nacional. Con respecto a los anticoagulantes se puede utilizar cualquiera de los dos.
- 6.- El látex es necesario diluirlo en agua en proporción de 1:1 con permanente agitación a fin de obtener la mayor cantidad de papaína

soluble, luego al centrifugar se ve que se forman tres fases: sobrenadante, líquido y precipitado . De las tres al menos el líquido será filtrado, luego concentrado y posteriormente secado por aspersión. Cada etapa permite aumentar la actividad enzimática por contenido de peso del producto. Con respecto a la papaína soluble se podría lograr una mayor cantidad de esta si previa a la centrifugación se sometiera el látex diluído a presurización en un tanque cerrado adicionando CO_2 hasta una presión de 4 atm por espacio de 8 horas y agitando la muestra cada 15 minutos, entonces se formarían en la centrifugación sólo dos fases: Papaína soluble y material insoluble.

- 7.- La papaína filtrada es concentrada hasta lograr una concentración de 30 Brix con la finalidad de reducir energía y tiempo en el atomizador. Esta operación se realiza a nivel industrial en evaporadores de película descendente, que trabajan al vacío y con temperaturas de evaporación inferiores a 100°C (apropiadas para soluciones termosensibles). En estos equipos el fluido desciende por gravedad en forma de película a lo largo de la pared interior de una tubería vertical.
- 8.- El secado por atomización manejará a nivel industrial una alimentación de 26.6 Kg/hr y una capacidad evaporativa de 19.15 Kg/hr obteniendo en un día de trabajo ($7 \text{ Kg/hr} * 8 \text{ hr/día}$) 56 Kgs, manejándose a nivel planta piloto un volumen de alrededor de 12 ml/min de solución concentrada, una temperatura de ingreso de 160°C y una temperatura de salida de 70°C , lo que permite mantener

la actividad enzimática del producto en el rango de papaína comercial.

- 9.- La medición de la actividad de la papaína se lleva a cabo generalmente por dos métodos. El primero es un método barato de análisis mediante el empleo de leche en polvo, en el cual se somete a prueba la capacidad de la papaína de coagular la leche. Este análisis establece el tiempo de coagulación como función de la actividad de nuestra papaína. Este método lleva mucho tiempo y puede adolecer de errores, debido entre otras cosas, a variaciones en la composición de la leche en polvo que se utiliza. El segundo método (utilizado en las pruebas), entraña la medición de la cantidad de tirosina liberada a partir de una solución normal de caseína. Este es un método más exacto. La papaína obtenida es de $1.07 \mu\text{mol}$ tirosinas liberadas/minuto, que es un valor promedio de actividad de la papaína prepurificada.
- 10.- Esta papaína prepurificada tiene un valor en el mercado de aproximadamente de \$85/Kg mientras que en el presente proceso costará producirlo alrededor de \$71/Kg siendo por tanto un proyecto rentable.
- 11.- Existen papaínas de mayor actividad producto de una purificación mayor, las que se venden por miligramos debido a su alto valor. Tienen otros canales de comercialización.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-ARTEAGA G.E; NAKAI S. «TETRATHIONATE PROTECTS PROTEOLITIC ACTIVITY OF SIMULATED PAPAYA LATEX AND CRUDE PAPAIN»;Journal of Food Science, Volumen 55,Nº6,1990.
- 2.-BURKE E. DAVID; LEWIS D. SIDNEY;SHAFFER A. JULES «A TWO- S T E P PROCEDURE FOR PURIFICATION OF PAPAN FROM EXTRACT OF PAPAYA LATEX»; Archive of Biochemistry and Biophysics 164, págs 30-36,1974.
- 3.-CALZADA B.JOSE «PROYECTO DE INDUSTRIALIZACION INTEGRAL DE LA PAPAYA» Boletín de la Universidad Nacional Agraria, Programa de Frutales Nativos, Informativo Nº21, 1975.
- 4.-CALZADA B.JOSE «CONTROL DE PUDRICION DE LA PAPAYA», Boletín de la Universidad Nacional Agraria, Programa de Agronomía, Departamento de Fitotecnia, Informativo Nº24, 1977.
- 5.-CASTAÑEDA B. «PROYECTO DE INDUSTRIALIZACION INTEGRAL DE LA PAPAYA COMO UN SUB-PRODUCTO DE LA OBTENCION DE ENZIMAS PROTEOLITICAS» Boletín del Laboratorio de Investigación Biofísica Molecular, México 1970, Biblioteca Itintec.
- 6.-CENTRO DE COMERCIO INTERACIONAL «LA PAPAINA EN EL REINO UNIDO» Ginebra, Unctad/Gatt,1987, 20 pág.
- 7.-CORZO KARINA. ESTUDIO DE LA PREPURIFICACION DE LA PAPAINA A PARTIR DEL LATEX DE PAPAYA, Universidad Nacional Agraria. 1995.
- 8.-ECONOMIC INDICATOR, «CHEMICAL ENGINEERING»,USA; MARCH 1994, pág 151-153.
- 9.-EL COMERCIO, «LA PAPAINA UN ANTICONCEPTIVO NATURAL», Lima, Suplemento Dominical El Comercio.
- 10.-FOPEX, «PROYECTO PLANTAS MEDICINALES E INSUMOS VEGETALES PARA LA INDUSTRIA QUIMICA», 1984 Biblioteca INIA.
- 11.-FOUST,A.S; WENZEL,L.A.;CLUMP,C.W. «PRINCIPIO DE OPERACIONES UNITARIAS», Ed. Jhon Wiley & Sons, Inc. New York 1985.

- 12.-GÁLVEZ CASTILLA CLAUDIO «EXTRACCION DE LA PAPAINA» Tesis de Grado 1962, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos 1962.
- 13.-HANADA KAZONURI;TAMAI MASAHURU, «ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF E-64, A NEW THIOL PROTEASE INHIBITOR» Agric.Biol. Chem. 1978 pág 523-528.
- 14.-JUNTA NACIONAL DEL ACUERDO DE CARTAGENA;SUNAD, «DATOS ESTADISTICOS INTERNACIONALES DE IMPORTACION, VALOR Y VOLUMEN DE PAPAINA» Lima, 1994.
- 15.-LASSOUDIÈRE A. «LA PAPAINE:PRODUCTION,PROPIETES UTILISATION» Fruits, Vol 21,Nº11-12 Nov-Dec 1969 pag 503-517.
- 16.-LEON BOUDART ROGER «METHOD FOR PROCESSING PAPA W LATEX AND PRODUCT OBTAINED »,1968 Biblioteca Itintec
- 17.-LOZANO RIOS SILVIA «ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA OBTENCION DE NARANJA EN POLVO Y DISEÑO DE UNA PLANTA EN CHANCHAMAYO» Tesis de Grado ,Facultad de Ingeniería Química UNI, 1992.
- 18.-MARRERO MIGUEL; GARCIA JESUS «OBTENCION INDUSTRIAL DE PAPA INA PURIFICADA A PARTIR DEL FRUTO CARICA PAPAYA L.» Trabajo presentado al V Seminario del CENIC,La Habana 1975.
- 19.-MINISTERIO DE AGRICULTURA «ESTADISTICAS AGRARIAS DE PRODUCCION DE PAPA YA», Biblioteca del Ministerio de Agricultura,1994.
- 20.-MONTES ROJAS,JUAN ARMANDO «HIDROLISIS DE LAS PROTEINAS QUERATINICAS POR ACCION DE LA PAPA INA CRUDA»,1983 57 págs Biblioteca de la UNMSM.
- 21.-MOORE, D.J. «METHOD SIMPLE OF COLLECT AND DRY LATEX OF PAPA YA» Ed. Mc Graw Hill Company New York ,1973 Biblioteca del Instituto De Investigaciones Agroindustriales.
- 22.-OCON J.G.; TOJO,G.B., «PROBLEMAS DE INGENIERIA QUIMICA», Ed. Aguilar S.A. Madrid; 1980.
- 23.-PERRY,R.H.; CHILTON,C.H., «BIBLIOTECA DEL INGENIERO QUIMICO» EdMc Graw Hill Inc. ,USA 1986.
- 24.-PETERS,M.S.; TIMMEHAUS,K.D. «PLANT DESIGN AND ECONOMIC FOR CHEMICAL ENGINEERS» Ed. Mc Graw Hill, Inc. New York,1991.

- 25.-PETERS,M.S.; TIMMEHAUS,K.D. «DISEÑO DE PLANTAS Y SU EVALUACION ECONOMICA PARA INGENIEROS QUIMICOS», ED. Geminis S.R.L. 1978.
- 26.- MITH,E.L. «THE ENZYMES» Ed. by Paul D. Bayer y otros Academia Press New 1960, Biblioteca UNA.
- 27.- MITH L.EMIL; KIMMEL J.R. «STRUCTURE OF PAPAIN» University of Utah College of Medicine, Salt Lake City,Utah,USA 1960 págs 122-132.