

T-UES
1506
9934p
1992
EJ.2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



TRABAJO DE GRADUACION

**"PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS EN JUGO
DE DESECHOS VEGETALES DE
MERCADOS"**

PRESENTADO POR:

ROSA MARIA GUERRERO HERNANDEZ

MAIRA ANABELLA AGUILAR CAMPOS

PREVIA OPCION AL TITULO DE:

15101023
15101023

INGENIERO QUIMICO

JUNIO DE 1992



San Salvador,

El Salvador,

Centro América.

Rec. 24 Julio/92

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

ESCUELA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE INGENIERIA EN AGRICULTURA



TITULO DE GRADUADO EN

"PRODUCCION DE CARBIDA USTA EN UNO

DE DESCHOS VEGETALES DE

MERCADO

PRESENTADO POR:

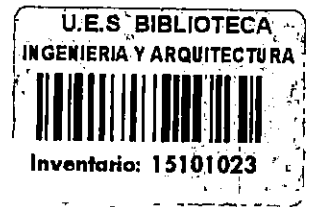
DOÑA MARIA GUERRERO HERNANDEZ

DOÑA ALBA BELLA AGUILAR CAMPOS

PRESENTE ANTE EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIGUEL ANGEL AZUCENA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

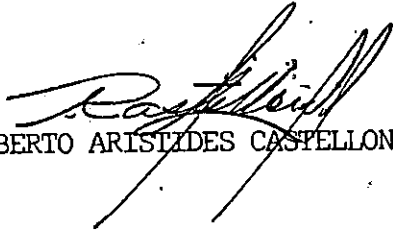
DECANO : ING. JUAN JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO : ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTOR




ROBERTO ARISTIDES CASTELLON MURCIA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO QUIMICO

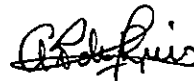
" PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS EN JUGO
EN DESECHOS VEGETALES DE MERCADOS".

Presentado por: Rosa María Guerrero Hernández
Maira Anabella Aguilar Campos

Trabajo de Graduación aprobado por:



Coordinadora : Dra. Elvia Berenice Huerdo de Oliva



Asesora : c. Isabel Pereira de Ruiz



San Salvador, Junio de 1992

AGRADECIMIENTOS

Queremos patentizar nuestros agradecimientos a la Universidad de El Salvador, por habernos formado Social y Profesionalmente. De igual manera agradecemos a las personas que con su desinteresada colaboracion hicieron posible la realizaci3n de este trabajo de Graduaci3n.

DRA. ELVIA BERENICE HUEZO DE OLIVA y LIC. ANA ISABEL PEREIRA DE RUIZ, Coordinadora y Asesora del Trabajo de Graduaci3n.

REGINA DE DE LA VEGA, PATRICIA MORGAN MALLOLA Y DANIA ARCHILA, Encargadas de la Biblioteca "Manuel Noriega Morales" del Instituto Centro Am3ricano de Investigaci3n de Tecnolog3a Industrial (ICAITI), Guatemala.

SR. EDUARDO RAMIREZ, Encargado del Proyecto de Recolecci3n del Relleno Sanitario de Soyapango.

DRA. GLORIA RUTH CALDERON, DR. MANUEL MARTINEZ E ING. ROLANDO SANCHEZ del Centro Nacional de Tecnolog3a Agropecuaria (CENTA).

ING. HORACIO HILL ZAMBRANA de la Facultad de Ciencias Agron3micas de la Universidad de El Salvador.

De igual manera agradecemos a los Ingenieros GUSTAVO NERY IRAHE TA ANGULO y PABLO FRANCISCO GOMEZ por su valiosa colaboraci3n.

A las Señoras MARIA DE LOS ANGELES DE SANTOS e IRIS REGINA GUEVARA por orientar sus esfuerzos en la finalización de este trabajo.

A nuestros compañeros, amigos y familiares que nos apoyaron en el transcurso de la elaboración de la tesis. Y a todas las personas que hoy se nos escapan de la memoria, pero que pusieron su granito de arena en el desarrollo de éste, ¡GRACIAS!

ROSA MARIA Y MAIRA

DEDICATORIA

- A DIOS: Porque la meta ahora alcanzada es para su Gloria; por su amor y fidelidad y permanecer conmigo en todo momento
- A MIS PADRES: FEDERICO ANTONIO Y ENMA ALICIA: Por hacer tuyas mis metas; por el sacrificio, amor y apoyo brindados en todo momento de mi vida.
- A MIS HERMANOS: FEDERICO ANTONIO: Quien con su cariño, confianza y comprensión sabe apoyarme, por ser mi amigo y compañero en los buenos y malos momentos.
- ANGEL SALVADOR: A quien quiero mucho, por dar alegría y motivación a mi vida, incentivándolo a seguir adelante en sus estudios.
- A MI ABUELITA: MARIA ISIDORA: Quien con su ternura, comprensión y oraciones estuvo presente apoyandome durante toda mi carrera.
- A LA MEMORIA DE: SILVIA ESTELA AYALA y OSCAR BENJAMIN FIGUEROA
- A MIS AMIGOS: Con quienes compartimos buenas y malas experiencias y a quienes debo parte de lo que ahora soy.

"SI CLAMARES A LA INTELIGENCIA, Y A LA PRUDENCIA DIERES TU VOZ; SI COMO A LA PLATA LA BUSCARES, Y LA ESCUDRIÑARES COMO A TESOROS, ENTONCES ENTENDERAS EL TEMOR DE JEHOVA, Y HALLARAS EL CONOCIMIENTO DE DIOS. PORQUE JEHOVA DA LA SABIDURIA, Y DE SU BOCA VIENE EL CONOCIMIENTO Y LA INTELIGENCIA".

Proverbios 2:3-6

ROSA MARIA

DEDICATORIA

A DIOS TODOPODEROSO: Por guiarme a través del camino que hasta ahora he recorrido y así alcanzar una de las metas que EL ha dispuesto para mí.

A MIS PADRES: Ernesto Aguilar Castro y Anabella Campos Romero

A MI HERMANA: Annel Susana Aguilar de Chahín

A MI HIJA: Silvia Geraldine Steffani, por ser la razón de mi esfuerzo y la luz de mi camino.

A MI ESPOSO: Guillermo Contreras, por sus consejos, comprensión, amor y constante apoyo durante todos estos años, pues este triunfo es suyo.

A mis amigos, familiares y demás personas que de una u otra forma han estado conmigo.

MAIRA ANABELLA

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es la producción de levadura Candida utilis en jugo de desechos vegetales de mercados utilizando un proceso por lote y evaluar la factibilidad técnica y económica de una planta industrial productora de levadura para consumo humano y/o animal.

La investigación se inició conociendo la disponibilidad de materia prima, para lo cual se realizó un trabajo de campo en el que se determinó que el porcentaje de vegetales y frutas en la basura generada por los mercados es de 32.28%, dato que corresponde a una disponibilidad promedio de 17 toneladas de desechos por día.

Se evaluaron dos métodos para la extracción del jugo de los desechos, el prensado y la molienda, seleccionándose el primero ya que se obtuvo un jugo con mejores características para la producción y recuperación de la levadura.

El análisis químico y físico que se realizó al jugo de los desechos vegetales mostró que posee concentraciones de nutrientes (N,P,S,K,etc.) mayores que los requeridos por Candida utilis.

Las condiciones óptimas de operación para el proceso de producción de Candida utilis fueron un flujo de aire de 7.81 litros por minuto y una concentración de azúcares reductores de 6.1 % p/p, reportando un rendimiento de 9.87 gramos de levadura seca.

Se realizaron análisis químicos a la levadura y esta posee 45.20% de proteína, 4.10% de grasa, 6.57% de fibra, 6.31% de cenizas y 5.90% de humedad, razón por la cual se puede destinar para consumo humano, utilizando 2 gramos de levadura seca por día como máximo; igualmente esta levadura se utiliza como forraje animal debido al contenido de proteína.

El residuo sólido generado por la extracción del jugo se secó al sol y se analizó químicamente reportando 11.30% de proteína y 6.91% de cenizas, valores que se encuentran dentro del rango de concentraciones que deben poseer los concentrados para animales, por lo que puede ser utilizado como materia prima para forraje animal.

Se estableció la distribución de la planta industrial y el equipo necesario para operar 298 lotes al año, con una producción de 93.38 kg de levadura y 606 kg de residuo sólido por lote.

Se estudiaron dos alternativas para la evaluación económica: la alternativa 1 propone levadura para consumo humano y residuo sólido como materia prima para concentrado para animales. La inversión de capital es de ¢ 4,630,372.66 obteniendo ganancias netas de ¢ 2,205,065.28 y un tiempo de recuperación de capital de 1 año. La alternativa 2 propone levadura para consumo animal y residuo sólido como materia prima para concentrados. La inversión de capital es de ¢ 4,170,521.25 con una ganancia de ¢ 2,028,132.39 y un tiempo de recuperación de capital de 13 meses.

Al finalizar la investigación se puede concluir que la producción de Candida utilis es técnica y económicamente factible bajo las condiciones establecidas en este trabajo. Un punto importante es el aporte que se obtiene con el uso integral de los desechos vegetales en los siguientes aspectos:

- Salud: al poder mejorar la calidad alimenticia de la población, poniendo al alcance una fuente no convencional de proteínas.
- Ecológico: al disminuir los desechos que causan contaminación.
- Social: se está generando una fuente de empleo al poner en marcha el proyecto de construcción de la planta productora de levadura.

INDICE

	Pág.
INDICE DE TABLAS	viii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INTRODUCCION	1
 CAPITULO I GENERALIDADES SOBRE LAS PROTEINAS UNICELULARES (PUC).	 4
1.1 Ventajas de la Producción de Proteína Unicelular	9
1.2 Levadura <u>Candida utilis</u> .	10
 CAPITULO II DISPONIBILIDAD Y COMPOSICION FISICA DE LA MATERIA PRIMA PARA LA PRODUCCION DE <u>CANDIDA UTILIS</u> .	 18
2.1 Composición física de los desechos vegetales de mercado	 18
2.2 Disponibilidad de los desechos vegetales de mer- cado	 25
 CAPITULO III OBTENCION, TRATAMIENTO Y ANALISIS DEL JUGO DE DESECHOS VEGETALES DE MERCADO.	 28
3.1 Recolección de los desechos vegetales de mercado	28
3.2 Extracción de jugo de desechos vegetales	29

	Pág.
3.2.1 Extracción de jugo de desechos por prensa hidráulica	31 29
3.2.2 Extracción del jugo de desechos por molino	31
3.2.3 Preparación del substrato	31
3.3 Composición química y propiedades físicas del substrato	33
3.3.1 Composición química	33
3.3.2 Análisis físicos	36
CAPITULO IV PRODUCCION DE <u>CANDIDA UTILIS</u>	40
4.1 Obtención del cultivo de <u>Candida utilis</u>	40
4.2 Curva de crecimiento de <u>Candida utilis</u>	40
4.2.1 Proceso de fermentación por lote (batch)	41
4.2.2 Determinación de la curva de crecimiento de la levadura <u>Candida utilis</u>	42
4.3 Variables de operación para el proceso por lote	46
4.3.1 Aireación y agitación	46
4.3.2 Temperatura	49
4.3.3 pH	50
4.3.4 Producción de CO ₂ y formación de espuma	50
4.3.5 Nutrientes	51
4.4 Proceso de fermentación	53
4.4.1 Capacidad del fermentador	54
4.4.2 Aireador	55
4.4.3 Agitador	55

	Pág.
4.5 Coeficiente de transferencia de masa ($K_L a$)	56
4.6 Recuperación de la levadura	61
4.7 Rendimiento de <u>Candida utilis</u> obtenida a partir del jugo de desechos vegetales	63
4.8 Análisis químicos y características físicas de <u>Candida utilis</u> producida en jugo de desechos - vegetales	67
4.8.1 Composición química	67
4.8.2 Características físicas	68
CAPITULO V UTILIZACION DE <u>CANDIDA UTILIS</u>	71
5.1 Alimentación humana	71
5.2 Alimentación animal	74
5.3 Alternativas de utilización en el país para la levadura <u>Candida utilis</u>	77
CAPITULO VI UTILIZACION DEL RESIDUO SOLIDO OBTENIDO DE LA EXTRACCION DEL JUGO DE DESECHOS VEGETALES	78
6.1 Secado del residuo sólido	78
6.1.1 Secado del residuo sólido realizado en el laboratorio	80
6.2 Análisis químicos	80
6.3 Utilización del residuo sólido	83

CAPITULO VII	ESTUDIO DE MERCADO PARA LEVADURA	
	<u>CANDIDA UTILIS</u>	86
7.1	Demanda de levadura alimenticia	86
7.2	Consumo aparente de levadura	87
7.3	Proyección del volumen del mercado	89
7.4	Comercialización de la levadura <u>Candida utilis</u>	94
CAPITULO VIII	PROPUESTA PRELIMINAR DE UNA PLANTA	
	PRODUCTORA DE PROTEINA UNICELULAR	96
8.1	Tamaño del proyecto	96
8.2	Etapas del proceso de producción	97
	8.2.1 Obtención del jugo de los desechos vege- tales de mercado	102
	8.2.2 Preparación del substrato	102
	8.2.3 Producción de <u>Candida utilis</u>	105
	8.2.4 Recuperación y lavado de la levadura	105
	8.2.5 Secado y empaçado de la levadura	107
8.3	Descripción de la Planta Industrial de Producción de levadura	110
	8.3.1 Equipos utilizados en la Producción de levadura	112
8.4	Balances de materia	117
	8.4.1 Balance de materia en la obtención del jugo de los desechos vegetales	117

8.4.2	Balance de materia de la preparación del substrato	121
8.4.3	Balance de materia de la producción de <u>Candida utilis</u>	123
8.4.4	Balance de materia de las etapas de recuperación y lavado de la levadura	129
8.4.5	Balance de materia y energía en las etapas de secado y empaçado de levadura	135
8.5	Balance de Energía	140
8.5.1	Cálculo del flujo másico de vapor	142
8.5.2	Cálculo del flujo másico del agua de enfriamiento	143
8.5.3	Cálculo de las áreas de transferencia de calor	144
8.6	Diseño, especificaciones y costos de equipos	147
8.6.1	Diseño de fermentadores, prefermentadores y tanques	149
8.6.2	Diseño del sistema de aireación	160
8.6.3	Diseño del sistema de enfriamiento del fermentador	168
8.6.4	Selección de centrífugas	174
8.6.5	Diseño de bombas	174
8.6.6	Selección de Caldera	179

	Pág.	
8.6.7	Especificaciones del secador	182
8.6.8	Diseño del transportador	183
8.6.9	Diseño de las pilas recolectoras	183
8.7	Costo de servicios	185
8.7.1	Requerimiento de energía eléctrica	185
8.7.2	Requerimiento de agua	185
8.7.3	Requerimientos de vapor y combustible	188
8.8	Distribución de la planta	190
8.9	Localización de la planta	192
CAPITULO IX EVALUACION ECONOMICA		194
9.1	Inversión de capital	195
9.1.1	Costos fijos	195
9.1.2	Capital de trabajo	206
9.2	Costos de producción	206
9.3	Determinación del costo unitario de producción (C.U.P.)	215
9.4	Determinación del precio de venta del producto	217
9.5	Rentabilidad del proyecto	218
9.5.1	Ganancias netas para la primera alternativa de comercialización	218
9.5.2	Ganancias netas para la segunda alternativa de comercialización	222

	Pág.
CONCLUSIONES	225
RECOMENDACIONES	229
REFERENCIAS	231
APENDICE A Técnicas analíticas	239
APENDICE B Curvas características de bombas centrífugas utilizadas en la parte del diseño de equipos	245
APENDICE C Índice de costos de la Chemical Engineering utilizados para calcular los costos de equipos	246
APENDICE D Secador de tambor rotatorio	247
APENDICE E Tabla para el cálculo del impuesto sobre la renta de personas naturales domiciliadas y no domiciliadas	247
APENDICE F Resumen de la evaluación económica para levadura de consumo humano y residuo sólido para concentrado de animales	250
APENDICE G Resumen de la evaluación económica para levadura de consumo animal y residuo sólido para concentrado de animales	251

INDICE DE TABLAS

Nº		Pág.
1.1	Producción y uso de proteína unicelular en América Latina	7
1.2	Investigaciones realizadas en diferentes substratos del área agropecuaria	11
1.3	Vitaminas en <u>Candida utilis</u> propagada en desechos de piña (<u>Ananas sativa</u>)	13
1.4	Aminoácidos esenciales en <u>Candida utilis</u> propagada en desechos de piña (<u>Ananas sativa</u>)	14
1.5	Composición química de algunos alimentos y levadura <u>Candida utilis</u>	15
2.1	Composición física de los desechos procedentes del mercado la Tiendona	19
2.2	Composición física de los desechos procedentes del mercado Central	20
2.3	Composición física de los desechos procedentes de los mercados de San Jacinto y Modelo	21
2.4	Composición física de los desechos procedentes del mercado San Miguelito	22
2.5	Composición física promedio de los desechos de mercado	23

Nº		Pág.
2.6	Basura de los mercados descargada en el Re- lleno Sanitario de Soyapango	26
3.1	Resultados de los análisis realizados al jugo de los desechos vegetales	38
4.1	Variación de la población de <u>Candida utilis</u> en el tiempo para la elaboración de la curva de crecimiento	44
4.2	Velocidad específica de crecimiento y tiempo de duplicación de <u>Candida utilis</u> producida en jugo de desechos vegetales	38
4.3	Valores de velocidad específica de crecimiento y tiempos de duplicación de <u>Candida utilis</u> en di- ferentes substratos y procesos por lotes	47
4.4	Rendimiento de levadura seca en función del ai- re suministrado	50
4.5	Composición química elemental de <u>Candida utilis</u> y del jugo de desechos vegetales	52
4.6	Comparación de nutrientes presentes en el jugo de desechos vegetales y nutrientes necesarios para <u>Candida utilis</u>	53
4.7	Variaciones de la concentración de sulfito de sodio en función del tiempo (1 l de solución)	59
4.8	Variaciones de la concentración de sulfito de sodio en función del tiempo (5 l de solución)	60

Nº		Pág.
4.9	Resumen de datos significativos obtenidos en la etapa experimental	64
4.10	Rendimientos obtenidos en la producción de <u>Candida utilis</u>	65
4.11	Comparación de rendimientos obtenidos de <u>Candida utilis</u> en diferentes substratos.	66
4.12	Composición química de <u>Candida utilis</u> producida en diferentes substratos	68
4.13	Capacidad de absorción de agua de <u>Candida utilis</u> producida en jugo de desechos vegetales	70
5.1	Aporte energético de la levadura torula	75
6.1	Variación de pesos de la pulpa de desechos vegetales secada al sol.	81
6.2	Composición química del residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de desechos vegetales	83
7.1	Productos competitivos de la levadura <u>Candida utilis</u>	87
7.2	Importación de productos competitivos de la levadura <u>Candida utilis</u>	88
7.3	Valores de consumo aparente para harinas de soya, pescado y huesos y consumo aparente de levadura	90

Nº	Pág.
7.4	Tasa de crecimiento para levadura 91
7.5	Proyección del consumo aparente de levadura <u>Candida utilis</u> hasta el año de 1995 92
8.1	Desechos vegetales procedentes de los merca- dos de San Salvador 98
8.2	Equipos utilizados para la obtención del jugo de vegetales 114
8.3	Equipos utilizados en la preparación del substra- to 115
8.4	Equipos utilizados en la producción de levadura 116
8.5	Equipos utilizados en la recuperación de levadura 116
8.6	Equipos utilizados en el secado y empaçado de la levadura 117
8.7	Resumen del balance de materia en la obtención del jugo 120
8.8	Resumen del balance de materia en la preparación del substrato 124
8.9	Resumen del balance de materia en la producción de <u>Candida utilis</u> 130
8.10	Resumen del balance de materia en la recuperación de levadura 134
8.11	Resumen del balance de materia en el secado y empaçado de la levadura 139

Nº		Pág.
8.12	Especificaciones de diseño y costos de los tanques utilizados en la producción de levadura	152
8.13	Especificaciones de agitadores de turbina para fermentadores y pre-fermentadores	157
8.14	Especificaciones y costos para centrífugas utilizadas en el proceso de producción de levadura	176
8.15	Especificaciones y costo de bombas utilizadas en el proceso de producción de levadura	180
8.16	Especificaciones y costo de los transportadores de banda	184
8.17	Requerimientos de energía eléctrica para la planta productora de levadura	186
8.18	Requerimientos de agua para la planta productora de levadura	187
9.1	Resumen de costos de terreno y construcción para la planta productora de levadura	196
9.2	Inversiones para instalaciones de servicios en la planta	197
9.3	Costos del equipo de proceso	199
9.4	Costos del equipo de oficina	201
9.5	Costos de los equipos de control de calidad	202
9.6	Personal para la planta productora de levadura	203

Nº		Pág
9.7	Costos de puesta en marcha para 15 días de operación para la planta productora de levadura	204
9.8	Inversiones de capital para la planta productora de levadura (primera alternativa)	207
9.9	Inversiones de capital para la planta productora de levadura (segunda alternativa)	208
9.10	Programa de desembolsos para la primera alternativa	209
9.11	Costos primos para un año de producción	210
9.12	Gastos para la producción de levadura	213
9.13	Costos administrativos de la planta productora de levadura	214
9.14	Costos de producción para la planta productora de levadura (primera alternativa)	216
9.15	Costos de producción para la planta productora de levadura (segunda alternativa)	216

INDICE DE FIGURAS

Nº		Pág.
1.1	Desarrollo de la producción unicelular	5
1.2	Absorción de agua en <u>Candida utilis</u> seca	16
1.3	Capacidad de emulsificación en aceite de <u>Candida utilis</u>	17
2.1	Variación del peso de basura por mes y año	27
3.1	Prensa hidráulica utilizada para extracción del jugo de desechos vegetales	30
4.1	Curva de crecimiento de <u>Candida utilis</u> en jugo de desechos vegetales	45
4.2	Equipo utilizado en el laboratorio para la producción de <u>Candida utilis</u>	49
4.3	Equipo utilizado para la producción de levadura <u>Candida utilis</u>	54
4.4	Levadura <u>Candida utilis</u> seca, producida en jugo de desechos vegetales	62
5.1	Tortillas de maíz y 12% de levadura <u>Candida utilis</u>	73
6.1	Sistema de secado en patio	79
6.2	Curva de secado para el residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de desechos vegetales	82
7.1	Curva de Gompertz para consumo aparente de harian de soya y levadura	93
7.2	Canal de distribución para levadura	94

Nº	Pág.
8.1 Proyección realizada para la disponibilidad de materia prima	99
8.2 Esquema general del procedimiento utilizado a nivel de laboratorio para la producción de <u>Candida utilis</u> en jugo de desechos vegetales de mercado	100
8.3 Esquema general para la producción de <u>Candida utilis</u> a nivel industrial	101
8.4 Proceso para la obtención del jugo de los desechos vegetales a nivel industrial	103
8.5 Proceso para la preparación del substrato a nivel industrial	104
8.6 Proceso de preparación del inóculo y producción de <u>Candida utilis</u> a nivel industrial	106
8.7 Proceso para la recuperación y lavado de la levadura a nivel industrial	108
8.8 Proceso para el secado y empacado de la levadura	109
8.9 Diagrama de flujo del proceso de producción	113
8.10 Esquema para el balance de materia en la obtención del jugo de los desechos vegetales	118
8.11 Esquema para el balance de materia en la preparación del substrato	121

Nº	Pág.	
8.12	Diagrama de flujo para el balance de materia en la producción de levadura	125
8.13	Esquema para el balance de materia en la recuperación de levadura	131
8.14	Esquema que muestra el proceso de secado y empacado de la levadura	135
8.15	Esquema del sistema de esterilización y enfriamiento del substrato	141
8.16	Dimensiones características de un agitador de turbina	155
8.17	Reactor enchaquetado	171
8.18	Distribución de la planta de producción de <u>Candida utilis</u>	191

INTRODUCCION

Cerca de 1 billón de seres humanos sufren actualmente mal nutrición crónica. Esta situación puede empeorar, puesto que se espera que la población mundial aumente de 4.4 a 6.4 billones entre los años 1980 y 2000. Las Naciones Unidas predicen para el año 2000 un déficit de unos 100 millones de toneladas de comidas ricas en proteínas. Las expectativas para los países latinoamericanos con respecto a la demanda de proteínas no es muy alentadora (13).

El Salvador, en la última década ha experimentado la mayor crisis económica, política y social de su historia, por lo que la situación alimentaria nutricional y de salud se ha deteriorado, causando mayor impacto en las familias pobres, especialmente en los niños. Los principales factores que están asociados en mayor magnitud al daño nutricional de los pre-escolares es el consumo inadecuado de energía y proteínas, influyendo la calidad de la dieta en ingesta energética-proteica. Un estudio realizado por la Evaluación de la Situación Alimentaria Nutricional de El Salvador (ESANES-88), expresa que existe un retardo en el crecimiento a nivel nacional de un 30% debido a una alimentación baja en proteína; haciendo notar que en el país existe un 15.2% de desnutrición aguda.

Todo lo anterior resalta la importancia de obtener una fuente

no convencional de proteínas, la cual pueda ser utilizada para fortificar alimentos de consumo popular, así como la elaboración de concentrados para animales, con lo que se estaría aumentando la disponibilidad de proteína de origen animal a un costo accesible para la población.

La alternativa que presenta este trabajo de graduación para contribuir a la generación de una fuente de proteína es la producción de proteína unicelular, como por ejemplo: Levaduras.

Las levaduras como todo ser viviente, consisten de materia orgánica: casi el 50% de su peso está compuesto por proteínas con un contenido de aminoácidos equilibrados, cierta cantidad de lípidos y el complejo vitamínico B. Una levadura que presenta estas características es Candida utilis.

Se seleccionó el jugo de los desechos vegetales de mercado como sustrato para producir Candida utilis por las siguientes razones:

- a) Diariamente son desechados en los basureros cantidades relativamente significativas de frutas y verduras que no podrán ser comercializados por estar dañados o porque sobrepasan la madurez.
- b) Se trata de aprovechar los azúcares y nutrientes de estos desechos, de la actividad comercial de vegetales.
- c) Se pretende utilizar estos desechos en forma integral, es decir, aprovechar tanto la fracción líquida como la sólida.

d) Se obtiene doble beneficio: se produce levadura que puede ser utilizada para consumo humano y/o animal, a la vez que se reduce la contaminación ambiental generada por los desechos de los mercados.

En el país la cantidad de desechos sólidos producidos está relacionada con la densidad poblacional, la cual es mayor en el área Metropolitana de San Salvador, generando una gran cantidad de basura que contribuye a aumentar los desechos que provocan contaminación ambiental. De allí la importancia de utilizar estos desechos como materia prima para la producción de proteínas no convencionales, como es el caso de Candida utilis.

CAPITULO I
GENERALIDADES SOBRE LAS PROTEINAS
UNICELULARES (PUC)

Los microorganismos unicelulares han sido componentes en alimentos para humanos por miles de años. Desde tiempos muy remotos el hombre ha utilizado las levaduras para transformar el jugo de frutas en vino y para la elaboración de pan.

Las levaduras del género Saccharomyces se cultivaban como levaduras de cervecero en Mesopotamia en el año 6000 A.de C.; el papiro de Eber demuestra que se usaba levadura en recetas médicas del siglo XVI A. de C. (19).

La figura 1.1 presenta un resumen del desarrollo de la Proteína Unicelular (PUC), en la cual se observa que en 1860 se introduce el proceso de aireación en la producción de levadura de pan (Saccharomyces cerevisiae) y en 1879 se desarrolla la aireación continua en la producción de la misma levadura. En 1890 se incorporó la centrifugación como un medio para separar las células del medio de cultivo. Sin embargo, la tecnología moderna se originó en Europa durante la Primera Guerra Mundial (1914-1918), cultivando Candida utilis en licor sulfitado obtenido del desecho de la industria del papel (19.). En 1926, V.O. Tausson sugirió el aprovechamiento de hidrocarburos para cultivar microorganismos. Más tarde (1946-1954) se desarrolló

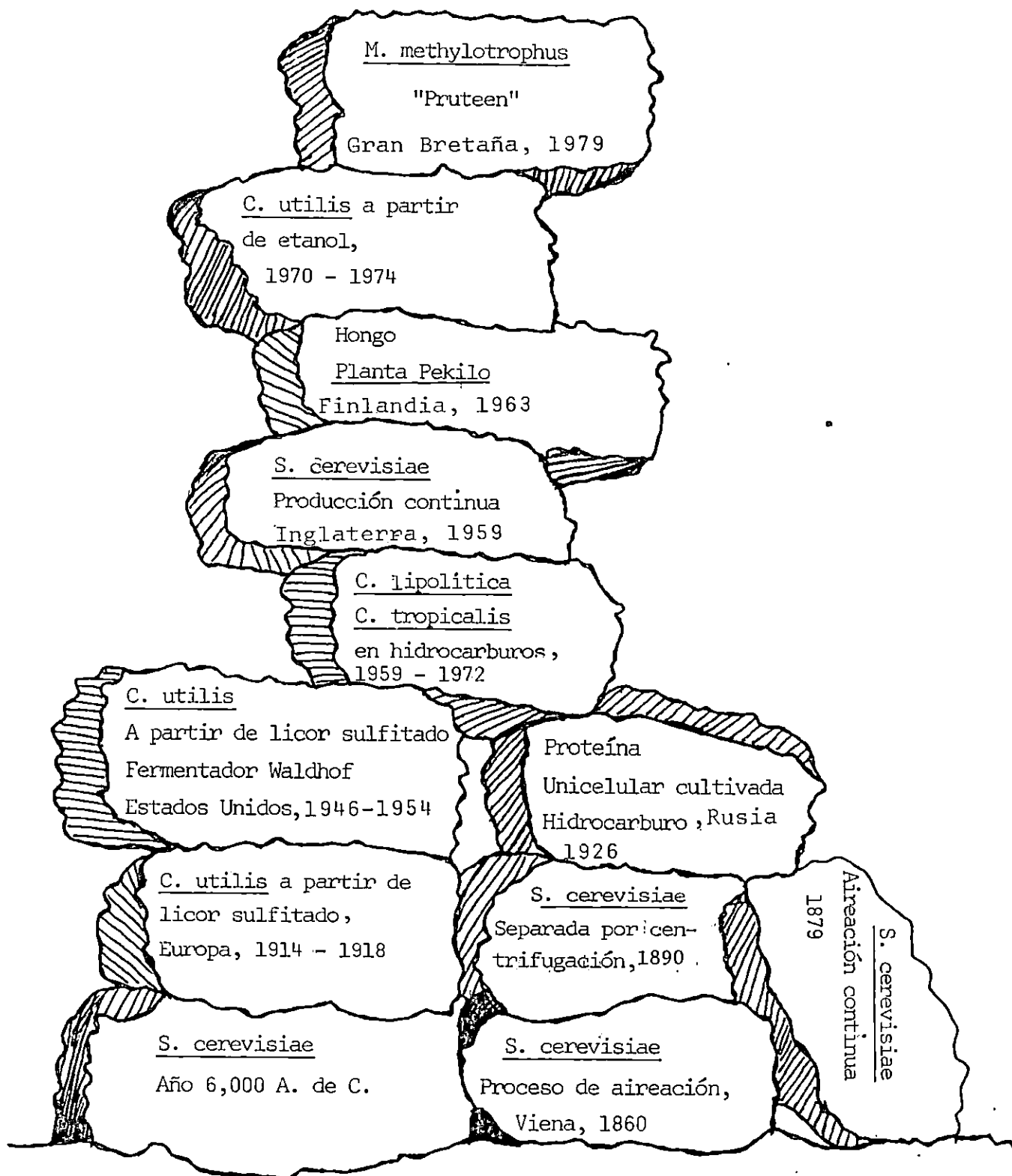


Figura 1.1 Desarrollo de la Producción de Proteína Unicelular (19)

el fermentador Waldhof que proveía tanto aireación como agitación. En 1959 se logró establecer la producción continua de Saccharomyces cerevisiae (19).

La obtención de proteína unicelular aumentó considerablemente produciéndose en 1963 el moho Paecilomyces variotti (Pekilo) y en 1979 la bacteria Methylophilus methylotrophus (Pruteen) (19).

Sin embargo, no fué hasta 1966 que el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) estableció el término de Proteína Unicelular (PUC) o SCP (Single Cell Protein). Este término ha tenido aceptación general aún cuando no es del todo correcto, ya que independientemente cual sea el substrato, la biomasa obtenida está integrada por bacterias, levaduras, hongos filamentosos o algas, y algunos de estos organismos no son unicelulares (25). La primera declaración sobre proteína unicelular, para consumo humano, fué dada en 1970 por el Grupo Asesor sobre Proteínas y calorías (GAP), (36).

En América Latina son varios los países que han tenido experiencia con la producción de proteína unicelular; se han utilizado substratos de fuentes no convencionales, como la miel de remolacha, jugo de pulpa de café, vinazas y otros. En la tabla 1.1 se muestra la producción de Proteína Unicelular en América Latina.

Tabla 1.1 Producción y uso de Proteína Unicelular en América Latina (6).

País	Nombre trivial y microorganismo	Organización	Substrato	Producción	Valor Nutricional
Chile	Levadura <u>Torula utilis</u>	Industria Azucarera Nacional, S.A.	Miel de Remolacha azucarera	Escala Industrial	Bajo investigación para uso humano en el Laboratorio de Enfermedades Pediátricas, Escuela de Medicina Universidad de Chile. Contiene 52.8% de proteína cruda con 8.9% de lisina.
Costa Rica	Levadura <u>Torula utilis</u>	Sarchi, Costa Rica	Productos de desperdicios agrícolas, especialmente pulpa de café	Planta Piloto 40 lb por día	Universidad de Costa Rica. Contiene de 50 a 56% de proteínas.
México	"Xastle" Bacterias múltiples	Pulquerías de la región central de México	Jugo fermentado de - diversos cactus	Se estima entre 30 a 60 toneladas dispersas entre - un gran número de pulquerías	Bajo investigación en el Instituto Nacional de Nutrición de - México. Contiene 45% de proteína cruda; rico en lisina. Requiere purificación para eliminar - mal gusto. Utilización neta de proteína, 43% comparada con 58% de caseína. Mezcla de "Xastle" y maíz; UPN de 56%.
México Y Chad	"Dihe Alga azul-verdosa <u>Spirulina</u> máxima.	Instituto Francés del Petróleo y Sosa, Texcoco de México	Aguas poco profunda y alcalinas, CO ₂ , fotosíntesis	En escala comercial en el Chad. En escala experimental en Francia y México; 0.13 ton. por hectárea por día.	Se investiga su producción y uso en Francia y México. Contiene 65% de proteína cruda. Digestibilidad 75%, PER 50-55%, y - UPN 40-45% en ratas. En pollos, UPN 49.7%. Se ha usado como alimento humano en el Chad desde - tiempo inmemorial.
Brasil	Levadura <u>Torula utilis</u>	Planta adjunta a fábrica de ron en el - Estado de Pernambuco, Brasil. Otra planta en Alagoas y una en Construcción en el - municipio de Cabo.	Residuos líquidos de la fermentación alcohólica (vinazas)	Escala industrial, Una tonelada diaria. Alagoas, 9 - toneladas diarias. Cabo, 12 toneladas diarias.	Investigada en el Instituto de Antibióticos de Recife. Se ha - usado principalmente en la preparación de alimentos para aves de corral; 120 cruzeiros por kg

Continuación Tabla 1.1

País	Nombre trivial y microorganismo	Organización	Substrato	Producción	Valor Nutricional
Brasil	Micelio de Hongos <u>Agaricus campestris</u> , <u>Belctus indecisis</u> . <u>Tricholoma nadum</u>	Instituto Zimotécnico Rocha de Almeida. Piracicaba, Sao Paulo.	Residuos de la fermentación alcohólica	Escala experimental. Aproximadamente 0.7-1.5 g de micelio seco/litro/día	Contiene de 33 a 61% de proteína cruda. Rica en lisina.
Puerto Rico	Levadura <u>Torula utilis</u>	Planta piloto Compañía de Fomento Industrial de Puerto Rico.	Miel de purga 88 °Brix residuo de la industria de la caña de azúcar.	Escala semi-industrial por 11 años (1949-60); 1/2 tonelada diaria.	Investigada en la Escuela de Medicina, Escuela de Medicina Tropical, Universidad de Puerto Rico. Contiene 50.7% de proteína cruda. Digestibilidad 87.3%; valor proteínico neto 20.0. Fue consumida satisfactoriamente por humanos a niveles de 5-15 g por día, pero no era bien tolerada a niveles de 30g.
Puerto Rico	Levadura <u>Saccharomyces cerevisiae</u>	Compañía Bacardí, Palo Seco, Puerto Rico	Producto marginal a la industrial del ron	Producción en toneladas. Varía de un año a otro	Se usa locamente en la preparación de alimentos agropecuarios.

1.1. VENTAJAS DE LA PRODUCCION DE PROTEINA UNICELULAR.

El sistema microbiano posee características que son favorables para la producción de biomasa. Entre éstas pueden mencionarse (11,13):

- a. La característica unicelular de los microorganismos implica que no hay diferenciación en tejidos u órganos, por lo que toda la biomasa puede ser empleada.
- b. Los microorganismos se pueden propagar en gran escala, a un elevado nivel de productividad.
- c. La tasa de crecimiento de los microorganismos es más elevada y puede predecirse, ajustando óptimamente las condiciones del medio de propagación.
- d. Mediante métodos de selección pueden obtenerse cultivos microbianos de elevada eficiencia en la biosíntesis y su composición química puede ser modificada favorablemente a través de alteraciones genéticas.
- e. La biomasa microbiana puede ser sometida a procesos especiales, en tal forma que se obtenga un producto homogéneo, con características organolépticas deseables para ser usadas en la preparación de alimentos y con un buen grado de digestibilidad.
- f. Una de las mayores ventajas es la variedad de microorganismos que pueden utilizarse para producir proteína unicelular, así como los diferentes substratos que pueden ser emplea

dos como fuente de carbono.

- g. La mayoría de levaduras crecen en pH bajos, de 3.5 a 4.5; por lo que la contaminación con bacterias es muy poco probable; ésto es una ventaja con la asepsia que necesita el proceso de producción.

En base a las ventajas que presenta la producción de Proteína Unicelular, deben tomarse en consideración para la selección del sustrato algunos factores importantes:

- a- Disponibilidad
- b- Pureza.
- c- Costo
- d- Inocuidad
- e- Localización
- f- Tecnología conveniente

La tabla 1.2 presenta las investigaciones realizadas en diferentes sustratos provenientes del área agropecuaria.

1.2 LEVADURA CANDIDA UTILIS

La levadura Candida utilis se ha utilizado como fuente de proteína desde los comienzos de la Primera Guerra Mundial, su uso ha sido para consumo animal y/o humano.

La levadura Candida utilis posee buenos niveles de vitaminas

Tabla 1.2 Investigaciones realizadas en diferentes substratos del área agropecuaria (37).

COMPUESTO PREDOMINANTE	ACTIVIDAD AGROPECUARIA	SUBPRODUCTO	ESTADO FISICO	USO
Di y monosacáridos en una alta proporción	Cultivo y proceso de la caña de azúcar	Mieles de purga	Líquido (50 °Brix)	Materia prima en industrias de fermentación. Producción de proteína microbiana. Alimentación animal.
	Elaboración de pulpa para papel.	Licores sulfitados	Líquido (10 °Brix).	Producción de proteína microbiana.
	Manufactura de quesos	Suero	Líquido (8 ° Brix)	Contaminante
Di y monosacáridos con una proporción de polisacáridos estructurales	Centros de acopio de fruta fresca	Material dañado o de rechazo	Sólidos (80 % humedad).	Procesamiento Alimentación animal
	Elaboración de ron	Vinazas	Líquido (DQO 10-50 g/l)	Contaminante
	Industrias de fermentación	Líquidos residuales	Líquido (concentración varía según Proceso)	Contaminante
Mezcla de compuestos orgánicos solubles incluyen do di y monosacáridos, proteína, almidón, pectina, ácidos y otros.	Procesamiento de frutas y hortalizas	Aguas de lavado pelado y escaldado	Líquido (concentración varía dependiendo materia prima y proceso)	Contaminante
	Procesamiento de tubérculos y granos	Aguas de lavado y fraccionamiento	Líquido (DQO 1-7 g/l)	Contaminante
	Procesamiento de café	Aguas de despulpado y lavado	Líquido (DQO 10-60 g/l)	Contaminante
	Procesamiento de productos de carne vacuna y de cerdos y de carne de aves de corral	Aguas de lavado y escaldado	Líquido	Contaminante

Continuación Tabla 1.2

COMPUESTO PREDOMINANTE	ACTIVIDAD AGROPECUARIA	SUBPRODUCTO	ESTADO FISICO	USO	
Mezclas complejas de polisacáridos estructurales y otros compuestos como proteínas, lípidos, almidón, etc.	Procesamiento de frutas y hortalizas.	Cáscaras, sólidos insolubles de la pulpa y semillas	Sólidos	Contaminante Alimentación Animal	
	Crianza de ganado y de aves	Excrementos	Sólidos	Contaminante	
	Procesamiento de productos de carne vacuna y de cerdos y de carne de aves de corral.	Sólidos en suspensión	Sólidos	Contaminante	
	Matanza de carne vacuna	Rumen	Mezcla de líquidos y sólidos (1:1)	Contaminante	
	Procesamiento de café	Pulpa	Sólido (80% humedad)	Acondicionador de suelos y abono orgánico. Alimentación animal en pequeña proporción.	
	Procesamiento de caña de azúcar	Residuo de filtros	Sólido (80% humedad)	Contaminante	
	Obtención de alcohol y bebidas alcohólicas	Sólidos residuales	Sólido (concentración varía según materia prima)	Contaminante	
	Celulosa estructural y lignina como plastificante en una alta proporción.	Cultivo de cereales	Paja y cascabillo	Sólido (80% humedad)	Materia prima para papel combustible
		Cultivo de maíz	Tallos y olote (Carozo)	Sólidos (80% humedad) (10% humedad)	Alimentación de rumiantes
		Cultivo de caña de azúcar	Tallos y hojas	Sólido (80% humedad)	Alimentación de rumiantes
Procesamiento de caña de azúcar		Bagazo	Sólido (50% humedad)	Materia prima para papel combustible. Alimentación de rumiantes	
Procesamiento de citrónela y té de limón		Bagazo	Sólido (80% humedad)	Contaminante	
Procesamiento de arroz		Cascabillo	Sólido (10% humedad)	Combustible	
Procesamiento de café o cacao		Cascabillo	Sólido (10% humedad)	Combustible	
Procesamiento de semilla de algodón		Cascabillo	Sólido (10% humedad)	Combustible	
Desperdicios de la industrialización de los bosques		Cortezas, aserrín	Sólido	Combustible	
		troncos	Sólido (80% humedad)		

DQO = Demanda química de oxígeno

del complejo B; en referencia a los aminoácidos esenciales su contenido es mayor comparado con los patrones de la FAO, a excepción de la metionina que se encuentra en defecto. En las tablas 1.3 y 1.4 se presentan las composiciones en vitaminas y aminoácidos de Candida utilis.

Tabla 1.3 Vitaminas en Candida utilis propagada en desechos de piña (Ananas sativa) (13)

Vitaminas	mcg/g de Biomasa
Tiamina	16.9 - 18.4
Riboflamina	50.7 - 65.6
Biotina	5.0 - 8.8
Acido Nicotínico	1,106.0 - 1,120.0
Acido Pantoténico	88.2 - 104.6
Vitamina B ₆	42.0 - 49.0
Acido fólico	30.0 - 21.0
Acido p-aminobenzoico	4.6 - 5.9
Inositol	2.9 - 3.1
Vitamina B ₁₂	Trazas

Tabla 1.4 Aminoácidos esenciales en Candida utilis propagada en desechos de piña (Ananas sativa) (13)

Aminoácidos	g de aminoácidos/100 g de proteína	Patrón FAO g aminoácido/100g proteína
Valina	6.6	4.2
Leucina	6.1	4.8
Isoleucina	7.6	4.2
Lisina	7.2	4.2
Fenilalanina	3.9	2.8
Metionina	1.4	2.2
Triptófano	1.5	1.4
Treonina	4.8	2.8

La alternativa de uso de Candida utilis como fuente de proteína, se puede apreciar en la tabla 1.5, donde se compara la composición química de algunos alimentos de consumo en El Salvador y esta levadura. El mayor contenido de proteína lo presentan la harina de soya y la levadura, por lo que se considera que ésta es un buen suplemento alimenticio que puede ser mezclado para obtener alimentos fortificados y además como suplemento alimenticio posee propiedades funcionales que la hacen apta para la elaboración de alimentos con texturas y consistencias diferentes.

Tabla 1.5 Composición química de algunos alimentos y levadura Candida utilis.

Componente	Maíz % p/p	Harina de Soya % p/p	Yema de Huevo % p/p	Candida utilis en jugo de ma- guey, % p/p
Humedad	14.3	9.3	51.3	6.93
Proteína	8.0	42.8	6.0	48.52
Fibra cruda	0.5	1.7	0.0	-
Extracto etéreo	1.1	3.3	29.2	0.7 - 2.5
Carbohidratos	76.2	39.0	2.0	-
Ceniza	0.4	5.6	1.5	6.3
Fuente	Woot-Tsuen (47)	Woot-Tsuen (47)	Woot-Tsuen (47)	Sánchez (39)

Algunas propiedades de Candida utilis producida en etanol, con el nombre comercial Torutein, son:

a- Hidratación: en la figura 1.2 se muestra la gráfica de absorción de agua en función del tiempo. La penetración del solvente dentro de la partícula seca es lenta; además de cooperar con el efecto plastificante en el sólido seco. Esta lentitud probablemente se deba a alguna característica de superficie de la levadura (14).

La velocidad de hidratación es un indicativo del límite de solubilidad de la proteína, cualidad que es fundamental para

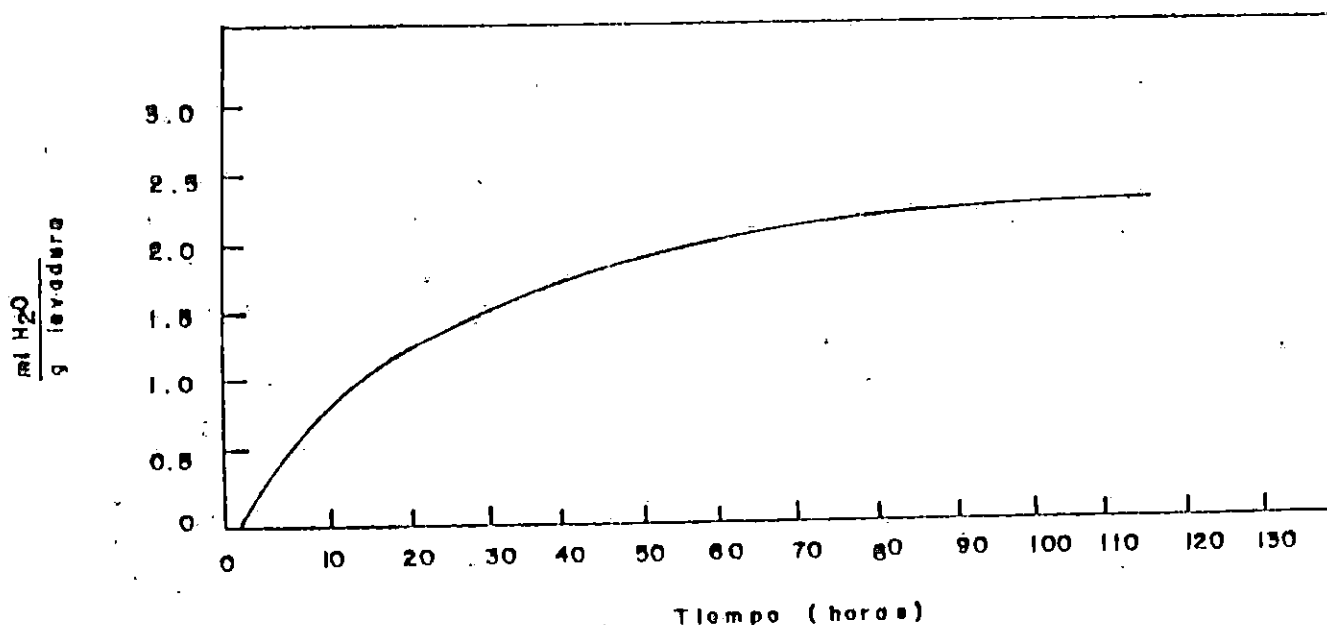


Figura 1.2 Absorción de agua en Candida utilis seca (14).

el uso de la misma en productos alimenticios (9).

b- Capacidad de emulsificación en aceite: en contraste con las mínimas interacciones con agua, la levadura tiene relativamente, una alta afinidad por las sustancias hidrofóbicas. Este efecto se muestra en la figura 1.3, donde puede verse la capacidad de emulsificación en aceite.

Se observa que para un mismo porcentaje en peso de emulsificante (1.5%), la levadura tiene un comportamiento igual al de la yema de huevo. La base de esta propiedad radica en la habilidad de estas partículas para actuar como emulsiones estabilizantes (14).

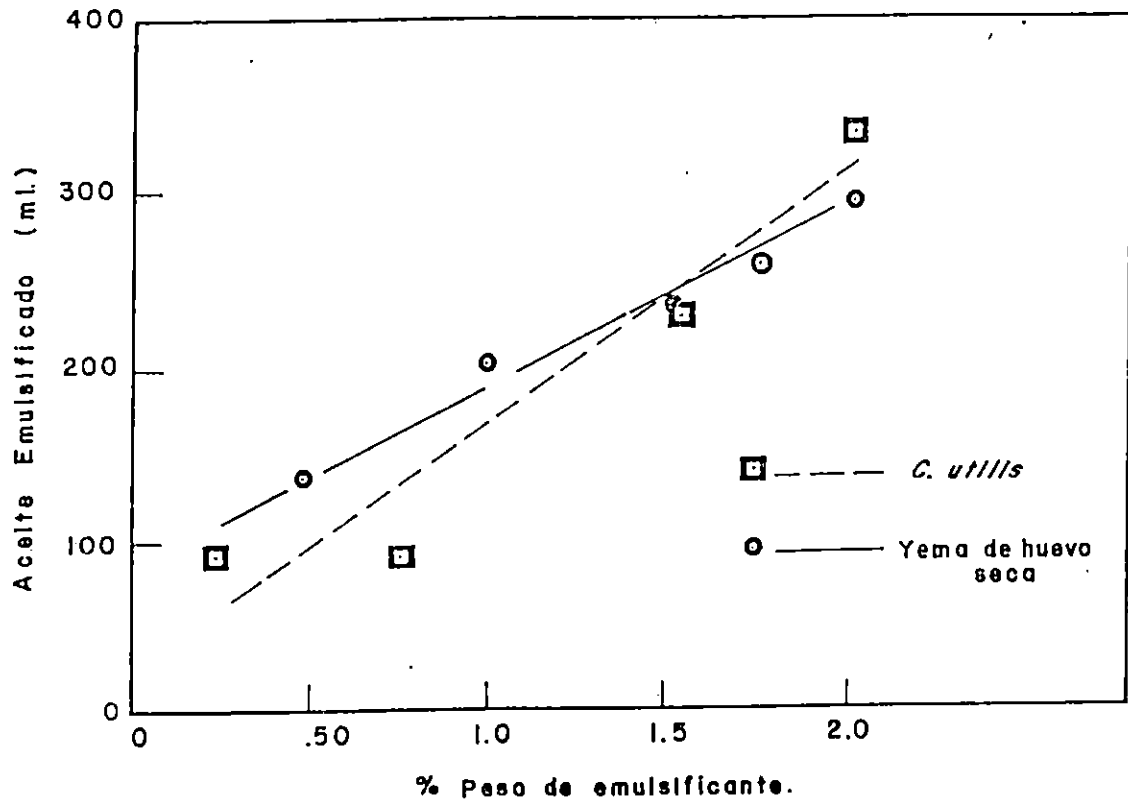


Figura 1.3 Capacidad de Emulsificación en Aceite de Candida utilis (14).

α- Sabor: Cada levadura posee un sabor característico, determinado por sus propiedades bioquímicas y reflejan el sabor del medio de crecimiento (11,14).

Candida utilis es de sabor picante y a carne. Resalta el sabor a chocolate en productos que lo contienen; en pasteles intensifica la dulzura y el sabor a vainilla.

CAPITULO II
DISPONIBILIDAD Y COMPOSICION FISICA
DE LA MATERIA PRIMA PARA LA
PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS.

Existen muchos tipos de desperdicios vegetales que se generan como consecuencia de la producción y consumo de alimentos, comercialización, etc., por lo que es necesario conocer la cantidad y composición física de los desechos vegetales de mercados, que constituyen la materia prima principal para la producción de Candida utilis en este trabajo. Por ésto se procedió a realizar una investigación de campo, la cual se llevó a cabo en las instalaciones del Relleno Sanitario ubicadas en Soyapango. Los mercados que se tomaron como más representativos del Area Metropolitana de San Salvador fueron los mercados de la Tienda Central y San Miguelito.

2.1 COMPOSICION FISICA DE LOS DESECHOS VEGETALES DE MERCADOS.

Para iniciar el estudio de la composición de los desechos vegetales, se tomaron aleatoriamente muestras de la basura contenida en los camiones procedente de los mercados; las cuales se colocaron en 4 barriles; éstos se pesaron para conocer las cantidades de los desechos que son la base para obtener los porcentajes de sus diferentes componentes. Estos datos se presentan en las tablas 2.1 a 2.4 y la tabla 2.5 muestra las cantidades

Tabla 2.1 Composición Física de los Desechos Procedentes del mercado La Tiendona.

Componentes	Peso (lb)	Peso %
Papel y Cartón	17.00	2.44
Madera	0.75	0.11
Trapos	1.00	0.14
Plástico (lámina y endurecido)	10.50	1.51
Metales y latas	0.50	0.007
Vidrio y cerámica	0.06	0.01
Huesos	-	-
Estopa de coco	106.25	15.24
Verdura	206.50	29.63
Fruta	68.00	9.76
Hojas y flores	30.00	4.30
Piedras	-	-
Restos de alimentos	27.75	3.98
Agregado fino	67.00	9.61
Agregado grueso	153.00	21.95
Otros	2.13	0.31
Pérdidas	6.56	0.94
T O T A L	697.00	100.00

Tabla 2.2 Composición Física de los Desechos procedentes del Mercado Central.

Componentes	Peso (lb)	Peso %
Papel y cartón	44.00	8.73
Madera	1.00	0.20
Trapos	0.50	0.10
Plástico (lámina y endurecido)	19.25	3.82
Metales y latas	0.75	0.15
Vidrio y cerámica	0.63	0.13
Huesos	1.00	0.20
Estopa de coco	70.49	13.98
Verdura	158.50	31.45
Fruta	46.50	9.23
Hojas y flores	29.00	5.75
Piedras	0.13	0.03
Restos de alimentos	49.25	9.77
Agregado fino	52.00	10.32
Agregado grueso	20.00	3.97
Otros	3.00	0.59
Pérdidas	8.00	1.58
T O T A L	504.00	100.00

Tabla 2.3 Composición Física de los Desechos procedentes de los mercados de San Jacinto y Modelo.

Componentés	Peso (lb)	Peso %
Papel y cartón	32.00	8.89
Madera	3.50	0.97
Trapos	5.00	1.39
Plástico (lámina y endurecido)	16.00	4.44
Metales y latas	2.50	0.69
Vidrio y cerámica	2.00	0.56
Huesos	2.00	0.56
Estopa de coco	31.00	8.61
Verdura	54.50	15.14
Fruta	59.00	16.39
Hojas y flores	83.00	23.06
Piedras	-	-
Restos de alimentos	1.13	0.31
Agregado fino	42.00	11.67
Agregado grueso	13.00	3.61
Otros	5.50	1.53
Pérdidas	7.87	2.18
T O T A L E S	360.00	100.00

Tabla 2.4 Composición Física de los Desechos procedentes del mercado San Miguelito.

Componentes	Peso (lb)	Peso %
Papel y cartón	44.5	9.37
Madera	-	-
Trapos	3.5	0.74
Plástico (lámina y endurecido)	35.00	7.37
Metales y latas	1.00	0.21
Vidrio y cerámica	3.00	0.63
Huesos	2.00	0.42
Estopa de coco	6.00	1.26
Verdura	28.00	5.89
Fruta	57.00	12.00
Hojas y flores	181.00	38.10
Piedras	-	-
Restos de alimentos	0.75	0.16
Agregado Fino	67.00	14.11
Agregado grueso	27.00	5.68
Otros	8.00	1.68
Pérdidas	11.25	2.38
T O T A L	475.00	100.00

Tabla 2.5 Composición Física promedio de los desechos de Mercado.

Componentes	% Peso
Papel y cartón	7.48
Madera	0.32
Trapos	0.59
Plástico (lámina y endurecido)	4.29
Metales y latas	0.28
Vidrio y cerámica	0.33
Huesos	0.25
Estopa de coco	9.77
Verdura	20.53
Fruta	11.85
Hojas y flores	17.80
Piedras	0
Restos de alimentos	3.56
Agregado fino	11.43
Agregado grueso	8.80
Otros	1.03
Pérdidas	1.69
T O T A L	100.00

promedio de los cuatro mercados estudiados, así como los porcentajes de los diferentes componentes que conforman la basura proveniente de los mercados.

Puede observarse que los valores que corresponden a la composición de frutas y verduras se ubican dentro de los porcentajes mayores, además varían dependiendo del lugar de procedencia. Así se tiene que los mercados La Tiendona y Central, son los que producen un porcentaje mayor de desechos de verduras y los mercados de San Jacinto, Modelo y San Miguelito, presentan un mayor porcentaje en desechos de frutas.

Se seleccionó el mercado de San Miguelito para la obtención de los desechos de frutas y vegetales, para luego proceder a las pruebas de extracción de jugo para la producción de Candida utilis.

Después de efectuar varios muestreos se encontró que los desechos vegetales del mercado San Miguelito estaban formados principalmente por piña, sandía, guisquil, zanahoria, naranjas, melón, tomate, pipián y mango, dependiendo de la cosecha.

Es importante conocer el tipo de cosecha de frutas y verduras por mes para tener idea aproximada de las verduras y frutas que integran los desechos. Se encontró que entre Enero y Junio la producción de hortalizas es de brócoli, pepino, pipián, tomate, remolacha y papa; y la producción de frutas es de melón, sandía, aguacate, jocote, naranja, piña y mango.

Entre los meses de Julio a Diciembre se cosecha zanahoria, lechuga, cebolla, apio, tomate, güisquil y la producción de frutas es de guineo, plátano, granadilla, piña naranja, manzana y ciruela..

2.2 DISPONIBILIDAD DE LOS DESECHOS VEGETALES DE MERCADO.

Para conocer la disponibilidad de los desechos vegetales y de frutas, se tabularon las cantidades en peso de basura de los mercados y se contabilizaron de Enero a Diciembre, para los años de 1987 a 1990. Estos datos se presentan en la tabla 2.6 y en la figura 2.1 se indica la cantidad de basura total descargada en el relleno sanitario de Soyapango, de la cual el 32.38% representan la disponibilidad de desechos vegetales para la producción de Candida utilis.

Tabla 2.6 Basura de los Mercados descargada en el Relleno Sanitario de Soyapango:

AÑO MES	1 9 8 7	1 9 8 8	1 9 8 9	1 9 9 0
	Peso (ton.)	Peso (ton.)	Peso (ton.)	Peso (ton.)
Enero	560	698	2,582	1,155
Febrero	221	796	2,077	3,188
Marzo	432	308	2,008	1,380
Abril	210	550	2,220	1,118
Mayo	550	1,343	2,848	1,508
Junio	1,308	1,370	1,661	1,696
Julio	1,573	1,704	2,420	1,424
Agosto	1,011	2,067	2,601	1,489
Septiembre	1,654	2,053	2,538	1,559
Octubre	933	2,161	2,017	1,828
Noviembre	984	2,059	857	1,237
Diciembre	829	2,352	1,222	1,415
T O T A L	10,265	17,461	25,051	18,997

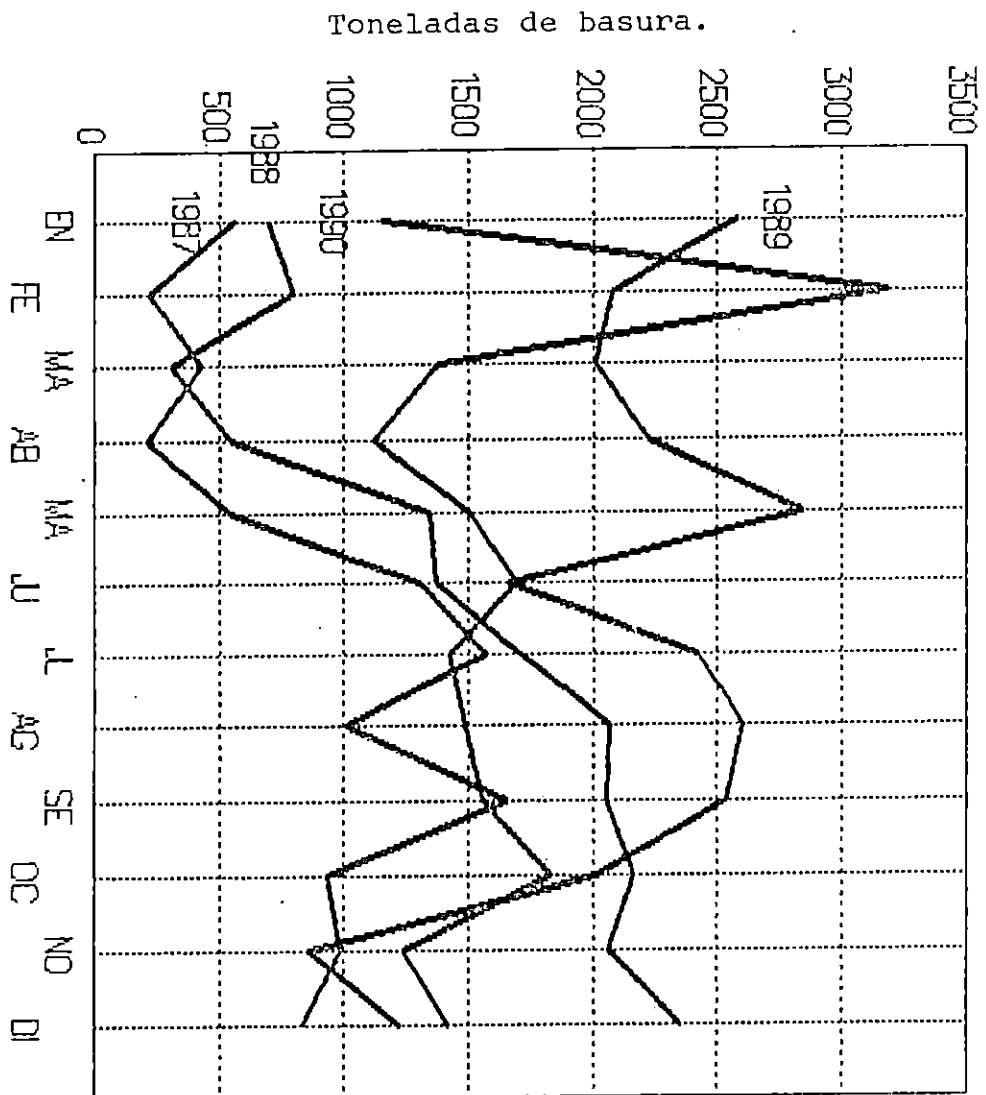


Figura 2.1 Variación del peso de basura por mes y año.

CAPITULO III
OBTENCION, TRATAMIENTO Y ANALISIS DEL JUGO
DE DESECHOS VEGETALES DE MERCADO.

La selección del tipo de substrato en la producción de Proteína Unicelular (PUC), es de gran importancia. De igual manera, el tratamiento que se aplica al substrato antes de la fermentación, contribuye a un menor o mayor rendimiento en la obtención de biomasa.

Este capítulo trata sobre las operaciones aplicadas a los desechos vegetales de mercado para obtener un substrato adecuado para la producción de Candida utilis, así como también de los diferentes análisis químicos y físicos para conocer su composición y propiedades.

3.1 RECOLECCION DE LOS DESECHOS VEGETALES DE MERCADO.

El proceso de recolección se inició con la colaboración de las señoras vendedoras de frutas y vegetales, a las que se les proveyó de sacos de nylon, para depositar las frutas y verduras que generalmente botan en los colectores de basura del mercado.

Los sacos eran entregados a las señoras vendedoras un día antes de la recolección por la mañana. Una vez reunidos los sacos con teniendo los desechos, fueron transportados hacia los Laboratorios de Ingeniería Química ubicados en la Planta Piloto de la

Universidad de El Salvador; en donde su contenido se sometió a operación de limpieza manual, la cual consistió en extraer las hojas secas, raíces, frutas en estado de descomposición muy avanzado, así como de vegetales no deseados, tales como rábanos, hojas de rábano, cebolla, etc. procediendo después a lavado con agua.

Al concluir la limpieza se procedió a cortarlos en pedazos, de manera que fueran similares entre sí, eliminando a un mismo tiempo las semillas quedando listos para proceder a la extracción del jugo.

3.2 EXTRACCION DEL JUGO DE LOS DESECHOS VEGETALES.

Se evaluaron dos métodos para la extracción del jugo: extracción por prensa hidráulica y extracción por molino.

3.2.1 EXTRACCION DE JUGO DE DESECHOS POR PRENSA HIDRAULICA

La extracción del jugo de los desechos de frutas y vegetales, se realizó con una prensa hidráulica marca Soil Test Inc. Evans ton, Ill. USA, se presenta junto con sus accesorios en la figura 3.1; consta de un pistón, que entra en un cilindro (diámetro interno 6 pulgadas, altura 6.5 pulgadas) que tiene agujeros simétricamente distribuidos en las paredes del mismo.

Los desechos de mercados, previamente limpios y pesados, son colocados dentro del cilindro; luego éste se acondiciona en la

base de la prensa, colocándose en la parte superior un disco de acero inoxidable (diámetro 6 pulgadas, espesor 2 pulgadas), para ejercer presión uniforme.

Antes de aplicar presión, se coloca un tubo entre el disco de acero y la base del pistón de la prensa, ya que la longitud del pistón no es suficiente para transmitir presión hasta el fondo del recipiente cilíndrico.

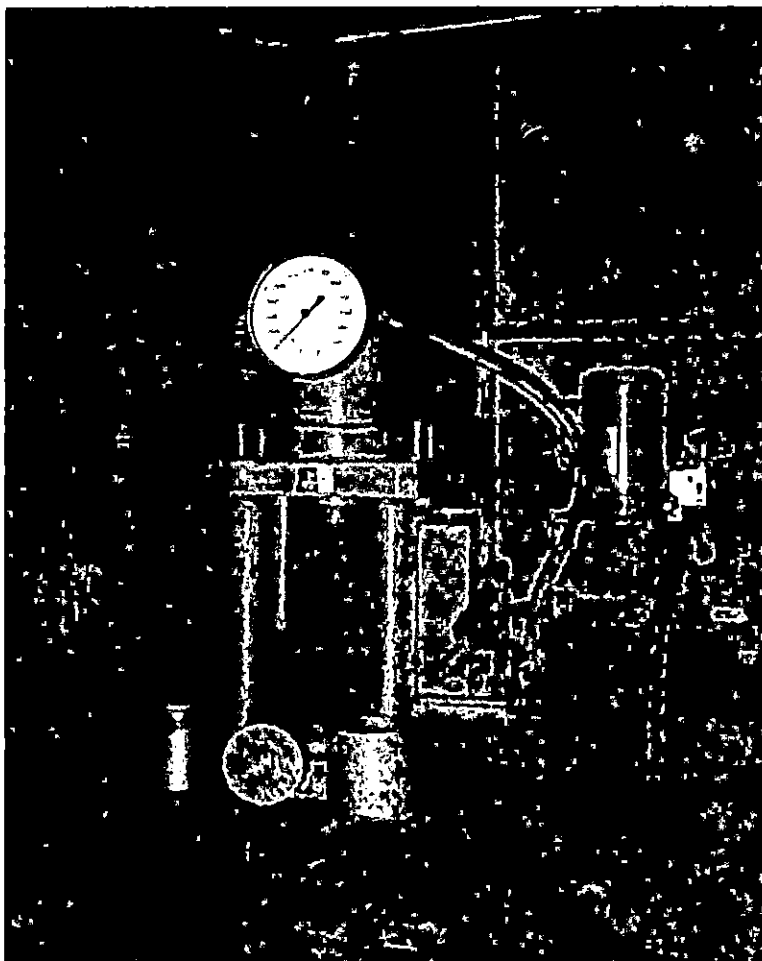


Figura 3.1 Prensa hidráulica utilizada para la extracción del jugo de desechos vegetales.

A continuación se aplica una presión que oscila entre 5,000 y 6,000 kilogramos fuerza moviendo la manivela de la prensa (de arriba hacia abajo), hasta lograr la presión deseada. El jugo sale por los agujeros del cilindro y es recibido en un contenedor que se coloca debajo del cilindro perforado.

El jugo fué recolectado, colado y medido obteniéndose un rendimiento de 296 ml de substrato por kilogramo de desechos.

3.2.2 EXTRACCION DEL JUGO DE DESECHOS POR MOLINO.

Esta operación se realizó utilizando un molino de nixtamal, de los que se ocupan comunmente en la obtención de la masa del maíz. Los desechos previamente limpios y pesados fueron pasados a través del molino, colectando la masa en recipientes plásticos. Esta masa fue exprimida manualmente en una manta para extraer el jugo de los desechos vegetales.

Al igual que en el método por prensa, el jugo fué medido reportándose un rendimiento de 385 ml de jugo por kilogramo de desechos.

3.2.3 PREPARACION DEL SUBSTRATO.

Para clarificar el jugo extraído de los desechos de frutas y vegetales se utilizaron una serie de operaciones que se detallan a continuación:

a- COLADO.

Luego de la extracción, el jugo obtenido presentó partículas de diferentes tamaños, por lo que se hizo pasar por un tamiz para separar el agregado grueso de sólido.

b- PASTEURIZADO.

El jugo colado se pasteurizó a 76°C durante 15 minutos e inmediatamente después se le bajó la temperatura a 15°C.

El propósito de la pasteurización es, además de prevenir el crecimiento de levaduras y otros microorganismos que puedan dar inicio a una fermentación, ayudar a la floculación de los sólidos.

c- CENTRIFUGADO.

Los sólidos floculados se separaron en una centrífuga marca Damon con cabezal de 4 tubos, con una capacidad de 142 ml cada uno. Se obtuvo una separación aceptable a 1,000 rpm durante 8 minutos. El volumen inicial de jugo se redujo en un 20%.

d- FILTRADO.

El jugo centrifugado se filtró al vacío a través de papel filtro whatman #541, quedando retenidos los sólidos finos.

e- ESTERILIZADO.

El jugo obtenido de los desechos vegetales está contaminado con microorganismos del medio ambiente (hongos, bacterias, etc.) los cuales son eliminados por medio de esterilización.

La esterilización se llevó a cabo en un autoclave a una presión de 15 libras por pulgada cuadrada manométrica y 121°C por 30 minutos.

Para asegurarse que la esterilización había sido efectiva se realizaron pruebas de esterilidad para detectar la presencia de bacterias, hongos filamentosos y levaduras. No hubo crecimiento de microorganismos.

3.3 COMPOSICION QUIMICA Y PROPIEDADES FISICAS DEL SUBSTRATO.

Se debe conocer la composición química del substrato, así como algunas características físicas para establecer los nutrientes necesarios en el crecimiento óptimo de la levadura Candida utilis.

3.3.1 COMPOSICION QUIMICA.

Los análisis químicos realizados al substrato, se efectuaron por duplicado para el jugo extraído por molino y prensa.

a- DETERMINACION DE AZUCARES REDUCTORES..

Las principales fuentes de carbono y energía para la levadura son glucosa y fructosa por lo que es necesario estén presentes en el jugo, en cantidades que satisfagan los requerimientos de la misma.

El análisis de azúcares reductores se realizó por el método volumétrico de Lane-Eynon modificado, el cual se especifica en el apéndice A. El contenido promedio de azúcares reductores se detalla en la tabla 3.1

b- ANALISIS DE SACAROSA. . .

Este análisis se realizó utilizando un polarímetro modelo SR-6 y para el cálculo se emplea la ecuación (3.1).

$$Z = \frac{57}{Q} (P-J) \quad (3.1)$$

Donde: Q = Peso de la muestra

P = Lectura antes de inversión

J = Lectura después de inversión

Z = % p/p de sacarosa

Los datos de sacarosa obtenidos se presentan en la tabla 3.1

c- DETERMINACION DE HUMEDAD.

Con el análisis de contenido de humedad se conoce el porcentaje de sólidos presentes en el substrato. Simultáneamente se realizaron lecturas de grados Brix.

El análisis de humedad se realizó en estufa con paso de aire, a una temperatura de 130°C por 2 horas, hasta obtener peso constante. Los valores de humedad, grados Brix y contenido de sólidos se muestran en la tabla 3.1.

d- ANALISIS DE CENIZAS.

El análisis de cenizas se realizó luego de haber eliminado toda la humedad en el jugo, se empleó una mufla a una temperatura de 550°C por tiempo de 5 horas. Las cenizas obtenidas se utilizaron para el análisis de minerales por absorción atómica. En la tabla 3.1 se muestra el contenido de cenizas.

e- ANALISIS DE NUTRIENTES.

Los nutrientes que se analizaron en el jugo de desechos vegetales fueron: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

La metodología que se utilizó para el análisis de nitrógeno fue el Método Kjeldahl; los análisis de fósforo y azufre, se reali-

zaron por métodos colorimétricos utilizando el aparato Spectronic 20; leyéndose el contenido de fósforo a una longitud de onda de $400\mu\text{m}$. Los análisis de potasio, calcio y magnesio, se realizaron por absorción atómica. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.1

3.3.2 ANALISIS FISICOS.

Las características físicas que se consideraron más importantes en el substrato son la densidad, viscosidad, color y olor.

a- DETERMINACION DE LA DENSIDAD.

Se determinó por el método del picnómetro. El procedimiento es el siguiente: se pesa un picnómetro de 10 ml vacío, después se llena con el jugo hasta la marca y se vuelve a pesar. La determinación se efectuó a 26°C y utilizando la ecuación (3.2).

$$C = \frac{M}{V} \quad (3.2)$$

Donde C = Densidad, g/ml

M = Masa, g

V = Volumen, ml

Los resultados se presentan en la tabla 3.1

b- VISCOSIDAD.

Los valores de viscosidad se determinaron en un viscosímetro Brookfield. El viscosímetro cuenta con un juego de ejes que van numerados del 1 al 7 y el número de eje que se utiliza, depende de la viscosidad de la muestra. Este número es mayor a medida que aumenta la viscosidad. Para el jugo de desechos vegetales la viscosidad fue medida con el eje #1 a 20 rpm.

Los valores se midieron para dos concentraciones diferentes de azúcares reductores presentes en el jugo extraído por prensa. También se midió la viscosidad con la copa Zanh, que da el valor de viscosidad en segundos. Los valores de viscosidades se muestran en la tabla 3.1

c- COLOR Y OLOR.

El color del jugo difiere según el método de extracción utilizado. El jugo extraído por prensa es color café claro, traslúcido. El jugo extraído por molino, es color verde hoja y opaco, debido a la cantidad de sólidos en suspensión que posee.

El olor del jugo es suave, agradable, se acentúa el olor a frutas. Estos son parámetros importantes, ya que la levadura toma el color y sabor del substrato utilizado para su crecimiento.

Al analizar los valores reportados en la tabla 3.1 se observa

Tabla 3.1 Resultados de los Análisis realizados al Jugo de los Desechos Vegetales.

Componente	Unidad	Jugo de Prensa	Jugo de Molino
<u>Composición Química</u>			
Azúcares reductores	% p/p	9.52	10.95
Sacarosa	% p/p	0	0
Nutrientes:			
N	% p/p	0.20	0.48
P	% p/p	0.30	0.44
S	% p/p	0.18	0.19
Ca	% p/p	0.07	+
Mg	% p/p	0.08	+
K	% p/p	1.72	+
Humedad	% p/p	95.46	91.70
Sólidos totales	% p/p	4.53	8.29
Grados Brix	°Brix	5.30	9.54
Cenizas	% p/p	13.53	+
<u>Propiedades Físicas</u>			
Densidad	g/ml	1.16	1.38
Viscosidad Brookfield	cp	4.75	+
Viscosidad Zanh	s	5.00	+
Rendimiento de extracción de jugo	ml/kg	296.00	385.00

+ No fue posible conocer el valor.

que el contenido de sólidos, grados Brix y densidad son mayores para el jugo extraído por molino, lo que se debe a la acción mecánica utilizada para la extracción, asimismo el contenido de azúcares reductores y nutrientes, que son mayores debido a un mejor aprovechamiento del contenido de los desechos, como son hojas y cáscaras que no se involucran en el prensado.

El método seleccionado para la extracción del jugo de los desechos vegetales, fue por prensado. La selección se basó en el criterio siguiente: a pesar que el método de extracción por molino reporta un mayor rendimiento, presenta el inconveniente de poseer un contenido elevado de sólidos lo cual dificulta dos aspectos:

- 1- La recuperación de la levadura no se efectúa de manera eficiente, debido a que los sólidos presentes en el substrato se separan junto con la levadura; afectando de esta manera su pureza, sobre todo si su uso es destinado a consumo humano.
- 2- La presencia de una cantidad mayor de sólidos en el substrato involucra una resistencia más a vencer en la transferencia de oxígeno del aire hacia la célula, que puede disminuir el rendimiento de biomasa.

CAPITULO IV

PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS.

Para una producción con rendimiento alto de biomasa, deben tomarse en cuenta ciertos parámetros de operación, características propias de la levadura, así como fenómenos inherentes al proceso de fermentación.

4.1 OBTENCION DEL CULTIVO DE CANDIDA UTILIS.

Se partió de una cepa de Candida utilis proporcionada por la Coordinadora de este trabajo de graduación. Para contar con una levadura activa se le preparó un medio de cultivo favorable a su crecimiento y mantenimiento; el medio utilizado se formuló con pectona, dextrosa y agar (10 g, 40g y 15g por litro de solución respectivamente).

Cada 15 días se resembró Candida utilis en tubos de ensayo conteniendo aproximadamente 15 ml de medio de cultivo; se incubó de 2 a 3 días a 30°C y a continuación se colocó en refrigeración para mantener la cepa por mayor tiempo.

4.2 CURVA DE CRECIMIENTO DE CANDIDA UTILIS.

El objetivo de elaborar una curva de crecimiento, es evaluar la velocidad específica de crecimiento, el tiempo de duplicación y

la población celular máxima en el jugo de desechos vegetales.

4.2.1 PROCESO DE FERMENTACION POR LOTE (BATCH).

El tipo de proceso fermentativo que se utilizó en la elaboración de la curva de crecimiento de la Candida utilis es el proceso por lotes. Este es un proceso en el cual los reactantes (nutrientes, células y sustrato) se mezclan a manera de inducir una reacción espontánea.

En principio el proceso representa un sistema cerrado, a excepción del flujo de aire (considerando fermentación aeróbica), en el cual las células se multiplican hasta que uno de los nutrientes se agota (37 ,38).

La transformación o conversión bioquímica se lleva a cabo dentro del fermentador, durante un período de tiempo que puede variar de pocas horas a varios días, en el cual el número de microorganismos aumenta (35 , 38).

Luego el reactor se vacía y se adiciona sustrato estéril para llevar a cabo otro lote de producción.

Bajo condiciones óptimas las células entran a la fase de crecimiento, durante la cual proliferan a una velocidad máxima. Las ecuaciones 4.1, 4.2 y 4.3 describen esta fase.

$$\frac{dx}{dt} = \mu x \quad (4.1)$$

Donde μ = Velocidad específica de crecimiento

x = Masa celular

t = Tiempo

Integrando y arreglando se obtiene:

$$\ln \left(\frac{x}{x_0} \right) = \mu t \quad (4.2)$$

La relación entre velocidad de crecimiento y tiempo de duplicación (t_d) viene dada por la ecuación 4.3:

$$t_d = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (4.3)$$

4.2.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE CRECIMIENTO DE LA LEVADURA CANDIDA UTILIS.

En la curva de crecimiento se determinó la concentración celular mediante el conteo de colonias.

Para este método se hacen siembras del caldo en cajas petri con teniendo un medio de cultivo apropiado; el procedimiento se repite cada 3 horas durante el tiempo que dure la fermentación, haciendo en cada caso las diluciones apropiadas.

Al transcurrir 48 horas de incubación, se observó el crecimiento de colonias sobre la superficie del medio de cultivo y se procedió a realizar el conteo de colonias utilizando un cuenta colonias Quebec modelo 3325. La fórmula utilizada para conocer el número de colonias por mililitro de substrato es la ecuación

4.4.

$$\frac{\text{Colonias}}{\text{ml}} = \# \text{ de colonias} \times \frac{1}{\text{Factor de dilución}} \quad (4.4)$$

Los datos obtenidos en la elaboración de la curva de crecimiento se muestran en la tabla 4.1 La gráfica correspondiente a los datos de la tabla 4.1, se presenta en la figura 4.1

La curva de crecimiento se realizó en un substrato conteniendo 4.2% de azúcares reductores y 2.25 l de aire por minuto. La curva presenta dos fases logarítmicas; a este fenómeno se le conoce como comportamiento diauxico y se debe a que la levadura comienza asimilando el azúcar que está mas facilmente disponible, como lo es la glucosa; una vez que la glucosa se ha agotado (9 horas), presenta una pequeña fase lag y la levadura comienza a consumir la fructosa, que es la que se encuentra en mayor cantidad, por lo que presenta una fase logarítmica de crecimiento mayor entre las 12 y 25 horas.

Cuando comienzan a agotarse los nutrientes, da inicio la fase estacionaria (27-30 horas), y una vez agotados se presenta la fase decreciente (33 horas).

Debido a su comportamiento diauxico, la curva presenta dos valores de velocidad específica de crecimiento, así como dos tiempos de duplicación. Estos valores, así como el valor de la máxima producción celular obtenida (30 horas), se presenta en la tabla 4.2

En la tabla 4.3 se presentan los valores de velocidades específi

Tabla 4.1 Variación de la población de Candida utilis en el tiempo para la elaboración de la curva de crecimiento.

t (hr)	Dilución	# Colonias (Col/ ml)	Logaritmo base 10 del número de colonias.
0	1:10 ⁻¹	468	2.6527
3	1:10 ⁻³	115 x 10 ³	5.0606
6	1:10 ⁻⁴	344 x 10 ⁴	6.5365
9	1:10 ⁻⁵	710 x 10 ⁵	7.8512
12	1:10 ⁻⁶	389 x 10 ⁶	8.5899
15	1:10 ⁻⁸	103 x 10 ⁹	11.0128
18	1:10 ⁻¹⁰	102 x 10 ¹²	14.0086
21	1:10 ⁻¹²	448 x 10 ¹⁴	16.6512
24	1:10 ⁻¹⁴	714 x 10 ¹⁶	18.8537
27	1:10 ⁻¹⁶	315 x 10 ¹⁸	20.4983
30	1:10 ⁻¹⁷	503 x 10 ¹⁸	20.7015
33	1:10 ⁻¹⁸	443 x 10 ¹⁸	20.6464
36	1:10 ⁻¹⁸	45 x 10 ¹⁸	19.6532

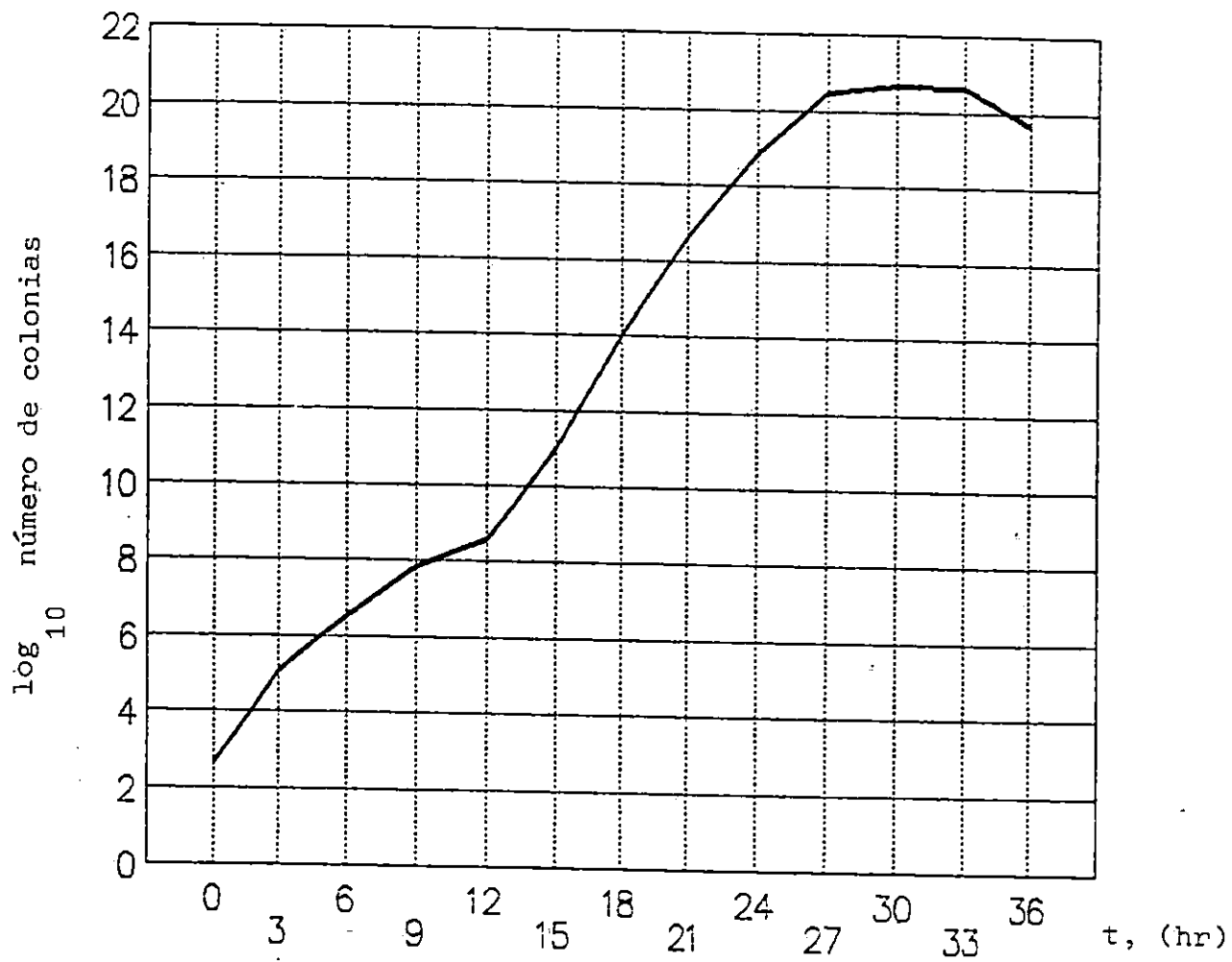


Figura 4.1 Curva de crecimiento de *Candida utilis* en jugo de desechos vegetales.

cas y tiempos de duplicación para Candida utilis cultivada en diferentes substratos, en la cual se aprecia que la mayor velocidad específica de crecimiento lo reporta Candida utilis cultivada en jugo de desechos vegetales y lógicamente el tiempo de duplicación que presenta es menor.

Tabla 4.2 Velocidad específica de crecimiento y tiempo de duplicación de Candida utilis producida en jugo de desechos vegetales de mercado.

Fase Exponencial	Velocidad Específica de crecimiento	Tiempo de duplicación	Máxima Producción Celular
1	0.45 hr ⁻¹	1.54 hr	503x10 ¹⁸ $\frac{\text{colonias}}{\text{ml}}$
2	0.90 hr ⁻¹	0.77 hr	

4.3 VARIABLES DE OPERACION PARA EL PROCESO POR LOTE.

El rendimiento que se obtiene en la producción de levadura, depende de la regulación de factores tales como: temperatura, pH, aireación, agitación, etc.

4.3.1 AIREACION Y AGITACION.

Candida utilis es cultivada comercialmente bajo condiciones ae-

Tabla 4.3 Valores de velocidad específica de crecimiento y tiempos de duplicación de Candida utilis en diferentes sustratos y procesos por lotes.

Medio de Cultivo	Velocidad específica de crecimiento (hr^{-1})	Tiempo de duplicación (hr)	Contenido de azúcares reductores en el sustrato
<u>Candida utilis</u> en Jugo de pulpa de café (11)	0.425	1.6	1.75 %p/v
<u>Candida utilis</u> en Vinaza (10)	0.44	1.58	1.0 %p/v
<u>Candida utilis</u> en Melaza (10)	0.34	2.03	1.0 %p/v
<u>Candida utilis</u> en vinaza (17)	0.33	2.1	1.7 %p/v
<u>Candida utilis</u> en Jugo de desechos vegetales	0.90	0.77	4.9 %p/v

róbicas, la administración de oxígeno es de gran importancia para el buen uso de la fuente de carbono. La energía disponible es aproximadamente 19 veces mayor que la disponible en condiciones anaeróbicas (19).

En la optimización de la velocidad del aire necesario en la producción de Candida utilis, se realizaron varios ensayos variando el flujo de aire manteniendo constante la concentración de azúcares reductores (6.1%).

El aire se suministró a través de bombas para peceras, tal como se muestra en la figura 4.2

El sistema de fermentación fue provisto de un agitador magnético, cuyo objetivo principal es dispersar el oxígeno suministrado, especialmente en las áreas muertas que son los espacios donde no llega directamente el aire. La agitación minimiza las películas de líquido estancado en los alrededores de las películas de aire; rompe las burbujas de aire dando un incremento en el área superficial líquido-aire.

En la tabla 4.4 se presentan los rendimientos obtenidos en levadura seca por flujo de aire suministrado durante el proceso y - puede comprobarse que el aire es un parámetro crítico para obtener rendimientos altos de producción de Candida utilis. El mayor rendimiento se obtuvo con 6.25 l de aire por minuto, para 0.8 l de sustrato; este flujo se tomó como óptimo para producir Candida utilis en jugo de desechos vegetales.

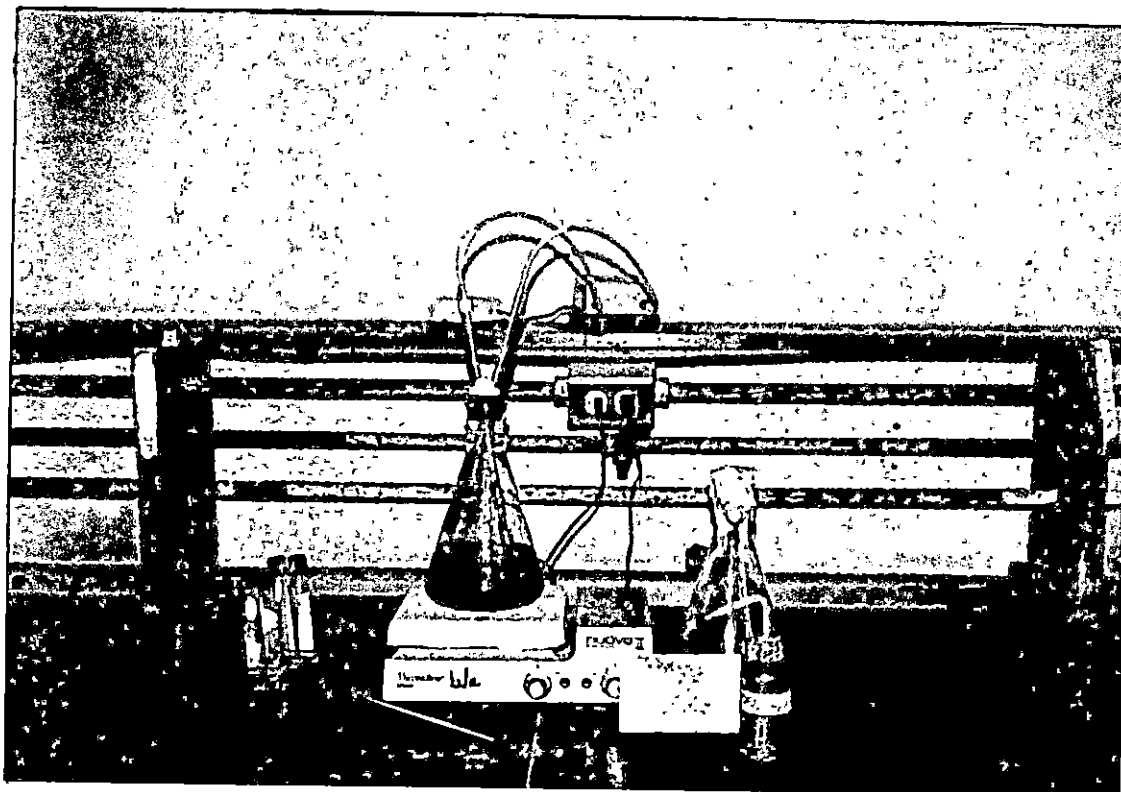


Figura 4.2 Equipo utilizado en el laboratorio para la Producción de Candida utilis.

4.3.2 TEMPERATURA.

Un microorganismo crece más rápidamente a medida que la temperatura aumenta, pero los límites de tolerancia varían. No existen levaduras que crezcan a temperaturas de 60-70°C,(39). El crecimiento óptimo de Candida utilis se ubica dentro del rango de 30 - 32°C,(11).

Tabla 4.4 Rendimiento de levadura seca en función del aire suministrado.

Flujo de aire suministrado (l./min)	Levadura seca total (g)	Volumen de substrato (l)
2.25	3.8881	0.7
3.25	5.3928	0.7
4.50	5.3528	0.7
6.25	9.8751	0.8

+ Concentración de azúcares reductores: 6.1% p/p

4.3.3 pH.

Los valores de pH entre 3.5 - 7.0 reportan un crecimiento satisfactorio de levaduras; Candida utilis crece en condiciones óptimas a un pH de 4.6 (11).

4.3.4 PRODUCCION DE CO₂ Y FORMACION DE ESPUMA.

La producción de CO₂ y la aireación suministrada al sistema da lugar a la formación de espuma, la cual es considerable en el caso de Candida utilis creciendo en jugo de desechos vegetales. El efecto disminuye al agregarle 0.3% de aceite de maíz (39).

4.3.5 NUTRIENTES.

Además de los azúcares presentes, los cuales proporcionan la fuente de carbono para la producción celular, la levadura necesita de otros nutrientes para su crecimiento. Es posible que estos nutrientes se encuentren en el jugo de desechos vegetales, pero si no es así, es necesario agregárselos al jugo en forma de sales minerales.

Para calcular la cantidad de nutrientes que deben estar presentes en el jugo, se toma en cuenta la composición elemental de Candida utilis y la composición del jugo de desechos vegetales. Hay que asegurarse que el carbono es el nutriente limitante y los cálculos se hacen en base al doble de la cantidad de carbono presente en la levadura (92 gramos).

La tabla 4.5 presenta la composición química elemental de Candida utilis y del jugo de desechos vegetales.

Ejemplo de cálculo:

Carbono en jugo con 6.1% de azúcares reductores:

densidad del jugo = 1.16 g/ml

$$\frac{6.1 \text{ g azúcares}}{100 \text{ g jugo}} \left| \frac{1.16 \text{ g}}{\text{ml}} \right| \frac{1000 \text{ ml}}{1} \frac{1}{1} = 70.76 \text{ g azúcar / l jugo}$$

Con el peso molecular de azúcar y el peso molecular del carbono, se evaluó el contenido de éste.

La glucosa y la fructosa poseen la misma fórmula molecular.

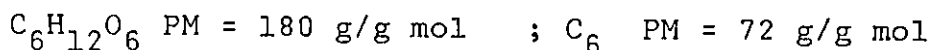


Tabla 4.5 Composición química elemental de Candida utilis y del jugo de desechos vegetales.

Elemento	<u>Candida utilis</u> g/100 g materia seca	Jugo de desechos vegetales g/100g materia seca
C	46.00	53.74
N	8.10	0.34
P	1.73	0.34
K	2.10	1.72
Ca	0.90	0.07
Mg	0.20	0.08
S	0.40	0.18

$$\frac{70.76 \text{ g azúcar}}{1 \text{ jugo}} \left| \frac{72}{180} \right. = 28.30 \text{ g de C/ 1 jugo}$$

Esto indica que se encuentran disponibles para ser asimilados por la levadura, 28.30 gramos de carbono por cada litro de jugo. Utilizando los valores de la tabla 4.5 y el dato de contenido de carbono por litro de jugo evaluado, se obtiene la cantidad de los demás elementos requeridos por Candida utilis, así:

$$\text{Nitrógeno: } \frac{28.30 \text{ g C}}{1 \text{ jugo}} \left| \frac{8.1 \text{ g N}}{92 \text{ g C}} \right. = 2.49 \text{ g N /1 jugo}$$

Los elementos presentes en el jugo se evalúan de la siguiente manera:

Nitrógeno: se encuentra presente en el jugo 34% p/p (tabla 4.5)

$$\frac{0.34 \text{ g N}}{100 \text{ g jugo}} \left| \frac{1.16 \text{ g}}{\text{ml}} \right| \frac{1000 \text{ ml}}{1 \quad 1} = 3.944 \text{ g N / l jugo}$$

Se observa en la tabla 4.6 que los valores de elementos presentes en el jugo de desechos vegetales es mayor a los requeridos por Candida utilis; por lo que se concluye que el jugo suministra los nutrientes.

Tabla 4.6 Comparación de nutrientes presentes en el jugo de desechos vegetales y nutrientes necesarios para Candida utilis.

Elemento	Cantidad requerida para <u>Candida utilis</u> (g/l jugo).	Cantidad presente en el jugo (g/l jugo)
N	2.49	3.94
S	0.12	2.09
K	0.65	19.95
Ca	0.28	0.81
Mg	0.06	0.93
P	0.53	3.48

4.4 PROCESO DE FERMENTACION

El equipo utilizado para la producción de Candida utilis, se construyó tomando en cuenta los parámetros de operación (sec-

ción 4.3) y las pruebas realizadas con volúmenes pequeños.

4.4.1 CAPACIDAD DEL FERMENTADOR.

Para la construcción del fermentador se dispuso de una garrafa de vidrio con una capacidad de 15 litros (volumen total), una altura de 14.5 pulgadas y diámetro de 33.5 pulgadas. Se consideró trabajar con 10 litros de substrato, en base a la altura disponible en el fermentador para la formación de espuma (ver figura 4.3).

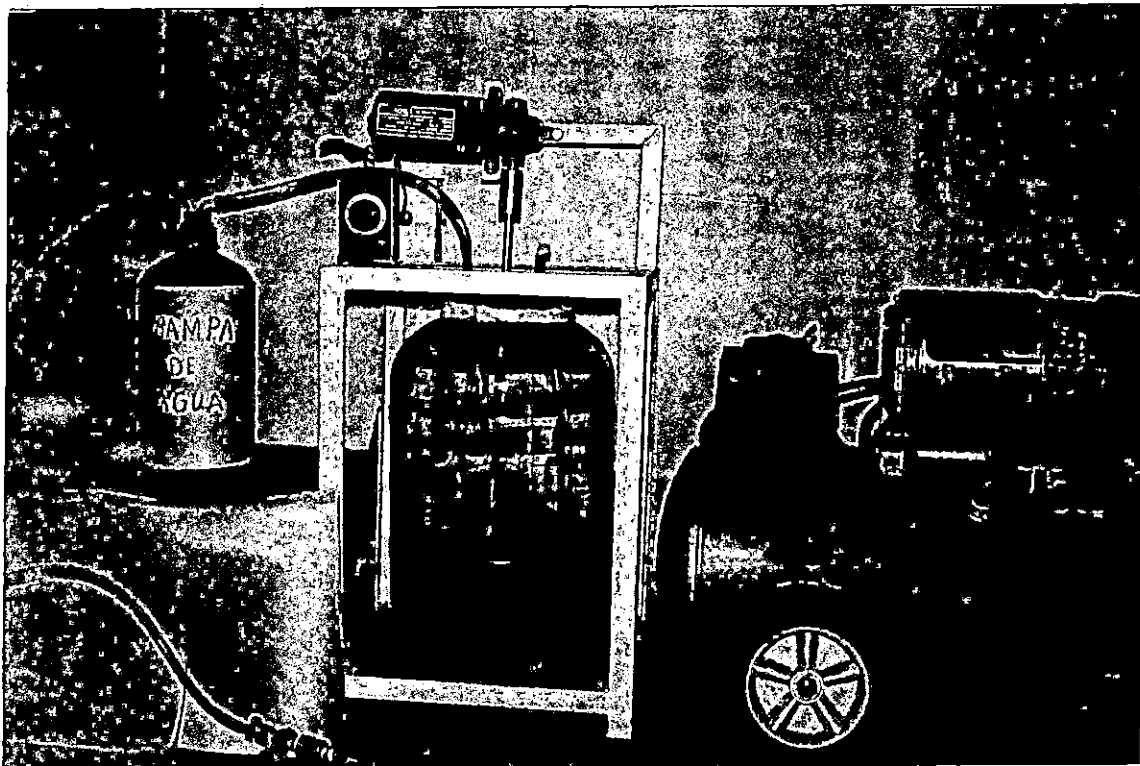


Figura 4.3 Equipo utilizado para la producción de levadura Candida utilis.

- Al recipiente de vidrio se le hizo una ampliación de 5 pulgadas de diámetro en la abertura superior. La primera consideración que se tomó en cuenta para el aireador y agitador fue el diámetro de entrada al fermentador (5 pulgadas).

4.4.2 AIREADOR

El aireador se diseñó con la limitante del diámetro de entrada del fermentador, lo que obligó a construirlo en forma rectangular, no pudiendo construirlo en forma circular para evitar contaminación, ya que las esquinas formadas por el rectángulo producen acumulaciones.

Para lograr mayor eficiencia en el recorrido de la burbuja de aire, hacia la superficie del líquido, el aireador se colocó en la base del fermentador.

El aireador se construyó de tubería de PVC de 1/2 pulgada de diámetro y la tubería que lo conecta con la entrada del fermentador es de 7/16 pulgadas y fue moldeada conforme la estructura que presenta el recipiente de vidrio. El aireador tiene 7 pulgadas de largo y 4.5 pulgadas de ancho. El diámetro de los orificios es de 2.5 mm.

4.4.3 AGITADOR

Se construyó un marco metálico para sostener el motor del agita-

dor y a la vez se utilizó como base para colocar el fermentador. El agitador consta de dos aspas de 3.5 pulgadas de largo a partir de su eje y 2.96 pulgadas de alto. El eje del agitador se enrosca en la base del motor del agitador.

4.5 COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MASA ($K_L a$).

El valor del coeficiente de transferencia de masa, $K_L a$, es parámetro crítico que requiere cuantificación con respecto a los parámetros de operación y características del caldo en fermentación.

Este coeficiente relaciona la velocidad de transferencia de masa en términos de concentración; considerando el oxígeno de las burbujas de aire pasando a través de un sistema de fermentación, la velocidad de transferencia de oxígeno, N_a , según ecuación 4.5 es:

$$N_a = K_L a (C_g^* - C) \quad (4.5)$$

Donde C = Concentración de oxígeno disuelto en el líquido
(moles /l)

C_g^* = Es la concentración del oxígeno en la interfase gas-líquido a un tiempo definido (moles /l)

K_L = Coeficiente de transferencia de masa al lado del líquido.

a = Area específica

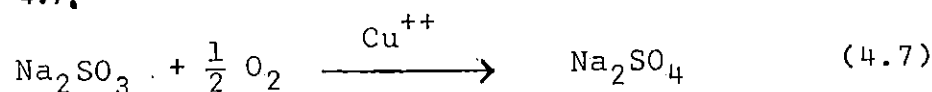
El término $(C_g^* - C)$ es llamado fuerza guiadora. La fuerza guiadora es máxima cuando el líquido está exento de oxígeno, es de-

cir $C = 0$; por lo que la ecuación se transforma en la 4.6.

$$Na = K_L a C_g^* \quad (4.6)$$

La velocidad de transferencia de oxígeno, Na , se determinó por el método de oxidación del sulfito.

El método es una técnica para medir el rendimiento de un sistema de aireación. Esta basado en la oxidación del sulfito de sodio a sulfato de sodio, en presencia de un catalizador, según la ecuación 4.7.



La marcha analítica usada en la medición del sulfito de sodio se reporta en el apéndice A.

El cálculo del sulfito de sodio se hizo utilizando la ecuación 4.8 :

$$\%p/v Na_2SO_3 = \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) \times \text{meq-gr } Na_2SO_3}{V_m} \times 100 \quad (4.8)$$

Donde: %p/v = Porcentaje peso/volumen

V_1 = Volumen en exceso de la solución estándar de iodo.

N_1 = Normalidad de la solución de iodo

V_2 = Volumen de la solución estándar de tiosulfato de sodio titulante.

N_2 = Normalidad de la solución de tiosulfato de sodio

V_m = Volumen de Muestra.

Meq-g $Na_2SO_3 = 0.0630215$ (son los miliequivalentes-gramo de sulfito de sodio).

El valor de $K_L a C_g^*$, (Na) se reporta como sulfito oxidado en función del tiempo:

$$K_L a C_g^* = \frac{\text{Sulfito inicial} - \text{Sulfito final}}{2 (\text{intervalo de tiempo})} \quad (4.9)$$

Donde: $K_L a C_g^*$, representa la máxima transferencia de oxígeno en el sistema.

Las mediciones de $K_L a$ se realizaron a dos escalas:

1- Volumen de 1 litro (nivel de laboratorio).

Se utilizó el sistema empleado para optimizar el flujo de aire (veáse figura 4.2).

2- Volumen de 5 litros en el sistema construido para la producción de Candida utilis (veáse figura 4.3).

Ejemplo de Cálculo:

Los porcentajes en peso del sulfito de sodio no oxidado se reportan en las tablas 4.7 y 4.8

De la tabla 4.7 se tomaron los siguientes datos:

$$\text{Concentración inicial de sulfito } C_o = \frac{0.52319 \text{ g } Na_2SO_3}{100 \text{ ml de solución}}$$

$$\text{Concentración final de sulfito } C_f = \frac{0.2493 \text{ g } Na_2SO_3}{100 \text{ ml de solución}}$$

Intervalo de tiempo = (5.5) hr

Tabla 4.7 Variaciones de la concentración de sulfito de sodio en función del tiempo (1 l de solución).

Tiempo (hr)	Volumen de Titulante (ml)	Na ₂ SO ₃ % p/v
0	16.2	0.52319
0.5	17.4	0.44862
1.0	18.2	0.39891
1.5	18.1	0.37362
2.0	18.5	0.34876
2.5	18.6	0.34254
3.0	19.2	0.30526
3.5	19.3	0.29904
4.0	19.5	0.2866
4.5	19.7	0.27419
5.0	19.9	0.26176
5.5	20.1	0.24933

Luego:

$$\begin{aligned}
 C_o - C_f &= \frac{0.52319 - 0.2493}{100 \text{ ml de solución}} \times 1000 \frac{\text{ml}}{1 \text{ l}} \\
 &= 2.739 \frac{\text{g Na}_2\text{SO}_3}{\text{l}} \times \frac{1 \text{ mol Na}_2\text{SO}_3}{126.04 \text{ g}} \times \frac{1,000 \text{ milimoles}}{1 \text{ mol}} \\
 &= 21.73 \frac{\text{Milimoles Na}_2\text{SO}_3}{\text{l}}
 \end{aligned}$$

El sulfito de sodio reaccionado equivale a la cantidad de oxígeno absorbido. Sustituyendo datos en la ecuación 4.9:

$$K_L a C_g^* = \frac{21.73 \text{ milimoles de } O_2 \text{ absorbido / l}}{2 (5.5 - 0.0) \text{ hr}}$$

$$K_L a C_g^* = 1.97 \frac{\text{milimoles de } O_2 \text{ absorbido}}{\text{l} \cdot \text{hr}}$$

Tabla 4.8 Variaciones de la concentración de sulfito de sodio en función del tiempo (5 l de solución).

Tiempo (hr)	Volumen de Titulante (ml)	Na ₂ SO ₃ %p/v
0	17.7	0.59117
0.5	18.1	0.5663
1.0	18.2	0.5601
1.5	18.6	0.5353
2.0	19.3	0.4919
3.0	20.8	0.3987
3.5	21.1	0.3801
4.5	22.5	0.2932
5.0	23.	0.2622
5.5	24.1	0.1938
6.0	24.8	0.1504
6.5	25.1	0.1318
7.0	25.4	0.11386
7.5	25.4	0.11386

Tomando valores de tabla 4.8 y utilizando la ecuación 4.9, se obtuvo el $K_L a C_g^*$ para el volumen de 5 litros, que corresponde a 2.70 milimoles de oxígeno por hora-litro.

4.6 RECUPERACION DE LA LEVADURA.

Una vez finalizado el proceso fermentativo y concluida la producción celular, se procede a la recuperación de la Candida utilis.

Esta recuperación, supone la separación de las células del substrato agotado y posteriormente el secado. Este proceso es importante, ya que el producto final debe cumplir con algunos requisitos mínimos como:

- a- No presentar mal olor
- b- Estar libre de agentes patógenos
- c- Contenido nutricional alto
- d- No contener sustancias tóxicas
- e- Tener sabor agradable

Si la levadura es destinada a consumo humano, debe cumplir además con (14):

- a- Tener bajo contenido de ácidos nucleicos
- b- Presentación comercial de polvo soluble.

Los pasos seguidos en la etapa de recuperación de la levadura fueron:

- a- Separación de la levadura del substrato agotado por centrifugación.

b- Lavado de las células con agua destilada y separación por centrifugación para eliminar residuos del substrato. Se realizaron 3 lavados.

c- Secado de la crema de levadura en una estufa con recirculación de aire, a 55°C, hasta eliminar la humedad externa.

Al concluir la etapa de secado, la levadura presenta una consistencia granular, como se muestra en la fig. 4.4.

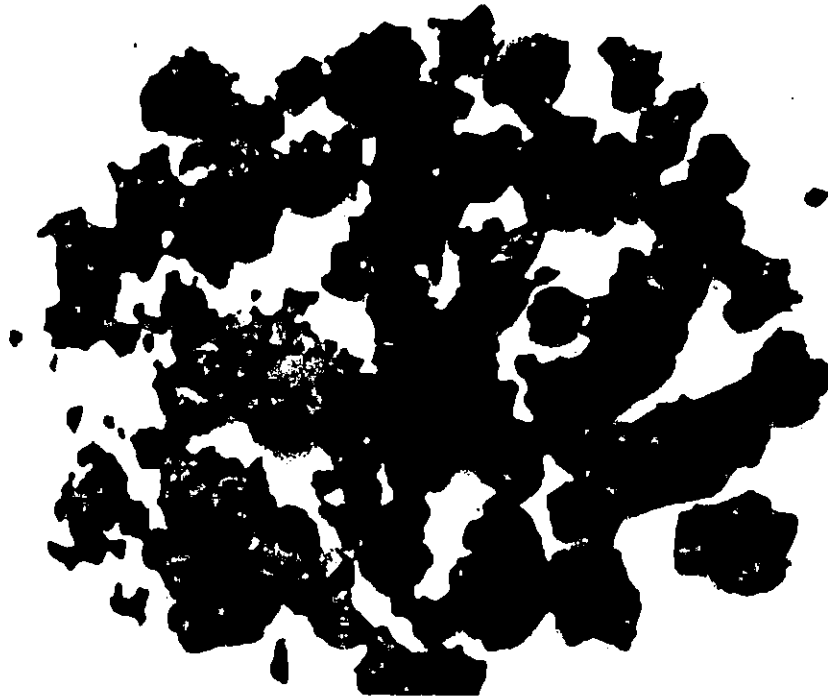


Figura 4.4 Levadura Candida utilis seca, producida en jugo de desechos vegetales.

4.7 RENDIMIENTO DE CANDIDA UTILIS OBTENIDA A PARTIR DEL JUGO DE DESECHOS VEGETALES.

El factor principal que determina si el crecimiento de la levadura Candida utilis en el jugo de los desechos vegetales es apropiado, es el rendimiento, el cual indica qué tanto aprovecha la levadura los nutrientes del substrato.

Los datos generados durante las 7 corridas más significativas de la etapa experimental se reportan en la tabla 4.9

Para la optimización de aire se tomó como base los datos obtenidos en la corrida 4.

Los datos de la tabla 4.9 reflejan características interesantes presentadas en el proceso de fermentación:

- a- El aumento del flujo de aire provoca un mayor consumo de azúcares.
- b- A medida que aumenta el contenido de azúcares el tiempo de fermentación es mayor. En volúmenes pequeños (0.7 y 0.8 l.), el tiempo de fermentación es de aproximadamente 36 horas, el cual disminuyó a 24 horas, con el uso de un pre-inóculo para las corridas 6 y 7.
- c- El rendimiento en gramos de levadura seca, depende de la concentración inicial de azúcares y del suministro de aire.

Los datos de la tabla 4.9 son la base para obtener los diferentes rendimientos que se presentan en la tabla 4.10.

Tabla 4.9 Resumen de datos significativos obtenidos en la etapa experimental.

Corrida	Litros de aire suministrado por minuto (l /min)	Oxígeno suministrado (g)	Tiempo de fermentación (hr)	Volumen de sustrato (l)	Levadura seca obtenida (g)	azúcares reductores totales iniciales (g)	Azúcares reductores g azúcar/100 g subst.	
							% Iniciales	% finales
1	2.25	2.829	34	0.7	3.88	40.6	5.0	1.6
2	4.5	5.659	48	0.7	6.39	99.06	12.2	0.54
3	4.5	5.659	36	0.7	5.35	49.53	6.1	2.22
4	6.25	7.860	36	0.8	9.87	56.61	6.1	0.59
5	6.25	7.860	34	0.7	1.2286	24.36	3.0	1.01
6	31.25	39.301	24	4.0	44.5912	287.68	6.2	0.59
7	31.25	39.301	24	5.0	50.37*	353.80	6.1	1.1

* Hubo corte de energía eléctrica

Tabla 4.10 Rendimientos obtenidos en la producción de
Candida utilis.

Corrida	Consumo de azúcares (% p/p)	Gramos de levadura seca por litro de aire	Gramos de levadura seca por gramos de oxígeno suministrado	Gramos de levadura seca por litro de sustrato	Gramos de levadura seca por gramo de azúcares reductores totales (% p/p)
1	68.0	1.72	1.37	5.54	9.55
2	95.5	1.42	1.13	7.71	6.45
3	63.6	1.41	0.94	7.65	10.81
4	90.3	1.57	1.25	12.3	17.43
5	66.3	0.19	0.16	5.54	5.05
6	90.5	1.42	1.13	11.15	15.50
7	81.6	1.61	1.28	10.07	14.23

Puede observarse que el consumo de azúcares es similar para las corridas 4 y 6. El rendimiento en gramos de levadura seca obtenida por gramo de oxígeno suministrado es mayor en la corrida 4 que en la corrida 6 bajo las mismas condiciones, debido a que no se pudo obtener técnicamente un flujo de aire de 35.7 l/min por falta de un rotámetro con escala apropiada para su medición.

Para conocer que tan efectivo ha sido el proceso de fermentación, así como la asimilación de los nutrientes del sustrato por la levadura, es necesario compararlo con los rendimientos obtenidos con otros tipos de sustrato y se presentan en la tabla 4.11, en

la que se ve claramente la superioridad del jugo de desechos vegetales sobre el jugo de la pulpa de café, melaza y vinaza para la producción de Candida utilis.

Tabla 4.11 Comparación de Rendimientos obtenidos de Candida utilis producida en diferentes substratos.

Condiciones y Medio de Cultivo	R e n d i m i e n t o	
	$\frac{\text{g levadura seca}}{\text{g azúcar}} \%$	$\frac{\text{g levadura seca}}{\text{litro de substrato}}$
<u>Candida utilis</u> en jugo de pulpa de café, 1.75% p/v azúcares reductores, 3.1 l de substrato densidad = 1.02 g/ml, (11)	0.034	0.6
<u>Candida utilis</u> en vinaza, 1% p/v de azúcares reductores, 4 l. de substrato, densidad 1.43 g/ml, (10)	0.74	7.4
<u>Candida utilis</u> en vinaza, 1% p/v de azúcares reductores, 4 l de substrato, densidad del medio 1.003 g/ml, (10)	0.242	2.42
<u>Candida utilis</u> en jugo de desechos vegetales, 6.1% p/p azúcares reductores, 4 l de substrato, densidad del medio 1.16 g/ml.	15.50	11.15

4.8 ANALISIS QUIMICOS Y CARACTERISTICAS FISICAS DE CANDIDA UTILIS PRODUCIDA EN JUGO DE DESECHOS VEGETALES.

Al concluir el proceso de reproducción, la levadura se recupera y se somete a análisis de: proteína, grasa, fibra, ceniza y humedad.

4.8.1 COMPOSICION QUIMICA.

Inicialmente se evaluó el contenido de humedad, utilizando la crema de levadura que se obtiene de la centrifugación del sustrato agotado. La levadura seca se utilizó para determinar proteína, ceniza, grasa y fibra. Los análisis se hicieron por triplicado y se presentan en la tabla 4.12, en la que se compara la composición química de Candida utilis en jugo de desechos vegetales y la obtenida en otros sustratos. Los porcentajes de proteína son cercanos entre si, a diferencia de los otros componentes que varían para cada una de las levaduras. Por otro lado si se compara el contenido de proteína de Candida utilis obtenida en jugo de desechos vegetales con los datos de contenido de proteína en otros alimentos reportados en la tabla 1.3 se comprueba que Candida utilis es una alternativa como suplemento alimenticio proteico.

Tabla 4.12 Composición Química de Candida utilis producida en diferentes substrato.

Componente	C. utilis en jugo de desechos vegetales (% p/p)	C. utilis en melaza (% p/p)	C. utilis en jugo de maguey (% p/p)	C. utilis en vinaza (% p/p)
Proteína	45.20	52 - 54	48.8 - 51.6	45.40
Grasa	4.10	0.8 -1.0	0.56- 20	4.50
Fibra	6.57	0.4 -0.5	-	2.00
Ceniza	6.31	7.0 -7.5	3.2	13.90
Humedad	5.90	5.0 -7.0	6.93	1.40
Fuente		Bonilla (10)	Sánchez (39)	Figuerqa (17)

4.8.2 CARACTERISTICAS FISICAS

La levadura Candida utilis se obtiene de la etapa de recuperación en crema, con una humedad de 79.74%; su color se asemeja al blanco hueso, su olor es suave y agradable, a frutas.

Al iniciar el proceso de secado, el olor de la levadura cambia a café oscuro, tomando el color del medio de cultivo.

Seca la levadura es de apariencia granular, consistencia suave y puede reducirse a un tamaño de partícula más pequeña, manteniendo

do el olor frutal.

Si la levadura seca se pone en contacto con agua, vuelve a tomar la consistencia de crema y su color original; razón por la cual se procedió a cuantificar la absorción de agua en Candida utilis.

El procedimiento seguido fue el siguiente: inicialmente se pesó 1 g de levadura por duplicado y se colocó en tubos de ensayo previamente pesados. Se adicionaron 10 ml de agua destilada y las mezclas se agitaron por 5 min. Luego se dejaron reposar por 1 hora a temperatura ambiente y posteriormente se centrifugaron a 2500 rpm por 25 minutos. El agua libre de desecho y los tubos se invirtieron en ángulo de 45° sobre toallas absorbentes por 30 minutos y se pesaron nuevamente.

La diferencia entre peso seco y peso drenado fué tomada como gramos de agua retenidos por gramos de muestra. Los datos se tabulan en la tabla 4.13 y puede observarse que la levadura absorbe, en promedio, un 99% de agua, con lo que se concluye que una vez seca, puede volver a hidratarse y obtenerse la crema de levadura.

Tabla 4.13 Capacidad de absorción de agua de Candida utilis producida en jugo de desechos vegetales.

Peso inicial Tubo + Muestra (W_1 , g)	Peso final (W_2 , g)	Diferencia de pesos ($W_2 - W_1$) (g H ₂ O/g levadura)
12.1706	13.1094	0.9388
12.4399	13.4822	1.0423

CAPITULO V
UTILIZACION DE CANDIDA UTILIS.

La proteína unicelular de Candida utilis (conocida como levadura torula) puede considerarse intermedia entre la mejor proteína vegetal y la del huevo, ya que es altamente valorada por su calidad y contenido proteico (44).

En este capítulo, se presentan algunas de las alternativas de utilización de Candida utilis.

5.1 ALIMENTACION HUMANA.

Un producto alimenticio no solamente debe considerarse desde su punto de vista nutricional e higiénico, sino que, ante todo, los aspectos toxicológicos; atractivo visual y aceptación del consumidor.

Candida utilis es una levadura cuya apariencia es semejante a la harina de avena coloreada (véase figura 4.4), que la hace atractiva a la vista humana, pudiendo presentarse en diversas formas: polvo, barras, bloques, etc. (9).

Sin embargo, hay que tomar en cuenta la concentración de RNA (ácidos nucleicos) que posee esta levadura, mayor que cualquier alimento convencional, los cuales en el hombre son metabolizados y excretados como ácido úrico. Los niveles excesivos de ácido úrico en la sangre y orina, incrementan los riesgos de gota y cálculos en los riñones (21).

Investigaciones realizadas por el GAP (Grupo Asesor para Proteínas y Calorías) recomienda que la cantidad de Proteína Unicelular a ingerir sea de 2 gramos por día (21). Este es un factor limitante para el uso práctico de Candida utilis en la dieta humana. En el apéndice A se presenta la marcha de cuantificación antes y después del tratamiento aplicado para la disminución de ácidos nucleicos en la levadura.

La evaluación de las propiedades funcionales de Candida utilis indican que pueden ser incorporada en sistemas alimenticios sólidos, semisólidos o en suspensiones (14).

Es ingrediente de alimento tales como sopas enlatadas, salsas, salchichas y otras carnes, alimento para bebé, boquitas, etc., además se utiliza para otros fines como es el caso de colorantes, saborizantes, etc. (14).

Como suplemento alimenticio, ICAITI ha trabajado utilizando concentrado de levadura (Saccharomyces cerevisiae), en la elaboración de tortillas. Los porcentajes de concentrado de levadura incorporados a la masa fueron del 6, 12, 18 y 19% (base seca); estableciéndose el 18% como la máxima concentración a agregarse a la masa para tortillas, sin que se vean alteradas sus características organolépticas (49).

Los resultados del ICAITI fueron comprobados en este trabajo al preparar tortillas con masa enriquecida con 12% de levadura Can-

dida utilis. La levadura se incorpora uniformemente a la masa y debido a que no fue posible efectuar la reducción de ácidos nucleicos, ni eliminación de pared celular, la masa tomó una coloración café y después de cocida la tortilla el color se acentuó. La masa adquiere el olor de la levadura, el cual se mantiene aún después de cocida.

La figura 5.1 muestra las tortillas elaboradas con masa de maíz y 12% de levadura seca.

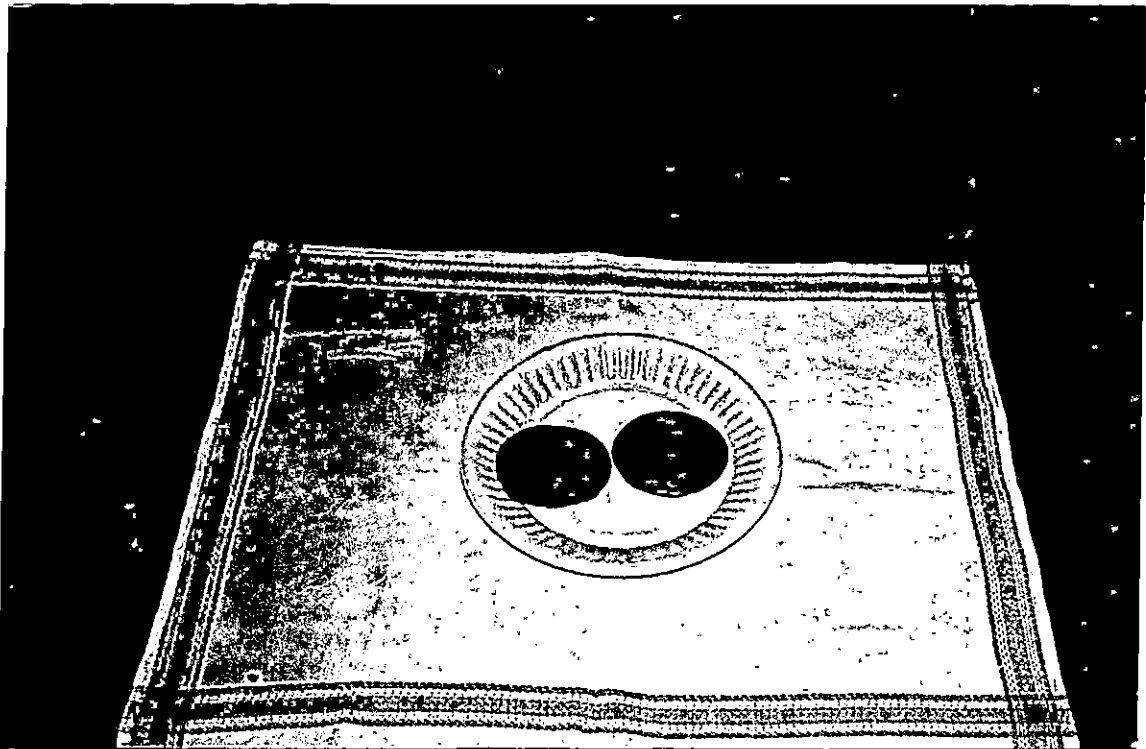


Figura 5.1 Tortillas de maíz con 12% de levadura Candida utilis

5.2 ALIMENTACION ANIMAL.

La levadura Candida utilis es un forraje valioso por su alto contenido proteico y su relación proteína/carbohidrato es mayor que en otros forrajes vegetales (45).

Dado el alto contenido de lisina, la levadura resulta ideal como suplemento de vegetales pobres en este aminoácido esencial, sin embargo a causa de su deficiencia en aminoácidos sulfurados (cistina y metionina) no debe de utilizarse como única fuente de nitrógeno (44). Valdivié, y colaboradores, compararon en 1980 la levadura torula con la harina de pescado y determinaron que la cantidad de lisina disponible es similar en ambas (44).

La energía metabolizable de la levadura torula es ligeramente mayor que la que posee la harina de soya y sus valores se presentan en la tabla 5.1

Se presentan a continuación investigaciones realizadas en el Instituto de Ciencia de Cuba, en el cual se han efectuado estudios de alimentación animal utilizando levadura Candida utilis (44), de los cuales se obtiene la siguiente información:

a- Alimentación Aviar

Se aconseja no incluir mas del 20% de levadura torula en los piensos para evitar los efectos adversos de la humedad de las excretas. Cuando no se suplementan con Dl- metionina, los piensos con 15% o mas de levadura, es necesario incrementar

Tabla 5.1 Aporte energético de la levadura torula (44).

Animal	Kcal/kg
Aves	2,400
Cerdos	2,800
Conejós	2,400
Ovino-Caprino	2,500
Equinos	2,800
Rumiantes	2,700

el aporte de harina de pescado en la ración hasta alrededor de 8%.

En piensos no peletizados donde el trigo es la única fuente energética, el límite máximo de levadura a incluir debe ser de 10%, ya que la inclusión de 20% provoca incrustaciones en el pico y reduce el consumo de alimento en los pollos de engorde.

En raciones para aves de 0-6 semanas de edad se recomienda incluir hasta 20% de levadura peletizada; utilizarla como única fuente protéica (hasta 17%) en la alimentación desde 7 hasta 23 semanas de edad y durante un año de producción de huevos, adicionarla hasta 18% de la ración sustituyendo totalmente a la harina de soya; de esta manera se logran buenos pesos en

los huevos sin afectar la producción.

b- Alimentación porcina

En Cuba la levadura torula se utiliza en forma seca o en forma de crema en los piensos líquidos para cerdos.

Se determinó que la levadura viva no es digerida por el cerdo, por lo cual es necesario suministrar la levadura muerta y con pared celular destruida.

Lezcano, Cervantes y Díaz, demostraron que la levadura puede ser la fuente proteica que satisfaga adecuadamente los requerimientos proteicos y de aminoácidos de los cerdos de ceba (44)

c- Alimentación de terneros y rumiantes

Simón (1978) trabajó con ternera Holstein y Cebú, desde 7 hasta 70 días de edad y logró con el suministro de una mezcla formada por 2 kg de leche y 200 g de Candida utilis seca, un aumento de peso en los terneros igual al obtenido con 4 kg de leche establecidos en las normas de alimentación.

Estos resultados permiten en la práctica sustituir 10,000 kg de leche destinada a la alimentación de terneros lactantes por cada tonelada de levadura utilizada con ese fin (44).

En toros de ceba, donde la miel urea es la fuente energética básica, la administración de Candida utilis en una cantidad de 690 g/toro/día, es capaz de aportar el grueso de la proteína verdadera necesaria para alcanzar una tasa de peso vivo diario del orden de los 963 g por día.

5.3 ALTERNATIVAS DE UTILIZACION EN EL PAIS PARA LEVADURA

CANDIDA UTILIS.

Como se ha mencionado en las secciones anteriores la levadura es utilizada como alimento para las personas y en la elaboración de concentrados para animales.

En el país se tiene conocimiento de la utilización de levadura procedente de la fabricación de cerveza, para la fortificación de concentrados para rumiantes. La levadura agotada, procedente de la fermentación, se almacena en tanques a 0°C; cuando va a ser despachada, se somete a un proceso de lisis, haciendo pasar la levadura por una tubería en la que se le somete a vapor a 80°C. Luego es cargada en camiones cisterna y transportada hasta las haciendas.

La levadura Candida utilis puede ser utilizada de igual manera para alimento de rumiantes en las haciendas.

También se tiene conocimiento de la utilización de Candida utilis en la elaboración de algunas bóquitas para consumo humano. Por esto se propone fortificar alimentos como harinas, horchatas, chocolates y otros alimentos populares, para aumentar su valor proteico, y de esta manera poder llevar una mejor alimentación a la población.



CAPITULO VI

UTILIZACION DEL RESIDUO SOLIDO OBTENIDO DE LA EXTRACCION DEL JUGO
DE DESECHOS VEGETALES.

El residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de los desechos vegetales, fue analizado con el propósito de conocer su composición química y así disponer de él de una manera adecuada.

6.1 SECADO DEL RESIDUO SOLIDO.

El objeto del secado es eliminar la humedad en el residuo (93.48%) evitando de esta manera la descomposición por acción de microorgaanismos.

Se dispone de dos alternativas para el secado. La primera consiste en pasar el residuo sólido a través de una corriente de vapor a temperatura de 110°C para eliminar microorganismos; pasando luego por medio de bandas transportadoras a través de cámaras de secado a 75-80 °C. Al final del recorrido se obtiene residuo sólido seco, listo para utilizarse en la elaboración de concentrados.

Un segundo método es secado al sol en patio, procediendo de la siguiente manera: inicialmente se coloca sobre el patio un lecho de piedra, disponiendo sobre ésta una malla con orificios de 4cm, donde se deposita el residuo sólido. El lecho de piedra se coloca porque ésta almacena el calor solar y por la noche cuando desciende la temperatura, lo mantiene. El sistema se cubre con

plástico negro para lograr mayor absorción de la radiación; a medida que la temperatura aumenta, al agua contenida en el residuo se evapora, condensando en la superficie del plástico. El agua se recolecta a través de canales hasta un tanque de captación, el cual la almacena para ser utilizada en el proceso. La figura 6.1 muestra un esquema del sistema de secado en patio propuesto.

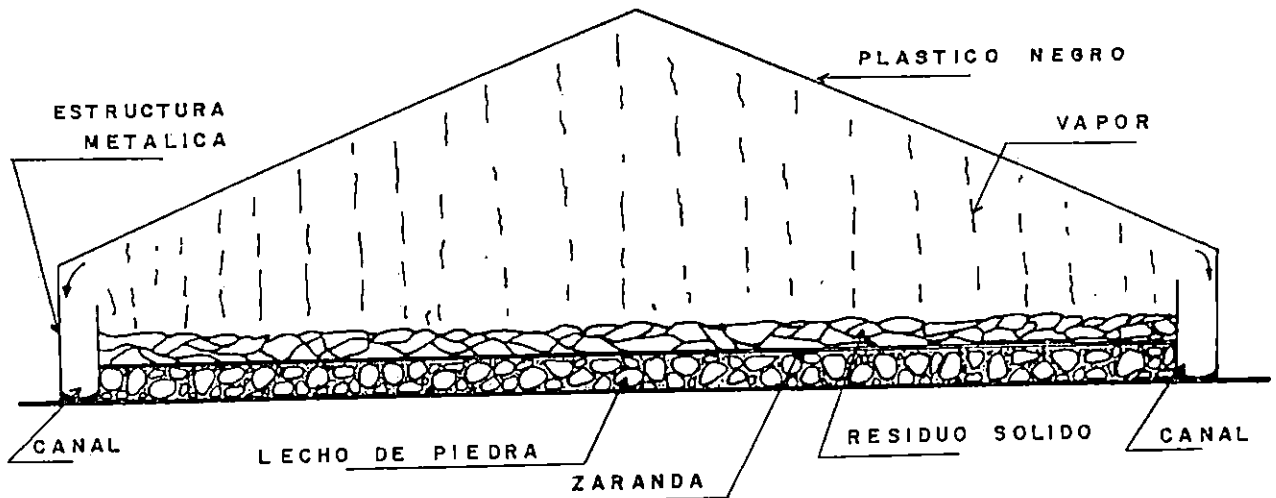


Figura 6.1 Sistema de secado en patio.

6.1.1 SECADO DEL RESIDUO SOLIDO REALIZADO EN EL LABORATORIO.

El secado del residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de los desechos vegetales, se realizó al sol. Se colocó el residuo en una bandeja previamente pesada, se cubrió con una malla metálica para evitar la penetración de insectos y se expuso a la acción de la radiación solar; se tomaron datos hasta obtener un peso constante, los cuales se presentan en la tabla 6.1, en la figura 6.2 muestra la curva de secado correspondiente. Su forma es exponencial indicando que la evaporación del agua ocurre a velocidad casi constante, hasta llegar a una humedad de 9.4%

En base a los resultados obtenidos en el laboratorio y tomando en cuenta los métodos disponibles de secado (sección 6.1) se considera que el método de secado al sol en patio presenta mayores ventajas debido a su bajo costo, facilidad de operación, mayor utilización de mano de obra y baja inversión de capital, por lo que éste método es el seleccionado para el secado del residuo sólido.

6.2 ANALISIS QUIMICOS.

Al residuo sólido se le efectuaron análisis de proteína, ceniza, fibra, grasa y humedad; resultados que se presentan en la tabla 6.2.

Tabla 6.1 Variación de pesos de la pulpa de desechos vegetales secada al sol.

Tiempo (hr)	Peso (g)	Peso agua evaporada (g)	Agua evaporada (%)
0	201	0	0
2	166	35	17.41
4	132	34	20.48
6	108	24	18.18
8	90	18	16.67
10	68	22	24.44
12	55	13	19.12
14	46	9	16.36
16	37	9	19.56
18	29	8	21.62
20	23	6	20.68
22	19	4	17.39

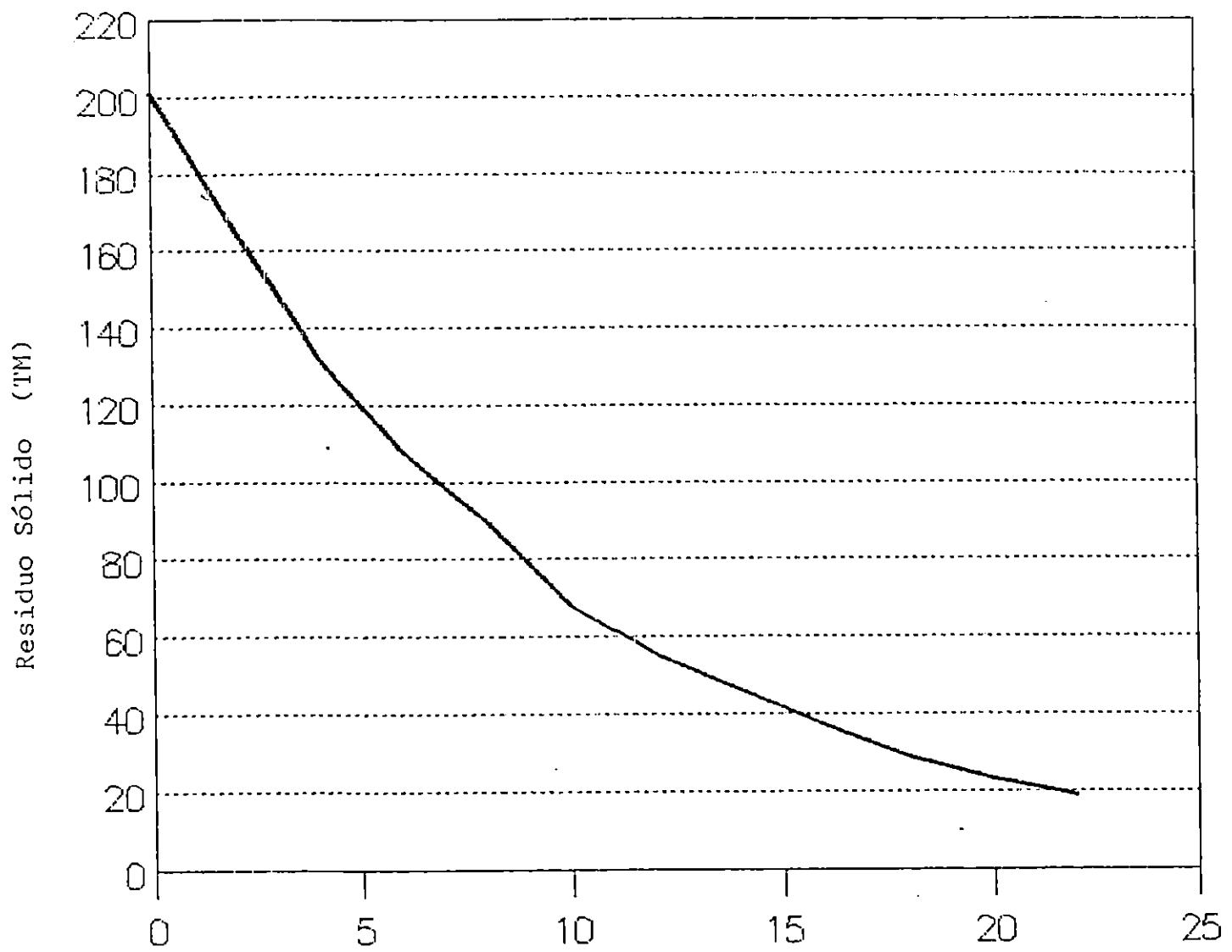


Figura 6.2 Curva de secado para el residuo obtenido de la extracción del jugo de desechos vegetales.

Tabla 6.2 Composición Química del residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de desechos vegetales.

Componente	% p/p
Proteína	11.30
Grasa	4.10
Fibra	18.23
Humedad	6.40
Cenizas	6.91

Esta composición por sí sola reúne los requisitos para un concentrado, contando con un alto contenido de proteína y fibra y un bajo contenido de cenizas. Estos datos dan la pauta para utilizar el residuo sólido en la alimentación animal.

6.3 UTILIZACION DEL RESIDUO SOLIDO.

Esta sección se desarrolló con la colaboración del Ingeniero Horacio Hill Zambrana, docente de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y se basa en los resultados de los análisis realizados al residuo (sección 6.2). Lo expuesto aquí sienta la base para estudios posteriores.

El residuo puede ser utilizado de dos maneras:

- a- Utilizar el residuo sin tratamiento previo, es decir sin proceder al secado, en estas condiciones el residuo posee un valor nutricional aceptable, pero carece de palatabilidad por lo que se recomienda enriquecerlo con 25% de melaza y utilizarlo para alimentar rumiantes, sin embargo debe de haber un período de acostumbramiento en la dieta del animal con el nuevo alimento. Para engorde de novillos de 700 - 1000 lb se puede administrar de 35 - 50 lb del residuo sólido (base húmeda) por día durante un período de 2 a 6 meses, previa adecuación de la dieta, con un posible incremento de 2 a 2.5 lb de peso vivo como ganancia diaria.
- b- El residuo sólido seco se puede emplear en la elaboración de concentrados para cerdos, rumiantes y aves. Para alimentar aves el residuo debe estar totalmente seco y en forma de harina; para el cerdo el contenido de ceniza que presenta el residuo constituye una limitante, por lo que el volumen de consumo debe ser bajo.

La composición recomendada en la formulación de un concentrado para cerdos, tomando como componente principal el residuo de vegetales, es el siguiente:

Base: 100 lb de concentrado (base seca)

15 lb de harina de maíz o sorgo

15 lb de melaza

0.5 lb de sal

69.5 lb de residuo sólido

Para cerdos de engorde, con un peso promedio de 150 lb y un 5% de ganancia en peso diario, es decir 7.5 lb de engorde por día, se recomienda:

Base: 100 lb. de concentrado (base seca)

9 lb. de melaza

6 lb. de harina de pescado

15 lb. de harina de maíz o sorgo

0.5 lb. de sal

69.5 lb. de residuo sólido

Para vacas de engorde con una producción de 21 botellas de leche diarias, se recomienda 7 lb del concentrado siguiente:

Base: 100 lb. de concentrado (base seca)

15 - 25 lb. de melaza

75 - 85 lb. de residuo sólido

1 lb. de urea (diluída)

La dilución de la urea tiene que ser en agua hirviendo para facilitar la disolución y reducir la toxicidad de la misma.

El costo de los concentrados varía según el tipo de animal a que va dirigido: en los rumiantes el precio promedio de los concentrados es menor (¢60) que los concentrados para cerdos (¢90) y a la vez éste es más barato que el concentrado para las aves (¢110). Un estudio más profundo sobre los posibles concentrados que pueden formularse para alimentación animal a partir del residuo sólido obtenido, puede abaratarlos ya que el residuo constituye del 60 - 70 % de la composición de los concentrados recomendados.

CAPITULO VII

ESTUDIO DE MERCADO PARA LEVADURA CANDIDA UTILIS.

En la formulación de un proyecto industrial, el estudio de mercado consiste en estimar la cantidad de producto que es posible vender, el precio que los consumidores potenciales están dispuestos a pagar, etc. La proyección de la demanda probable del producto resulta fundamental para el proyecto y es uno de los primeros factores asociados a la viabilidad del mismo que se debe estudiar (41).

La levadura Candida utilis obtenida a partir de jugo de desechos vegetales posee un contenido de 45% p/p de proteína, lo que la hace apta para fortificar alimentos para consumo humano, así como para formular concentrados para animales. Por estas razones la levadura puede competir en el mercado de estos productos.

7.1 DEMANDA DE LEVADURA ALMENTICIA.

Una de las dificultades que se presentan para conocer la demanda de levadura Candida utilis, es que no existe ninguna planta industrial que la produzca, por lo que la investigación se realizó en base a los datos de importación y exportación de las materias primas que actualmente se utilizan en la elaboración de concentrados, como son la harina de pescado, la harina de soya y la harina de despojos y huesos.

Los datos se obtuvieron de los anuarios estadísticos de la Dirección General de Estadística y Censos, tomándose los valores de las partidas que se detallan en la tabla 7.1, para los años de 1986 a 1990.

La tabla 7.2 muestra los valores totales de importación para los rubros comprendidos en la tabla 7.1. Los datos de exportación para estas partidas no fué posible conocerlos.

Tabla 7.1 Productos competitivos de la levadura Candida utilis

(3).

Código NAUCA	Especificación
23040100	Harina de soya.
23060000	Productos de origen vegetal que se utilizan en la alimentación de animales.
05050000	Desperdicios de pescado
23010300	Harina de pescado
23018000	Harinas y polvo de carne y de despojos de pescado.
02060200	Harinas de carne o de despojos.

7.2 CONSUMO APARENTE DE LEVADURA.

El consumo aparente de un producto se estima adicionando a la pro

ducción las importaciones y restando las exportaciones (41).

Se emplea la ecuación 7.1.

$$C.A. = I - E + P \quad (7.1)$$

en donde:

I = Importaciones

E = Exportaciones

P = Producción

C.A. = Consumo aparente

Tabla 7.2 Importación de productos competitivos de la levadura Candida utilis (3).

Año	Importación (TM)	Precio (¢/ kg)
1986	6,023	1.45
1987	15,508	1.24
1988	17,531	1.40
1989	14,134	1.43
1990	8,670	1.56
(sólo 7 meses)		

Para determinar el consumo aparente de levadura, inicialmente se determina el consumo aparente de las harinas de soya, pescado y

huesos. Debido a que no fue posible conocer valores de producción ni de exportación para los productos antes mencionados, los términos P y E son igual a cero en la ecuación 7.1, por lo que quedará:

$$C.A. = I \quad (7.2)$$

Los valores de consumo aparente para las harinas de soya, pescado y huesos se evalúan a partir de la tabla 7.2 y se muestran en la tabla 7.3

El consumo aparente de levadura (C.A.L.) se evaluó utilizando un factor de corrección, el cual está determinado por el cociente del % p/p de levadura que se adiciona a un concentrado (10%) y el % p/p de harinas de soya, pescado y huesos que se adicionaría, en sustitución de la levadura, al mismo concentrado (15%).

El factor es el siguiente:

$$f = \frac{10}{15}$$

La ecuación a utilizar es la 7.3.

$$C.A.L. = C.A. \times f \quad (7.3)$$

Los valores de consumo aparente para levadura se muestran en la tabla 7.3.

7.3 PROYECCION DEL VOLUMEN DEL MERCADO.

Una representación que permite obtener una visión de la variación

Tabla 7.3 Valores de Consumo aparente para harina de soya, pescado y huesos y consumo aparente de levadura.

A ñ o	CONSUMO APARENTE	
	Harina de soya, pescado y huesos (TM)	Levadura (TM)
1986	6,023	4,015
1987	15,508	10,339
1988	17,531	11,687
1989	14,134	9,423
1990	8,670	5,780

del consumo aparente en el tiempo es la llamada curva de Gompertz en la cual se grafica el logaritmo natural del consumo aparente contra el tiempo (9). Los datos de la tabla 7.3 se muestran en la gráfica 7.1

Para evaluar la proyección de consumo aparente de levadura se utiliza la siguiente ecuación 4.7 de tasa de crecimiento anual; (9):

$$T_c = \frac{(C.A.)_i - (C.A.)_{i-1}}{(C.A.)_{i-1}} \quad (7.4)$$

en donde:

T_c = Tasa de crecimiento

C.A.=Consumo aparente

Utilizando nuevamente los datos de la tabla 7.3 para levadura y ecuación 7.4 se obtienen los datos de la tabla 7.4. Un ejemplo de cálculo es:

Para el período de 1986 - 1987 se tiene:

$$C.A._{87} = 10,339 \text{ TM} \qquad C.A._{86} = 4,015 \text{ TM}$$

$$T_c = \frac{10,339 - 4,015}{4,015} = 1.5751$$

De igual manera se obtienen los datos para los diferentes períodos.

Tabla 7.4 Tasa de crecimiento anual de consumo de levadura en El Salvador.

Período	Tc
1986 - 87	1,5751
87 - 88	0.1304
88 - 89	-0.1937
89 - 90	-0.3866

Para proyectar hasta el año de 1995, se utiliza la ecuación 7.5 (10):

$$(C.A.)_i = T_{c_{prom.}} (C.A.)_{i-1} + (C.A.)_{i-1} \qquad (7.5)$$

Tc promedio se evalúa así:

$$T_{c_{prom}} = \frac{\sum T_c}{n} = 0.28$$

Donde: n = número de períodos (años)

Un ejemplo de cálculo para la ecuación 7.5 es:

Para el año de 1991 se tiene:

$$(C.A.)_{91} = 0.28 (C.A.)_{90} + (C.A.)_{90}$$

$$(C.A.)_{91} = 0.28 (5,780) + (5,780) = 7,398.40 \text{ TM}$$

La proyección calculada año a año para la levadura Candida utilis se presenta en la tabla 7.5

Tabla 7.5 Proyección del consumo aparente de levadura Candida utilis hasta el año de 1995 en El Salvador.

Año	Consumo de levadura (TM)
1991	7,398.40
1992	9,469.95
1993	12,121.54
1994	15,515.57
1995	19,859.93

Los datos de proyección se muestran en la gráfica 7.1 y se observa que la demanda de levadura es marcadamente creciente, lo que asegura que la producción puede ser absorbida por el mercado consumidor.

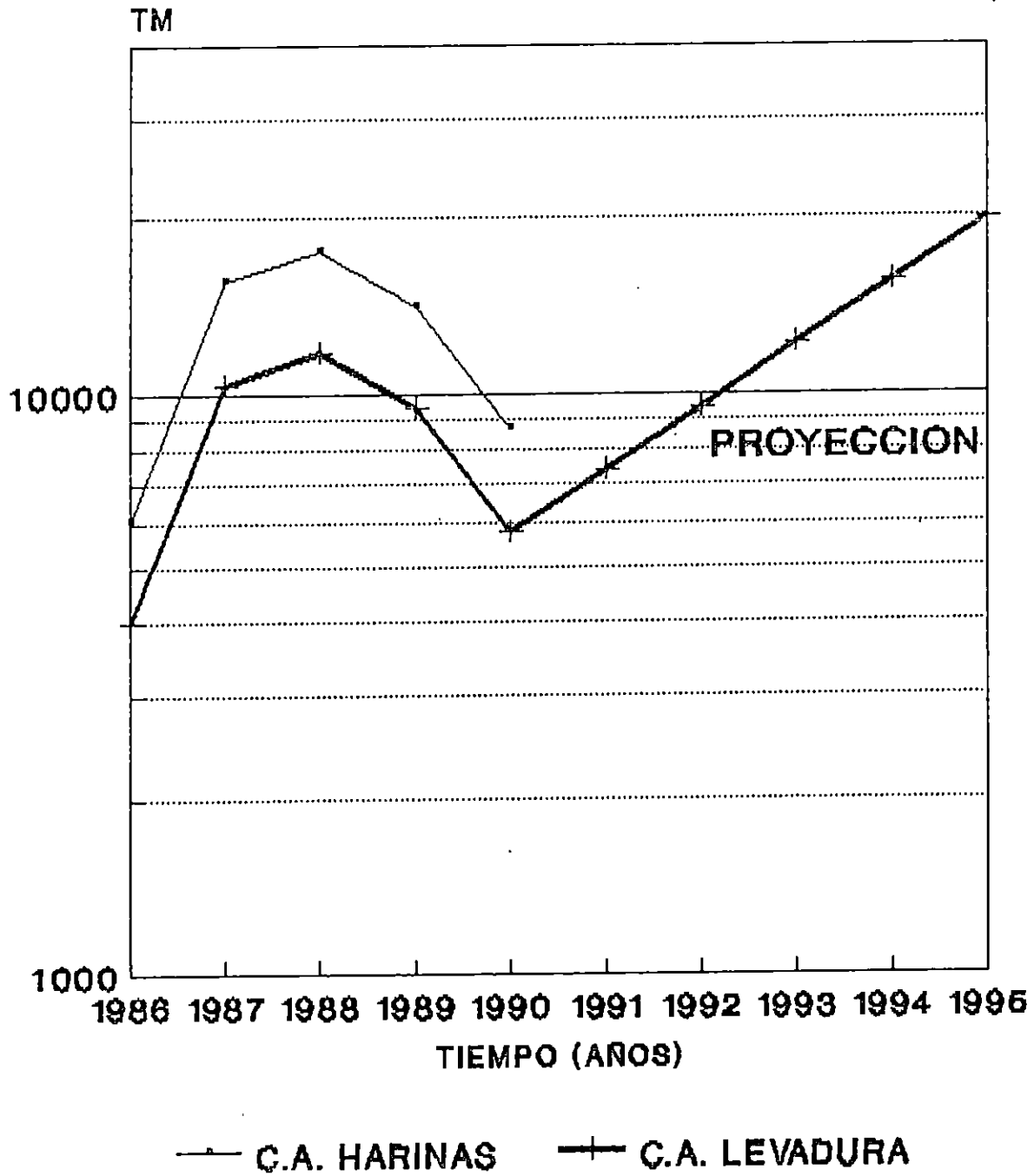


Figura 7.1 Curva de Gompertz para consumo aparente de harina de soya y levadura.

7.4 COMERCIALIZACION DE LA LEVADURA CANDIDA UTILIS

Como se ha mencionado anteriormente, la levadura producida en jugo de desechos vegetales, se propone utilizarla para consumo humano, y/o consumo animal. Por lo que el canal de distribución propuesto es el siguiente:

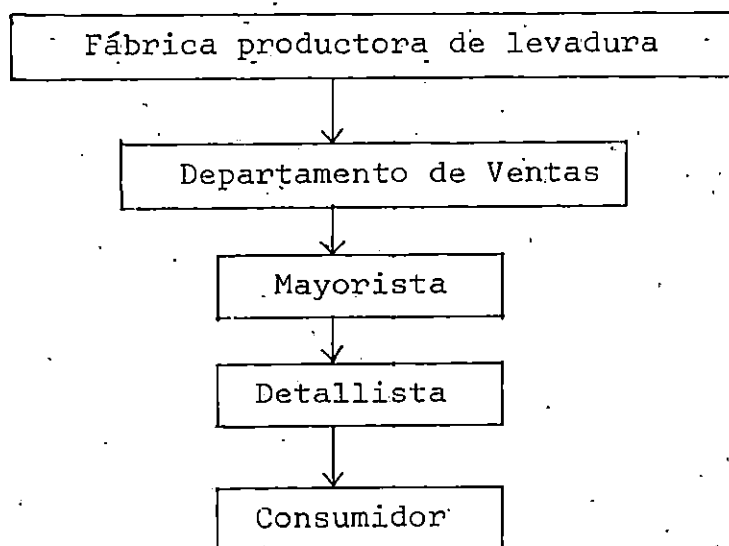


Figura 7.2 Canal de distribución para levadura.

Si la levadura se utiliza para alimento humano, los consumidores más importantes son las fábricas de alimentos como:

- Galletas
- Boquitas
- Horchatas
- Harinas, etc.

Para uso animal los consumidores son:

- Fábricas de concentrados
- Haciendas
- Granjas avícolas
- Crianza de cerdos, etc.

Como se mencionó en el capítulo V, en el país se utiliza levadura para alimento humano y de animales, por lo que la introducción del producto no tendría obstáculos y sería bien recibido por el consumidor.

CAPITULO VIII
PROPUESTA PRELIMINAR DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE PROTEINA UNICELULAR.

Hacer una propuesta preliminar de una planta productora de proteína unicelular involucra lo que en Ingeniería Química se conoce como ingeniería del proyecto, que tiene por objeto establecer las bases técnicas sobre las cuales se construirá e instalará la planta, así como aportar la información que permita una evaluación de la misma.

La primera parte de la ingeniería del proyecto consiste en adoptar un proceso de producción adecuado, efectuar los balances de materia y energía, etc., que dan la base para establecer el tipo y tamaño del equipo a utilizar en el proceso de producción, así como las necesidades de servicio (vapor, agua, electricidad). A continuación, se especifica el diseño del equipo y sus respectivas cotizaciones; estableciendo con esto las bases para la evaluación económica.

8.1. TAMAÑO DEL PROYECTO.

Técnicamente, por tamaño del proyecto se entiende, la máxima capacidad física de producción de la planta, la cual en este caso está determinada por la disponibilidad de materia prima.

En la tabla 8.1 se presentan las cantidades de desechos de vegetales de mercado disponibles por año, obtenidas a partir de las tablas 2.5 y 2.6 (capítulo II), y representadas en la figura 8.1, donde el período estudiado (1987-1990), está representado con una línea continua y la proyección de la disponibilidad de materia prima está indicada por la línea discontinua. En base a la proyección y planificando un año laboral de 298 días, se tiene una disponibilidad para el año 1996 de 19 toneladas por día de materia prima, sin embargo los datos de la tabla 2.5 (pág. 23) reportan una disponibilidad promedio actual de 17 toneladas por día.

La planta productora de Proteína Unicelular se proyecta en base a 17 toneladas diarias de materia prima, y se tiene la seguridad que en el futuro (1996) se contará con suficiente materia prima para satisfacer una demanda mayor de levadura.

El proceso de producción de Candida utilis propuesto dura, aproximadamente 36 horas por lote, con un rendimiento de 93.38 Kg de levadura.

8.2 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCION.

La producción de Proteína Unicelular (PUC) a nivel industrial, defiere del proceso utilizado en el laboratorio (capítulo IV) en el número de Operaciones Unitarias involucradas en la pre-

Tabla 8.1 Desechos vegetales procedentes de los mercados de San Salvador.

Año	Cantidad (Ton)
1987	3,032.38
1988	5,653.54
1989	8,112.80
1990	6,151.23

paración del substrato. El proceso consta de 5 etapas:

- 1- Obtención del jugo a partir de los desechos vegetales de mercado.
- 2- Preparación del substrato
- 3- Reproducción de la levadura
- 4- Recuperación y lavado de la levadura
- 5- Secado y empaçado de la levadura

La figura 8.2 representa el proceso de producción de levadura a nivel de laboratorio y la figura 8.3 es un esquema del proceso a nivel industrial que se describe en la sección 8.2.1.

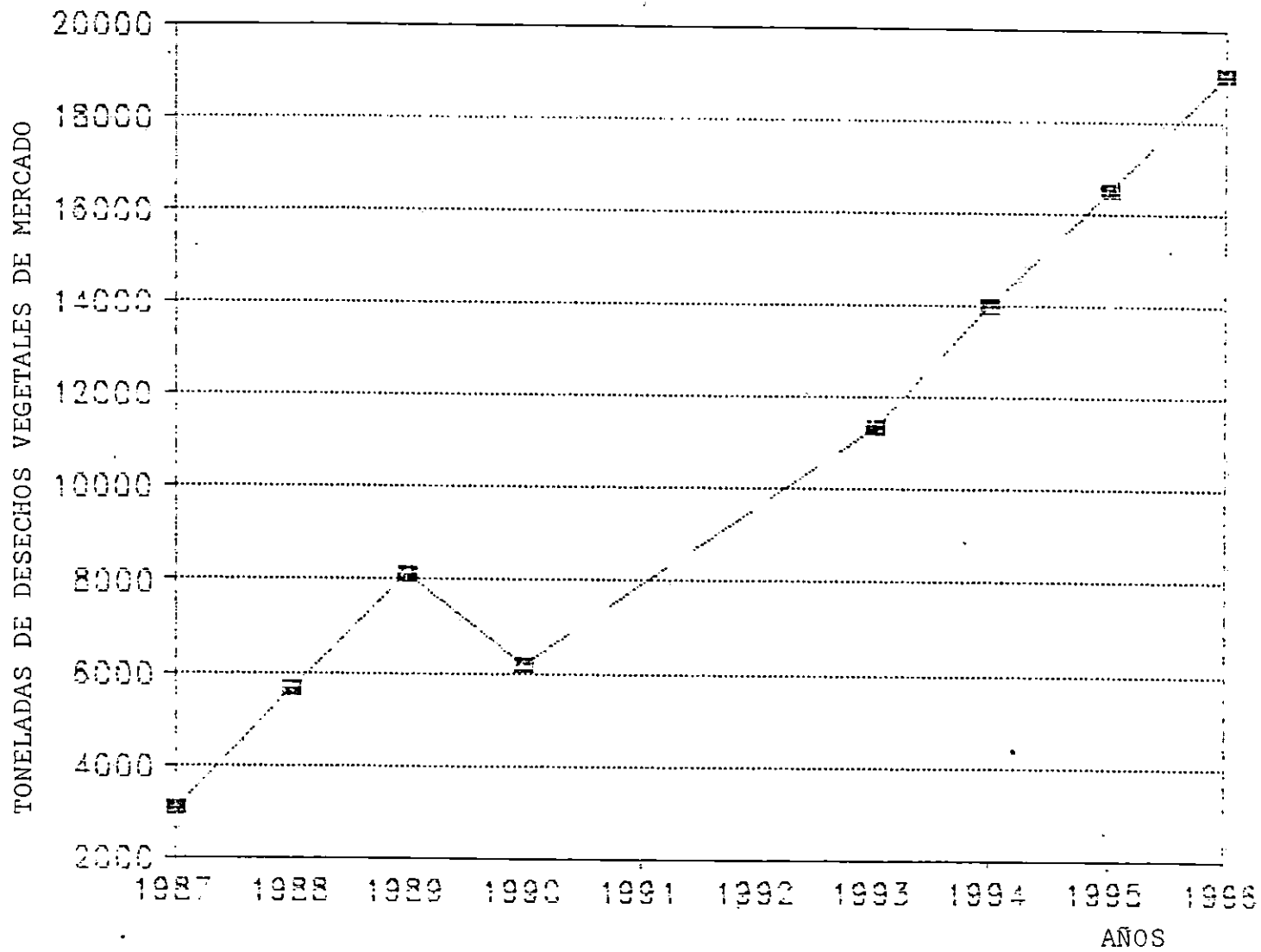


Figura 8.1 Proyección realizada para la disponibilidad de materia prima

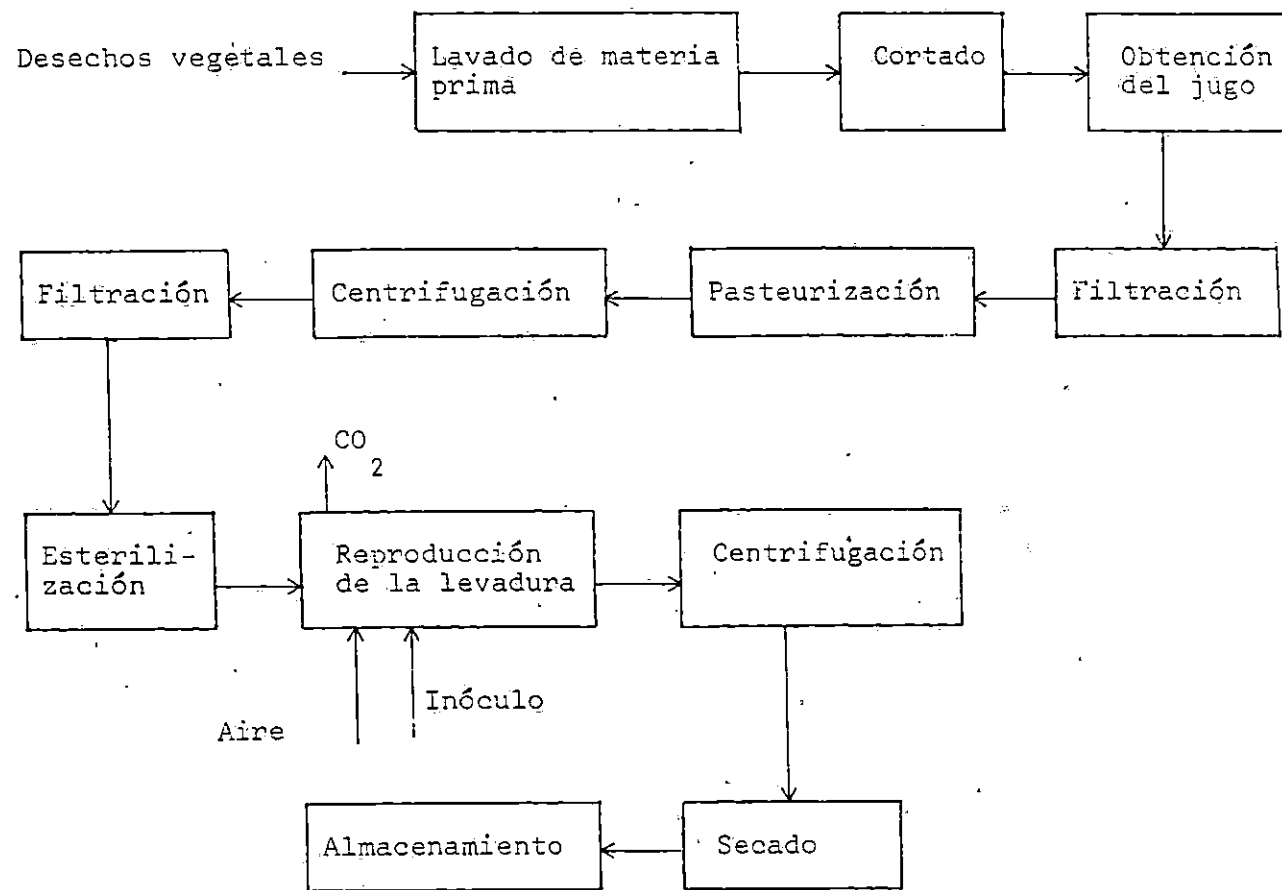


Figura 8.2 Esquema general del procedimiento utilizado a nivel de laboratorio para la producción Candida utilis en jugo de desechos vegetales de mercado.

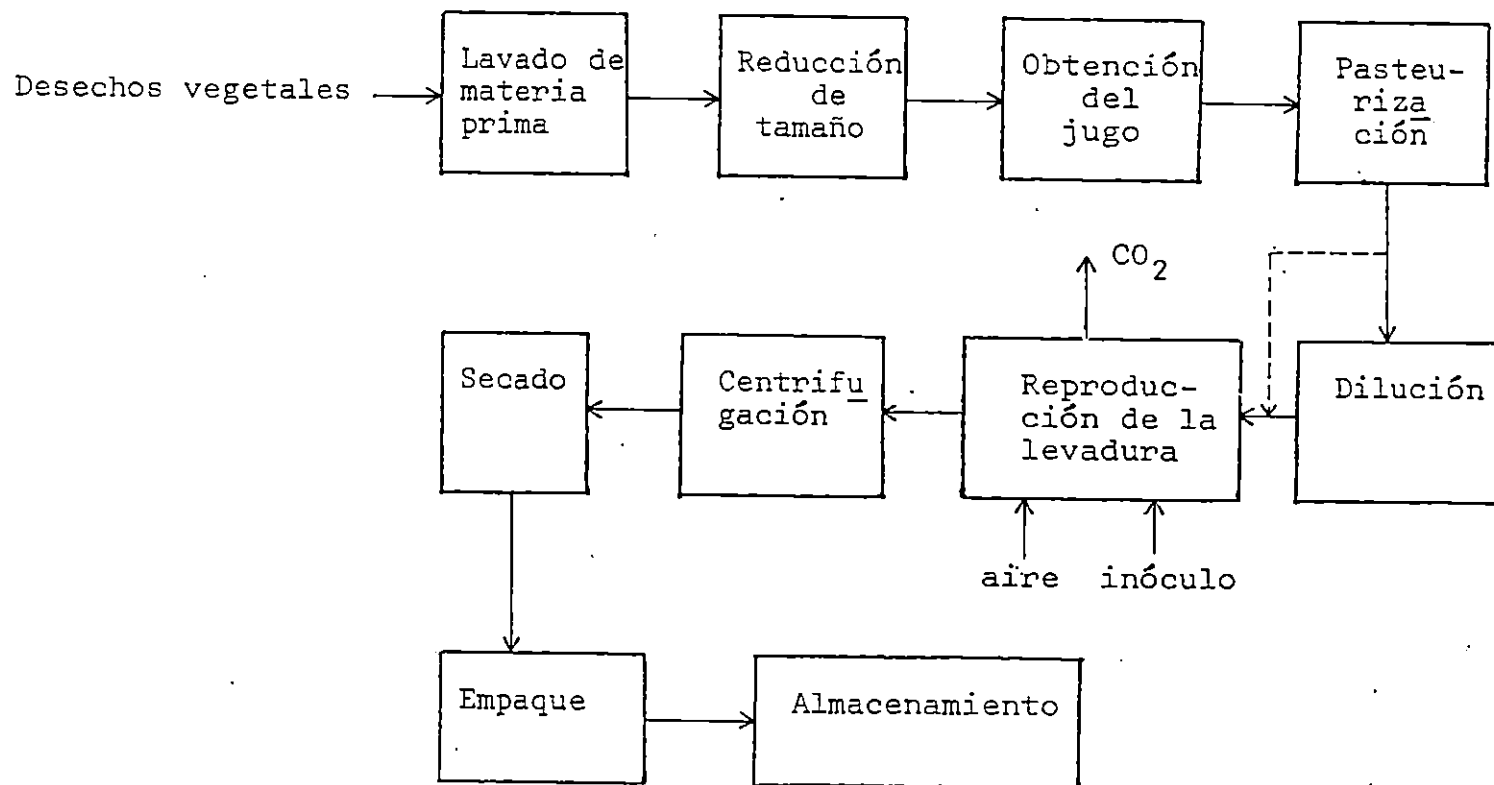


Figura 8.3 Esquema general para la producción de Candida utilis a nivel industrial.

8.2.1 OBTENCION DEL JUGO DE LOS DESECHOS VEGETALES DE MERCADO.

La figura 8.4 detalla los pasos involucrados en la obtención del jugo a partir de los desechos vegetales de mercado, la limpieza manual tiene por objeto separar vegetales inadecuados como cebolla, rábano, yuca, papa y otros; semillas como las de aguacate y partículas extrañas como piedras y plástico. El material seleccionado se lava con agua clorada (30 ppm de cloro), para disminuir el contenido de microorganismos y evitar que proliferen durante la reducción de tamaño y extracción del jugo. El segundo lavado con agua potable se realiza con el objetivo de arrastrar el cloro residual en la fruta y verdura. La reducción de tamaño aumenta la superficie de los desechos y facilita la extracción del jugo por prensado. El jugo obtenido es pasteurizado con dos propósitos: el calor aplicado favorece la floculación de los sólidos y además previene el crecimiento de microorganismos contaminantes.

8.2.2 PREPARACION DEL SUBSTRATO.

La preparación del jugo de los desechos vegetales (substrato), que se emplea como medio de cultivo en la producción de Candida utilis, se presenta en la figura 8.5:

De las frutas y vegetales que forman la materia prima se obtiene jugo con diferente contenido de azúcares reductores, razón

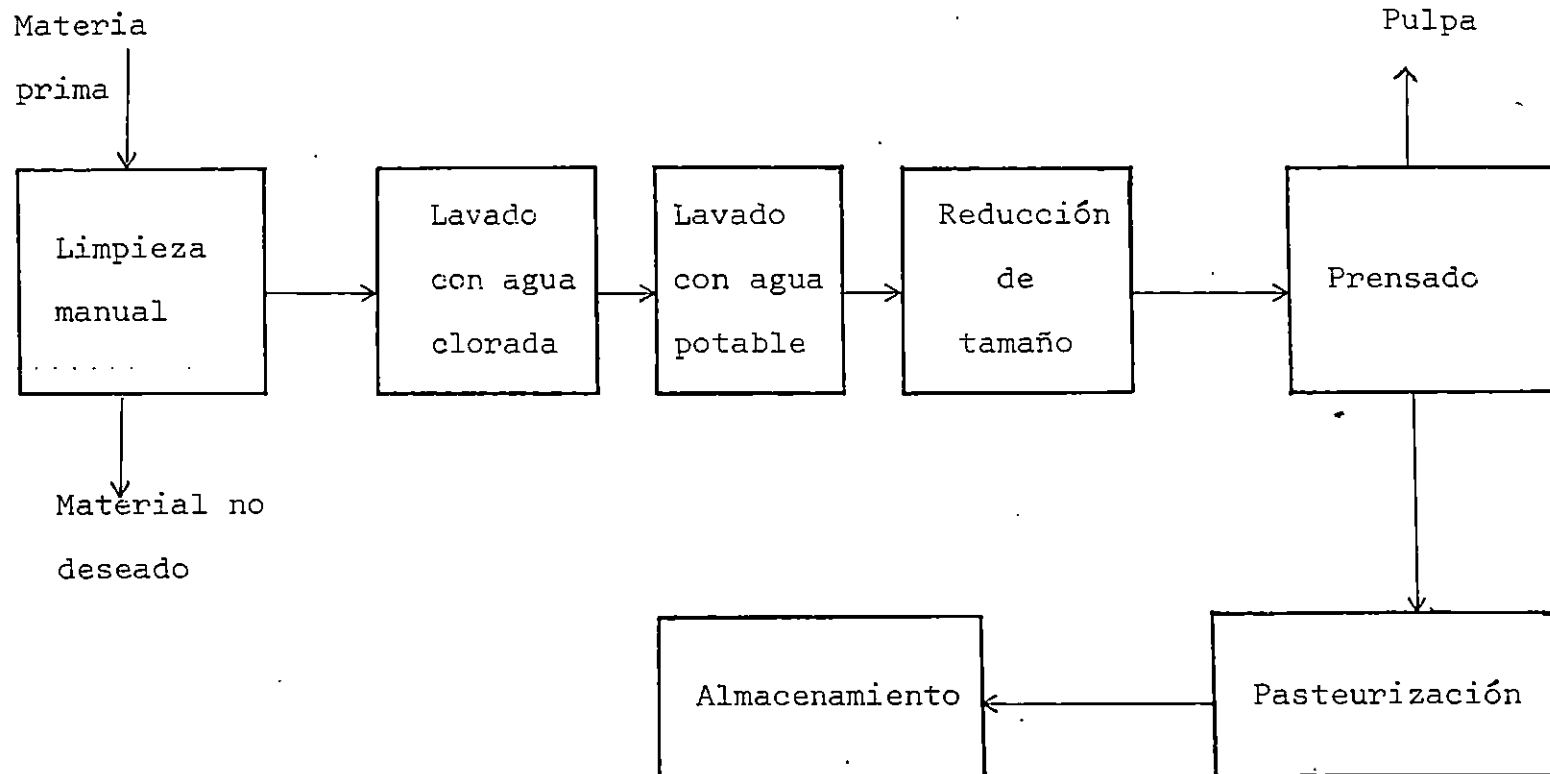


Figura 8.4 Proceso para la obtención del jugo de los desechos vegetales a nivel industrial.

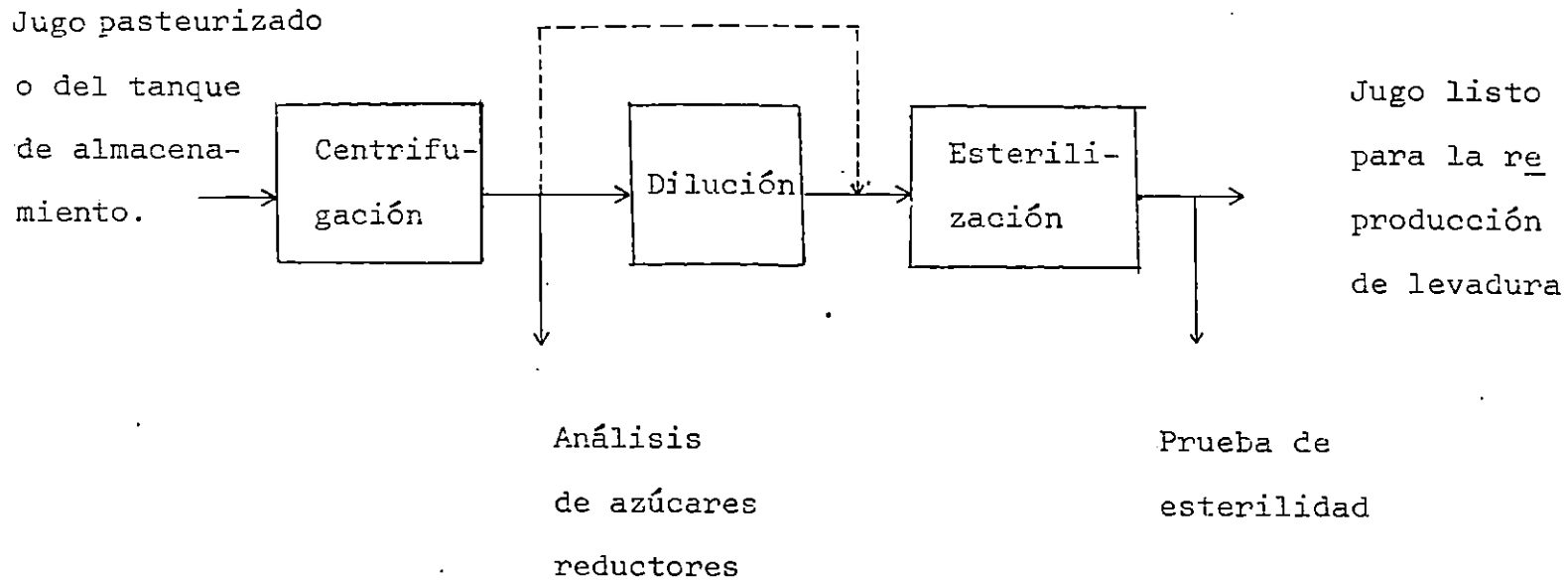


Figura 8.5 Proceso para la preparación del substrato a nivel industrial

por la cual, la dilución procede si el análisis de azúcares reductores indica una concentración mayor que 6.1 % (p/p).

El paso final de la preparación del substrato antes de la fermentación es la esterilización, para eliminar microorganismos que puedan competir con el crecimiento de Candida utilis.

8.2.3 PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS.

El reactor se inocula con células de Candida utilis en fase logarítmica de crecimiento y adaptadas al medio de cultivo que se utiliza. El inóculo se prepara cultivando las células a las mismas condiciones que mantendrá el reactor final. Cada uno de los reactores de acostumbramiento de la levadura mantienen una relación de volumen del 10 % con respecto al volumen del siguiente reactor.

El rendimiento de biomasa depende de las condiciones de operación: aireación, pH, temperatura, agitación, etc. especificados en la sección 4.3 (pág 46). La figura 8.6 presenta un esquema del proceso para preparación del inóculo y producción de C. utilis.

8.2.4 RECUPERACION Y LAVADO DE LA LEVADURA.

La recuperación de la levadura consiste en la separación de ésta del medio de cultivo seguida de dos lavados para obtener

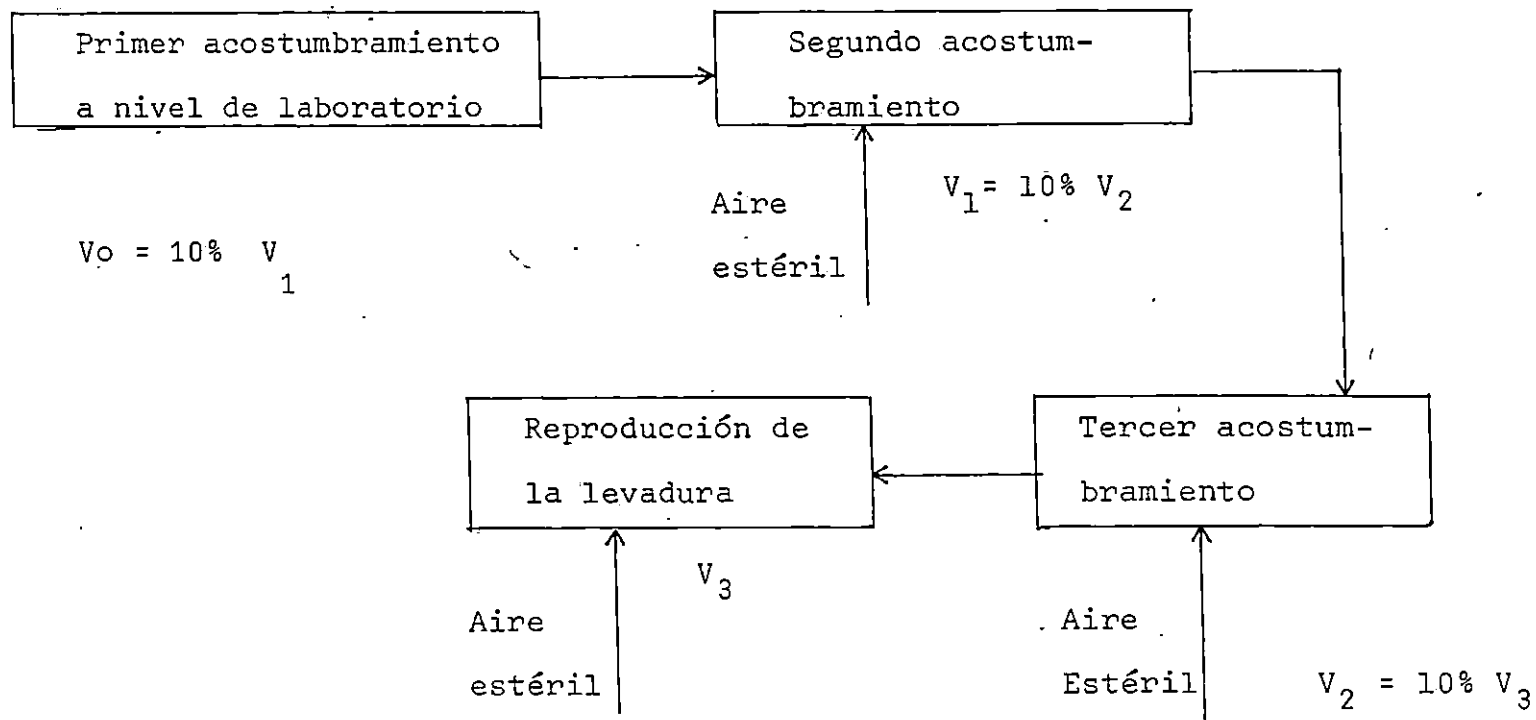


Figura 8.6 Proceso de preparación del inóculo y producción de Candida utilis a nivel industrial.

levadura limpia y concentrada, lista para la operación de secado, como se muestra en la figura 8.7.

La opción de consumir la crema de levadura se debe a que su producción resulta menos cara, ya que el secado es una de las etapas que consume gran cantidad de energía, aumentando el precio de la levadura. Su utilización debe ser planificada con los usarios, que pueden ser empresas que se dedican a la producción ganadera y porcina. Estos tendrán que solicitar la producción de levadura en crema especificando fecha y hora de utilización. Sin embargo, antes de ser despachada a su destino la levadura debe ser tratada termicamente para evitar contaminación y deterioro durante su transporte en camiones cisternas.

8.2.5 SECADO Y EMPACADO DE LA LEVADURA.

Al final de la etapa de recuperación, generalmente el contenido de sólidos se aumentan de un 20% a 40%, para una humedad final de 2-8 % (27).

En este proceso el calor no sólo supe la energía para eliminar el agua, sino que causa cambios en la funcionalidad de la proteína, induce color, olor y variación en el sabor del producto.

Para utilizar la levadura en alimentación humana, se necesita un secado por aspersión (Spray), ya que reúne las característi-

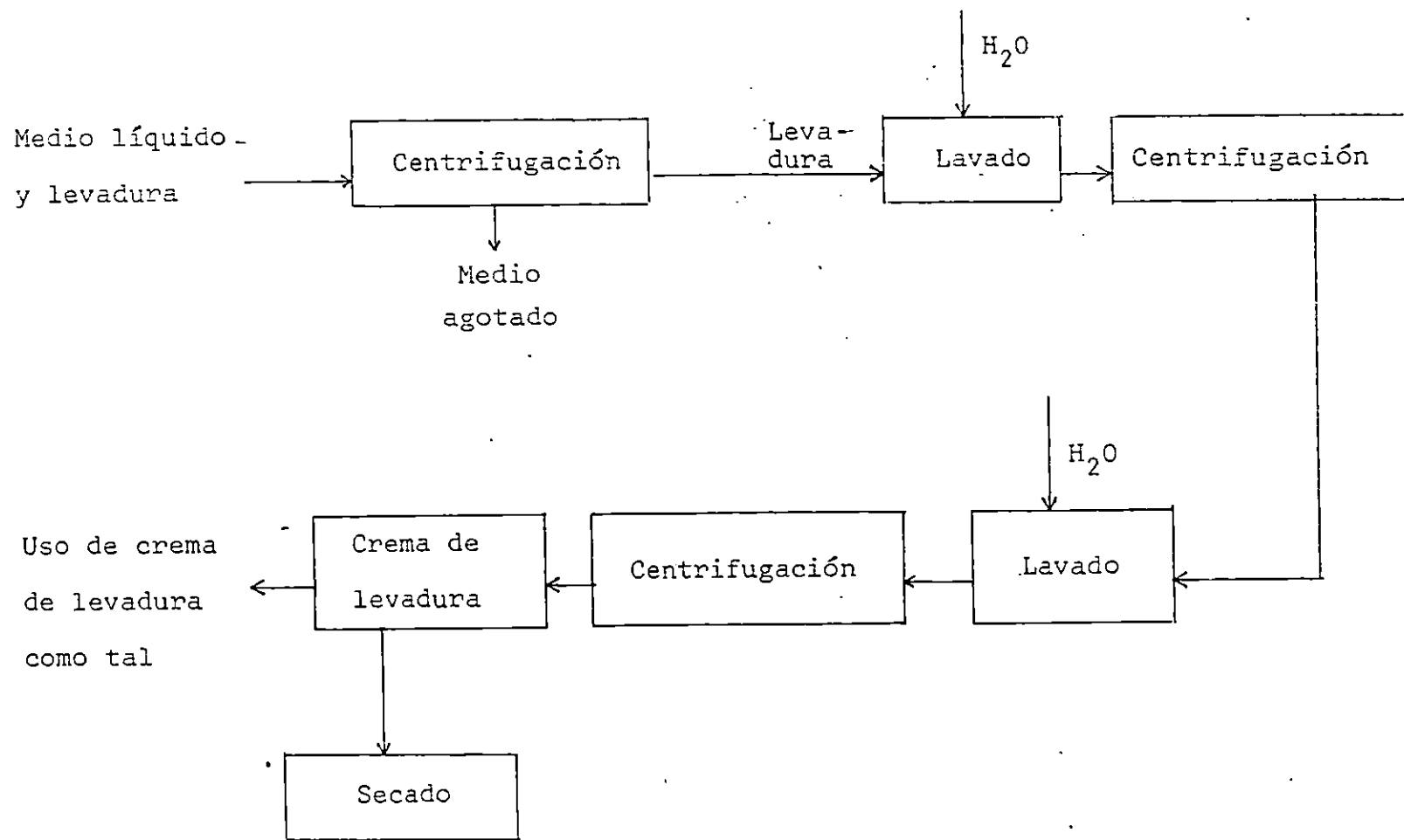


Figura 8.7 Proceso para la recuperación y lavado de la levadura a nivel industrial.

cas finales que debe de poseer el producto: contenido de proteína, color, olor, etc. Sin embargo, si el área de consumo se orienta a la alimentación animal, la utilización del secador de tambor rotatorio es adecuada. El apéndice D presenta la alternativa de uso de este secador. En la figura 8.8 se muestra un esquema del proceso para secado y empaçado.

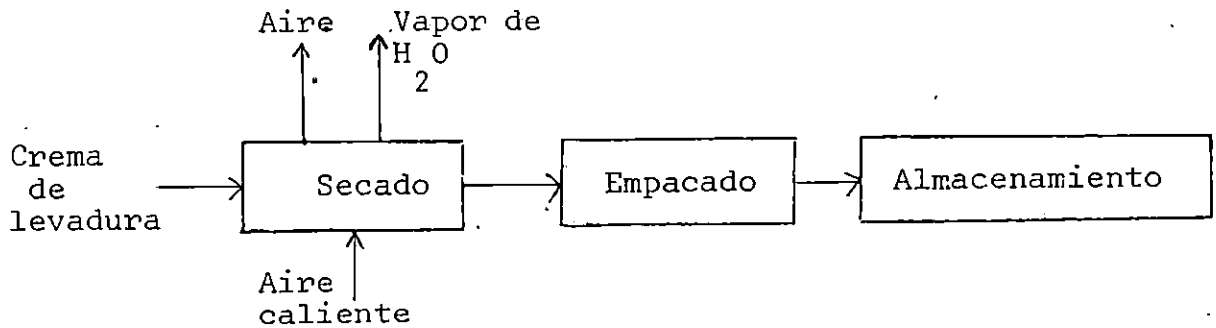


Figura 8.8 Proceso para el secado y empaçado de la levadura.

La selección del empaque más adecuado para la levadura de consumo humano, se llevó a cabo mediante pruebas que consistieron en ganancia de peso por absorción de humedad del medio ambiente, a una temperatura de 20°C. La composición de los empaques evaluados es:

Alternativa A: Tinta, poliéster metalizado, adhesivo, polietileno, capacidad de empaçado 1 libra, precio ¢ 311.60 el millar.

Alternativa B: Celofán, tinta, adhesivo, polietileno, capacidad de empaçado 1 libra, precio ¢ 431.20 el millar.

De éstos dos empaques, se escogió la alternativa A, porque

presentó menos aumento en peso por absorción de humedad, su precio es mas bajo y posee una disposición de componentes del empaque mas recomendado para levadura (20).

Para empacar la levadura destinada a consumo animal se recomienda sacos de papel valvulados, multicapas, de un quintal de capacidad (20).

8.3 DESCRIPCION DE LA PLANTA INDUSTRIAL DE PRODUCCION DE LEVADURA.

La planta de producción de Candida utilis en jugo de desechos vegetales se muestra en el diagrama de flujo de la figura 8..9. La nomenclatura para representar los equipos se basó en el propuesto por la referencia 43.

Al iniciar cada lote de producción se esterilizan todas las líneas y el equipo con vapor para obtener condiciones asepticas y evitar contaminación con microorganismos indeseables durante la producción.

De acuerdo a la figura 8..9, los camiones procedentes de los mercados depositan los desechos vegetales en las pilas recolectoras F-110, ubicadas en el patio exterior de la planta y, mientras son conducidos en el transportador de banda J-111, varios operarios efectúan la limpieza manual. La materia prima libre de cuerpos extraños pasa a un segundo transportador de banda J-112 donde es lavada primero con agua clorada y después con agua po-

table, luego pasa a la reducción de tamaño en la cortadora de vegetales C-113, de donde es alimentada a la prensa de tornillo P-114 para obtener el jugo que es transportado por la bomba L-115 hacia el pasteurizador E-116. La pasteurización previene el crecimiento de microorganismos y a la vez favorece la floculación de sólidos presentes en el jugo. La bomba L-117 conduce el jugo a los tanques de almacenamiento F-118 y/o F-119. La bomba L-210 succiona el jugo tanto del pasteurizador como de los tanques de almacenamiento hacia la centrífuga H-211, donde se separan los sólidos presentes en el jugo. En este punto se realiza un análisis de azúcares reductores para decidir si procede o no la dilución en el tanque M-213. La bomba L-214 transporta el jugo conteniendo 6.1% p/p de azúcares reductores hacia el intercambiador de calor E-215 donde se realiza la esterilización del jugo con vapor a 60 lbf/pl² y 145°C durante 5 minutos. El jugo se enfría inmediatamente a 30°C en el intercambiador E-216. Los tanques de acostumbramiento de la levadura R-310 y R-311 son llenados con jugo estéril e inoculados con Candida utilis; el cultivo del tanque R-311 es el inóculo para el reactor R-312 en el cual se lleva a cabo la reproducción de la levadura durante aproximadamente 24 horas. Mientras ocurre ésto, se prepara el jugo que será depositado en el reactor R-313 con el objetivo de tener una producción diaria de 93.38 Kg de levadura. El aire es suministrado a los pre-fermentadores y al reactor por medio del compresor G-314 ó G-315, se

gún sea el caso. El aire se esteriliza haciéndolo pasar por una trampa de agua y a continuación por una columna de silica gel y por un filtro bacteriológico. La recuperación de la levadura se efectúa por medio de la centrífuga H-410, la cual deposita la crema de levadura en el tanque M-411 que está provisto de un agitador para facilitar el lavado de la levadura; luego la bomba L-412 alimenta la suspensión a la centrífuga H-413 que la concentra y deposita en el segundo tanque lavador M-414. La centrífuga H-416 separa la crema de levadura y la descarga en el secador por aspersion (spray) Q-510, en el cual se remueve el agua. La levadura seca se empaca en cantidades de una libra y un quintal en la empacadora X-511.

8.3.1. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA PRODUCCION DE LEVADURA.

A continuación se presenta un inventario de los equipos que se utilizan en esta propuesta preliminar de la planta industrial productora de levadura y que se detallan en las tablas 8.2 a 8.6.

Los equipos se identifican en base a la secuencia descrita en la sección 8.2 y la nomenclatura usada en el diagrama de flujo de la figura 8.9.

Tabla 8.2 Equipos utilizados para la obtención del jugo de
vegetales.

EQUIPO	NOMENCLATURA	CANTIDAD
Pilas recolectoras de materia prima	F-110	2
Transportador de banda pa ra limpieza manual	J-111	1
Transportador para lavado de desechos vegetales	J-112	1
Cortadora	C-113	1
Prensa	P-114	1
Bomba para jugo	L-115	1
Pasteurizador	E-116	1
Bomba para el jugo pas- teurizado	L-117	1
Tanques almacenadores de jugo	F-118 F-119	2

Tabla 8.3 Equipos utilizados en la preparación del sustrato.

EQUIPO	NOMEMCLATURA	CANTIDAD
Bomba succionadora de jugo del pasteurizador y - tanques de almacenamiento	L-210	1
Centrífuga separadora de sólidos del jugo	H-211	1
Tanque dilutor	M-213	1
Bomba para jugo diluído	L-214	1
Intercambiadores de ca- lor	E-215 E-216	2
Bomba para jugo esteri- lizado	L-217	1
Caldera	E-218	1

Tabla 8.4 Equipos utilizados en la producción de levadura.

EQUIPO	NOMENCLATURA	CANTIDAD
Tanques de acostumbramiento de la levadura	R-310	
	R-311	2
Reactores	R-312	
	R-313	2
Compresores	G-314	
	G-315	2
Bomba de Suspensión de levadura	L-316	1

Tabla 8.5 Equipos utilizados en la recuperación de levadura.

EQUIPO	NOMENCLATURA	CANTIDAD
Centrífuga para separar <u>levadura</u> y medio de cultivo	H-410	1
Tanques para lavado de <u>levadura</u>	M-411	
	M-414	2
Centrífuga para separar la <u>levadura</u> del medio líquido (etapas de lavador)	H-413	
	H-416	2
Bombas para transporte de <u>suspensión</u> de levadura	L-412	
	L-415	2

Tabla 8.6 Equipos utilizados en el secado y empaclado de levadura.

EQUIPO	NOMENCLATURA	CANTIDAD
Secador por aspersion (spray)	Q-510	1
Empacadora	X-511	1

8.4 BALANCES DE MATERIA

Los balances de materia de la planta productora de levadura se hacen en base al procedimiento descrito en las secciones 8.2 y 8.3.

Los datos se expresan en kilogramos, con dos cifras significativas y aproximación de la tercera.

8.4.1 BALANCE DE MATERIA EN LA OBTENCION DEL JUGO DE LOS DESECHOS VEGETALES.

En la figura 8.10 se muestran los equipos y las corrientes de materiales desde la descarga de los vegetales en las pilas recolectoras, hasta la pasteurización del jugo.

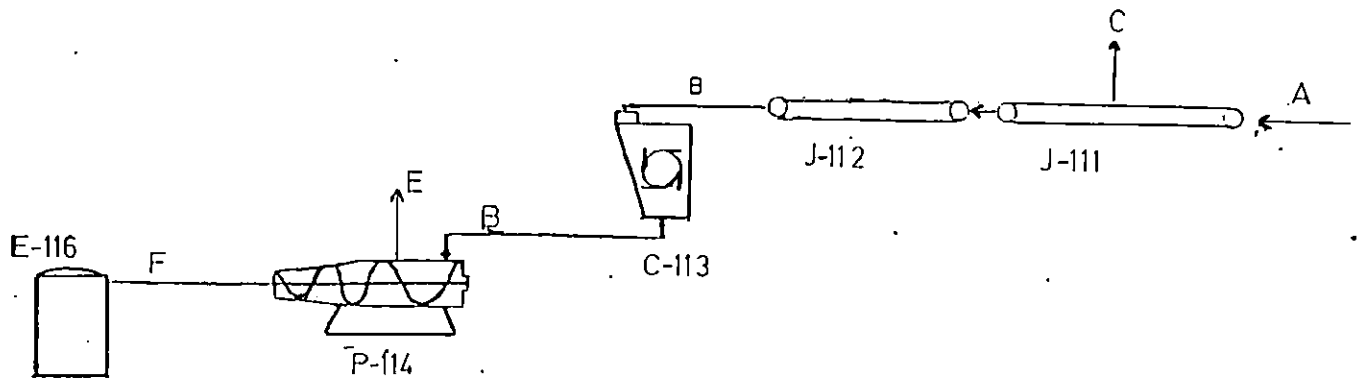


Figura 8.10 Esquema para el balance de materia en la obtención del jugo de los desechos vegetales.

Las incógnitas del sistema son:

- A: Cantidad de desechos provenientes de las pilas recolectoras.
- B: Cantidad de materia prima después de limpieza manual.
- C: Componentes no deseados (piedras, plásticos, tallos de cebollas, etc.)
- E: Pulpa de frutas y vegetales
- F: Corriente de jugo

Los datos para estas operaciones son:

- 1- Se asume que los componentes no deseados y que son eliminados por limpieza manual forman el 3% p/p.

- 2- El rendimiento del prensado a nivel de laboratorio es -
0.296 libras de jugo por kilogramo de materia prima.
- 3- La densidad del jugo es 1.16 kg/l .

BASE: 17 toneladas de vegetales por lote.

Las ecuaciones necesarias para resolver el sistema son:

Balance en el transportador J-111

$$A = B + C \quad (8.1)$$

Balance de componentes no deseados

$$C = 0.03 \times A \quad (8.2)$$

Balance en la prensa P-114

$$B = F + E \quad (8.3)$$

$$F = B \times 0.296 \times 1.16 \quad (8.4)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones, se tiene:

A = 15,454.54 kg de desechos vegetales.

B = 14,990.90 kg de materia prima lavada.

C = 463.64 kg de componentes no deseados.

E = 9,843.62 kg de pulpa

F = 5,147.28 kg de jugo

La tabla 8.7 presenta un resumen del balance de materiales en la etapa de obtención del jugo.

Tabla 8. 7. Resumen del balance de materia en la obtención del jugo a partir de los desechos vegetales.

Equipo	Entrada (kg)	Salida (kg)
Pilas recolectoras de materia prima, F-110	Materia Prima: 15,454.54	Materia Prima: 15,454.54
Transportador de banda J-111	Materia Prima: 15,454.54	Materia Prima Limpia: 14,990.90
Transportador de banda J-112	Materia Prima: 14,990.90	Materia Prima: 14,990.90
Cortadora C-113	Materia Prima: 14,990.90	Materia Prima: 14,990.90
Prensa, P-114	Materia Prima: 14,990.90	Jugo: 5,147.28 Pulpa: 9,843.62
Pasteurizador E-116	Jugo: 5,147.28	Jugo : 5,147.28

8.4.2 BALANCE DE MATERIA DE LA PREPARACION DEL SUBSTRATO.

La figura 8.11 muestra el proceso para la preparación del sustrato. El jugo queda listo para iniciar la fermentación después que es esterilizado y enfriado a 30°C.

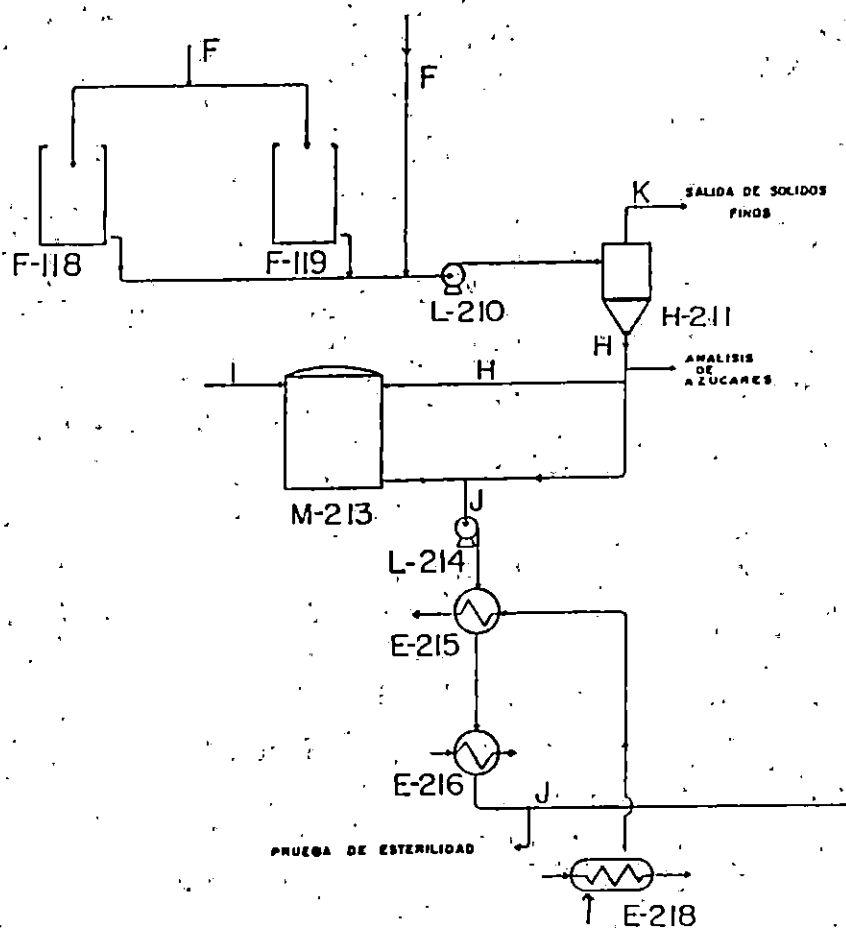


Figura 8.11 Esquema para el balance de materia en la preparación del sustrato para la producción de levadura.

Las incógnitas del sistema son:

H: Corriente del substrato después de la separación de sólidos gruesos.

I: Agua para dilución

J: Substrato a esterilizar

K: Sólidos separados del substrato por centrifugación

Bases para el balance de materia:

- 1- La concentración de azúcares reductores en el jugo es 12.2% p/p (máxima concentración de azúcares reductores determinada en el jugo).
- 2- El jugo que sale de la prensa contiene el 20% de sólidos totales (dato experimental).
- 3- La centrífuga H-211 separa el 10% p/p de sólidos presentes en el jugo (dato experimental).
- 4- El substrato se diluye hasta obtener una concentración de azúcares reductores del 6.1% p/p.
- 5- Las pérdidas en el transporte del jugo desde el intercambiador E-215 hasta los reactores se consideran despreciables.

Datos conocidos:

La cantidad de jugo que sale del pasteurizador (corriente F) ó tanque de almacenamiento es 5,147.28 kg.

Las ecuaciones para resolver el sistema son:

Balance en centrífuga H-211

$$F = K + H \quad (8.5)$$

Balance de sólidos:

$$F \times 0.2 = K + (H \times 0.1) \quad (8.6)$$

Balance en el tanque dilutor M-213

$$J = I + H \quad (8.7)$$

Balance de azúcares reductores:

$$H \times 0.122 = J \times 0.061 \quad (8.8)$$

H = 4,575.35 kg de substrato

I = 4,575.35 kg de agua

J = 9,150.70 kg de substrato diluído

K = 571.93 kg de sólidos

La tabla 8.8 es un resumen del balance de materia de la preparación del substrato.

8.4.3. BALANCE DE MATERIA DE LA PRODUCCION DE CANDIDA UTILIS.

Los reactores se proveen de aire estéril para la multiplicación celular y obtener un buen rendimiento en levadura. Los equipos utilizados y las corrientes involucradas se muestran en la figura 8.12.

N_1 : Oxígeno en exceso

N_2 : CO_2 producido

N_3 : Agua contenida en gases de salida

P : Cantidad de medio de cultivo y levadura.

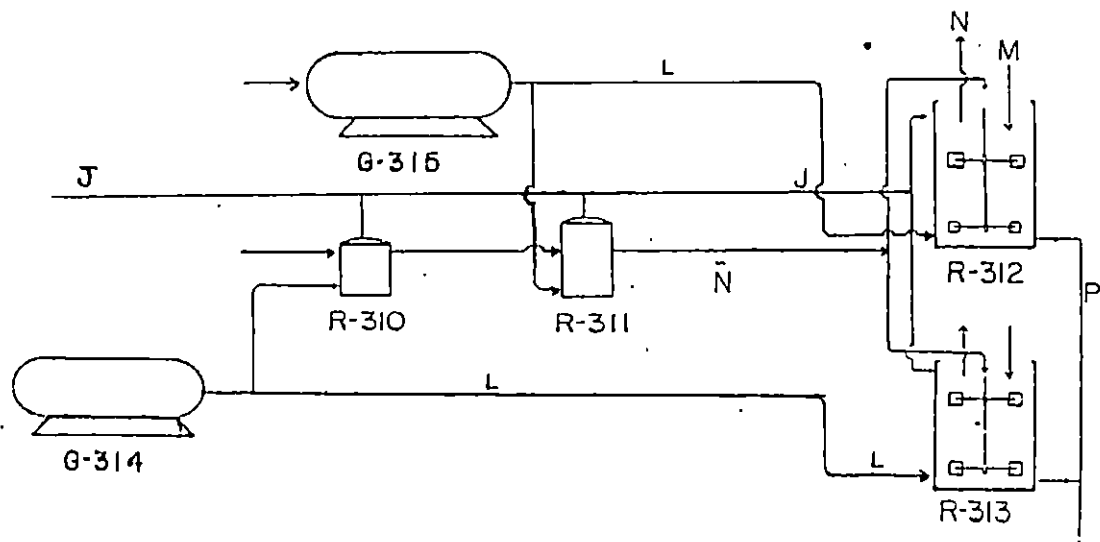


Figura 8.12 Diagrama de flujo para el balance de materia en la producción de levadura.

Tabla 8.8 Resumen del balance de materia en la preparación del substrato para la producción de levadura.

Equipo	Entrada (kg)	Salida (kg)
Centrífuga H-211	Jugo: 5,147.28	Jugo : 4,575.35 Sólidos: 571.93
Tanque dilutor M-213	Jugo: 4,575.35 Agua: 4,575.35	Jugo diluído: 9,150.70
Intercambiador de calor E-215	Jugo: 9,150.70	Jugo esterilizado : 9,150.70
Intercambiador de calor E-216	Jugo esterilizado: 9,150.70	Jugo enfriado : 9,150.70

Las incógnitas del sistema son:

L : Aire suministrado

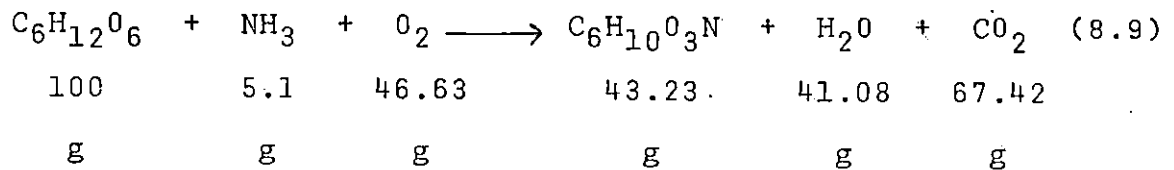
L' : Oxígeno alimentado

P₁ : Levadura producida

N : Gases a la salida del reactor

Bases para el balance:

- 1- Se asume que el aire que entra al reactor está totalmente seco.
- 2- Se asume que el aire que sale del reactor se encuentra saturado, (30°C y 1 atmósfera de presión).
- 3- El aire suministrado está compuesto por 21% molar de oxígeno y 79% molar de nitrógeno. El peso molecular del aire es 29 kg/kg-mol.
- 4- El aire suministrado por hora desde el compresor se encuentra a 25°C y 6.8 atmósferas; y aplicando la ecuación de estado de los gases ideales se tiene una masa de aire de 495.95 kg. (corriente L).
- 5- Para estimar la cantidad de oxígeno consumido por la levadura, se emplea la ecuación propuesta por Harrison (9.):



Donde:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$: Fórmula de azúcares reductores

NH_3 : Nutriente

O_2 : Oxígeno consumido por la levadura

$C_6H_{10}O_3N$: Fórmula de levadura

El rendimiento obtenido en el laboratorio es de 0.1633 g de \bigcirc levadura seca por gramo de azúcar consumido, por tanto, en base 100g de azúcares consumidos, de fórmula $C_6H_{12}O_6$ se obtiene:

Rendimiento

$$\text{de la reacción} = \frac{0.1633}{0.4323} \times 100 = 37.7\%$$

$$\text{Oxígeno consumido} = \frac{46.63}{43.23} = 1.08 \frac{\text{kg de Oxígeno}}{\text{kg de levadura}}$$

$$CO_2 \text{ producido} = \frac{67.42}{43.23} = 1.56 \frac{\text{kg de } CO_2}{\text{kg de levadura}}$$

$$\text{Agua producida} = \frac{41.08}{43.23} = 0.95 \frac{\text{kg de } H_2O}{\text{kg de levadura}}$$

6- El pH del substrato es 4.5 y el óptimo para el crecimiento de Candida utilis es 4.6.

7- La cantidad del substrato utilizado en la preparación de \bigcirc los inóculos es tomada de uno de los tanques de almacenamiento.

Los datos conocidos son:

- 1- La cantidad de jugo esterilizado (J) es 9,150.70 kg.
- 2- El aire suministrado por hora (L) es 495.95 kg.
- 3- La cantidad de inóculo (Ñ) es 915.07kg.
- 4- El rendimiento experimental de biomasa es 9.72×10^{-3} kg de levadura por kg de substrato (0.1633 g de levadura por g de

azúcares).

5- Se agrega aceite de maíz a 0.3% v/v como surfactante para disminuir la formación de espuma. La cantidad adherida de aceite en la levadura es despreciable. La densidad del aceite es 0.9187 kg/l

Las ecuaciones para resolver el sistema son:

Oxígeno alimentado

$$L' = 495.95 \times 0.21 \times \frac{32}{29} \quad (8.10)$$

Levadura producida

$$P_1 = J \times 9.72 \times 10^{-3} \quad (8.11)$$

Oxígeno excedente

$$N_1 = L' - 1.08 \times P_1 \quad (8.12)$$

CO₂ producido

$$N_2 = 1.56 \times P_1 \quad (8.13)$$

H₂O Producida en el proceso

$$N_3 = 0.0272 (N_1 + N_2) + 0.95 + P_1 \quad (8.14)$$

Gases a la salida

$$N = N_1 + N_2 + N_3 \quad (8.15)$$

Surfactante alimentado

$$M = J \times 0.9187 \times \frac{0.003}{1.16} \quad (8.16)$$

Balace total en el fermentador

$$M + L + J + \dot{N} = N + P \quad (8.17)$$

Resolviendo se tiene:

L =	495.95	kg de aire suministrado
L' =	114.92	kg de oxígeno alimentado
P ₁ =	88.94	kg de levadura producida
P =	10,337.07	kg de medio de cultivo y levadura
J =	9,150.70	kg de substrato
N ₁ =	18.86	kg de oxígeno en exceso
N ₂ =	138.75	kg de CO ₂
N ₃ =	88.78	kg de agua contenida en gases
N =	246.39	kg de gases a la salida
\dot{N} =	915.07	kg de inóculo
M =	21.74	kg de aceite de maíz

La tabla 8.9 es un resumen del balance de materia del proceso de producción de levadura en el reactor.

8.4.4 BALANCE DE MATERIA DE LAS ETAPAS DE RECUPERACION Y LAVADO DE LA LEVADURA.

La levadura se separa del medio de fermentación y se lava dos veces para eliminar sustancias adheridas a las células. En la figura 8.13 se muestran las operaciones mencionadas. La tabla 8.10 resume el balance de materia de la producción de levadura.

Tabla 8.9 Resumen del balance de materia de la producción de Candida utilis.

Equipo	Entrada (kg)	Salida (kg)
Reactor R-312	Aire estéril : 495.95	Gases : 246.39
Reactor R-313	Substrato estéril : 9,150.70 Inóculo : 915.07 Surfac- tante : 21.74	Medio y levadura:10,337.07

Las bases para el balance son:

- 1- De las centrífugas H-410, H-413 y H-416, se obtiene crema de levadura con 80% de humedad.
- 2- La suspensión de levadura en los tanques de lavado es de 10% p/p.
- 3- Las pérdidas en levadura en las operaciones de lavado son de 0.3% p/p.

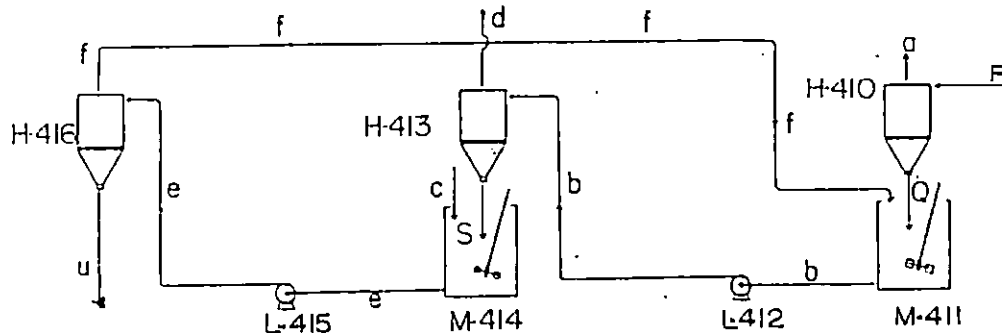


Figura 8.13 Esquema para el balance de materia en la recuperación de levadura.

Las incógnitas del sistema son:

P = Suspensión de levadura entrando a la centrífuga H-410.

Q = Crema de levadura saliendo de la centrífuga H-410

a = Corriente de líquido (caldo agotado)

b = Suspensión de levadura saliendo del tanque M-411

S = Crema de levadura saliendo de la centrífuga H-413

S_1 = Crema de levadura considerando pérdidas

d = Efluente de centrífuga H-413

c = Agua para lavado de la levadura

e = Suspensión de levadura saliendo del tanque M-414

f = Efluente de la centrífuga H-416

u = Crema de levadura que sale de la centrífuga H-416

u_1 = Crema de levadura considerando pérdidas

Datos conocidos:

$P = 10,337.07$ kg de medio de cultivo y levadura

$P_1 = 88.94$ kg de levadura producida.

Las ecuaciones para resolver el sistema:

Balance en centrífuga H-410

$$P = Q + a \quad (8.18)$$

balance de levadura

$$P_1 = 0.2 \times Q \quad (8.19)$$

Balance en tanque M-411

$$Q + f = b \quad (8.20)$$

balance de levadura

$$0.2 \times Q = 0.1 \times b \quad (8-21)$$

Balance en centrífuga H-413

$$b = S + d \quad (8.22)$$

balance de levadura

$$0.1 \times b = 0.2 \times S \quad (8.23)$$

pérdidas de levadura por lavado

$$S_1 = S \times 0.997 \quad (8.24)$$

Balance en el tanque M-414

$$S_1 + c = e \quad (8.25)$$

balance de levadura

$$0.2 \times S = 0.1 \times e \quad (8.26)$$

Balance en centrífuga H-416

$$e = f + u \quad (8.27)$$

pérdidas de levadura por lavado

$$u_1 = u \times 0.997 \quad (8.28)$$

Los datos obtenidos al resolver las ecuaciones son:

P = 10,337.07 kg de medio de cultivo y levadura

Q = 444.70 Kg de crema de levadura

a = 9,895.37 kg de caldo agotado

b = 889.40 kg de suspensión de levadura

S = 444.7 kg de crema de levadura

S₁ = 443.37 kg de crema de levadura considerando pérdidas

d = 446.03 kg de efluente (primer lavado)

e = 886.74 kg de suspensión de levadura

c = 443.37 kg de agua para lavado

f = 444.70 kg de efluente (segundo lavado)

$u = 442.04$ kg de crema de levadura.

$u_1 = 440.67$ kg de crema de levadura considerando pérdidas.

Tabla 8.10 Resumen del balance de materia en la recuperación de levadura.

Equipo	Entrada (kg)	Salida (kg)
Centrífuga H-410	Caldo y levadura: 10,333.07	Caldo agotado: 9,895.37 Crema de levadura: 444.70
Tanque de lavado	Crema de levadura: 444.70 agua : 444.70	Suspensión de levadura: 889.40
Centrífuga H-413	Suspensión de levadura: 889.40	Levadura: 443.37 Efluente: 446.03
Tanque de lavado M-414	Crema de levadura: 443.37 agua: 443.37	Suspensión de levadura: 886.74
Centrífuga H-415	Suspensión de levadura: 886.74	Crema de levadura: 442.04 Efluente: 444.70

8.4.5 BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA EN LAS ETAPAS DE SECADO Y EMPACADO DE LEVADURA.

La forma como se efectúa el secado influye en el costo y calidad del producto final. Tomando en cuenta la composición química de la levadura, principalmente el contenido de proteínas y vitaminas, se seleccionó un secador por aspersión que opera en un rango de temperaturas de 121 °C a 232 °C. En este secador las partículas son secadas en menos de 5 segundos, sin embargo permanecen en contacto con el aire caliente un total de 20 segundos (25,27). En la figura 8.14 se presenta la secuencia de las operaciones de secado y empacado de la levadura.

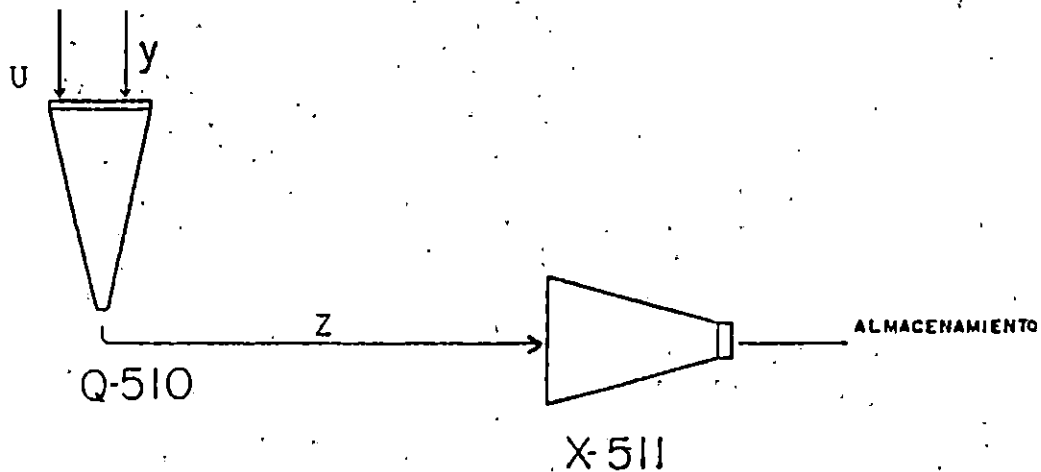


Figura 8.14 Esquema que muestra el proceso de secado y empacado de la levadura.

Bases para el balance de materia y energía.

- 1- El calor específico de la levadura (C_{p1}) es equivalente al calor específico de la harina de trigo (11), $C_{p1} = 1,500$ J/kg°C.
- 2- El aire a la entrada y salida del secador se encuentra a 227°C y 60°C respectivamente (27).
- 3- La temperatura de la levadura a la salida del secador es 92°C (10).
- 4- El calor por radiación y convección es despreciable.

Las incógnitas del sistema son:

Z = Levadura saliendo del secador

y = Aire a la entrada del secador

X = Aire a la salida del secador

x_1 = Agua contenida en el aire a la salida del secador

Datos conocidos:

- 1- El calor específico del agua (C_{p2}) es 4,195 J/kg°C.
- 2- La humedad relativa promedio del aire atmosférico de San Salvador es 72% (30).
- 3- La humedad de la levadura seca es 5% (23).
- 4- $u_1 = 440.67$ kg de crema de levadura.

Ecuaciones para resolver el sistema:

Balance de levadura en el secador Q-510

$$0.2 \times u_1 = 0.95 \times Z \quad (8.29)$$

balance de agua

$$0.8 \times u_1 = 0.05 \times Z + x_1 \quad (8.30)$$

Balance total

$$u_1 + Y = X + Z \quad (8.31)$$

Balance de energía en el secador Q-510 para resolver el sistema de ecuaciones:

$$H_s \times u_1 + H_g \times Y = H_s \times Z + H_g \times X \quad (8.32)$$

Donde:

H_g = Entalpía de la corriente gaseosa (aire-vapor de agua)

H_s = Entalpía del sólido (levadura)

La ecuación para determinar la entalpía de la corriente gaseosa (H_g) del sistema aire-vapor de agua es la 8.33 (42):

$$H_g = (1,005 + 1,884 \times W) (T - T_{ref}) + 2,502,300 \times W \quad (8.33)$$

Donde:

H_g = Entalpía del sistema aire-vapor de agua, J/kg aire seco

T = Temperatura del aire, °C

T_{ref} = Temperatura de referencia (0°C)
 W = Humedad absoluta del aire, kg de H_2O /kg de aire seco

La entalpía del sólido (H^s) :

$$H^s = C_p^m (T - T_{ref}) \quad (8.34)$$

Donde:

C_p^m = Calor específico promedio del sistema levadura-agua,
 J/kg °C

$$C_p^m = x_1 C_{p1} + x_2 C_{p2} \quad (8.35)$$

Donde:

x_1 = Fracción peso de levadura

x_2 = Fracción peso de agua

C_{p1} = Calor específico de levadura

C_{p2} = Calor específico del agua

Sustituyendo valores en la ecuación 8.32.

$$n_1 \times 3,606.2 (25-0) + X (1,005 + 1,884) (0.0143) (227) + \\
 2,502,300 (0.0143) = Z (1,634.04) + X (1,005 + 1,884) \\
 (x_1/X) (60) + 2,502,300 (x_1/X)$$

Simplificando la ecuación :

$$270,033.54 \times Y - 60,300 \times X = 89,174,398$$

simultaneando la ecuación del balance de energía (8.33) y la ecuación del balance total de materia (8.31), se obtiene:

$$u_1 = 440.67 \text{ Kg de crema de levadura}$$

$$Z = 93.38 \text{ kg de levadura seca}$$

$$Y = 3,302.35 \text{ kg de aire a la entrada del secador}$$

$$X = 3,651.01 \text{ kg de aire a la salida del secador}$$

$$x_1 = 351.07 \text{ kg de agua}$$

En la tabla 8.11 se presenta el resumen del balance de materia del secado y empacado de levadura.

Tabla 8.11 Resumen del balance de materia en el secado y empacado de levadura.

Equipo	Entrada (kg)	Salida (kg)
Secador por aspersión (spray) Q-510	Crema de levadura : 440.67 Aire caliente : 3,302.75	Levadura seca : 93.38 Aire frío : 3,653.39
Empacadora X-511	Levadura : 93.38	Levadura : 93.38

8.5 BALANCE DE ENERGIA.

En esta sección se presenta además del balance de energía, el cálculo de las áreas de transferencia de calor de los intercambiadores de calor.

El sistema de esterilización del substrato, se esquematiza en la figura 8.15 y las bases para el balance son:

- 1- El vapor generado por la caldera se encuentra a 60 libras fuerza por pulgada cuadrada manométrica y 145°C (5).
- 2- La temperatura del agua a la salida del esterilizador es la temperatura de condensación del vapor (145°C), (5).
- 3- Las pérdidas de calor en los intercambiadores son del 15% (33).
- 4- El intercambiador de calor utilizado en la esterilización es de placas; una vez que el substrato alcanza la temperatura deseada (121°C), se adiciona el número de placas necesarias para mantener dicha temperatura durante 5 minutos (24).
- 5- La temperatura del substrato a la salida del intercambiador E-215, es la temperatura de entrada al intercambiador E-216.
- 6- El calor específico del substrato se asume igual al del agua ($1\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$).
- 7- En base a su capacidad, el tiempo de operación del equipo es de aproximadamente 5 horas.

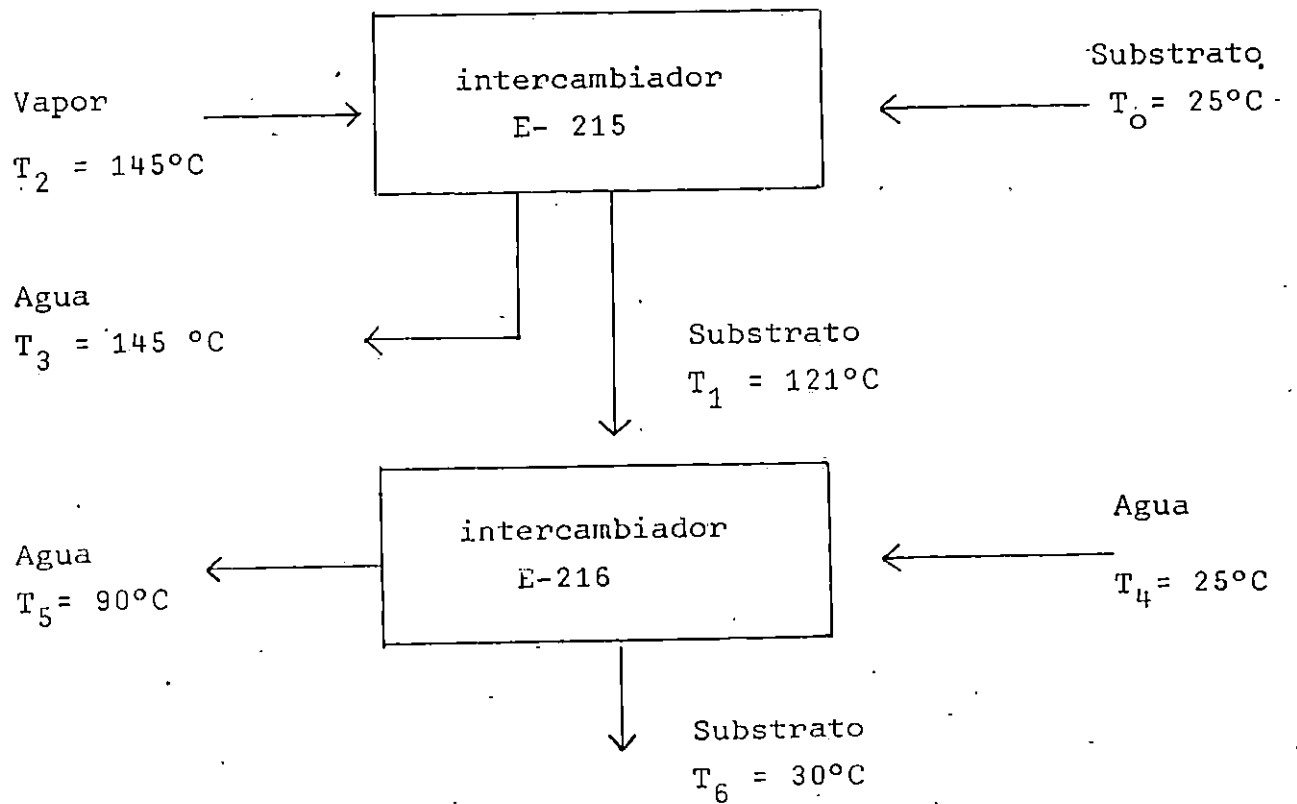


Figura 8.15 Esquema que muestra el sistema de esterilización y enfriamiento del sustrato.

Las variables conocidas del sistema presentado en la figura 8.15 son:

- 1- Corriente del sustrato = 1,830 kg/hr.
- 2- Temperatura de entrada del sustrato al intercambiador E- 215, $T_0 = 25^\circ\text{C}$.
- 3- Temperatura de salida del sustrato del intercambiador E-215, $T_1 = 121^\circ\text{C}$.

- 4- Temperatura del vapor, $T_2 = 145^\circ\text{C}$.
- 5- Temperatura de condensación del vapor, $T_3 = 145^\circ\text{C}$
- 6- Temperatura de agua de enfriamiento a la entrada del intercambiador E-216, $T_4 = 25^\circ\text{C}$.
- 7- Temperatura del agua a la salida del intercambiador E-216, $T_5 = 90^\circ\text{C}$.
- 8- Temperatura del substrato enfriado, $T_6 = 30^\circ\text{C}$.

8.5.1 CALCULO DEL FLUJO MASICO DE VAPOR.

El calor involucrado en el intercambiador E-215 se calcula con la ecuación 8.36.

$$q = \dot{m} C_p \Delta T \quad (8.36)$$

$$q = (1,830.14) (1) (121-25)$$

$$q = 175,693.44 \text{ kcal/hr}$$

Conociendo el calor intercambiado en E-215, se calcula la masa de vapor de agua, utilizando la ecuación 8.37.

$$q = \dot{m} \times \lambda \quad (8.37)$$

Donde:

λ = Calor de condensación del agua y de acuerdo a las condiciones de entrada del vapor (60 lbf/plg² manométrica y 145°C) es 503.725 kcal/ kg (22).

\dot{m} = Flujo másico de vapor

Sustituyendo valores en la ecuación 8.37 y despejando el flujo másico de vapor (\dot{m}):

$$\dot{m} = 348.79 \text{ kg/hr}$$

8.5.2 CALCULO DEL FLUJO MASICO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

El flujo másico de agua se calcula considerando que el calor cedido por el substrato (q_1) es igual al calor removido por el agua (q_2) que circula por el intercambiador de calor E-216, así:

$$q_1 = (1,830.140 \text{ g/hr}) (1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}) (30 - 121) ^\circ\text{C}$$

$$q_1 = - 166,542.74 \text{ kcal/hr.}$$

El calor intercambiado:

$$- q_1 = q_2 \quad (8.38)$$

Luego:

$$q_2 = 166,542.74 \text{ kcal/hr}$$

Conociendo el calor intercambiado se determina la cantidad de agua de enfriamiento:

$$q_2 = \dot{m} C_p \Delta T \quad (8.36)$$

$$\dot{m}_{H_2O} = \frac{166,542.74}{(90 - 25) (1)}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 2,562.19 \text{ kg/hr}$$

8.5.3 CÁLCULO DE LAS AREAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

El área de transferencia de calor se calcula mediante la ecuación 8.39 (26).

$$q = U \times A \times MLDT \quad (8.39)$$

Donde:

q= Calor intercambiado, kcal/hr

U= Coeficiente global de transferencia de calor, kcal/m²hr°C.

A= Area de transferencia de calor.

MLDT= Diferencia logarítmica media de temperatura, °C.

a. - AREA DE TRANSFERENCIA DE CALOR DEL INTERCAMBIADOR E-215.

La literatura (26), reporta que para sustancias orgánicas livianas y medias, en calentadores, el coeficiente global de transferencia de calor (U), tiene un valor entre 244 y 976 kcal/m²hr°C; tomando en este caso el valor de 244 kcal/m²hr°C,

para poder aplicar un factor de sobrediseño del 15%.

La diferencia logarítmica media para un proceso operando a contracorriente esta dado por la ecuación 8.40.

$$MLDT = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \Delta T_2 / \Delta T_1} \quad (8.40)$$

Donde:

$\Delta T_2 =$ (Temperatura de entrada del vapor) - (Temperatura de salida del substrato).

$\Delta T_1 =$ (Temperatura de salida del vapor condensado) - (Temperatura de entrada del substrato).

Así:

$$\Delta T_2 = T_2 - T_1 = 145 - 121 = 24 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_1 = T_3 - T_0 = 145 - 25 = 120 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sustituyendo en la ecuación 8.40.

$$MLDT = \frac{24 - 120}{\ln (24/120)} = 59.64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

El área de transferencia de calor se obtiene sustituyendo valores en la ecuación 8.39.

$$175,693.44 \text{ kcal/hr} = (224 \text{ kcal/m}^2\text{hr}^\circ\text{C}) (A) (59.64^\circ\text{C})$$

De donde:

$$A = 12.07 \text{ m}^2 \approx 13 \text{ m}^2$$

Considerando un 15% de pérdida de calor, el área sobrediseñada de transferencia de calor es:

$$A = (12.07) (1.15)$$

$$A = 13.88 \text{ m}^2 \approx 14 \text{ m}^2$$

b - CALCULO DEL AREA DE TRANSFERENCIA DEL INTERCAMBIADOR E-216.

El calor removido del intercambiador de calor E-216 es igual a la ecuación 8.39.

$$q = U \times A \times (\text{MLDT}) \quad (8.39)$$

Acercamientos de temperatura en el intercambiador de calor E-216 operando a contracorriente:

$$\Delta T_2 = 121 - 90 = 31 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_1 = 30 - 25 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Así :

$$\text{MLDT} = \frac{31 - 5}{\text{Ln} (31/5)} = 14.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Utilizando la ecuación 8.39

$$A = \frac{166,542.74}{(244)(14.25)}$$

$$A = 47.89 \text{ m}^2 \approx 48 \text{ m}^2$$

Sobrediseñando para un 15% de pérdidas de calor, se obtiene:

$$A = (47.89)(1.15)$$

$$A = 55.08 \text{ m}^2 \approx 55 \text{ m}^2$$

8.6 DISEÑO, ESPECIFICACIONES Y COSTOS DE EQUIPOS.

El balance de materia define la cantidad de materia que maneja cada equipo, estableciendo así su capacidad, tipo, material de construcción, y otras especificaciones que se involucran en el diseño y/o selección del equipo.

Las bombas, los tanques, los transportadores, la cortadora, y la prensa fueron cotizados con empresas salvadoreñas. (4,16)

Para el equipo restante su costo se obtuvo utilizando el índice de costos "Chemical Engineering", C.E., tomado de la gráfica que se presenta en el Apéndice C (43).

De los precios de equipos disponibles de años anteriores se obtiene un costo actual aplicando un factor de corrección directo, que se evalúa con la ecuación 8.41 (31).

$$C_x = C_k \times \frac{I_x}{I_k} \quad (8.41)$$

Donde:

I_x = Valor conocido del índice para fecha x

I_k = Valor conocido del índice para fecha k

C_k = Costo conocido del equipo para fecha k

C_x = Costo desconocido del equipo para fecha x

Cuando este precio no es de la capacidad del equipo que se requiere, se introduce a la ecuación 8.41, la siguiente modificación:

$$C_x = C_k \times \left(\frac{I_x}{I_k} \right) \left(\frac{X_2}{X_1} \right)^{0.6} \quad (8.42)$$

Donde:

X_2 = Capacidad del equipo que se necesita

X_1 = Capacidad del equipo del cual se tiene su precio

Del Apéndice C, se obtiene la información:

I_x = 500 (año de 1991)

I_k = 315 (año base 1982)

I_k = 110 (año base 1967)

Para los equipos con precio FOB se ha estimado un 20% sobre su

valor como costo de importación (46). En Diciembre de 1991, el valor del U.S. dolar se cotizó en ¢ 8.11.

En la tabla 9.3 (ver capítulo IX) se presenta un resumen del equipo utilizado en la producción de levadura con su respectivo costo.

8.6.1 DISEÑO DE FERMENTADORES, PRE-FERMENTADORES Y TANQUES.

Se determinó que la cantidad de sustrato a fermentar por lote es 9,150.70 kg, lo que en términos de volumen es 7,888.531 litros.

Se utilizan para este volumen 23.65 l de aceite de maíz como surfactante, lo que hace un volumen total de 7,912.18 l

El fermentador tiene un volumen útil de 80% de la capacidad, por lo tanto:

$$\text{Volumen de líquido} = 7,912.18 \times 1.2 = 9,494.62 \text{ litros}$$

El volumen del inóculo, corresponde al 10% del volumen del sustrato a fermentar, por tanto:

$$\text{Volumen del reactor: } 10,444.08 \text{ l} \approx 10,450 \text{ litros}$$

El fermentador es de forma cilíndrica, y sus dimensiones se calculan mediante la ecuación 8.43.

$$\text{Volumen} = \frac{\pi D^2 H}{4} \quad (8.43)$$

La relación altura-diámetro del reactor se considera igual a 3 (5), sustituyendo en la ecuación 8.43.

$$\text{Volumen} = \frac{\pi D^2 (3D)}{4}$$

$$\text{Diámetro} = \sqrt[3]{\frac{4V}{3\pi}}$$

El volumen del reactor es $10.45 \cdot \text{m}^3$, sustituyendo datos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 10.45}{3\pi}}$$

$$D = 1.64 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura es:

$$H = 3D$$

$$H = 4.92 \text{ m}$$

El material para construir el reactor es acero inoxidable, ya que debe ser resistente a altas temperaturas y a la corrosividad del substrato, cuyo pH es de 4.5. Los accesorios (válvulas, etc.) deben ser fáciles de limpiar, esterilizar y mantener en buen estado. Las uniones deben ser soldadas y pulidas.

Los tanques de almacenamiento contienen cada uno el sustrato correspondiente al procesamiento de 17 toneladas de materia prima, contando de esta manera con jugo para la preparación del inóculo y un lote de producción.

Los tanques de almacenamiento y el tanque de dilución operan a 1 atmósfera y 25°C, por lo que para su construcción se recomienda un material compatible con el recubrimiento de fibra de vidrio o un plástico convencional con recubrimiento de fibra de vidrio, según sean los encontrados en el mercado (43). Los pre-fermentadores de la levadura se construirán bajo las mismas consideraciones que para el fermentador.

Las dimensiones de los tanques utilizados en el proceso: reactores, tanque dilutor, tanque de lavado, etc. se calculan de la forma descrita para los fermentadores, las relaciones H/D utilizadas en el diseño y las dimensiones de todos los tanques así como el costo respectivo aparecen en la tabla 8.12.

a- AGITADORES DE FERMENTADORES Y PRE-FERMENTADORES.

En el reactor se tiene una mezcla de jugo de frutas y vegetales, aceite de maíz y células, pero siendo el jugo el componente mayoritario de la mezcla, se asume que las propiedades físicas de la mezcla son similares a la del jugo de vegetales sin convertir.

Tabla 8.12 Especificaciones de diseño y costos de los tanques utilizados en producción de levadura.

E S P E C I F I C A C I O N E S	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		TANQUE DE MEZCLA	PRE-FERMENTADOS		FERMENTADORES		TANQUE DE LAVADO	
	F-118	F-119	M-213	R-310	R-311	R-312	R-313	M-414	M-414
Capacidad, l	5,700	5,700	8.700	110	950	10,450	10,450	850	850
Diámetro, m	1.93	1.93	2.23	0.52	1.06	1.64	1.64	1.03	1.03
Altura, m	1.93	1.93	2.23	0.52	1.06	4.92	4.92	1.03	1.03
Relación H/D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.0	3.0	1.0	1.0
Tipo de agitador	-	-	-	Turbina	Turbina	Turbina	Turbina	Turbina	Turbina
Material de construcción.	Concreto	Concreto	Concreto	Acero	Acero	Acero	Acero	Concreto	Concreto
	con re-	con re-	con re-	Inoxida	Inoxida	Inoxi-	Inoxi-	con re-	con re-
	vestimien	vestimien	vestimien	ble	ble	dable	dable	vesti-	vesti-
	to de fi-	to de fi-	to de fi-					miento	miento
	bra de vi	bra de vi	bra de vi					de fi-	de fibra
	drio	drio	drio					bra de	vidrio
								vidrio	
Costo ¢	21,560	21,560	24,348	5,934.35	23,516.45	96,277.78	96,277.78	16,968	16,968

Se recomienda un agitador turbina de flujo radial.

El número de potencia (N_p) está dado por la ecuación 8.44 (1).

$$N_p = \frac{P \times gc}{n^3 D^5 \rho} \quad (8.44)$$

Donde:

P = potencia, $\frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}}$

gc = factor de conversión gravitacional, $\frac{32.17 \text{ (pie)(lbm)}}{(\text{s}^2) \text{ (lbf)}}$

n = velocidad del agitador, 60 rpm (dato experimental)

D = Diámetro del agitador, 0.55 m

ρ = densidad del substrato, 1.16 g/ml

El agitador es de 2 turbinas sobre el eje, ubicadas, la primera a 1.6 m del fondo del reactor y la segunda a 3.20 m (43).

El número de Reynolds (N_{Re}), se calcula con la ecuación 8.45(1).

$$N_{Re} = \frac{N D_i^2 \rho}{\mu} \quad (8.45)$$

μ = viscosidad del medio, 4.75 centipoise obtenida experimentalmente.

$$N_{Re} = \frac{1 \text{ s} (550)^2 \text{ cm}^2 \cdot (1.16) \text{ g/ml}}{4.75 (1 \times 10^{-2}) \text{ g/cm} \cdot \text{s}}$$

$$N_{Re} = 7,387,368$$

El número de potencia se obtiene de la literatura (1), reportando los siguientes valores: número de potencia para dos turbinas

$$N_p = 12$$

De la ecuación 8.44 se obtiene:

$$P = \frac{(12) (1)^3 (0.55)^5 (1160)}{9.81}$$

$$P = 71.41 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ Hp}}{76.04 \frac{\text{kgf} \cdot \text{m}}{\text{s}}}$$

$$P = 0.93 \text{ HP}$$

El número de aireación se calcula por la ecuación 8.46

$$Na = \frac{Q}{n D_i^3} \quad (8.46)$$

Donde:

Q = es el flujo volumétrico de aire, 1.027 m³/s

$$Na = \frac{1.027}{(1) (0.55)^3} = 6.17$$

La relación p/pg está definida por la ecuación 8.47 y la literatura reporta un valor de 1. Para un Na = 6.17 (1).

$$\frac{P}{P_g} = \frac{\text{Potencia sin gasificación}}{\text{Potencia con gasificación}} = 1 \quad (8.47)$$

Por lo tanto, la potencia del agitador es 0.93 HP

La potencia del motor del agitador se multiplica por un factor de sobrediseño de 1.2 para compensar la eficiencia del motor (9).

$$P = 0.93 \times 1.2 = 1.12 \text{ HP}$$

El material apropiado para la fabricación de los agitadores es acero inoxidable. La figura 8.16 presenta las características del agitador de turbina.

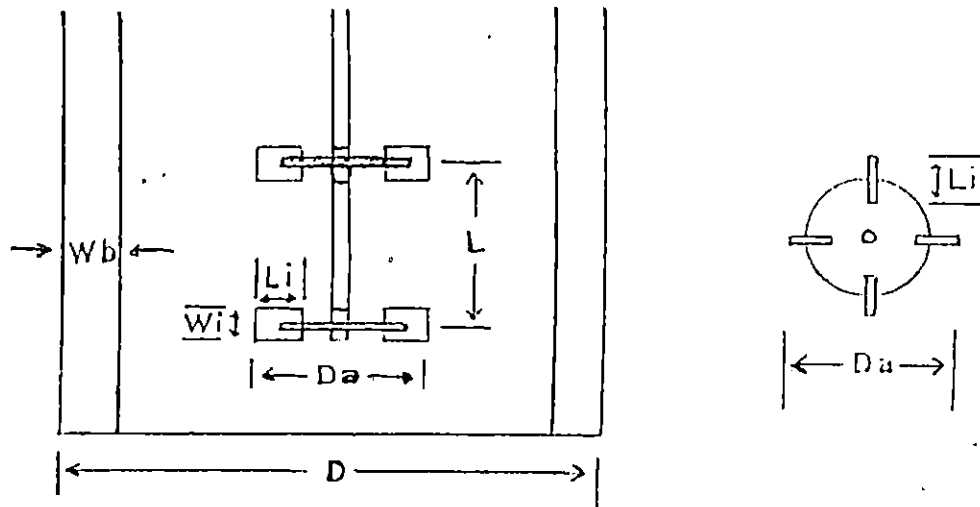


Figura 8.16 Dimensiones características de un agitador de turbina (1).

En base a la figura 8.16 las características recomendadas se obtienen de las relaciones siguientes:

$$\frac{Li}{Da} = 0.25 \qquad \frac{Wb}{D} = 0.10$$

$$\frac{Wi}{Da} = 0.20 \qquad \frac{L}{Da} = 1.00$$

Donde:

Li: Longitud de la paleta del agitador (m)

Da: Diámetro del agitador (m)

Wi: Ancho de paleta del agitador (m)

Wb: Ancho de los deflectores (m)

D : Diámetro del fermentador (m)

L : Distancia entre deflectores (m)

El fermentador tiene un diámetro de 1.64m y el agitador de 0.55m, sustituyendo se tiene:

$$Li: = 0.25 \times 0.55 = 0.13 \text{ m}$$

$$Wi: = 0.20 \times 0.55 = 0.11 \text{ m}$$

$$Wb: = 0.10 \times 1.64 = 0.17 \text{ m}$$

Los tanques de acostumbramiento de levadura están provistos de agitadores similares a los de los fermentadores y sus especificaciones de diseño y costo se presentan en la tabla 8.13.

Tabla 8.13 Especificaciones de agitadores de turbina para fermentadores y pre-fermentadores.

Especificaciones	EQUIPO			
	R-310	R-311	R-312	R-313
Capacidad, l	110	950	10,450	10,450
Ancho de deflectores, m	0.034	0.037	0.17	0.17
Ancho de paletas, m	0.052	0.057	0.11	0.11
Diámetro, m	0.17	0.37	0.55	0.55
Número de potencia	1	1	2	2
Potencia de agitación, HP	0.025	0.064	1.12	1.12
Material de construcción	Acero Inoxi- dable	Acero Inoxi- dable	Acero Inoxi- dable	Acero Inoxi- dable

* El costo del agitador se incluye en el precio de los tanques respectivos.

b - AGITADORES DE LOS TANQUES DE LAVADO DE LEVADURA.

En el tanque de lavado se tiene crema de levadura suspendida en agua, por lo que se asumirá que las propiedades físicas son similares a las del substrato empleado.

La referencia 28, recomienda el tipo de agitador de turbina con placas verticales porque evita depósito de sólidos en el fondo y produce intensas corrientes que destruyen las masas de líquido estancado.

El cálculo de potencia viene dado por la ecuación 8.48 (28):

$$P = \frac{\phi N_{fr}^m n^3 \ell Da^5}{g_c} \quad (8.48)$$

Donde:

N_{fr} = Número de Froude

ϕ = Función de potencia

m = Exponente, $m = \frac{a - \log(NRe)}{b}$

Da = Diámetro del rodete

n = Velocidad del rodete

a, b = Exponente

NRe = Número de Reynolds

De los valores conocidos;

$n = 120 \text{ rpm} = 2 \text{ rps}$

$$\mu = 4.75 \times 10^{-3} \text{ kg/m-s}$$

$$\rho = 1,160 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Da = 0.34 \text{ m}$$

$$gc = 9.81 \text{ kg-m/kgf-s}^2$$

Se obtienen los N_{Re} y N_{fr} :

$$N_{Re} = \frac{Da^2 n \rho}{\mu} \quad (8.49)$$

$$N_{fr} = \frac{n^2 Da}{g} \quad (8.50)$$

$$N_{Re} = \frac{(0.34)^2 (2) (1,160)}{4.75 \times 10^{-3}} = 56,461$$

$$N_{fr} = \frac{(2)^2 (0.34)}{9.81} = 0.138$$

Calculando:

$$a = 1 \text{ y } b = 40 \quad (\text{Ref. 28})$$

$$m = \frac{1 - \log(56,461)}{40} = -0.094$$

La función de potencia (ϕ) se obtiene de la referencia 28, siendo su valor 1.

Luego se evaluó la potencia con la ecuación 8.48

$$P = \frac{(1) (0.138)^{-0.094} (2)^3 (0.34)^5 (1,160)}{9.81} \quad (8.48)$$

$$P = 5.18 \text{ kgf-m/s}$$

$$P = 0.068 \text{ HP}$$

De los datos anteriores pueden obtenerse las especificaciones y costos para los agitadores, de la siguiente manera:

Número de agitadores	: dos
Capacidad	: 120 rpm
Diámetro del rodete	: 0.34 m
Potencia de diseño	: 0.068 HP
Potencia recomendada	: 0.25 HP
Material de construcción	: acero inoxidable
Costo	: \$ 11,993.70

8.6.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE AIREACION.

La producción de levadura es un proceso aeróbico. El aire que se suministra tiene cierta cantidad de agua debido a las condiciones de descarga del compresor (40 lbf/plg² absoluta y 25°C):

Para disminuir el contenido de agua e introducir al sistema aire estéril, se coloca una trampa de agua, seguida de una columna de sílica gel y un filtro microbiológico que convencionalmente es de fibra de algodón, de polivinilo o fibras de vidrio (43).

La dilución que podría causar el agua contenida en el aire luego de atravesar el sistema descrito, se considera que no es significativo, teniendo en cuenta que el substrato tiende a concentrarse en la etapa de esterilización.

La presión de entrada del aire al reactor debe de ser mayor que la atmosférica para contrarrestar la presión en el fondo del fermentador, líneas de acceso, etc.

La presión ejercida por la columna del líquido se representa en la ecuación 8.51 (22).

$$P_L = \rho \times g \times h \quad (8.51)$$

Donde:

ρ = Densidad del líquido, 1.16 g/ml

g = Aceleración de gravedad, 9.8 m/s²

h = Altura de columna líquida, 3.68 m

Sustituyendo en la ecuación 8.51.

$$P = 1,160 \times 9.8 \times 3.68 = 41,834.24 \text{ N/m}^2 = 6.07 \text{ lbf/plg}^2$$

Si se asume que las caídas de presión suman un total de 17 libras fuerzas por pulgada cuadrada manométrica (10), la presión a vencer es:

$$P = 6.07 + 17 + 14.7 = 37.77 \approx 40 \text{ lbf/plg}^2 \text{ absoluta}$$

La humedad relativa del aire en el área de San Salvador es en promedio 72% (30), y a 25°C, las condiciones de humedad del aire son (22):

$$H' = 0.0145 \text{ kg de agua/kg de aire seco}$$

La temperatura de rocío a estas condiciones es 70°F (21°C). El agua que se encuentra en forma de vapor en el aire, inicia la condensación a 21°C, por lo tanto, se puede calcular el agua contenida en el aire que sale del compresor por hora, así:

$$20.66 \frac{\text{kg de aire seco}}{\text{hr}} \times 0.0145 \times \frac{\text{kg de agua}}{\text{kg de aire seco}}$$

$$0.299 \text{ kg de agua/hr}$$

Para obtener el volumen del aire húmedo se obtiene a partir de la ecuación 8.52 (22).

$$V_{ah} = \frac{359 \text{ pies}^3}{1 \text{ mol lb}} \left| \frac{1 \text{ mol lb de aire}}{29 \text{ lb de aire}} \right| \frac{T^{\circ}\text{F} + 460}{32 + 460} \quad (8.52)$$

$$+ \frac{359 \text{ pies}^3}{1 \text{ mol lb}} \left| \frac{1 \text{ mol lb agua}}{18 \text{ lb agua}} \right| \frac{T^{\circ}\text{F} + 460}{32 + 460} \left| \frac{H' \text{ lb agua}}{\text{lb aire}} \right|$$

Donde:

V_{ah} = Volumen del aire húmedo, pie^3/lb aire seco

T = Temperatura, 70°F

H' = Humedad del aire, 0.0145 lb agua/ lb aire seco

Sustituyendo valores se tiene:

$$V_{ah} = 13.65 \text{ pie}^3 / \text{lb aire seco}$$

Luego,

$$V_{ah} = 13.65 \frac{\text{pie}^3}{\text{lb aire seco}} \times 2.2 \frac{\text{lb}}{\text{kg}} \times 20.66 \frac{\text{kg aire seco}}{\text{hr}}$$

$$V_{ah} = 620.42 \text{ pie}^3 / \text{hr}$$

a - DISEÑO DEL COMPRESOR.

La literatura (43), recomienda utilizar un compresor rotatorio de aletas deslizantes, sencillo o en etapas; según las condiciones establecidas en esta sección. La eficiencia para este compresor es de 60-80%.

El cálculo de la potencia del compresor se efectúa con la ecuación 8.53, considerando proceso isotérmico (32).

$$P_c = 0.0044 P_1 Q_1 \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (8.53)$$

Donde:

P_c = Potencia del compresor, HP

P_1 = Presión del aire a la entrada, 14.7 lbf/plg² absoluta

P_2 = Presión del aire a la salida, 40 lbf/plg² absoluta

Q_1 = Flujo volumétrico del aire a la entrada, 620.42 pie³/hr

Sustituyendo en la ecuación 8.53 se tiene:

$$P_c = (0.0044) (14.7) (620.42) \ln \left(\frac{40}{14.7} \right)$$

$$P_c = 40.17$$

Asumiendo un promedio de las eficiencias dadas por el compresor de 70%, se tiene:

$$P_c = 40.17/0.7 = 57.38$$

Aplicando un factor de sobrediseño del 25 %.

$$P_c = 71.73 \text{ HP} \approx 72 \text{ HP}$$

El proceso de producción de levadura cuenta con dos compresores, uno para cada fermentador y alternativamente el compresor no utilizado proporciona el aire a los pre-fermentadores, por lo que es necesario la adaptación de una válvula de reducción de flujo, para regular el aire según sea necesario.

Las especificaciones para el compresor son las siguientes:

Número de compresores	:	dos
Tipo	:	compresor rotatorio
Potencia	:	72 HP
Presión de entrada	:	1 atmósfera
Presión de salida	:	40 lbf/plg ² , absoluta
Material de construcción	:	acero al carbón
Costo	:	¢ 128,138.00

b - DISEÑO DEL DISPERSADOR DE AIRE.

El suministro de aire al fermentador, se hará por el fondo del tanque, así las burbujas de aire tienen un mayor recorrido hasta llegar a la superficie del líquido, favoreciendo la transferencia del oxígeno hacia la levadura.

La ubicación óptima del dispersador de aire no es muy cerca del agitador, ya que ocasionaría problemas de aglomeración de burbujas (bolsas), ni tampoco tan retirado, ya que no habría un eficiente rompimiento de burbujas (1).

Para evitar acumulaciones en las esquinas del dispersador, se recomienda para fermentaciones aeróbicas (1), un anillo formado con la misma tubería. Este anillo estará provisto de agujeros en la superficie externa para la salida del aire, el diámetro crítico para estos orificios es de 2 a 3 mm (1).

El diámetro de la tubería con la cual se construirá el dispersador, se calcula a partir de la ecuación 8.54

$$Q_f = V_e \times A \quad (8.54)$$

Donde:

Q_f = Flujo volumétrico de aire, pie³/s

V_e = Velocidad del aire, pies/s

A = Area transversal de la tubería, pie²

El flujo de aire, se calcula mediante la ecuación de estado de

los gases ideales:

$$V = \frac{n R T}{P} \quad (8.55)$$

Donde:

V = Volumen de aire, l

n = Número de moles, kg-mol = 17.10

R = 0.0821 atm-m³/kg-mol-°K

P = Presión = 40 lbf/plg² absoluta = 2.72 atm.

Sustituyendo valores en la ecuación 8.55, se tiene:

$$V = \frac{17.10 \times 0.0821 \times 298}{2.72}$$

$$V = 153.81 \text{ m}^3$$

$$V = Q_f$$

Para una hora de operación

$$Q_f = 153.81 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ s}} \times \frac{\text{pie}^3}{0.0283 \text{ m}^3}$$

$$Q_f = 1.51 \text{ pie}^3$$

Luego se procede a despejar el área de la ecuación 8.54, así:

$$A = \frac{Q_f}{V_e}, \quad V_e = 15 \text{ pies/s} \quad (\text{Ref. 9})$$

$$A = \frac{1.51}{15} = 0.1006 \text{ pie}^2$$

El área de la tubería es $A = \frac{\pi D^2}{4}$, despejando el diámetro, se tiene:

$$D = \left[\frac{4 \times A}{\pi} \right]^{1/2} \quad (8.56)$$

$$D = 0.35 \text{ pies} = 4.24 \text{ plg}$$

La tubería del dispersador será de acero inoxidable, diámetro nominal de 4 pulg catálogo 40, diámetro externo 10.75 pulg diámetro interno 10.02 pulg. El área transversal es de 30.25 pulg² (28).

Se asume que el área total de los orificios del dispersador de aire equivale al área transversal de la tubería y el diámetro de los orificios es de 2.5 mm (1).

Si el área transversal de la tubería es de 30.25 pulg² y el diámetro de los agujeros es de 0.0984 pulg con un área de 0.0076 pulg², se puede obtener el número de agujeros que aproximadamente tendrá el dispersador, así:

$$\begin{aligned} \text{Número de} & \\ \text{agujeros} &= \frac{\text{Área transversal de tubería}}{\text{Área de los agujeros}} \quad (8.57) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de} & \\ \text{agujeros} &= \frac{30.25 \text{ pulg}^2}{0.0076 \text{ pulg}^2} = 3,980 \end{aligned}$$

8.6.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL FERMENTADOR.

La reacción que se lleva a cabo en el reactor al igual que la agitación mecánica, generan cierta cantidad de calor, que debe removerse para evitar que la temperatura del sistema sobrepase la temperatura óptima de multiplicación de Candida utilis que es de 30-32°C.

La literatura reporta los calores generados en la reproducción de la levadura en metanol: 4,300 kcal/kg de levadura seca y 3,830 kcal/kg de levadura seca (14). Se asume que este calor generado es independiente del substrato utilizado y del tipo de levadura producida, pudiéndose obtener así un valor promedio a partir de estos valores y calcular el calor generado en la producción de Candida utilis, con 93.38 kg de levadura seca por lote, así:

$$4,300 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg de levadura seca}} \times 93.38 \text{ kg lev. seca} = 401,534 \text{ kcal}$$

$$3,830 \frac{\text{kcal}}{\text{kg de levadura seca}} \times 93.38 \text{ kg lev. seca} = 357,645 \text{ kcal}$$

El promedio es de 379,589.50 kcal y se toma como el calor producido por la reacción.

El calor transferido por la acción mecánica del agitador, asumiendo que no hay pérdidas de calor, se calculo de la siguiente forma:

Potencia del agitador : 1.12 HP

Calor (Q) = 1.12 HP = 287.23 kcal

El calor total a disipar en el reactor es:

$Q = (379,589.50 + 287.23) \text{ Kcal.}$

$Q = 379,876.73 \text{ kcal}$

Para eliminar este calor se utiliza un reactor enchaquetado como el que se muestra en la figura 8.17.

De la sección 8.6.1.1 se obtiene la información (ver fig.8.17):

Paletas del agitador, $L = 0.13 \text{ m}$

Altura de las paletas, $Y = 0.11 \text{ m}$

Distancia del agitador

al fondo del reactor, $B = 1.60 \text{ m}$

Velocidad agitador, $n = 60 \text{ rpm}$

Diámetro del reactor, $D_j = 1.64 \text{ m}$

Las ecuaciones a utilizar para recipientes enchaquetados, según referencia 26, son:

$$N_{Re} = \frac{L^2 n \rho}{\mu} \quad (8.58)$$

$$\frac{h_j D_j}{k} = 0.36 \frac{(L^2 n \rho)^{3/2}}{\mu} \frac{(C_p \mu)^{1/3}}{k} \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{0.14} \quad (8.59)$$

Donde:

L = Longitud del agitador, 1.77 pies

n = Velocidad del agitador, 3600 rev/hr

ρ = Densidad del agua (25°C), 62.5 lb/pie³ (28)

μ = Viscosidad del agua (25°C), 2.42 lb/pie-hr (28)

k = Conductividad térmica del líquido, 0.38 BTU/hr-pie²-°F/pie

C_p = Calor específico del agua, 1 BTU/lb-°F

μ_w = Viscosidad del agua, a la temperatura de la pared

h_j = Coeficiente de transferencia de calor referido a la chaqueta del reactor, BTU/hr-pie²-°F

J_j = Factor para transferencia de calor para recipiente enchaquetado, adimensional.

Obteniendo el N_{Re} :

$$N_{Re} = \frac{(1.77)^2 (3,600) (62.5)}{2.42} = 291,282$$

El factor para transferencia de calor (J_j), se define con la ecuación 8.60 y tiene un valor de 1,660 (26).

$$J_j = 1,660 = \frac{h_j D_j}{k} \times \frac{(C_p \mu)^{-1/3}}{k} \times \left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0.14} \quad (8.60)$$

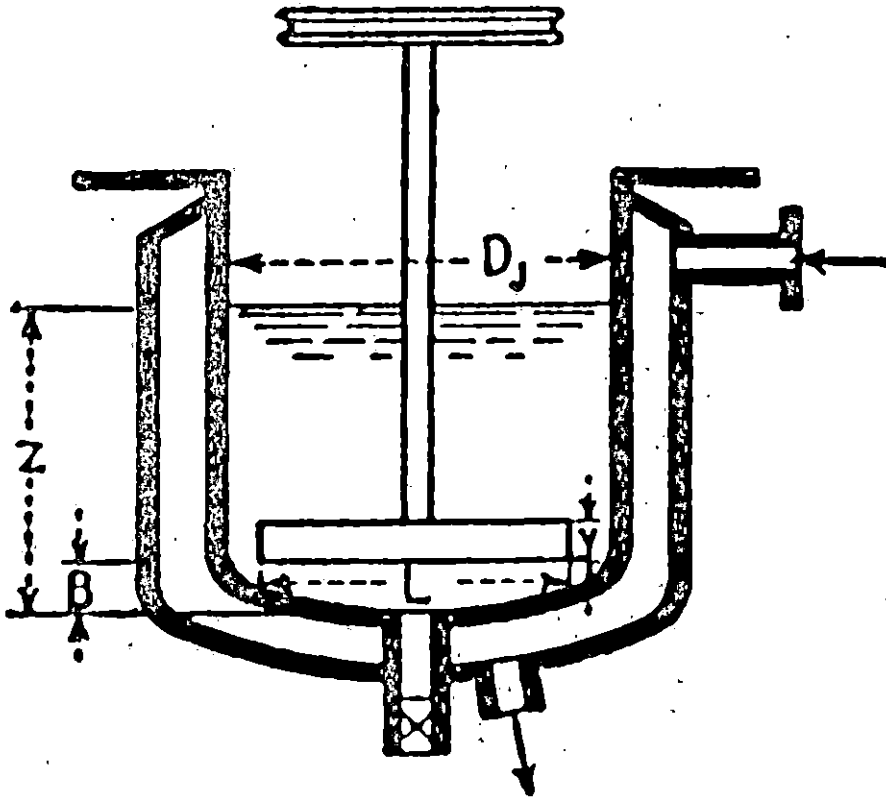


Figura 8.17 Reactor enchaquetado (26).

Para el agua la relación $\left(\frac{\mu}{\mu_w}\right)^{-0.14}$ se considera igual a 1.

$$D_j = 1.64 \text{ m} = 5.41 \text{ pies}$$

$$\frac{(C_p \mu)^{1/3}}{k} = \left(\frac{1 \times 2.42}{0.38}\right)^{1/3} = 1.85$$

De la ecuación 8.59 se despeja h_j y sustituyendo datos:

$$h_j = 1,660 \times \frac{0.38}{5.41} \times 1.85 \times 1.0$$

$$h_j = 216.12 \text{ BTU/ hr-pie}^2\text{-}^\circ\text{F}$$

Siguiendo el mismo procedimiento y utilizando las ecuaciones 8.58, 8.59 y 8.60, se obtiene h_i , que corresponde al coeficiente de transferencia de calor referido a la superficie interna y a la longitud de las paletas del agitador y una tubería de entrada a la chaqueta de 12 pulgadas de diámetro. Realizando cálculos se tiene que :

$$N_{Re} = 38,593 \quad J_i = 600 \quad h_i = 321.48 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Usando la superficie interna como referencia se tiene:

$$U_c = \frac{h_j \times h_i}{h_j + h_i} \quad (8.61)$$

Donde U_c = Coeficiente total limpio

$$U_c = 129.24 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

No se considera factor de obstrucción, por lo tanto:

$$\frac{1}{U_D} = \frac{1}{U_c} \quad (8.62)$$

$$U_D = 129.24 \text{ BTU/hr-pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$$

El área de transferencia de calor es πDL

$$A_t = \pi \times 1.65 \times 4.94$$

$$A_t = 25.65 \text{ m}^2 = 275.95 \text{ pie}^2$$

La ecuación que da la relación para obtener el incremento de

temperatura es:

$$Q = U_D \times A_t \times \Delta T \quad (8.63)$$

El calor (Q) a remover es 379,589.50 kcal, (1,506,307.54 BTU) .

$$\Delta T = \frac{1,506,307.54}{275.95 \times 129.24}$$

$$\Delta T = 42.23 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ (} 23.5^\circ\text{C)}$$

La reacción dentro del fermentador debe mantenerse a 30°C, la temperatura de salida del agua (Ts) es:

$$T_s = (30 + 23.5) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_s = 53.5 \text{ } ^\circ\text{C} \approx 54 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Con la temperatura de salida (Ts = 54°C) se calcula el flujo másico de agua de enfriamiento:

$$Q = \dot{m} \times C_p \times \Delta T \quad (8.36)$$

$$379,589.50 \text{ kcal} = \dot{m} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \times (54 - 30)^\circ\text{C}$$

$\dot{m} = 15,816.30$ kg de agua empleados para remover el calor producido en el reactor.

8.6.4 SELECCION DE CENTRIFUGAS.

Durante el proceso de producción de levadura se utilizan cuatro centrífugas, una de ellas maneja el substrato que se descarga del pasteurizador y las tres restantes suspensión de levadura.

De la referencia 32, se obtienen las especificaciones y características de sedimentación, que son las recomendadas para este proceso.

Un ejemplo de selección de la centrífuga es el siguiente: la centrífuga H-211 maneja un flujo de 788.79 l/hr (3.5 gal/min), con este dato y la información de la referencia 32, se obtienen las especificaciones:

Diámetro del tazón : 7 pulg

Velocidad : 12,000 rpm

Tamaño del motor : 1/3 HP

De igual manera se obtuvieron las especificaciones para las centrífugas restantes como se muestra en la tabla 8.14.

8.6.5 DISEÑO DE BOMBAS.

Es necesario conocer el consumo de potencia que tendrán las

bombas, L-115, L-117, L-210, L-214 y L-217 que manejan el jugo de los desechos de vegetales, variando en capacidades y condiciones de operación. Las bombas L-316, L-412, L-414 transportan el medio líquido con levadura y las dos restantes la suspensión en agua de crema de levadura.

El consumo de potencia se calcula a partir de los parámetros conocidos, utilizando la ecuación de energía mecánica generalizada (43):

$$\frac{\dot{W}_f}{\dot{m}} = \int_{P_1}^{P_2} \frac{dp}{\rho} + \frac{\Delta u^2}{2} + g \Delta z + \frac{u^2}{2} \frac{(4fl)}{D} + \sum (K_i) \quad (8.64)$$

Para estimar la potencia de las bombas se tomaron las siguientes consideraciones:

- 1- Las pérdidas por fricción no consideradas en el cálculo, se cubrirán con un factor de sobrediseño de 1.5, $\sum K_i$.
- 2- La ecuación se aplicará a las fronteras de la bomba.
- 3- Los cambios de velocidades se consideran no relevantes,

$$\frac{\Delta u^2}{2}$$

- 4- La caída de presión es despreciable, dp/p

Tomando en cuenta lo anterior y conociendo que la densidad del líquido varía muy poco con la presión, se tiene:

$$\dot{W}_f = \frac{g \Delta Z}{g_c} + \frac{4f l u^2}{2D g_c} \quad (8.65)$$

Tabla 8.14 Especificaciones y costos para centrifugas utilizadas en el proceso de producción de levadura.

Características	H-211	H-411	H-413	H-416
Capacidad (gal/min)	3.5	8.3	3.9	3.9
Diámetro del tazón (plg)	7	13	7	7
Velocidad (rpm)	12,000	7,000	12,000	12,000
Potencia (HP)	1/3	6	1/3	1/3
Costo (Ø)	55,295.45	58,981.81	55,295.45	55,295.45

Todas las centrifugas son del tipo de disco y de acero inoxidable.

Donde:

W_f = Cabeza dinámica total, pies lbf/lbm

Z = Altura que necesita elevar el líquido, pies

g_c = Factor de conversión gravitacional, 32.2 lbf/lbm-s²

u = Velocidad del fluido, pie/s

f = Factor de fricción de Fanning

l = Longitud total de tuberías

D = Diámetro de tubería

$f_c = \frac{2f u^2}{D g_c}$, fuerzas de fricción consideradas

La velocidad del fluido, se evalúa, así:

$$u = \frac{Q}{A} = \frac{4 Q}{\pi D^2} \quad (8.66)$$

Donde: Q = flujo volumétrico, pie³/s

Para la bomba L-115 el flujo volumétrico es, 50,644.96 litros por 5 horas.

$$(10,129 \text{ l/hora} = 5.96 \text{ pie}^3/\text{min})$$

El diámetro óptimo es de dos pulgadas (33), luego:

$$u = \frac{4 \times 0.099}{\pi \times (2/12)^2} = 4.53 \text{ pie/s}$$

Y el número de Reynolds, se obtiene a partir de la ecuación 8.45

$$N_{Re} = \frac{\rho u D_i}{\mu} \quad (8.45)$$

donde:

ρ = Densidad lbm/pie³

u = Velocidad pie/s

Di = Diámetro óptimo, pies

μ = Viscosidad, lbm/pie-s

$$N_{Re} = \frac{0.37 \times 4.53 \times 0.099}{0.003192}$$

$$N_{Re} = 1,175.96$$

Con el número de Reynolds, se obtiene el factor de Fanning, de la referencia 33, su valor es 0.014.

En base a la distribución de planta (figura 8.18), se estima una longitud total de tubería de 20 pies, obteniendo:

$$Wf = (3.28-0) + \frac{4 \times 0.014 \times 20 \times (4.53)^2}{2 \times 0.17 \times 32.2} \quad (8.65)$$

$$Wf = 5.37 \text{ lbf} - \text{pie/lbm}$$

La potencia teórica de la bomba, con un sobrediseño de 1.5, se calcula con la ecuación 8.67 (32).

$$P = \frac{8.33 \times Wf \times S \times Qf}{33,000} \quad (8.67)$$

Donde:

S = Densidad relativa

Qf = Flujo volumétrico, gal/min

$$P = \frac{8.33 \times 5.37 \times 8.37 \times 45.26}{33,000} \quad (8.67)$$

$$P = 0.514 \times 1.5$$

$$P = 0.77 \text{ HP}$$

Una vez encontrada la potencia teórica se procede al cálculo de la potencia real (Pr), tomando en cuenta la eficiencia del equipo, así:

$$Pr = \frac{P}{e}$$

Considerando un 60% de eficiencia (43), se tiene:

$$Pr = \frac{0.77}{0.4}$$

$$Pr = 1.28 \text{ HP}$$

La tabla 8.15 presenta las especificaciones y costos de las bombas requeridas en el proceso.

8.6.6. SELECCION DE CALDERA

El medio más común para producir calor en las plantas de proceso es el vapor, debido a su bajo costo, limpieza, contenido de energía, etc. Este vapor se genera comúnmente en una caldera.

El agua de alimentación a la caldera es tratada químicamente para disminuir problemas de corrosión e incrustación. El vapor generado por la caldera se utiliza para esterilizar el jugo, equipos y tuberías, pasteurización del medio de cultivo y levadura en el reactor, ya que por ser éste enchaquetado, facilita la operación.

En base a una hora de operación, el requerimiento de vapor es:

Tabla 8. 15 Especificaciones y costo de bombas utilizadas en el proceso de producción de levadura.

Especificaciones	B O M B A S							
	L-115	L-117	L-210	L-214	L-217	L-316	L-412	L-414
Capacidad (l/hr)	10,129	10,129	10,129	1,578	1,578	1,633	890	890
Potencia teórica (Hp)	0.77	0.77	0.77	0.26	0.26	0.464	0.33	0.33
Potencia real (Pr)(Hp)	1.28	1.28	1.28	0.43	0.43	0.77	0.55	0.55
Potencia del motor (Hp)	1	1	1	1	1	1	1	1
Material	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable	acero inoxidable
Modelo(ver Apéndice B)	UMT/UPPT serie 6,000	UMT/UPPT serie 6,000	UMT/UPPT serie 6,000	UP	UP	UP	UP	UP
Costo (¢)	9201.90	9201.90	9201.90	7201.90	7201.90	7801.30	7201.90	7201.90

Todas las bombas son de tipo centrífuga

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \quad (8.69)$$

Donde:

V_t = Vapor total requerido

V_1 = Vapor para esterilizar substrato

V_2 = Vapor para pasteurización

V_3 = Vapor para esterilizar equipo, 15% ($V_1 + V_2$) (9).

Los valores de V_1 y V_2 se obtienen de la sección 8.7.3.

Considerando que la caldera opera a 80% de su eficiencia (46), el vapor requerido es:

$$V_t = (348.79 + 225.41 + 86.13) \text{ Kg de vapor}$$

$$V_t = 660.33 \text{ Kg de vapor}$$

Por tanto el vapor requerido tomando en cuenta la eficiencia de la caldera (43) será:

$$V \text{ requerido} = 660.33/0.8$$

$$V \text{ requerido} = 825.41 \text{ Kg} \approx 830 \text{ Kg de vapor}$$

Las especificaciones y costo de la caldera son:

Número : uno

Tipo : caldera generadora de vapor, con equipo para tratamiento de agua y sistema de alimentación.

Capacidad requerida : 830Kg de vapor/hora

Marca : Cleaver Brooks

Presión	: 150 lbf/plg ² manométrica
Combustible	: Bunker C
Material de construcción	: Fundición de hierro
Condición de operación es	: 145°C y 60 lbf/plg ² abs.
Costo	: ¢ 488,267.00

8.6.7 ESPECIFICACIONES DEL SECADOR.

La operación de secado por aspersion es conveniente debido a su simplicidad mecánica, gran capacidad, etc. (27). Este tipo de secador se utiliza para productos destinados al consumo humano. La desventaja principal es que se requiere gran cantidad de energía para evaporar el líquido que contiene el sólido.

Otro tipo de secador que puede utilizarse, es el de tambor rotatorio; para secar levadura, para consumo animal. Las especificaciones y costo del secador de tambor rotatorio se muestran en el Apéndice D. Para el secador por aspersion las especificaciones y costo son las siguientes:

Número	: uno
Tipo	: secador por aspersion equipado con atomizador, motor, cámara de secado.
Capacidad	: 28 Kg/hora
Marca	: Anhydro
Potencia	: 5 Hp
Velocidad de secado requerida	: 70.2 Kg/hora

Aire necesario : 3,302.35 kg/hr
Costo : ¢ 708,858.00

8.6.8 DISEÑO DEL TRANSPORTADOR.

El transportador recoge la materia prima de las pilas recolectoras para realizar la limpieza manual de los desechos vegetales y luego pasar al lavado de los mismos.

Se dispone de 17 toneladas de materia prima, teniéndose un flujo de 17 Ton/ 5 horas, lo que equivale a 3,091 kg/hr. Utilizando un factor de sobrediseño (1.25) (46), el flujo a manejar es de 3,863 kg/hr.

El diseño del transportador se hizo a partir de las consideraciones dadas en la literatura 8, las cuales requieren del dato de la densidad de la basura (463.6 kg/m^3), la cual se asume es similar a la densidad de los desechos vegetales (34).

Se selecciona un transportador de bandas, el cual tiene las especificaciones y costo que se presentan en la tabla 8.16.

8.6.9 DISEÑO DE LAS PILAS RECOLECTORAS.

La materia prima transportada por camiones hacia la planta productora de levadura, es depositada en las pilas recolectoras que se encuentran en el exterior del área de proceso, en área techada. Las pilas serán de forma cúbica, con una inclinación que permita fluir a los desechos por una compuerta de metal

Tabla 8.16 Especificaciones y costo de los transportadores de banda.

Especificaciones	Transportadores	
	J-111	J-112
Capacidad, kg/hr	3,900	3,900
Largo, m	10	8
Ancho banda, m	0.65	0.85
Material de construcción	hule	hule
Potencia, Hp	1 1/2	1 1/2
Costo, ¢	35,850	35,850

colocada como alimentación al transportador de banda.

Se asume que la densidad a granel de la basura es similar a la de los desechos vegetales, 0.512 ton/m^3 (34)

Las dimensiones de las pilas serán:

$$\text{Volumen de las pilas} = 17 \text{ Ton} \times \frac{3 \text{ m}}{0.512 \text{ Ton}} = 33.2 \text{ m}^3$$

Por lo tanto las dimensiones aproximadas serán:

profundidad: 3.21 m

ancho : 3.21 m

largo : 3.21 m

La cotización para la construcción de las pilas en diciembre de 1991, es la siguiente:

2,878 ladrillos calavera de trinchera	¢ 1,435.00
3.6 m ³ de piedra	¢ 180.00
6.0 m ³ de arena	¢ 400.00
37 bolsas de cemento	¢ 666.00
Mano de obra	¢ 1,893.00
Costo sin considerar excavación	¢ 4,574.00

8.7. COSTO DE SERVICIOS.

8.7.1 REQUERIMIENTO DE ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica se estima como la potencia requerida para operar el equipo utilizado en el proceso. En la tabla 8.17 se presentan los requerimientos de energía eléctrica.

Se toma un factor de seguridad de 1.3 para incluir iluminación, pérdidas en las líneas y equipos menores no considerados.

Por cada lote producido se consumen 186 kw-hr con un total de 4.46 kw-hr/mes. El costo de energía eléctrica es de ¢0.37/kw-hr (12), lo que en gasto mensual es de ¢1,651.68.

8.7.2 REQUERIMIENTO DE AGUA.

Los requerimientos de agua se han calculado en base a las ne-

Tabla 8.17 Requerimientos de energía eléctrica para la planta productora de levadura.

E q u i p o	Potencia total necesaria	
	HP	kw-hr
2 Bandas transportadoras	3	2,237
1 Cortadora	5	3,728
2 Fermentadores	3	2,237
2 Prefermentadores	1	0.7457
2 Tanques de lavado	0.5	0.3728
2 Compresores	144	107.38
8 Bombas	16.25	12.12
4 Centrífugas	8.25	6.152
1 Secador	5	3.7285
Total	186	138.69

* 1 HP = 0.7457 kw-hr

cesidades por hora para cada tipo. Se ha considerado recircular cierta cantidad de agua de proceso y además se toma un factor de seguridad de 1.3 considerando el agua de consumo personal, de limpieza y misceláneos.

La tabla 8.18 muestra la cantidad de agua requerida por hora para cada equipo. Se utilizan 2,614.98 kg de agua/hr para el proceso; se recircula el agua de enfriamiento del fermentador, y de enfriamiento en el intercambiador de calor, así como el agua del segundo lavado de levadura, obteniéndose un valor de 1,182.12

kg de agua por hora a recircular necesitando en el proceso 1,432.86 kg de agua por hora. Un lote de producción tiene una duración de 36 horas, por lo que se tiene:

$$1,432.86 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times \frac{36 \text{ hr}}{\text{lote}} = 51,582.96 \text{ kg de agua/lote (51.58 m}^3\text{)}$$

El precio del agua es de ¢ 0.53/m³ (2), siendo el costo por lote de ¢ 27.337. trabajando 24 lotes por mes, se obtiene un costo de ¢ 656.09 por mes.

Tabla 8.18 Requerimiento de agua para la planta productora de levadura.

Concepto	Agua ($\frac{\text{Kg}}{\text{hr}}$)	Agua (m ³ /hr)
Agua para caldera	1,230	1,230
Agua para enfriamiento en E-216	512.4	0.5124
Agua de lavado de levadura	177.86	0.17786
Lavado de materia prima	25	0.0025
Agua de enfriamiento de fermentador	659.00	
Agua de dilución	88.93	0.08893
Sub total	2,614.98	2.61498
Agua a recircular	1,182.12	1,18172
Total	1,432.86	1,43326

8.7.3 REQUERIMIENTOS DE VAPOR Y COMBUSTIBLE.

Se utiliza vapor para realizar las operaciones de esterilización del jugo, pasteurizaciones y esterilización de equipos y tubería.

El flujo másico de vapor requerido para la pasteurización se obtiene de la siguiente manera:

Calor involucrado en la pasteurización

$$Q = m C_p \Delta T \quad (8.36)$$

Donde:

Q = Calor involucrado

m = Cantidad de medio de cultivo, levadura y surfactante en el reactor, 10,093.22 kg.

ΔT = Diferencia de temperatura del substrato, (30-75)°C

C_p = Capacidad calorífica del medio líquido, 1 cal/g°C

Se tiene:

$$Q = 10,093.22 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (30-75)^\circ\text{C}$$

$$Q = -454,194.9 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

El tiempo de pasteurización es de 15 min, (0.25hr), el calor involucrado es:

$$Q = -454,194.9 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times 0.25 \text{ hr}$$

$$Q = 113,548.73 \text{ kcal}$$

Se utiliza vapor a 145°C y 60 lbf/plg^2 absoluta con calor de vaporización de 503.725 kcal/kg (18), para evaluar el flujo másico de vapor se tiene:

Calor cedido por el vapor = Calor ganado por el medio líquido

$$Q = \dot{m} \times \lambda \quad (8.37)$$

$$\dot{m} = \frac{Q}{\lambda}$$

$$\dot{m} = \frac{113,548.73}{503.725} = 225.41 \text{ kg de vapor para pasteurización}$$

La cantidad total de vapor que se utiliza es de 830 kg/hr (ver sección 8.6.6). Aplicando un factor de seguridad de 1.2, para cubrir fugas y posibles pérdidas se tiene:

$$\text{Vapor total} = (830 \times 1.2) = 996 \text{ kg de vapor/hr}$$

Para conocer la cantidad de combustible requerido por la caldera, se evalúa el calor transferido (CC) y viene dado por:

$$\text{CC} = \text{Calor del vapor producido} - \text{Calor de agua de alimentación.}$$

La caldera produce vapor saturado a 150 lbf/plg^2 absoluta y 357°F (181°C).

La entalpía del vapor es $H_v = 1,194.2 \text{ BTU/lb}$ (18). El agua de reposición entra a 25°C (77°F), la entalpía de este líquido es $H_l = 44.03 \text{ BTU/lb}$, por lo tanto el calor transferido a la caldera es:

$$CC = H_v - H_1 = 1,194.2 - 44.03 = 1,150.17 \text{ BTU/lb}$$

El calor total (Q_t) es:

$$Q_t = \text{Vapor requerido} \times CC$$

$$Q_t = 2,193.8 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times 1,150.17 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

$$Q_t = 2,523,242.95 \text{ BTU/hr (635,857.22 kcal/hr)}$$

La eficiencia asumida es de 80%, por lo tanto:

$$Q_t = 794,821.53 \text{ kcal/hr}$$

El combustible que necesita la caldera es Bunker C, y posee un poder calorífico de 37,800 kcal/gal, necesitándose 21 gal/hr de combustible; su costo es de \$3.50/gal (12), si la caldera trabaja 6 horas al día, durante 24 días al mes, se tiene:

$$21 \frac{\text{gal}}{\text{hr}} \times \frac{6 \text{ hr}}{\text{día}} \times 24 \frac{\text{día}}{\text{mes}} = 3,024 \text{ gal/mes}$$

3,024 gal/mes tienen un costo mensual de \$10,584.00

8.8 DISTRIBUCION DE LA PLANTA.

El objetivo que se persigue al proponer la distribución de la planta productora de levadura es obtener la mejor relación en tre espacio, inversión de capital y costos de producción; ade más establecer el tamaño, la forma y la localización de las áreas industriales necesarias. Esto permite una mayor eficiencia en

los siguientes aspectos (41):

- 1- Favorecer una alta productividad
- 2- Minimizar el manejo y el transporte de materiales
- 3- Permitir un fácil acceso a las operaciones
- 4- Obtener un buen aprovechamiento en el uso de las áreas construidas.

Tomando en cuenta los puntos anteriores se presenta en la figura 8.18 el arreglo de las diferentes áreas involucradas en el proceso de producción de Candida utilis.

8.9 LOCALIZACION DE LA PLANTA

En la localización de la planta industrial es importante tomar en cuenta los siguientes factores (41):

- 1- Localización del mercado de consumo
- 2- Localización de las fuentes de materias primas
- 3- Facilidad de transporte
- 4- Disponibilidad y costo de energía eléctrica y combustible
- 5- Fuentes de suministro de agua.
- 6- Servicios de comunicación
- 7- Disponibilidad de mano de obra

Un factor muy importante en la decisión de la ubicación de la planta es la disponibilidad de materia prima. Es por esta razón que se ha seleccionado la zona metropolitana. En ésta se encuentran ubicados los mercados que son los que suministran la mate-

ria prima, por lo que el transporte de la misma se ve favorecido. Además el relleno sanitario se encuentra ubicado en Soyapango, por lo que también la materia prima está disponible, así como el transporte que proporciona la Alcaldía Municipal de San Salvador. Con respecto al consumidor final influye directamente, teniéndose conocimiento de que existen en la zona varias industrias formuladoras de concentrados para animales, así como productoras de alimentos fortificados para consumo humano. Además existen muy buenas redes de suministro de energía eléctrica, agua y de insumos.

Por las razones anteriores se recomienda el área de Soyapango como la mas apropiada para la instalación de la planta.

CAPITULO IX
EVALUACION ECONOMICA

Siendo uno de los objetivos de este trabajo utilizar los desechos vegetales de mercado en una manera integral, se propone que el residuo sólido obtenido en el prensado, se utilice como materia prima para concentrados de animales. En tal sentido se analizan dos alternativas de comercialización:

- 1- Levadura producida para consumo humano utilizando un secador por aspersion, y el residuo sólido como materia prima para concentrado de animales.
- 2- Levadura producida para forraje animal, utilizando secador de tambor rotatorio, y el residuo sólido como materia prima para concentrado de animales.

La ingeniería del proyecto (Capítulo VIII) da la información básica para evaluar la factibilidad económica de la producción de Candida utilis en jugo de desechos vegetales.

En la evaluación se consideran dos rubros que engloban los parámetros necesarios:

- a- Inversión de capital
- b- Los costos totales de producción

9.1 INVERSION DE CAPITAL

Los recursos necesarios para la adquisición e instalación de la planta constituyen la inversión de capital y se divide en dos asignaciones: los costos fijos y el capital de trabajo.

9.1.1 COSTOS FIJOS

Los costos fijos incluyen el capital a invertir para:

- a- Terreno y construcción
- b- Instalación de servicios
- c- Equipo de proceso instalado
- d- Equipo de oficina
- e- Equipo de control de calidad
- f- Ingeniería del proyecto
- g- Puesta en marcha
- i- Intereses durante la construcción
- j- Imprevistos

a- Costos de terreno y construcción

En la sección 8.8 se determinó que la extensión requerida de terreno para la construcción de la planta es de 700 m². Este se ubica en la zona de Agua Caliente, Soyapango, donde el metro cuadrado de terreno tiene un valor de ¢ 93 (23) , por lo que un terreno de 39 m x 18 m de extensión tiene un costo de ¢ 65,100.00.

A principios de 1992 el metro cuadrado de construcción para las especificaciones de la estructura metálica apropiada para una altura de 6m, se cotiza a $\text{C}\$1,300.00$ en el área de proceso y para el área administrativa a $\text{C}\$800.11$ (23).

La tabla incluida en la figura 8.18 da las especificaciones de largo, ancho y alto de las instalaciones físicas y la tabla 9.1 es un resumen de los costos de construcción.

Tabla 9.1 Resumen de costos de terreno y construcción para la planta productora de levadura.

Identificación de la Inversión	Area Involucrada	Costo por m ²	Monto para la Inversión
Terreno para la construcción de la planta	700 m ²	$\text{C}\$ 93,00$	$\text{C}\$ 65,100.00$
Area de proceso construída	332 m ²	$\text{C}\$1,300.00$	$\text{C}\$ 431,600.00$
Area administrativa construída	106 m ²	$\text{C}\$ 800.00$	$\text{C}\$ 84,800.00$
Sub total			$\text{C}\$ 581,500.00$
Imprevistos (2%)			$\text{C}\$ 11,630.00$
Total			$\text{C}\$ 593,130.00$

b- Costos de instalación de servicios

Los costos de instalaciones de servicios incluyen las instalaciones externas y las internas. Los servicios de instalación externa son: red telefónica, energía eléctrica y agua. Las cotizaciones solicitadas a las instituciones correspondientes (Diciembre, 1991) se presentan en la tabla 9.2

Tabla 9.2 Inversiones para instalaciones de servicios en la planta Productora de levadura

Concepto	Monto ¢	Fuente
Teléfono	¢ 1,500.00	ANTEL
Energía eléctrica	¢ 3,250.00	CAESS
Agua potable	¢ 500.00	ANDA
Total	¢ 5,250.00	

Las instalaciones internas se basan en la distribución de la planta y la distribución del equipo. Estas instalaciones se engloban en lo que se consideran como instalaciones auxiliares y sus costos representan el 3.2% del costo del equipo (43), obteniéndose un valor de ¢ 96,500.00.

El monto para imprevistos es un 5% de las instalaciones internas y externas, dando un valor de ¢ 5,087.50, sumando los costos para instalaciones de servicio y los imprevistos se obtiene

un total de ¢ 106,837.50.

c- Costo del equipo de proceso

La inversión en equipos de proceso se presenta en la tabla 9.3. Los datos de la columna de costo por equipo instalado se obtiene multiplicando el costo del equipo adquirido por el factor de incremento (46), que se presenta en la misma tabla.

d- Inversión en equipos de oficina

La organización interna de la planta, así como su distribución (ver figura 8.18, pág. 193) determinan los requerimientos en mobiliario y equipo de oficina, cuyos costos se presentan en la tabla 9.4.

e- Costos del equipo de control de calidad

En la tabla 9.5 se presentan los equipos para el control de calidad, basado en las pruebas analíticas a realizar.

f- Costos de ingeniería del proyecto

Incluye los costos de diseño de construcción, ingeniería, etc. Sin embargo, muchas veces depende de la complejidad del mismo, así como del tiempo o duración del proyecto, desde el inicio de la investigación hasta que la planta empieza a funcionar. Este

Tabla 9.3 Costos del equipo de proceso

EQUIPO		Costo por equipo ad- quirido ¢	Factor de in- cremen- to %	Costo por equipo instalado ¢	Total ¢
Cantidad	Descripción				
2	Fermentado- res	96,277.78	8	103,980.00	207,960.00
2	Pre-fermen- tadores	29,450.90	8	31,806.97	31,806.97
2	Tanques de almacena - miento	21,560.00	8	23,284.80	46,569.60
1	Tanque de dilución	24,348.00	8	26,295.84	26,295.84
2	Tanques de lavado	16,968.00	8	18,325.44	36,650.88
2	Agitadores para tan- que de la- vado	11,993.70	5	12,593.38	25,186.76
2	Compresores	128,138.00	5	134,544.90	269,089.80
1	Caldera	488,267.00	10	537,093.70	537,093.70
3	Centrífugas para suspen- sión de le- vadura	55,295.45	5	58,060.22	174,180.66
1	Centrífuga para subs- trato	58,981.81	5	61,930.90	61,930.90
3	Bombas UMT/ UPT, 1 1/2 HP	9,201.90	10	10,122.09	30,366.27
2	Bombas UP, 1/2 HP	7,201.90	10	7,922.09	15,844.18
2	Bombas UP, 3/4 HP	7,201.90	10	7,922.09	15,844.18

Continuación de Tabla 9.3

Equipo		Costo por equipo adquirido ¢	Factor de incremento %	Costo por equipo instalado ¢	Total ¢
Cantidad	Descripción				
1	Bomba UP, 1 HP	7,801.30	10	8,581.43	8,581.43
2	Transportadores	35,850.00	8	38,718.00	77,436.00
1	Cortadora	14,750.00	15	16,962.50	16,962.50
1	Intercambiador de placas	430,673.45	7	460,820.91	460,820.91
1	Intercambiador de tubos	79,307.00	8	85,651.56	85,651.56
1	Prensa de tornillo	152,750.00	10	168,025.00	168,025.00
1	Pila recolectora	4,574.00	41	6,449.34	6,449.34
Sub total					2,302,746.48
1 Alternativa 1)	Secador por aspersión	708,858.00	2	712,858.00	712,858.00
1 Alternativa 2)	Secador de tambor rotatorio	334,034.55	2	340,715.24	340,715.24
Sub-total (1a. alternativa)					¢ 3,015,604.48
Imprevistos (10%)					¢ 301,560.44
Total Alternativa 1					¢ 3,317,164.92
Sub total (2a. alternativa)					¢ 2,643,461.72
Imprevistos (10%)					¢ 264,346.17
Total Alternativa 2					¢ 2,907,807.89

Tabla 9.4 Costos de equipo de oficina

Concepto	Cantidad	Costo unitario (Ø)	Costo total (Ø)
Escritorio tipo ejecutivo	1	1,075.00	1,075.00
Escritorio tipo secretarial	2	825.00	1,650.00
Archivo metálico	1	925.00	925.00
Sillas metálicas	7	78.00	546.00
Calculadora con impresor	1	450.00	450.00
Máquina de escribir	1	1,250.00	1,250.00
Imprevistos	-	800.00	800.00
Total			Ø 6,696.00

Fuente: Muebles Guimar (Enero-1992)

rubro representa el 2.3% de los costos fijos (31), dando la cantidad de Ø 100,000.

g- Costos de puesta en marcha

Los costos de puesta en marcha se refieren al monto total invertido en las pruebas de producción, incluyendo mano de obra directa e indirecta; administración, electricidad, materia prima, etc.

Tabla 9.5 Costos de los equipos de control de calidad

E q u i p o s	C o s t o (¢)
Incubadora	3,159.00
Microscopio	21,416.00
Méchero	150.00
Autoclave	2,813.00
Balanza	8,000.00
Medidor de pH	2,320.00
Hot-plate	1,640.00
Instalación de gas	734.00
Otros (material de vidrio, termómetro, etc).	2,500.00
Total	42,732.00

Los costos de mano de obra directa e indirecta se presentan en la tabla 9.6.

Los valores reportados en la tabla 9.7 muestran los costos de la puesta en marcha para un período de 15 días los cuales se basaron en el balance de materia (sección 8.4.3), de los requerimientos de servicios (sección 8.7) y la información presentada en la tabla 9.6 se tiene:

Base: 15 días de operación

Tabla 9.6 Personal para la planta productora de levadura.

Cantidad	Cargo	Sueldo unitario quincenal ¢	Total al mes ¢
1	Ingeniero químico	1,250.00	2,500.00
10	Obreros	364.25	7,285.00
1	Secretaria Contador	750.00	1,500.00
1	Técnico para control de calidad	600.00	1,200.00
1	Servicios varios	364.25	728.50
1	Vigilante	364.25	728.50
Total			¢ 13,942.00

2,232 kw-hr de electricidad a un precio de ¢ 0.37/kw-hr (12), con un monto de ¢ 825.84.

619 m³ de agua a un precio de ¢ 0.53/m³ (2), con un monto de ¢ 328.07.

A la materia prima para este proyecto se le asigna el valor de ¢ 1,000.00 quincenales, para cubrir gastos de transporte o en otra opción, como incentivo para las señoras de los mercados involucradas en la recolección de los desechos vegetales; actualmente la adquisición de la materia prima no representará costo al-

guno, sin embargo se asume que en el futuro la materia prima tendrá un valor acordado entre las señoras de los mercados y la planta.

A los ¢12,155.91 (Tabla 9.7) se le suman ¢1,215.59 que corresponden a un 10% de imprevistos, considerando que en esta etapa donde se regulan las variables de operación del proceso, por lo que los costos totales para puesta en marcha son ¢13,371.50.

Tabla 9.7 Costos de puesta en marcha para 15 días de operación para la planta productora de levadura.

C o n c e p t o	M o n t o ¢
Sueldos	6,971.00
Materia prima	1,000.00
Agua	328.07
Electricidad	825.84
Insumos	3,031.00
Sub-Total	¢ 12,155.91
Imprevistos	¢ 1,215.59
Total	¢ 13,371.50

i- Intereses durante la construcción

El dinero adquirido del sistema financiero, empieza a generar

intereses desde el momento que es escriturado el préstamo, por lo que los costos fijos deben de incluirlos (31).

Estimando un tiempo de 7 meses para la construcción y puesta en marcha de la planta, los intereses a cancelar durante la construcción se calculan con la ecuación 9.1:

$$S = P (1+i)^n \quad (9.1)$$

Donde:

S= Monto del capital con el interés aplicado

P= Capital inicial

i= Tasa de interés

n= Período del préstamo en años

Un ejemplo de cálculo se presenta para la primera alternativa: Levadura de consumo humano y residuo sólido para concentrado de animales, la cual tiene un capital inicial de ¢ 4,179,931.92 (Tabla 9.8).

Sustituyendo valores:

$$S = \text{¢ } 4,179,931.92 (1 + 0.18)^{(7/12)} \quad (9.1)$$

$$S = \text{¢ } 4,603,629.66$$

$$\text{Intereses} = \text{Monto del capital} - \text{Capital inicial} \quad (9.2)$$

$$\text{Intereses} = \text{¢ } 4,603,629.66 - \text{¢ } 4,179,931.92 = 423,697.74$$

Los intereses durante la construcción para la segunda alternativa, se calcularon en base a las ecuaciones 9.1 y 9.2, tomando como Capital inicial $\text{C} 3,770,574.89$ (Tabla 9.9) y reportando la cantidad de $\text{C} 382,203.36$.

9.1.2 CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo es el dinero invertido en materia prima, insumos y producto terminado, mano de obra directa e indirecta, etc. (41).

El cálculo se realizó en base a un mes de operación (el doble de la cantidad de la segunda columna de tabla 9.7).

Las tablas 9.8 y 9.9 presentan los costos fijos por rubro y capital de trabajo, correspondiente a la primera y segunda alternativa de comercialización respectivamente. La tabla 9.10 detalla el programa de desembolsos.

9.2 COSTOS DE PRODUCCION

Los costos de producción son aquellos que inciden directamente en la producción, se calculan en base a un año de operación de la planta y se dividen en:

- a- Costos primos
- b- Costos de fabricación
- c- Costos de administración
- d- Costos financieros

Tabla 9.8 Inversiones de capital para la planta productora de levadura (Primera alternativa).

C o n c e p t o	I n v e r s i ó n ¢
Terreno y construcción	593,130.00
Instalaciones de servicios	106,837.50
Equipo de proceso instalado	3,317,164.92
Equipo de oficina	6,696.00
Equipo de control de calidad	42,732.00
Ingeniería del proyecto	100,000.00
Puesta en marcha	13,371.50
Sub total	4,179,931.92
Intereses durante la construcción	423,697.74
Total costos fijos	4,603,629.66
Capital de trabajo	26,743.00
Total inversiones de capital	¢ 4,630,372.66

a- COSTOS PRIMOS

Los costos primos mas importantes son: mano de obra directa, materia prima e insumos.

Tabla 9.9 Inversiones de capital para la planta productora de levadura (Segunda alternativa).

Concepto	Inversión ¢
Terreno y construcción	593,130.00
Instalaciones de servicio	106,837.50
Equipo de proceso instalado	2,907,807.89
Equipo de oficina	6,696.00
Equipo de control de calidad	42,732.00
Ingeniería del proyecto	100,000.00
Puesta en marcha	13,371.50
Sub total	3,770,574.89
Intereses durante la construcción	382,203.36
Total costos fijos	¢ 4,152,778.25
Capital de trabajo	26,743.00
Total de inversiones de capital	4,179,521.25

La mano de obra directa la componen: el Ingeniero Químico y los 10 obreros que están involucrados en el proceso; el cálculo del costo en sueldos se efectuó en base a un año de 13 meses e incluye el pago de aguinaldos. La tabla 9.11 muestra los costos primos para un año de operación.



Tabla 9.10 Programa de desembolsos para la primera alternativa.

Concepto / Meses	1	2	3	4	5	6	7	Monto total de inversión
Terreno y construcciones	203,813.00	55,525.00	55,525.00	55,525.00	55,525.00	167,217.00		€ 593,130.00
Instalación de servicios		20,450.00	23,200.00	19,950.00	19,950.00	21,712.50		€ 106,837.50
Equipo de proceso instalado			829,291.00	829,291.00	829,291.00	829,291.92		€ 3,317,164.92
Equipo de control de calidad					21,366.00	21,366.00		€ 42,732.00
Equipo de oficina							6,696.00	€ 6,696.00
Ingeniería del proyecto	14,285.00	14,285.00	14,285.00	14,285.00	14,285.00	14,285.00	14,290.00	€ 100,000.00
Puesta en marcha							13,371.50	€ 13,371.50
Intereses durante la construcción	60,528.00	60,528.00	60,528.00	60,528.00	60,528.00	60,526.00	60,531.74	€ 423,697.74
Total de Inversiones €	278,626.00	150,515.00	982,829.00	979,579.00	1,000,945.00	1,114,398.42	94,889.24	€ 4,630,372.66

Tabla 9.11 Costos primos para un año de producción

Concepto	Cantidad	Unidad	Costo unitario ¢	Costo anual ¢
Ingeniero Químico	1	mes	2,500.00	32,500.00
Obreros	10	mes	728.50	94,705.00
Técnicos	1	mes	1,200.00	15,600.00
Materia prima		mes	2,000.00	24,000.00
Aceite	2,367	galón	28.00	66,276.00
Hipoclorito de sodio - 20%	298	galón	7.95	2,369.10
Sulfato de cobre	3	kg	1,100.00	3,300.00
Hidróxido de sodio	6	kg	132.00	792.00
Agua desmineralizada	300	galón	2.75	825.00
Bunker "C"	37,548	galón	3.50	131,418.00
Empaques	3,000	bolsas	0.105	315.00
Total				¢ 372,100.10

b- COSTOS DE FABRICACION

Los costos de fabricación se calculan en base al consumo de electricidad, agua, utilización de mano de obra indirecta, depreciación, etc.; y los datos se presentan en la tabla 9.12.

El cálculo de la depreciación, tanto para el equipo de proceso, como para el equipo de control de calidad y oficina, se efectuó empleando la ecuación

$$\text{Depreciación del equipo} = \frac{\text{Costo equipo} - \text{valor residual}}{\text{Vida útil (años)}} \quad (9.3)$$

Se considera una vida útil de 15 años para el proyecto a cuyo término el equipo de proceso poseerá un valor equivalente al 30% de su costo inicial.

$$\text{Depreciación del equipo de proceso} = \frac{\text{¢ } 3,317,164.92 - \text{¢ } 995,149.47}{15 \text{ años}}$$

Depreciación = ¢ 154,801.03/ año para la alternativa 1

Para el equipo de control de calidad y oficina se considera un valor residual del 10% de su valor inicial.

Depreciaciones:

Equipo de proceso	=	∅ 154,801.03/año
Equipo de control de calidad	=	∅ 2,563.92/año
Equipo de oficina	=	∅ 401.76/año
		<hr/>
Total depreciaciones		∅ 157,766.71/año

Los costos de mantenimiento representan un porcentaje del costo de los equipos de proceso, equipos de laboratorio y oficina.

Costos de mantenimiento:

Equipos de proceso	=	∅ ₁ 317,164.92 x 0.06	=	∅ 199,029.89
(Alternativa 1)				
Equipos de control de calidad	=	∅ 42,732.00 x 0.03	=	∅ 1,281.96
Equipos de oficina	=	∅ 6,696.00 x 0.03	=	∅ 200.88
Edificaciones	=	∅ 593,130.00 x 0.05	=	∅ 29,656.50
				<hr/>
Total costos de mantenimiento				∅ 230,169.23

c- COSTOS ADMINISTRATIVOS.

En este rubro se incluyen los gastos de comunicaciones y los gastos por las prestaciones de ley de los empleados.

Según el Instituto Salvadoreño del Seguro Social, las prestaciones son las siguientes:

Tabla 9.12 Gastos para la producción de levadura.

Concepto	Cantidad	Costo mensual (¢)	Costo anual (¢)
Secretaria-Conta- dor	1	1,500.00	19,500.00
Servicios varios	1	728.50	9,470.50
Vigilante	1	728.50	9,470.50
Electricidad	4,464 kw-hr	1,651.68	19,820.16
Agua	1,237.92 m ³	656.09	7,873.08
Depreciación			157,766.71
Mantenimiento			230,169.23
Total			¢ 454,070.18

Seguro : sueldo x 0.0875

Vejez e invalidez : sueldo x 0.03

F.S.V.S. : número de empleados x 705 x 0.055

La tabla 9.13 reporta al monto de los costos de administración.

Tabla 9.13 Costos administrativos de la planta productora de levadura.

C o n c e p t o	Costo mensual	Costo anual
Comunicaciones	¢ 100.00	¢ 1,200.00
Prestaciones	2,219.81	26,637.72
Total	¢ 2,319.81	¢ 27,837.72

d- COSTOS FINANCIEROS

Los costos financieros comprenden la amortización de la deuda contraída con el sistema financiero para llevar a cabo el proyecto y depende del plazo de concesión del préstamo.

Para el cálculo de los costos financieros se utilizó la línea de crédito del Banco Agrícola Comercial, con los siguientes plazos:

- Capital de trabajo : 4 años
- Maquinaria y equipos,
incluyendo instalación : 8 años
- Edificaciones, construcción; no incluye terreno : 15 años

La tasa de intereses aplicable es de 18%. El crédito se amortiza por cuotas fijas mensuales, el cálculo se efectúa, utilizando la ecuación 9.4 . (31).

$$R=A \times \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (9.4)$$

Donde:

R : pago anual para amortizar la deuda, incluyendo los intereses

A : monto adeudado

n : plazo

i : tasa de interés

Las tablas presentadas en los Apéndices F y G, dan las cantidades de pago anual en la amortización de la deuda para la primera y segunda alternativa respectivamente. Especificando en éstos los rubros de capital de trabajo (R_1), equipo instalado (R_2) e infraestructura (R_3). El monto de costos financieros ($R_t = R_1 + R_2 + R_3$) se incorpora a los gastos de producción, tal como se presenta en las tablas 9.14 y 9.15 respectivamente para cada alternativa.

9.3 DETERMINACION DEL COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (C.U.P.)

En base al costo total de producción (Tablas 9.14 y 9.15) se determina el costo unitario de producción, (C.U.P.), para cada una de las alternativas propuestas, mediante la ecuación 9.5.

Tabla 9.14 Costos de producción para la planta productora de levadura (primera alternativa).

Concepto	Costo Anual ¢
Costos primos	372,100.10
Costos de fabricación	454,070.18
Costos de administración	27,837.72
Costos financieros	1,078,554.65
Total	¢ 1,932,562.65

Tabla 9.15 Costos de producción para la planta productora de levadura (segunda alternativa).

Concepto	Costo Anual ¢
Costos primos	372,100.10
Costos de fabricación	434,385.55
Costos de administración	27,837.72
Costos financieros	969,650.50
Total	¢ 1,803,973.65

$$\text{C.U.P.} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Producción anual de levadura}} \quad (9.5)$$

De la tabla 9.14 y una producción de 93.38 kg de levadura por lote y realizando 298 lotes al año, se tiene:

$$\text{C.U.P.} = \frac{\text{C} 1,932,562.65}{27,827.24 \text{ kg de levadura}}$$

C.U.P. = C 69.44/kg de levadura para consumo humano

Para levadura de consumo animal, se utiliza el dato de la tabla 9.15, obteniéndose un C.U.P. de C 64.82/kg de levadura.

A medida que bajan los costos de producción del producto, el costo unitario de producción disminuye como se puede apreciar en los Apéndices F y G para cada una de las alternativas.

9.4 DETERMINACION DEL PRECIO DE VENTA DEL PRODUCTO

El precio de venta de la levadura se establece para cada una de las alternativas de comercialización propuesta.

1- El precio de la levadura para consumo humano se determinó a partir de datos obtenidos para el año 1982, \$.2.24/kg de levadura (10).

Para actualizar el precio de la levadura se utiliza el índice del consumidor el cual tiene los siguientes valores (29):

$$I_{1982} = 248.68$$

$$I_{1991} = 616.45$$

El precio de la levadura es:

$$\$ 2.24 \times \frac{616.45}{248.68} = \$ 5.55$$

$$\$ 5.55 \times \frac{\text{Q} 8.11}{1 \$} = \text{Q} 45.00$$

El precio de venta de levadura de consumo humano es de Q 45.00 por kilogramo de levadura.

2- El precio de levadura para forraje animal se cotizó con la empresa Guatemalteca COLTEC, la cual vende a El Salvador levadura a un precio de Q 26.75/kg de levadura seca (Enero 1992). (11).

El precio de venta del residuo sólido se determinó cotizando el costo de la materia prima para concentrados que contienen 12% de proteína que se asemeja al contenido de proteína del residuo sólido de los desechos vegetales (Tabla 6.2, pág 83). Este precio fué proporcionado por Moore Comercial (18) y es de Q 29.50 el kilogramo.

9.5 RENTABILIDAD DEL PROYECTO

9.5.1 GANANCIAS NETAS PARA LA PRIMERA ALTERNATIVA DE COMERCIALIZACION.

La ganancia neta es la diferencia entre los ingresos provenientes de las ventas y los costos de producción, impuestos por ven-

tas e impuestos a la renta imponible.

El impuesto por ventas es de 5% del monto del ingreso y el impuesto a la renta imponible aplicable a las ganancias brutas es de 50% menos ¢ 46,050.00 (Apéndice E). A continuación se presenta un ejemplo de cálculo para la alternativa 1:

$$\begin{aligned} \text{Ingreso por venta} &= (\text{Producción de levadura} \times \text{precio de venta}) + \\ \text{anual} & \quad (\text{producción de residuo sólido} \times \text{precio de} \\ & \quad \text{venta}) \end{aligned} \quad (9.6)$$

Del balance de materia (sección 8.4.1.) se obtiene una producción de residuo sólido de 9,843 kg por lote, con una humedad de 93.84%, que en términos de producto seco es 606 kg/lote.

Los precios de la levadura y el residuo sólido se presentan en sección 9.4:

Sustituyendo valores en la ecuación 9.6, se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Ingreso por venta} &= (27,827.24 \text{ kg} \times \text{¢ } 45.00) + (180,588 \text{ kg} \times \\ & \quad \text{¢ } 29.50) \end{aligned}$$

$$\text{Ingreso por venta} = \text{¢ } 6,579,571.80$$

$$\begin{aligned} \text{Impuesto por venta} &= \text{¢ } 6,579,571.80 \times 0.05 \\ &= \text{¢ } 328,978.59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias brutas} &= (\text{Ingreso por venta} - \text{Impuesto por venta}) - \\ & \quad (\text{Gastos de producción}) \end{aligned} \quad (9.7)$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias brutas} &= (\text{C} 6_1 579,571.80 - \text{C} 328,978.59) \\ &\quad - \text{C} 1_1 932,562.65 \end{aligned}$$

$$\text{Ganancias brutas} = \text{C} 4_1 318,030.56$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias netas} &= (\text{Ganancias brutas}) - (\text{Impuesto a la renta} \\ &\quad \text{imponible)} \quad (9.8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias netas} &= \text{C} 4_1 318,030.56 - (\text{C} 4_1 318,030.56 \times 0.5) \\ &\quad - \text{C} 46,050.00) \\ &= \text{C} 2_1 205,065.28 \end{aligned}$$

Las ganancias netas son de $\text{C} 2_1 210,036.10$ para el primer año de producción, incrementando a $\text{C} 2_1 210,036.10$ para el año 5 y a $\text{C} 2_1 622,864.10$ en el año 9. (Ver Apéndice F).

Así pues, para esta alternativa se encuentra que la planta genera ingresos para cubrir el impuesto por ventas, costos de producción e impuesto imponible a la renta.

a- TASA INTERNA DE RETORNO

Para complementar la evaluación de rentabilidad se calculó la tasa interna de retorno simple para la primera alternativa de comercialización de la producción de Candida utilis en jugo de desechos vegetales.

Para calcular la tasa interna de retorno simple (TIR) se utiliza la ecuación 9.9 (33) :

$$\text{TIR} = \frac{\text{Ganancias brutas}}{\text{Inversión Capital}} \times 100 \quad (9.9)$$

Las ganancias brutas son ₡4,318,030.56 y la inversión capital se estima en ₡4,630,372.66 (Ver tabla 9.8).

$$\text{TIR} = \frac{₡4,318,030.56}{₡4,630,372.66} \times 100$$

$$\text{TIR} = 93.25\%$$

Resulta una tasa de retorno 4 veces mayor que la aplicada en el préstamo bancario, por lo que esta alternativa del proyecto es rentable.

b - RECUPERACION DE LA INVERSION DE CAPITAL.

El período de recuperación de capital (PRC) se define como el tiempo mínimo teóricamente necesario para recobrar la inversión de capital original, esto se calcula con la ecuación 9.10.

$$\text{PRC} = \frac{\text{Inversión Capital}}{\text{Ganancias brutas}} \quad (9.10)$$

$$\text{PRC} = \frac{4,630,372.66}{4,318,030.56}$$

$$\text{PRC} = 1.07 \text{ años}$$

La recuperación del capital invertido se efectúa en 1 año:

9.5.2 GANANCIAS NETAS PARA LA SEGUNDA ALTERNATIVA DE
COMERCIALIZACION.

Las ganancias netas se obtuvieron siguiendo el mecanismo expuesto en la sección 9.5.1 y a partir de las ecuaciones 9.6, 9.7, 9.8, el precio de la levadura para consumo animal es ¢ 26.75 y el precio para el residuo sólido es de ¢ 29.50 (sección 9.4).

$$\begin{aligned}
 \text{Ingreso por venta} &= \text{¢ } 744,378.61 + \text{¢ } 5,327,346.00 \\
 &= \text{¢ } 6,071,724.67 \\
 \text{Impuestos por venta} &= \text{¢ } 303,586.23 \\
 \text{Ganacias brutas} &= (\text{¢ } 6,071,724.67 - \text{¢ } 303,586.23) \\
 &\quad - (\text{¢ } 1,803,973.65) \\
 &= \text{¢ } 3,964,164.79 \\
 \text{Ganancias netas} &= \text{¢ } 3,964,164.79 - (\text{¢ } 3,964,164.79 \times 0.5) \\
 &\quad - \text{¢ } 46,050.00 \\
 &= \text{¢ } 2,028,132.39
 \end{aligned}$$

Las ganancias netas para el primer año de producción son de ¢ 2,028,132.39, ¢ 2,038,073.49 para el quinto año y ¢ 2,763,318.69 para el año 9 (Ver apéndice G).

Se concluye que, para la segunda alternativa de comercialización de la levadura, se tiene la capacidad de generar ingresos para cubrir los gastos financieros y de producción con un margen

de solvencia apreciable.

a - TASA INTERNA DE RETORNO.

Completando la evaluación de la rentabilidad para la segunda alternativa de comercialización de Candida utilis, se calcula la Tasa Interna de Retorno simple a partir de la ecuación 9.9

Las ganancias brutas son Q3,964,164.79 y la inversión de capital es Q4,179,521.25 (Ver tabla 9.9).

$$\text{TIR} = \frac{\text{Q } 3,964,164.79}{\text{Q } 4,179,521.25} \times 100 \quad (9.9)$$

$$\text{TIR} = 94.8\%$$

La tasa de retorno es 4 veces mayor que la que tiene la banca para ahorro por lo que esta alternativa del proyecto es rentable.

b - RECUPERACION DE LA INVERSION DE CAPITAL.

El período de recuperación de capital (PRC) se calculó en base a lo expuesto en sección 9.5.1, numeral b y la ecuación 9.10:

$$\text{PRC} = \frac{\text{Q } 4,179,521.25}{\text{Q } 3,964,164.79}$$

$$\text{PRC} = 1.05 \text{ años}$$

La recuperación del capital se programa en 13 meses y su corto tiempo de recuperación se debe a que bajo las condiciones tomadas para este proyecto resulta rentable la producción de Candida utilis en jugo de desechos vegetales.

CONCLUSIONES

- 1- Los componentes de la basura proveniente de los mercados son muy variados, de los cuales el 32.38% corresponden a los desechos vegetales, razón por la cual la limpieza manual realizada a éstos, tiene un papel muy importante, ya que extrae, semillas, cortezas, etc. que en determinado momento dependiendo de su origen pueden ser tóxicos, inhibidores del proceso de reproducción de la levadura o tóxicos para el humano.
- 2- El lavado de los desechos con agua clorada y la pasteurización del jugo previenen el desarrollo de microorganismos. Además, el tratamiento térmico precipita sólidos en suspensión reduciendo su contenido en el jugo.
- 3- Aunque el rendimiento en jugo por molienda fue mayor, se seleccionó el prensado de desechos vegetales de mercado para la extracción, porque se obtiene un jugo de mejor calidad para el cultivo, recuperación y purificación de levadura.
- 4- Debido a que la contaminación microbiana inicial de los desechos es relativamente alta, la esterilización del jugo extraído debe hacerse durante 30 minutos a 121°C y 15 lbf/pulg² manométrica.

- 5- Los desechos vegetales de mercado son una excelente materia prima para la producción de Candida utilis. El jugo obtenido de los desechos proporciona la concentración de azúcares reductores necesarios para su reproducción, además los nutrientes y el pH natural del jugo (4.5) son óptimos para la multiplicación de la levadura. El jugo es un substrato de bajo costo porque no requiere ajustes.
- 6- La fuente de carbono que proporciona el jugo de desechos vegetales está constituida por glucosa y fructosa, encontrándose en mayor cantidad la fructosa, con la cual la levadura presenta una velocidad específica de crecimiento mayor (0.90 hr^{-1}) y por consiguiente menor tiempo de duplicación (.077 hr).
- 7- El residuo sólido obtenido de la extracción del jugo de los desechos, contiene 11.30% de proteína por lo que puede ser aprovechado como materia prima en la elaboración de concentrados para animales, en una proporción aproximadamente del 60% lo que conlleva una reducción de precios en concentrados que utilizan otras fuentes de proteína.
- 8- Las condiciones de operación utilizadas en este trabajo, fueron 6.1% p/p de azúcares reductores, un volumen de entrada de aire de aproximadamente 7.81 litros por minuto por litro de substrato, con lo que se obtiene un rendimiento en producción de levadura de 11.15 g/l.

- 9- El contenido de proteína de la levadura producida en jugo de desechos vegetales es de 45.20%, por lo que puede ser utilizada para fortificar alimentos populares, pero debe tomarse en cuenta que la cantidad máxima a ingerir es de 2 g por día, si no es posible la reducción de ácidos nucleicos. En la formulación de concentrados para animales, la levadura sustituye a la harina de soya, harina de pescado y harina de huesos.
- 10- La levadura producida posee el color y olor de substrato utilizado en la producción. Su textura es suave y tiene aspecto granular, reduciéndose fácilmente de tamaño. Esto la hace ser un excelente fortificante alimenticio, ya que además de poseer vitaminas y proteínas, sus características físicas y funcionales se adaptan fácilmente a los alimentos populares que se producen en el país.
- 11- La instalación de una planta industrial de Candida utilis utilizando como substrato el jugo de los desechos vegetales de mercado presenta las siguientes ventajas:
- a- Habría una mejora en la calidad de la dieta alimenticia en cuanto al contenido de proteína, al utilizar la levadura en la fortificación de alimentos populares.
 - b- Se haría uso integral de los desechos al aprovecharse tanto el jugo como el residuo sólido, lo cual representaría una disminución en 17 ton/día de contaminación ambiental.

c- Generaría fuentes de empleo ya que el proceso de recolección de los desechos involucra la utilización de mano de obra para la limpieza manual de los mismos y secado del residuo sólido.

12- El proyecto de producción de levadura es técnica y económicamente factible bajo las condiciones de operación propuestas en este trabajo, obteniéndose una tasa interna de retorno simple, de 93.25% y 94.8% para la primera y segunda alternativa respectivamente, con un tiempo de recuperación de capital de aproximadamente un año para ambas alternativas.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- 1- Hacer pruebas de cinética de crecimiento de levadura en volúmenes mayores de 5 litros y elaborar la curva de crecimiento de Candida utilis utilizando el flujo de aire y contenido de azúcares reductores óptimos (7.81 litros de aire por minuto por litro de substrato y 6.1% p/p de azúcares reductores), para conocer el comportamiento de reproducción, velocidad específica de crecimiento y tiempo de duplicación a estas condiciones de operación.
- 2- Debe hacerse una campaña de información del proyecto, para que empresas privadas y públicas colaboren en la realización del mismo pues son muchos los beneficios que se obtendrían.
- 3- Para reducir los costos de producción se recomienda investigar el uso de otro tipo de antiespumante a un costo menor para sustituir el aceite de maíz.
- 4- Se recomienda iniciar el funcionamiento de la planta con la producción de levadura para consumo animal. Luego que la planta esté operando con ganancias, adquirir el secador por aspersión para producir levadura para consumo humano haciendo una inversión de ¢ 708,858.00.

- 5- Es recomendable que el proyecto se lleve a cabo en conjunto con instituciones gubernamentales y privadas, facilitándose la adquisición de equipo, materia prima así como otros insumos.

- 6- Se recomienda la investigación de posibles alternativas de utilización para los desechos que se encuentran en mayor proporción en la basura generada por los mercados, como son la estopa de coco y plásticos.

- 7- Debido a los beneficios que se obtienen de la producción de levadura, se recomienda desarrollar una técnica sencilla para obtener extracto de levadura con reducción del contenido de ácidos nucleicos.

REFERENCIAS

- 1 - Aiba, S., A. Humprey, N.F. Millis, "Biochemical engineering", Editorial Academic Press, Inc, segunda edición, New York, (1973).
- 2 - ANDA, Administración Nacional de Acueductos y Alcaltarillados, Tarifas de agua, San Salvador, diciembre, (1991).
- 3 - "Anuario Estadístico", Volumen I, Tomo IV A y B, Período 1986-1990, Dirección General de Estadística y Censos Ministerio de Economía, El Salvador, Centro América.
- 4 - Información personal proporcionada por el departamento de ventas de AQUA SYSTEMS, S.A. de C.V., San Salvador, noviembre, (1991).
- 5 - Entrevista personal con el Ingeniero ALFONSO AGUILAR, Gerente de Producción de Destilería Salvadoreña, San Salvador, noviembre, (1991).
- 6 - Asenjo, C.F., "Producción y uso de proteína de origen unicelular", Conferencia sobre recursos proteicos en la América Latina, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, (1970).

- 7 - Badger, W.L., J.T. Banchemo, "Introducción a la Ingeniería Química", Editorial McGraw Hill Book Company, México, (1970).
- 8 - Bautista Justo, M., "Caracterización química, biológica y funcional de la proteína de Candida utilis con bajo contenido de ácidos nucleicos", Tesis M.Sc., Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala, (1981).
- 9 - Bonilla, H., H. Parada, A. Salazar, A. Escobar, "Caracterización experimental de la curva de crecimiento de la levadura Candida utilis en régimen de flujo continuo, utilizando como substratos melaza de caña y vinaza, diseño preliminar del proceso de producción a escala industrial", Trabajo de Graduación en Ingeniería Química, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador, (1985).
- 10 - Boyle, T.R., R. Ferrufino, "Investigación experimental sobre la producción de levadura alimenticia a partir del jugo de pulpa de café en régimen de flujo continuo, diseño y evaluación económica del proceso a escala industrial", Trabajo de Graduación en Ingeniería Química, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador, (1984).

- 11 - Entrevista personal con el Licenciado ESTUARDO BUSTO, subgerente de la Empresa COLTEC, Guatemala, diciembre, (1991).
- 12 - CAESS, Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador, Tarifas industriales, San Salvador, diciembre, (1991).
- 13 - Casas Campillo, G., "Proteínas de fuentes no convencionales: utilización de subproductos agrícolas o hidrocarburos del petróleo", Seminario Internazionale sull'alimentazione ed il problema proteico in America Latina, Instituto Italo-Americano, Roma, (1975).
- 14 - Cooney, C.L., Rha Chokyun, S.R. Tannenbaum, "Single Cell Protein: engineering, economics and utilization in foods" , Advances in Food Research, volumen 26, Massachusetts, (1980).
- 15 - Entrevista personal con la Licenciada ETELVINA MORILLO DE ESCOBAR, Profesora titular del Departamento de Ciencias Físicas de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de El Salvador, enero, (1992).
- 16 - Información personal proporcionada por encargado de ventas del taller industrial FASTABEND, Santa Ana, diciembre, (1991).

- 17 - Figueroa, R.O., "Producción de proteína unicelular utilizando vinaza como substrato", Trabajo de Graduación en Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, San Salvador, (1988).
- 18 - Entrevista personal con el Ingeniero ROLANDO FIGUEROA, División Agropecuaria de Moore Comercial, San Salvador, enero, (1992).
- 19 - Goldberg, I., "SCP", Primera edición, Editorial Springer Verlag, Berlín, (1985).
- 20 - Entrevista personal con el Ingeniero PABLO FRANCISCO GOMEZ, Departamento de control de calidad, ROTOFLEX, San Salvador, diciembre, (1991).
- 21 - Grupo Asesor del Sistema de las Naciones Unidas sobre Proteínas y Calorías, "Reunión del Grupo especial de trabajo del GAP sobre evaluación clínica y concentraciones aceptables del ácido nucleico en las PUC destinadas al consumo de los seres humanos", Boletín del GAP, volumen 5, N° 3, Guatemala, (1975).
- 22 - Himmelblau, D.M., "Principios y cálculos básicos de la Ingeniería Química", Compañía Editorial Continental, S.A., Primera Edición, México, (1982).

- 23 - Entrevista personal con el Sr. JUAN FRANCISCO HERCULES, constructor de obras civiles, San Salvador, diciembre, (1991).
- 24 - Entrevista personal con el Ingeniero GUSTAVO NERY IRAHETA, Especialidades Industriales, S.A., San Salvador, diciembre, (1991).
- 25 - Kapsiotis, G.D., "Single Cell Protein review and assesment" Food and Nutrition Volumen 4, #1-2, Inglaterra, (1978).
- 26 - Kern, D., "Procesos de Transferencia de Calor", Editorial CECSA, Primera publicación, México, (1987).
- 27 - Labuza, P.T., "Recovery and Drying for SCP", CELL COLLECTION , Departament of Food Science and Nutrition, University of Minessota, (1986).
- 28 - McCabe, W., J. Smith, "Operaciones Unitarias de Ingeniería Química", Editorial Reverté, S.A., Segunda Edición, España, (1981).
- 29 - Entrevista personal con la Licenciada LIDIA SORIANO DE MENJIVAR, Región Occidental de Salud, Santa Ana, Abril, (1992).
- 30 - Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador, Oficina del Instituto Meteorológico, El Matazano, San Salvador, Octubre, (1991).

- 31 - Navarrete, M.U., M. Carranza, "Fabricación de papel a nivel artesanal a partir de linter de la semilla de algodón y telas de algodón", Trabajo de Graduación de Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, (1991).
- 32 - Perry, R.H., C.H. Chilton, "Manual del Ingeniero Químico", Quinta Edición, Editorial Mc Graw Hill Company, México (1984).
- 33 - Peters, M., K. Timmerhaus, "Plant Design and Economics for Chemicals Engineers", segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill Book Company, Estados Unidos de América, (1968).
- 34 - Entrevista personal con el Sr. EDUARDO RAMIREZ, encargado del Proyecto de recolección de la basura de San Salvador, instalaciones del Relleno Sanitario, Soyapango, Marzo, (1991).
- 35 - Reed, G. "Single Cell Protein and Other Microbial Products" Prescott and Dunns. Industrial Microbiology, Cuarta Edición, Editorial Avi Publishing Company, Conecticut, (1982).
- 36 - Ritchie Calder, C.B., "Importancia de las nuevas fuentes de proteínas", Boletín del GAP volumen 6, #3, México, (1976)
- 37 - Rolz, C., S. de Cabrera, "Producción de Proteína Microbiana a partir de subproductos de industria-agropecuarias", Documento Técnico del Instituto Centroamericano de Tecnología Industrial, ICAITI, GUATEMALA (1980).

- 38 - Rose, A. H., J.S., "The Yeast", Volumen 3 Academic Press, London, (1970).
- 39 - Sánchez Marroquín G., "Mixed Cultures in the production of SCP from Agave Juices", Symposium #7 of biotechnology and bioengineering, Editorial Jonh Wiley and Sons, New York, (1977).
- 40 - Schneider, E. "Determination of nucleic acids in tissues by pentose analysis" Collowick, S.P. y N.O. Kaplan cds. Methods in enzymology, New York, Academic Press, (1957).
- 41 - Soto, R.H., Z. Espejel, "Formulación y evaluación tecnico-industriales", primera edición, México, (1978).
- 42 - Treybal, P.E., "Operaciones de Transferencia de masa", Editorial Mc Graw Hill Book Company, México (1980).
- 43 - Ulrich, G.D., "Diseño y economía de los procesos de Ingeniería Química", Editorial Interamericana, Primera Edición, México, (1986).
- 44 - Valdivié, M., "Alimentación animal con levadura Torula" Simposium Latinoamericano de Biotecnología para la Producción de Biomasa en tratamiento de desperdicios, Antigua Guatemala, (1987).
- 45 - Valderwal, I.P., "Experiencia en Europa con las PUC como alimento para animales", Boletín del GAP, volumen #6, #3, La Unión Soviética (1975).

- 46 - Vilbrandt, F., C. Deyden, "Ingeniería Química del Diseño de Plantas Industriales", Editorial Grijalbo, S.A., [?]
Primera Edición, México (1963).
- 47 - Woot-Tsuen, Wu Leung, "Tabla de Composición de Alimentos para uso en América Latina", Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, Ciudad de Guatemala, sin fecha de publicación.
- 48 - Entrevista personal con el Ingeniero HORACIO HILL ZAMBRANA, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, San Salvador, julio (1991).
- 49 - Zepeda, M., M. Arriola, "Empleo de Concentrado de Levadura en tortillas", Simposium Latinoamericano de Biotecnología para la producción de biomasa y tratamiento de desperdicios, Antigua Guatemala, (1987).

APENDICE A
TECNICAS ANALITICAS

A.1 DETERMINACION DE ACIDOS NUCLEICOS EN TEJIDOS MEDIANTE
ANALISIS DE PENTOSAS (40).

PRINCIPIO:

El procedimiento para la determinación de ácidos nucleicos está basado en que los ácidos nucleicos pueden ser separados de algún tejido debido a su preferencial solubilidad en ácido tricloroacético (TCA) caliente. Los ácidos nucleicos aislados se cuantifican por colorimetría.

REACTIVOS:

Solución de difenilamina: disolver 1 gramo de difenilamina pura en 100 ml de ácido acético glacial calidad reactivo y 2.75 ml de ácido sulfúrico concentrado.

Solución de orcinol: disolver un gramo de orcinol puro en 100 ml de HCl conteniendo 0.5 gramos de FeCl_3 .

Estas dos soluciones deben prepararse inmediatamente antes de utilizarlas.

REMOCION DE COMPUESTOS ACIDOS SOLUBLES:

Un mililitro de una suspensión de muestra al 20% se mezcla con 2.5 ml de TCA al 10% frío, luego se centrifuga. El sedimento se lava sólo una vez con TCA 10% frío.

REMOCION DE COMPUESTOS GRASOS.

El sedimento obtenido después de la remoción de los compuestos ácidos debe ser extraído dos veces con 5 ml de etanol al 95% y recuperado por centrifugación. Este procedimiento es generalmente suficiente para remover los compuestos grasos fosforados.

REMOCION DE ACIDOS NUCLEICOS.

El tejido libre de grasas se suspende en 1.3 ml de agua y 1.3 ml de TCA al 10% y la mezcla se calienta por 15 min a 90°C con agitación ocasional. Este tratamiento divide cuantitativamente tanto el DNA como el RNA de la proteína del tejido. El extracto que contiene el DNA y el RNA es separado por centrifugación y luego lavado con 2.5 ml de TCA al 5%. Este extracto constituye la fracción de ácido nucleico en la muestra.

ESTIMACION DE DNA

Se mezcla 1 ml del extracto de ácidos nucleicos con 2 ml de difenilamina y se calienta por 10 minutos en baño de agua hirviendo. La solución se tornará de color azul y debe ser leída en colorímetro a una longitud de onda de 600 μ m. Debe prepararse una curva estándar utilizando Reactivo de DNA - P puro.

ESTIMACION DEL RNA

Dos décimas partes de mililitro del extracto de ácidos nucleicos se lleva a un volumen de 1.5 ml y se calienta con 1.5 ml de la solución de orcinol por 20 minutos en baño de agua en ebullición. La solución se tornará de color verde y debe ser leída a 660 μ m. Debe prepararse una curva estándar utilizando RNA - P puro.

Cálculos:

$$\text{Microgramos de DNA-P por ml} = \frac{\text{densidad óptica a } 600 \mu\text{m}}{0.019}$$

$$\text{Microgramos de RNA - P por 0.2 ml} =$$

$$\frac{(\text{densidad óptica a } 660 \mu\text{m} + 0.008) - (\text{DNA-P por } 0.2 \text{ ml})(0.013)}{0.116}$$

A.2 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE AZUCARES REDUCTORES

PRINCIPIO:

El método es una modificación del método de Lane y Eynon, que consiste en reducir la solución de Fehling, titulándola en punto de ebullición con una solución de los azúcares reductores de la muestra, utilizando azul de metileno como indicador interno. Para lograr la máxima exactitud es preciso que la reducción de la solución de Fehling se realice a volumen constante. Por tanto es esencial proceder a una titulación preliminar para determinar el volumen de agua que debe añadirse antes de realizar las determinaciones.

REACTIVOS:

Solución A: Disolver 69.28 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y aforar a 1 litro.

Solución B: Disolver 346 g de tartrato sódico potásico y 100 g de NaOH en agua destilada y aforar a 1 litro.

Solución azul de metileno:

Disolver 2 g de azul de metileno en agua destilada y aforar a 1 litro.

PROCEDIMIENTO:

- a) Preparación de la Muestra: pesar 25 gramos de jugo de vegetales y diluir en matraz de 250 ml. Esta es la solución titulante.
- b) Titulación Preliminar:
1. En un erlenmeyer agregar con pipeta 5 ml de Fehling A y 5 ml de Fehling B.
 2. Añadir 7 ml de agua destilada
 3. Vertir 5 ml de la solución diluída de jugo
 4. Calentar hasta ebullición y mantenerla por 2 minutos
 5. Añadir 3 gotas de azul de metileno
 6. Completar la titulación hasta desaparición del color azul, sin que el tiempo de ebullición pase de 3 minutos.
 7. Tomar nota del volumen de titulante utilizado (x).
 8. Para la determinación agregar (25 -x) ml. de agua y continuar con los pasos del 1, en adelante excepto el 2.

Cálculos:

$$C = \frac{2000}{(P) (Y)}$$

Donde:

- C = g de azúcar por 100 g de jugo (%)
- P = peso de la muestra de jugo
- Y = volumen de titulante gastado

A.3 DETERMINACION DEL $K_L a$

El procedimiento que se utiliza para evaluar el $K_L a$ se fundamenta en el Método de Oxidación del Sulfito de Sodio.

Los reactivos necesarios son:

- Solución de iodo 0.1 N
- Solución de HCl 6N
- Indicador de almidón
- Solución de tiosulfato de sodio 0.1 N
- Sulfito de sodio

PROCEDIMIENTO:

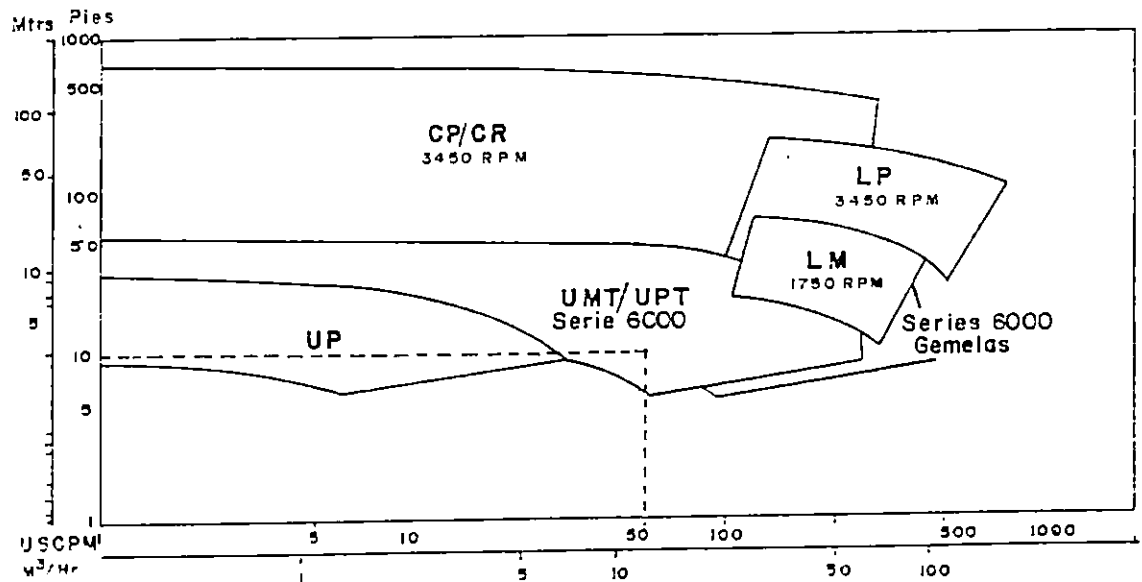
Se pipetea 25 ml de solución de iodo 0.1 N en un erlenmeyer de 250 ml, se añade 1 ml de HCl 6N y 60 ml de agua destilada, luego se miden con pipeta 10 ml de muestra (solución de sulfito que sale del reactor) los que se adicionan lentamente y agitando al frasco que contiene la solución de iodo, posteriormente se agrega 5 ml de indicador de almidón. Finalmente se titula con solución de tiosulfato de sodio 0.1N hasta desaparición del color azul.

APENDICE B

CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS UTILIZADAS EN LA PARTE DEL DISEÑO DE EQUIPOS.

Curvas de Caracteristicas

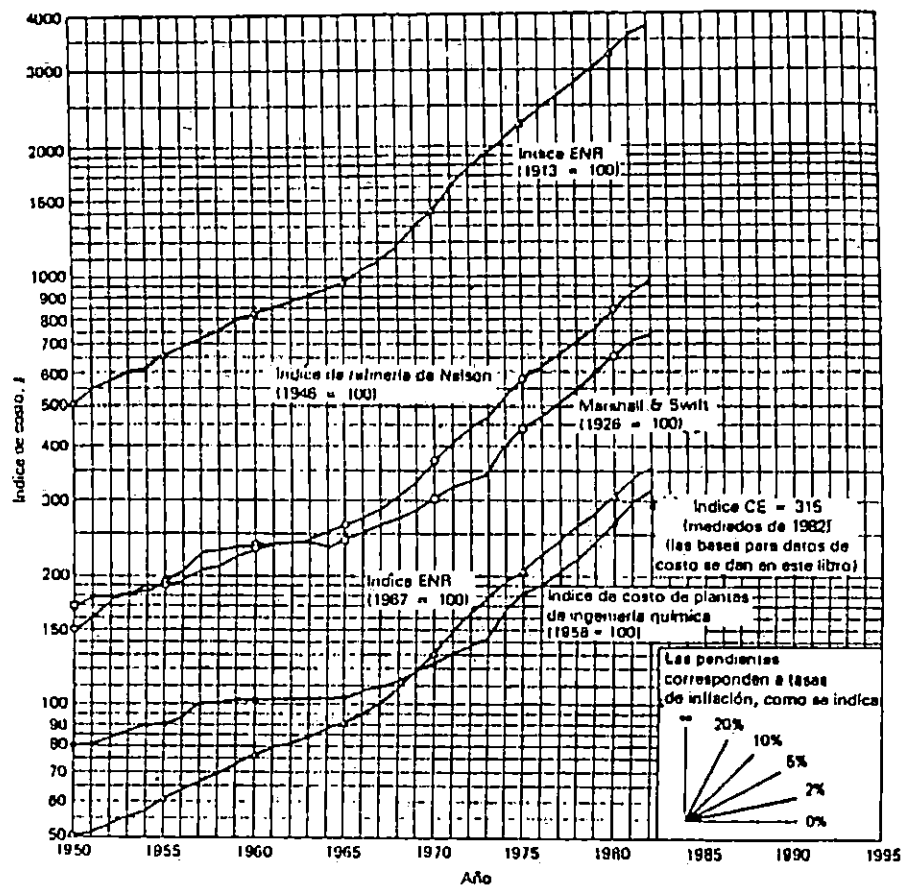
BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES (SERIE C) Y CIRCULADORES EN LINEA (UP & SERIE 6000 y SERIE U y L)



FUENTE: AQUA SYSTEMS S.A. de C.V.

APENDICE C

INDICE DE COSTOS DE LA CHEMICAL ENGINEERING (CE) UTILIZADOS PARA
CALCULAR LOS COSTOS DE EQUIPOS



Historia de índices de costo seleccionados para la construcción de procesos químicos. Todos los datos de costos en este libro se basan en el Valor de Índice del Costo de Plantas de 315, de la revista *Chemical Engineering* (medidos de 1982).

Fuente: Diseño y economía de los procesos de
Ingeniería Química, Gael D. Ulrich,
Editorial Interamericana, México 1986.

APENDICE D
SECADOR DE TAMBOR ROTATORIO

La capacidad del secador de tambor rotatorio se obtiene efectuando un balance de energía.

La transferencia de calor incluye el calor para aumentar la temperatura, $Q_1 = m \times C_p \times \Delta T$; y el calor para evaporar el agua - $Q_2 = m \lambda$. Si la crema de levadura entra a 30 °C y se le aplica calor para incrementar su temperatura a 100 °C, se tiene:

$$Q_1 = 444.7 \text{ kg} \times 1.1 \frac{\text{Kcal}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \times (100 - 30) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 34,241.90 \text{ Kcal}$$

Luego Q_2 :

$$\lambda = 538.58 \text{ Kcal/ kg a 1 atmósfera de presión (22)}$$

$m = 422.46 \text{ kg}$ de agua a evaporar

$$Q_2 = 538.58 \times 422.46 = 227,528.51 \text{ kcal}$$

El calor total Q_t está dado por:

$$Q_t = Q_1 + Q_2$$

$$Q_t = 261,770.40 \text{ Kcal}$$

El equipo funciona 5 horas, con lo que se tiene:

$$Q_t = 52,354.08 \text{ Kcal/hr}$$

El vapor suministrado por la caldera se encuentra a 60 $\frac{\text{lb}_f}{\text{plg}^2}$, y 145 °C con una entalpía de 1,177.45 BTU/lbm

$$\frac{Q_t}{\text{lbm}} = 1,177.45 - 180.7 = 996.75 \text{ BTU/lbm}$$

$$\frac{Q_t}{\text{kg}} = 553.75 \text{ Kcal/kg}$$

$$\dot{m} = \frac{Q_t \text{ para el secador}}{Q_t \text{ del vapor}} = \frac{52,354.08 \text{ Kcal/hr}}{553.75 \text{ Kcal/kg}}$$

$$\dot{m} = 94.54 \text{ Kg de vapor por hora}$$

La capacidad del secador es proporcional al área efectiva del tambor, generalmente se propone de 1 a 10 lb de producto por pie cuadrado (28).

Se consideran 10 lb de producto, por pie cuadrado por hora de operación, o sea 4.54 Kg/hr pie²

$$\text{Area} = \frac{93.38 \text{ Kg de levadura}}{5 \text{ horas}} \times \frac{\text{hr pie}^2}{4.54 \text{ Kg}}$$

$$\text{Area} = 4.125 \text{ pie}^2$$

El precio para un secador de doble tambor de acero al carbón con un área de 4.12 pies², es de \$ 334,034.55 (10).

APENDICE E

TABLA PARA EL CALCULO DEL IMPUESTO SOBRE LA RENTA
DE PERSONAS NATURALES DOMICILIADAS Y NO DOMICILIADAS

Si la Renta Imponible es:	El Impuesto será de:
De ¢ 18,000.01 a ¢ 22,000.00	10% de la R.I. menos ¢ 1,300.00
De ¢ 22,000.01 a ¢ 30,000.00	15% de la R.I. menos ¢ 2,400.00
De ¢ 30,000.01 a ¢ 45,000.00	20% de la R.I. menos ¢ 3,900.00
De ¢ 45,000.01 a ¢ 70,000.00	25% de la R.I. menos ¢ 6,150.00
De ¢ 70,000.01 a ¢125,000.00	32% de la R.I. menos ¢11,050.00
De ¢125,000.01 a ¢250,000.00	40% de la R.I. menos ¢21,050.00
De ¢250,000.01 en adelante	50% de la R.I. menos ¢46,050.00

FUENTE: "Instructivo para la elaboración de las Declaraciones de Impuestos sobre la Renta y sobre el Patrimonio" Formulario N^o 2, página 8 para el año 1990.
MINISTERIO DE HACIENDA, El Salvador, 1990/91

APENDICE F

RESUMEN DE LA EVALUACION ECONOMICA PARA LEVADURA DE
CONSUMO HUMANO Y RESIDUO SOLIDO PARA CONCENTRADO DE
ANIMALES.

INVERSION	∅ 4,630,372.66	PLAZO (años)	Interés: 18%
CAPITAL DE TRABAJO	∅ 26,743.00	4	C.U.P. = ∅/kg.
EQUIPO	∅ 3,366,592.92	8	
INFRAESTRUCTURA	∅ 1,237,036.74	15	

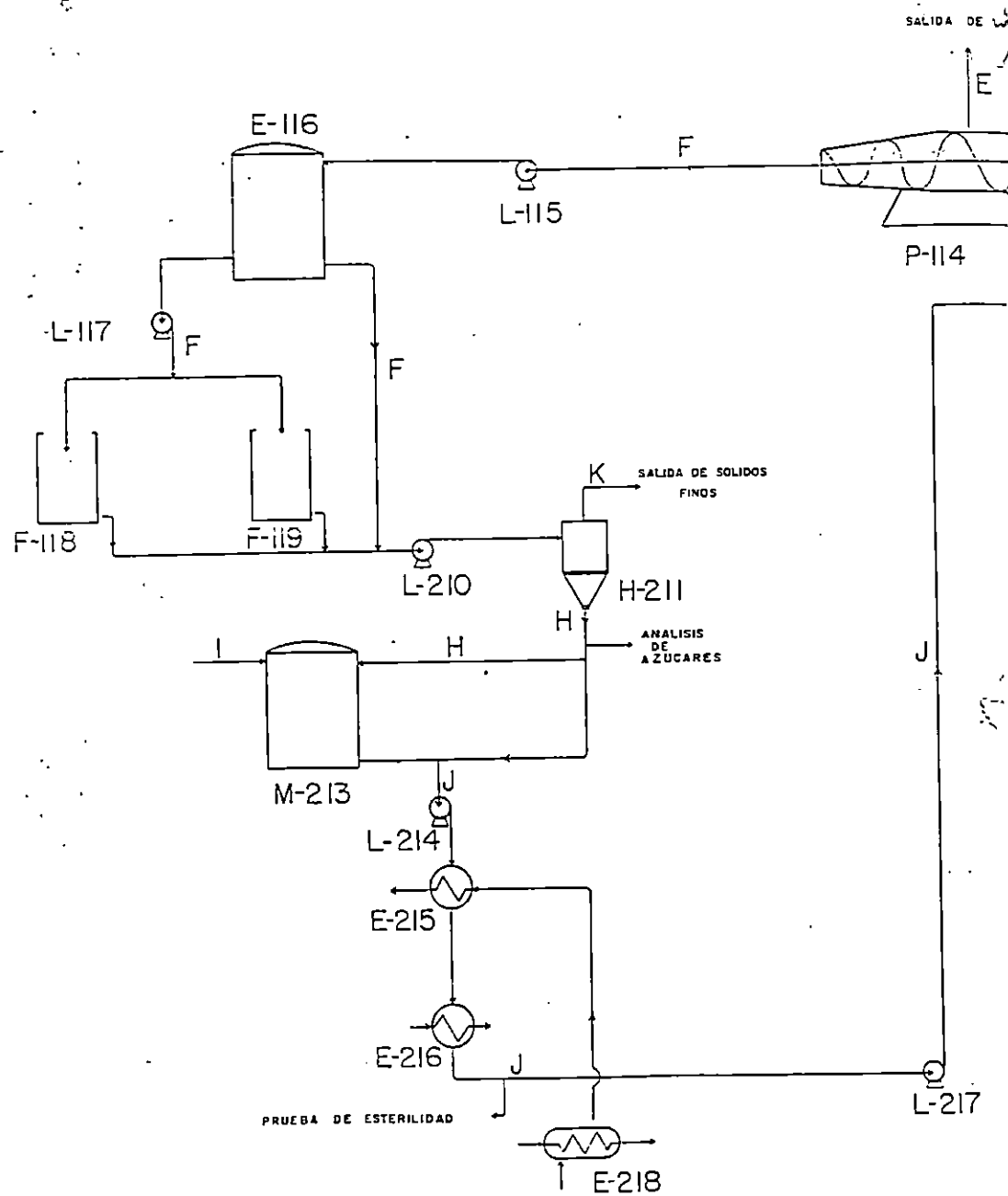
AÑO	R ₁	R ₂	R ₃	R _t	COSTOS DE PRODUCCION	C.U.P.	GANANCIAS BRUTAS	GANANCIAS NETAS
1	∅ 9,941.40	∅ 825,655.8	∅ 242,957.45	∅ 1,078,554.65	∅ 1,932,562	∅ 69.44	∅ 4,318,030.56	∅ 2,205,065.28
2	9,941.40	825,655.8	242,957.45	1,078,554.65	1,932,562	69.44	4,318,030.56	2,205,065.28
3	9,941.40	825,655.8	242,957.45	1,078,554.65	1,932,562	69.44	4,318,030.56	2,205,065.28
4	9,941.40	825,655.8	242,957.45	1,078,554.65	1,932,562	69.44	4,318,030.56	2,205,065.28
5	0	825,655.8	242,957.45	1,068,613.25	1,932,562	69.09	4,327,972.21	2,210,036.10
6	0	825,655.8	242,957.45	1,068,613.25	1,932,362	69.09	4,327,072.21	2,210,036.10
7	0	825,655.8	242,957.45	1,068,613.25	1,932,362	69.09	4,327,072.21	2,210,036.10
8	0	825,655.8	242,957.45	1,068,613.25	1,932,362	69.09	4,327,072.21	2,210,036.10
9	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
10	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
11	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
12	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
13	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
14	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10
15	0	0	242,957.45	242,957.45	1,092,362	39.42	5,153,628.21	2,622,864.10

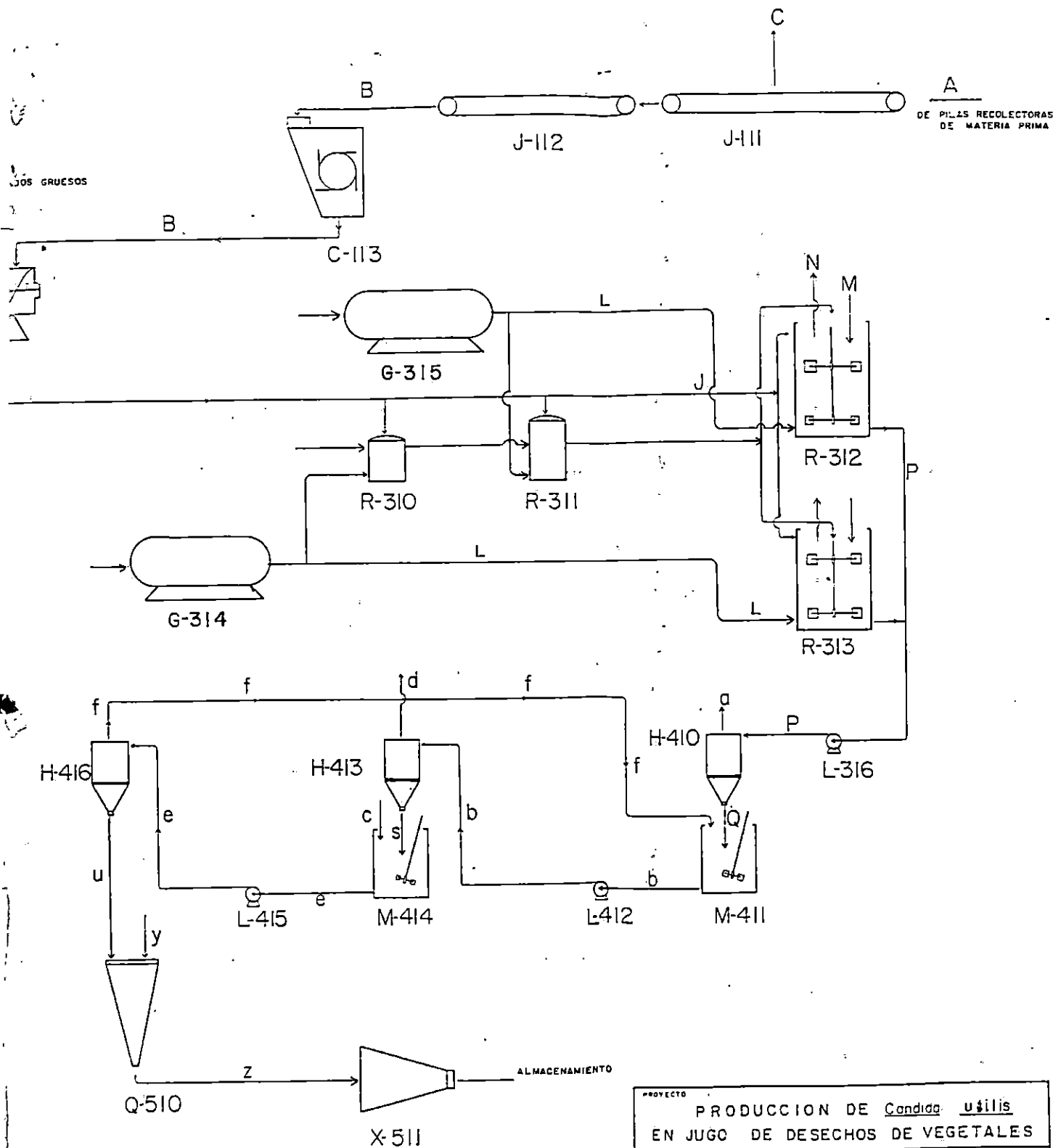
APENDICE G

RESUMEN DE LA EVALUACION ECONOMICA PARA LEVADURA DE
CONSUMO ANIMAL Y RESIDUO SOLIDO PARA CONCENTRADO DE
ANIMALES.

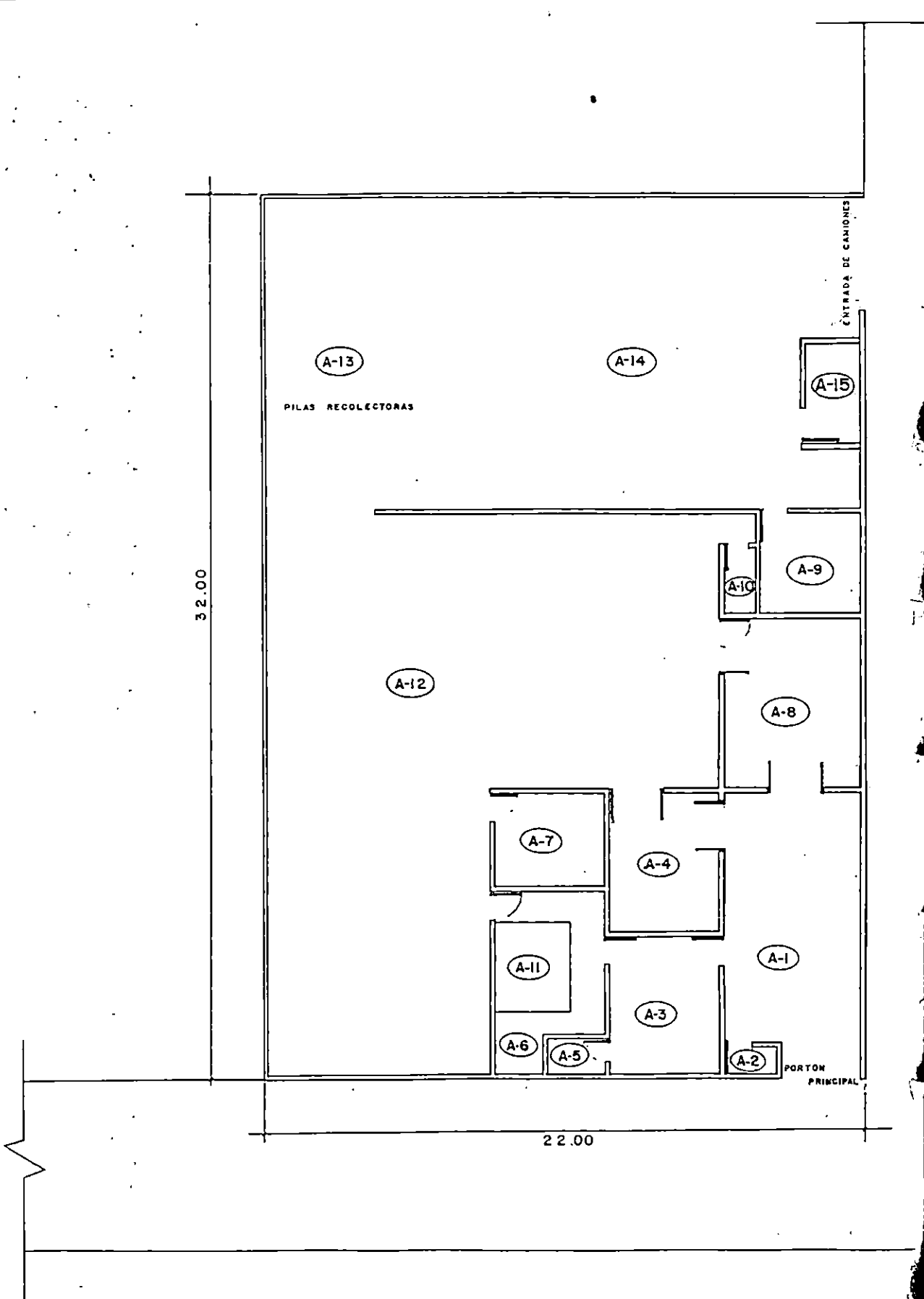
INVERSION	¢ 4,179,521.25	PLAZO (años)	Interés : 18%
CAPITAL DE TRABAJO	¢ 1,26,743.00	4	
EQUIPO	¢ 2,957,235.00	8	C.U.P. = ¢ /kg
INFRAESTRUCTURA	¢ 1,195,543.25	15	

AÑO	R ₁	R ₂	R ₃	R _t	COSTO DE PRODUCCION	C.U.F.	GANANCIAS BRUTAS	GANANCIAS NETAS
1	¢ 9,941.40	¢ 725,245.20	¢ 234,463.90	¢ 969,650.50	¢ 1,803,973.65	¢ 64.82	¢ 3,964,164.79	¢ 2,028,132
2	9,941.40	725,245.20	234,463.90	969,650.50	1,803,973.65	64.82	3,964,164.79	2,028,132
3	9,941.40	725,245.20	234,463.90	969,650.50	1,803,973.65	64.82	3,964,164.79	2,028,132
4	9,941.40	725,245.20	234,463.90	969,650.50	1,803,973.65	64.82	3,964,164.79	2,028,132
5	0	725,245.20	234,463.90	959,709.10	1,794,032.20	64.47	3,974,106.19	2,038,073
6	0	725,245.20	234,463.90	969,709.10	1,704,032.20	64.47	3,974,106.19	2,038,073
7	0	725,245.20	234,463.90	959,709.10	1,704,032.20	64.47	3,974,106.19	2,038,073
8	0	725,245.20	234,463.90	969,709.10	1,704,032.20	64.47	3,974,106.19	2,038,073
9	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
10	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
11	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
12	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
13	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
14	0	0	234,463.00	234,463.00	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318
15	0	0	234,463.90	234,463.90	1,068,787.00	38.40	4,699,351.39	2,763,318





PROYECTO PRODUCCION DE <i>Candida utilis</i> EN JUGO DE DESECHOS DE VEGETALES		NÚMERO: 1308417-DEPOLES E.
CONTENIDO DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION		FECHA: 1966/02
U.E.S. - F.I.A.	ESCALA: SIN ESCALA	FIGURA: 8-9



A-13

A-14

A-15

PILAS RECOLECTORAS

A-10

A-9

A-12

A-8

A-7

A-4

A-11

A-1

A-6

A-3

A-5

A-2

PORTON PRINCIPAL

32.00

22.00

CALLE DE ACCESO

E S P E C I F I C A C I O N E S				
AREA	LARGO	ANCHO	ALTO	DESCRIPCION
A 1	10.40	8.00	—	PARQUEO
A 2	1.80	1.00	2.50	PORTERIA
A 3	4.90	4.00	2.50	OFICINA ADMINISTRATIVA
A 4	5.00	4.00	2.50	BODEGA INSUMOS.
A 5	2.00	1.20	2.50	SERVICIO SANITARIO
A 6	1.70	1.40	2.50	LAVADERO
A 7	3.80	3.40	2.50	LABORATORIO
A 8	6.00	3.00	2.50	BODEGA DE PRODUCTO
A 9	3.70	3.60	2.50	MANTENIMIENTO
A 10	2.40	1.00	2.50	SERVICIO SANITARIO
A 11	3.20	4.00	2.50	JARDIN
A 12	20.20	16.40	6.00	AREA DE PROCESO
A 13	11.20	3.80	—	AREA DE PILAS DE RECOLECCION.
A 14	16.00	11.20	—	PATIO NO TECHADO.
A 15	3.00	1.50	2.50	CASETA DE CONTROL

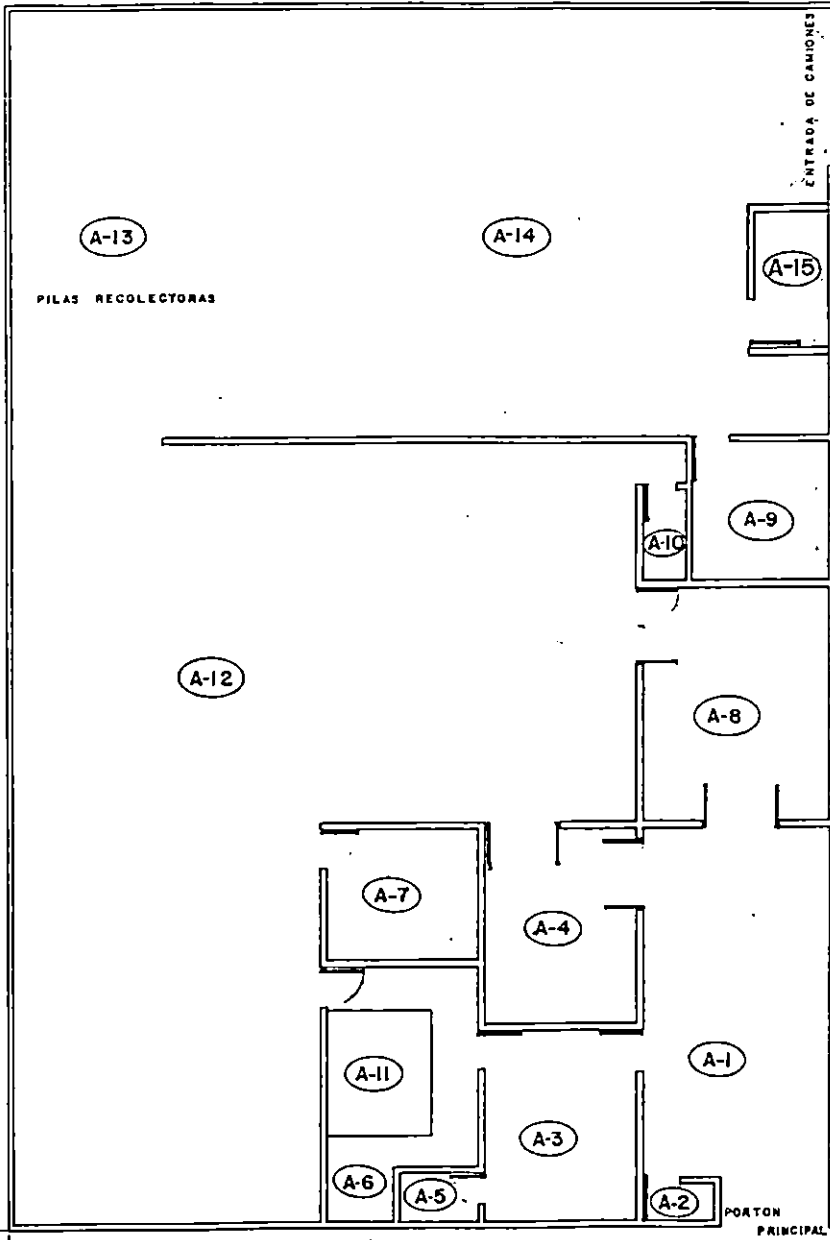
PROYECTO: PRODUCCION DE <u>Candida utilis</u> EN JUGO DE DESECHOS VEGETALES DE MERCADO	
CONTENIDO: DISTRIBUCION DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE <u>Candida utilis</u>	
DISEÑO: Edoardo Sordias N.	
U.E.S. F.I.A.	ESCALA: 1:100 Enero/92
FIGURA: 8-18	

CALLE DE ACCESO

E S P E C I F I C A C I O N E S				
AREA	LARGO	ANGHO	ALTO	DESCRIPCION
A 1	10.40	5.00	—	PARQUEO
A 2	1.80	1.00	2.50	PORTERIA
A 3	4.90	4.00	2.50	OFICINA ADMINISTRATIVA
A 4	5.00	4.00	2.50	BODEGA INSUMOS.
A 5	2.00	1.20	2.50	SERVICIO SANITARIO
A 6	1.70	1.40	2.50	LAVADERO
A 7	3.90	3.40	2.50	LABORATORIO
A 8	6.00	3.00	2.50	BODEGA DE PRODUCTO
A 9	3.70	3.80	2.50	MANTENIMIENTO
A 10	2.40	1.00	2.50	SERVICIO SANITARIO
A 11	5.20	4.00	2.50	JARDIN
A 12	20.20	16.40	6.00	AREA DE PROCESO
A 13	11.20	3.80	—	AREA DE PILAS DE RECOLECCION.
A 14	16.00	11.20	—	PATIO NO TECHADO.
A 15	3.00	1.50	2.50	CASETA DE CONTROL

PROYECTO : PRODUCCION DE <u>Candida utilis</u> EN JUGO DE DESECHOS VEGETALES DE MERCADO	
CONTENIDO: DISTRIBUCION DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE <u>Candida utilis</u>	DISEÑADO: Edgardo González M.
U.E.S. F.I.A.	ESCALA: 1:100 Enero/92
	FIGURA 8-18

32.00

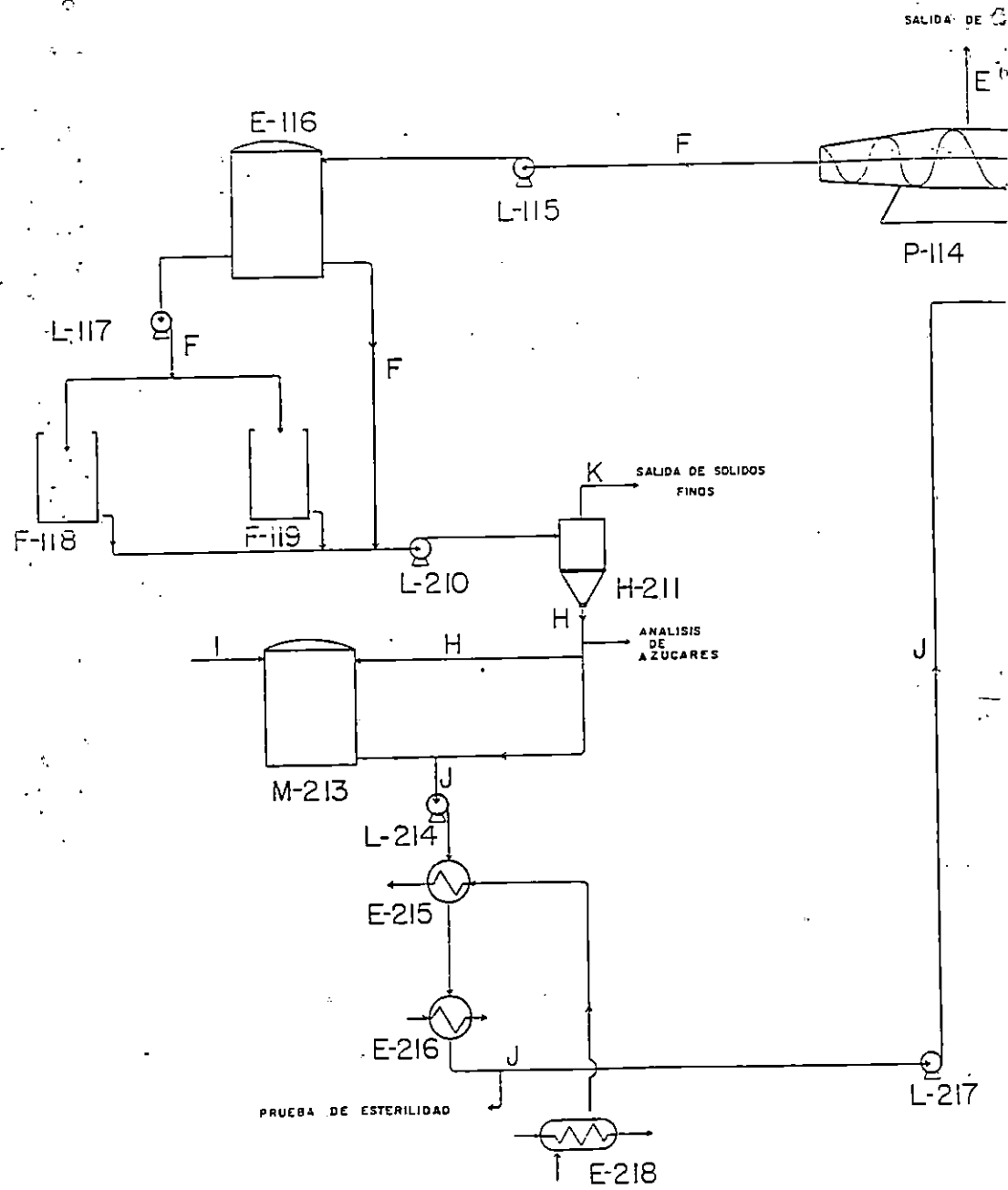


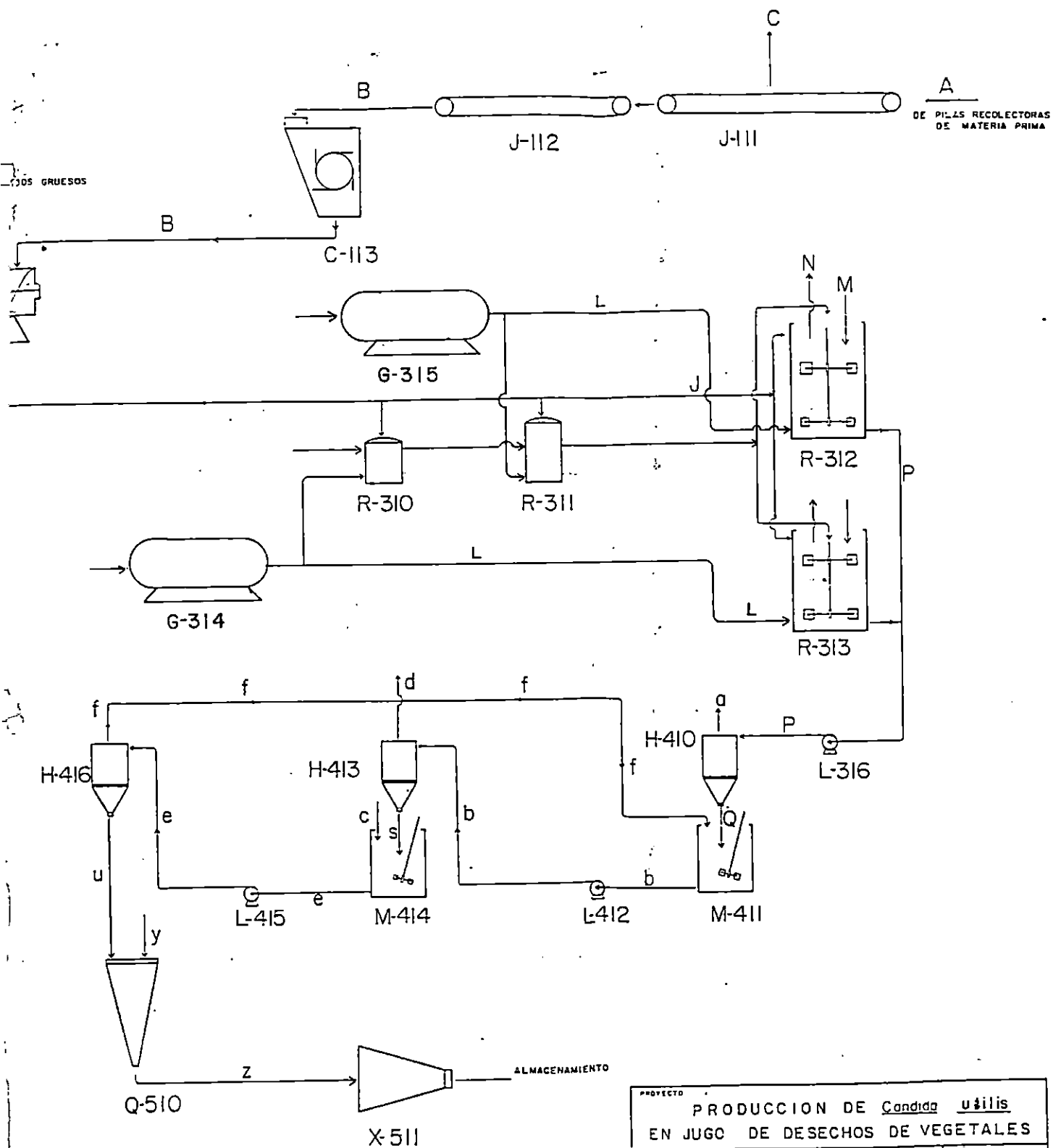
ENTRADA DE CAMIONES

PILAS RECOLECTORAS

PORTON PRINCIPAL

22.00





PROYECTO		PRODUCCION DE <u>Condado uñilis</u>	
EN JUGO DE DESECHOS DE VEGETALES		DISEÑADO POR: <u>ALVARO HIDALGO S.</u>	
CONTENIDO		FECHA:	
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE PRODUCCION		DISEÑADO POR:	
U.E.S. - F.I.A.		ESCALA	TIPO
		SIN ESCALA	8-9