



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

PROYECTO DE TÍTULO

EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE BIOCONTROLADORES

Alumnos: Giovanni Debernardi
Eduardo Lillo
Profesor Guía: María Cristina Schiappacasse
Lorena Jorquera

SEPTIEMBRE 2015

Al finalizar esta etapa en mi vida quiero agradecer en primer lugar a mi familia por la confianza y el apoyo incondicional que me han brindado.

Quiero agradecer a mis compañeros que hicieron ameno e inolvidable la estadía en la universidad.

Especial agradecimiento a mi familia scouts que me alegran la vida y recargan de energía todos los sábados.

Por último a mi compañero de tesis Eduardo, afortunadamente tantos años trabajando juntos nos sirvió para realizar un buen trabajo.

Buena Caza

Giovanni

Primero que nada agradecer a todo el grupo de personas que estoy orgulloso de llamar mis amigos y familiares, cada uno siendo apoyo fundamental en esta misión que emprendí hace siete años.

Por último agradecer a mi compañero Giovanni, que sin su ayuda y perseverancia no hubiera sido posible esto. A mi amiga Eloisa que fue uno de los pilares y a mi hija Ignacia que fue fuente de motivación en toda esta última etapa.

Eduardo

RESUMEN

El uso indiscriminado de plaguicidas químicos a través de los años ha generado problemas graves problemas medio ambientales y a la salud de las personas, lo cual ha llevado a la prohibición del uso de algunos de ellos. Lo anterior ha conllevado una presión en aumento por parte de gobiernos y consumidores por mejorar las prácticas de cultivo.

Esta tendencia se está imponiendo como una barrera a las exportaciones de fruta y vegetales para aquellos países que no demuestren el uso de plaguicidas sustentables con el medio ambiente y la salud de las personas. En este contexto, los biocontroladores se encuentran en una posición preponderante, ya que han demostrado eficacia, y cuentan con la aprobación de la comunidad dado su carácter natural.

En el presente trabajo se estudia la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta productora de biocontroladores. La selección de cepas se realizó a través de un estudio al mercado nacional de biocontroladores y su evolución en los últimos años. Con la información recopilada se seleccionaron las cepas *Aureobasidium pullulans* y *Hanseniaspora uvarum*, las cuales no se encuentran presentes en el mercado nacional y cuentan con un gran potencial como biocontroladores. Se consideró una producción por fermentación y formulación como polvo mojable, el cual asegura un mejor y mayor contacto con el cultivo objetivo.

La evaluación económica obtenida indica que el proyecto es rentable, con un VAN de 1.296.961 USD, y un TIR del 26%.

ÍNDICE GENERAL

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos	2
1.2 REFERENCIAS CAPÍTULO 1	3
CAPITULO 2. ESTUDIO DE MERCADO, CAPACIDAD Y UBICACIÓN DE LA PLANTA.....	4
2.1 MERCADO MUNDIAL	4
2.2 MERCADO NACIONAL	7
2.2.1 Produccion Nacional	11
2.2.2 Importaciones	13
2.2.3 Demanda de biocontroladores.....	17
2.3 SELECCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS A PRODUCIR	18
2.3.1 Criterios de Selección	18
2.3.2 Antecedentes de los Microorganismos Seleccionados	19
2.3.3 Superficie de cultivos de interés.....	21
2.4 ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE LA PLANTA	23
2.4.1 Proyección Hectáreas Disponibles.....	24
2.4.2 Proyección Importaciones y Hectáreas a cubrir	25
2.4.3 Proyección de la Producción de Biocontroladores.....	26
2.5 UBICACIÓN DE LA PLANTA.....	28
2.5.1 Factores a considerar para la localización de la planta	29
2.5.2 Análisis de la ubicación de la planta.....	30

2.5.3	Selección de la ubicación de la planta	32
2.6	REFERENCIAS CAPÍTULO 2.....	34
CAPITULO 3. SÍNTESIS DE PROCESO.....		40
3.1	TIPOS DE FORMULACIÓN	40
3.1.1	Polvo seco.....	41
3.1.2	Gránulos, pellets y briquetas	41
3.1.3	Polvos mojables.....	42
3.1.4	Suspensiones concentradas.....	42
3.1.5	Emulsiones.....	42
3.1.6	Selección del tipo de formulación	43
3.2	DEFINICION DEL PROCESO	44
3.2.1	Producción	44
3.2.2	Recuperación.....	44
3.2.3	Secado	44
3.3	ETAPAS PREVIAS A LA FERMENTACIÓN.....	45
3.3.1	Mantenimiento de la cepa	45
3.3.2	Medio de cultivo.....	46
3.3.3	Esterilización del medio de cultivo	50
3.3.4	Esterilización del aire.....	51
3.3.5	Propagación de microorganismo.....	51
3.4	FERMENTACIÓN.....	52
3.4.1	Modalidad de cultivo.....	52
3.4.2	Condiciones de Fermentación	53
3.5	CENTRIFUGACIÓN.....	54
3.5.1	Centrífugas tubulares	55
3.5.2	Centrífugas de discos	56

3.5.3	Selección del equipo	57
3.6	SECADO.....	57
3.6.1	Liofilización (o secado por congelación).....	57
3.6.2	Lecho Fluidizado	58
3.6.3	Secado por Aspersión	58
3.6.4	Selección del método de secado.....	59
3.7	REFERENCIAS CAPÍTULO 3.....	63
CAPITULO 4.	BALANCE DE MASA Y ENERGÍA	67
4.1	NOMENCLATURA.....	69
4.1.1	Flujos	69
4.1.2	Equipos	71
4.2	FERMENTACIÓN.....	73
4.2.1	<i>Aureobasidium pullulans</i>	73
4.2.2	<i>Hanseniaspora uvarum</i>	78
4.2.3	Demanda de Oxígeno	84
4.2.4	Calor de fermentación y Balance de energía	85
4.3	CENTRIFUGACIÓN.....	89
4.3.1	Balance de Materia.....	89
4.3.2	Balance de energía.....	91
4.4	MEZCLADO Y SECADO	93
4.4.1	Balance de Materia.....	93
4.4.2	Balance de energía al mezclador	95
4.4.3	Balance de energía al Secador	97
4.5	CALDERA	98
4.5.1	Balance de Materia.....	98
4.5.2	Balance de energía.....	99

4.6	LÍNEA DE ESTERILIZACIÓN	100
4.6.1	Balance de energía a intercambiador de calor Vapor/Medio ...	100
4.6.2	Balance de energía al sistema de Inyección de Vapor	100
4.6.3	Balance de Energía al Enfriador Flash	101
4.6.4	Balance de masa en torno al separador.....	102
4.6.5	Balance de masa en torno al mezclador de medio de cultivo ..	103
4.7	Viabilidad	104
4.8	REFERENCIAS CAPÍTULO 4.....	107
CAPITULO 5. DISEÑO, ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....		109
5.1	MEZCLADOR MEDIO DE CULTIVO.....	109
5.1.1	Diseño de mezcladores	109
5.1.2	Potencia de Agitación	112
5.2	ESTERILIZACIÓN	114
5.2.1	Esterilización medio de cultivo	114
5.2.2	Esterilización vitaminas.....	120
5.3	FERMENTACIÓN	122
5.3.1	Diseño de Fermentadores.....	122
5.3.2	Potencia de agitación.....	123
5.4	CENTRIFUGACIÓN.....	125
5.5	SECADO.....	129
5.5.1	Diseño del secador	129
5.6	EQUIPOS AUXILIARES	130
5.6.1	Bombas	130
5.6.2	Caldera.....	134
5.6.3	Compresor	135
5.6.4	Intercambiador de calor.....	137

5.7	REFERENCIAS CAPÍTULO 5.....	138
CAPITULO 6. ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES Y PROCESOS		141
6.1	Planificación De La Producción	141
6.1.1	Propagación	142
6.1.2	Producción	144
6.1.3	Formulación	145
6.2	Determinación De Número De Operarios	145
6.3	Organigrama	146
6.4	Cargos Por Departamento	148
6.5	Distribución espacial de la planta	148
6.6	REFERENCIAS CAPÍTULO 6.....	150
CAPITULO 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		151
7.1	COSTO DE CAPITAL TOTAL.....	151
7.1.1	Costo de capital fijo.....	151
7.1.2	Costo de Puesta en Marcha	155
7.1.3	Costo de Trabajo.....	156
7.1.4	Resumen Costo de Capital Total.....	156
7.2	COSTO DE OPERACIÓN.....	158
7.2.1	Costos Directos.....	159
7.2.2	Costos Indirectos	162
7.2.3	Costos Generales	162
7.3	INGRESOS	163
7.4	FLUJO DE CAJA.....	164
7.5	RENTABILIDAD ECONÓMICA.....	167
7.6	Análisis de Sensibilidad	167

7.6.1	Modificaciones en el precio de materias primas	167
7.6.2	Modificaciones en el precio del producto.....	168
7.7	REFERENCIAS CAPÍTULO 7.....	170
CAPITULO 8.		171
DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		171
8.1	Discusiones	171
8.2	Conclusiones	172
8.3	Recomendaciones	173
APÉNDICES		174
APÉNDICE A ESTUDIO DE MERCADO.....		175
A.1	BIOCONTROLADORES EN LA BASE DE DATOS DE LA COMISIÓN EUROPEA.....	175
A.2	PATENTES	179
A.3	IMPORTACIONES DE BIOCONTROLADORES PERIODO 2005-2014.....	183
A.4	ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE LA PLANTA.....	190
APÉNDICE B: DISEÑO, ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS		195
B.1	CÁPSULA DE FILTRACIÓN OPTICAP® XL 2.....	195
B.2	DISEÑO DE BOMBAS	196
APÉNDICE C: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		199
C.1:	ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS DE AÑOS ANTERIORES MEDIANTE EL CEPCI.....	199
C.2	ESCALAMIENTO DE COSTOS.....	200
C.3	REFERENCIA EQUIPOS.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Biocontroladores aprobados por la CE hasta abril de 2015.	6
Tabla 2.2: Productos en base a microorganismos autorizados como plaguicidas biológicos por SAG al 06-04-2015.	9
Tabla 2.3: Resumen de patentes de insumos ecológicos concedidos en Chile.	12
Tabla 2.4: Volumen y precio de los dos mayores importadores de biocontroladores año 2014.	15
Tabla 2.5: Patógenos tratadas con <i>A. pullulans</i>	20
Tabla 2.6: Plagas objetivos tratadas con <i>H. uvarum</i>	21
Tabla 2.7: Evolución superficie plantada de los cultivos de interés periodo 1996-2014.	24
Tabla 2.8: Importaciones de biofungicidas años 2005-2014.	25
Tabla 2.9: Dosis de biofungicidas formulados como polvos mojables.	27
Tabla 2.10: Resumen de la proyección hacia el año 2025.	28
Tabla 2.11: Ponderación factores establecidos para la ubicación de la planta.	30
Tabla 2.12: Superficie plantada de cultivos de interés por región.	30
Tabla 2.13: Análisis de factores para la localización de la ciudad.	33
Tabla 3.1: Formulaciones de biocontroladores.	41
Tabla 3.2: Fórmula del producto.	43
Tabla 3.3: Medio de cultivo para <i>A. pullulans</i>	47
Tabla 3.4: Solución concentrada de minerales	47
Tabla 3.5: Solución concentrada de vitaminas	47
Tabla 3.6: Capacidad fermentativa de <i>H. uvarum</i>	48
Tabla 3.7: Composición del medio de cultivo <i>H. uvarum</i>	49
Tabla 3.8: Valor de consumo específico de oxígeno para <i>H. uvarum</i>	54
Tabla 3.9: Costos de los métodos de secado	59
Tabla 4.1: Descripción de flujos de etapa de propagación.	74
Tabla 4.2: Parámetros de crecimiento para <i>A. pullulans</i>	75
Tabla 4.3: Resultados de Balance de masa de etapa de Propagación.	76

Tabla 4.4: Descripción de Flujos de la etapa de producción.	77
Tabla 4.5: Parámetros de producción de <i>A. pullulans</i>	78
Tabla 4.6: Resultados de Balance de masa de etapa de producción de <i>A. pullulans</i>	78
Tabla 4.7: Parámetros de propagación <i>H. uvarum</i>	79
Tabla 4.8: Resultado de Balance de masa en propagación para <i>H. uvarum</i>	79
Tabla 4.9: Resultados de Balance de masa de etapa de lote.....	81
Tabla 4.10: Parámetros de producción <i>H. uvarum</i>	81
Tabla 4.11: Resumen de parámetros de operación.....	83
Tabla 4.12: Balance de fase continua para etapa de producción de <i>H. uvarum</i>	83
Tabla 4.13: Balance de fase continua para etapa de producción de <i>H. uvarum</i>	84
Tabla 4.14: Balance de energía para cultivo de <i>A. pullulans. y H. Uvarum</i>	86
Tabla 4.15: Temperatura media logarítmica de cultivos	87
Tabla 4.16: Altura y área para fermentadores	88
Tabla 4.17: Requerimientos de agua de enfriamiento para cultivos a 500 [L] y 100 [L].....	89
Tabla 4.18: Resultado de balance de masa en centrifugación para <i>H.uvarum</i> .	91
Tabla 4.19: Resultado de balance de masa en centrifugación para <i>A. pullulans</i>	91
Tabla 4.20: Temperaturas de corrientes (°C) en la centrífuga de acuerdo a cultivos.	92
Tabla 4.21: Descripción de flujos involucrados en la Etapa de Mezclado-Secado.....	93
Tabla 4.22: Resultado de balance de masa para Mezclador-Secador para <i>A.pullulans</i>	95
Tabla 4.23: Resultado de balance de masa para Mezclador-Secador para <i>H.uvarum</i>	95
Tabla 4.24: Valores de Cp para aditivos.....	96
Tabla 4.25: Composición en %P/P de corriente F46.....	97

Tabla 4.26: Temperaturas de corrientes (°C) en el mezclador de acuerdo a cultivos.	97
Tabla 4.27: Flujo de aire necesario para el proceso de secado.	98
Tabla 4.28: Balance de masa a flujos de agua en la caldera.	99
Tabla 4.29: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.	103
Tabla 4.30: Resultado de balance de masa en esterilización	103
Tabla 4.31: Descripción de Flujos para cultivo de <i>A. pullulans</i> en mezclador de medio de cultivo.	104
Tabla 4.32: Parámetros para célula promedio.....	105
Tabla 5.1: Razones para el diseño de estanques de agitación o fermentadores.	111
Tabla 5.2: Valores de diseño para los estanques mezcladores.	112
Tabla 5.3: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.	114
Tabla 5.4: Valores utilizados y obtenidos.	117
Tabla 5.5: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.	121
Tabla 5.6: Parámetros de operación de la filtración.	122
Tabla 5.7: Valores de diseño para fermentadores de 500 y 100 Litros.	123
Tabla 5.8: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.	125
Tabla 5.9: Características de los principales tipos de centrífugas.....	125
Tabla 5.10: Especificaciones técnicas centrífuga JMLDP200.	126
Tabla 5.11: Características de una levadura	127
Tabla 5.12: Parámetros seleccionados para operar la centrífuga	129
Tabla 5.13: Dimensiones de un atomizador centrífugo industrial.....	130
Tabla 5.14: Valores de diseño de rugosidad de tubos.	131
Tabla 5.15: Resumen de potencias	134
Tabla 5.16: Porcentajes de elementos en Gasoil n°6.	135
Tabla 5.17: Características del compresor seleccionado	137
Tabla 5.18: Características del intercambiador de doble seleccionado.....	137
Tabla 6.1: Estimación del %Capacidad utilizada a partir de la producción. ..	141
Tabla 6.2: Tiempo de fermentación para cada etapa de propagación.	142
Tabla 6.3: Personal por departamento en la planta	148
Tabla 6.4: Área ocupada por cada equipo de la planta piloto.	148

Tabla 6.5: Dimensión de las instalaciones de la planta.....	149
Tabla 7.1: Factores de instalación utilizados para estimación de costos de equipo instalado.	153
Tabla 7.2: Costos de instalación de equipos de proceso.	154
Tabla 7.3: Factores para estimación de costos de capital fijo.	156
Tabla 7.4: Descripción de costos anuales.....	157
Tabla 7.5: Factores para estimación de costos de capital fijo.....	158
Tabla 7.6: Costo en materias primas para producción.	159
Tabla 7.7: Cálculo de gasto de combustible al año.	159
Tabla 7.8: Cálculo de gasto de energía al año.	160
Tabla 7.9: Cálculo de gasto de agua al año.	160
Tabla 7.10: Costo de mano de obra.	161
Tabla 7.11: Resumen de otros costos directos.....	162
Tabla 7.12: Resumen de costos generales.....	163
Tabla 7.13: Ingresos anuales por venta de plaguicidas.	164
Tabla 7.14: Flujo de caja del proyecto [USD].	166
Tabla 7.15: Presentación de los TIR a diferentes precios de Producto.	169
Tabla A.1: Base de datos de biocontroladores aprobados, no aprobados o pendientes de aprobación por parte de la Comisión Europea.	175
Tabla A.2: Patentes de insumos ecológicos concedidos en Chile.....	179
Tabla A.3: Patentes sin resolver a la fecha.....	182
Tabla A.4: Importaciones de biocontroladores año 2005.....	183
Tabla A.5: Importaciones de biocontroladores año 2006.....	183
Tabla A.6: Importaciones de biocontroladores año 2007.....	184
Tabla A.7: Importaciones de biocontroladores año 2008.....	185
Tabla A.8: Importaciones de biocontroladores año 2009.....	185
Tabla A.9: Importaciones de biocontroladores año 2010.....	186
Tabla A.10: Importaciones de biocontroladores año 2011.....	186
Tabla A.11: Importaciones de biocontroladores año 2012.....	187
Tabla A.12: Importaciones de biocontroladores año 2013.....	188
Tabla A.13: Importaciones de biocontroladores año 2014.....	188
Tabla A.14: Dosificaciones Serenade ASO.	190

Tabla A.15: Dosificaciones 3-TAC.....	191
Tabla A.16: Dosificaciones Binab-T WP.	192
Tabla A.17: Dosificaciones Tricho-D WP.....	193
Tabla A.18: Dosificaciones Serenade M.AX.....	194
Tabla C.1: Índice CEPCI utilizados en la determinación de costos actuales de los equipos.	199

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Volumen de las exportaciones de fruta fresca años 2006-2014.	8
Figura 2.2: Volumen de importaciones [Kg netos] de biocontroladores año 2014.	14
Figura 2.3: Evolución de las importaciones de biocontroladores desde el año 2005 a 2014.	16
Figura 2.4: Evolución de las importaciones de biocontroladores, en base a la superficie cubierta entre años 2006-2014.	18
Figura 2.5: Porcentaje de superficie de plantada de cultivos de interés en relación a la superficie total plantada año 2014.	22
Figura 2.6: Superficie plantada de los cultivos objetivos entre años 1996 a 2014.	23
Figura 2.7: Proyección lineal de hectáreas de los cultivos de interés para el año 2025.	25
Figura 2.8: Proyección de las importaciones de biofungicidas hasta el año 2025.	26
Figura 3.1: Diagrama de Bloques del Proceso.	45
Figura 3.2: Esquema de un tipo de esterilizador continuo de medio de cultivo.	51
Figura 3.3: Propagación de cepas	52
Figura 3.4: Centrífuga tubular	55
Figura 3.5: Centrífuga de discos con boquilla	56
Figura 3.6: Diagrama de bloques para <i>A. pullulans</i>	61
Figura 3.7: Diagrama de Bloques para <i>H. uvarum</i>	62
Figura 4.1: Diagrama de flujo de la planta	68
Figura 4.2: Esquema de propagación de cultivo de <i>A. pullulans</i>	74
Figura 4.3: Diagrama de flujo de etapa de producción <i>A. pullulans</i>	77
Figura 4.4: Diagrama de Flujo de etapa de producción de <i>H.uvarum</i>	80
Figura 4.5: Diagrama de centrifuga.....	89

Figura 4.6: Diagrama del mezclado y secado.....	93
Figura 4.7: Diagrama de flujo caldera.	98
Figura 4.8: Diagrama de Flujo Intercambiador N°1	100
Figura 4.9: Diagrama del inyector de vapor	100
Figura 4.10: Diagrama de enfriador Flash	101
Figura 4.11: Comportamiento de temperatura en Enfriador Flash	102
Figura 4.12: Balance de masa en torno a separador.....	102
Figura 4.13: Flujos involucrados en el mezclador de medio de cultivo.....	104
Figura 5.1: Esquema de diseño del mezclador.	110
Figura 5.2: Correlación entre el número de Reynolds y el número de potencia para impulsores en fluidos sin gases. (1) Turbina Rushton; (2) Turbina de paletas inclinadas; (3) Hélice marina. (Doran, 2013).....	113
Figura 5.3: Esquema de un separador líquido vapor.	115
Figura 5.4: Correlación para determinar el coeficiente de dispersión axial en el flujo de la tubería turbulento	119
Figura 5.5: Cápsula de filtración Opticap® XL	121
Figura 5.6: Perfil de flujo de cápsula de filtración Opticap® XL 2.	122
Figura 5.7: Correlación para estimar la potencia gaseada.	124
Figura 5.8: Diagrama centrífuga de discos.	128
Figura 6.1: Carta Gantt para propagación de <i>A. pullulans</i> ocupando como fecha de inicio 20/07/2015.	143
Figura 6.2: Carta Gantt para propagación de <i>H. uvarum</i> ocupando como fecha de inicio 20/07/2015.	144
Figura 6.3: Organigrama de la empresa.....	147
Figura 7.1: Análisis de sensibilidad respecto al precio de Materias Primas. ..	168
Figura 7.2: Análisis de sensibilidad respecto a precios del Producto.....	169
Figura B.1: Características cápsula Opticap® XL 2, 4, 5 y 10.	195
Figura B.2: Propiedades de cañerías de acero cédula 40.	196
Figura B.3: Gráfica deMoody	197
Figura B.4: Gráfica deMoody	198

CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN

El uso indiscriminado de plaguicidas sintéticos ha generado una preocupación mundial en ascenso, debido a los posibles efectos secundarios que estos tienen en la salud humana y en el medio ambiente (Droby, Wisniewsky, Macarisin, & Wilson, 2009). Esto incluso ha dado lugar a la cancelación de algunos fungicidas en Europa y Estados Unidos.

Las frutas y hortalizas son productos altamente perecederos, especialmente durante la fase de poscosecha, razón por la cual Chile, como un país exportador que busca transformarse en una potencia alimentaria, debe satisfacer las necesidades de control de plagas y enfermedades con nuevas tecnologías basadas en compuestos que no presenten efectos en la salud humana y sean sustentables con el medio ambiente, de forma que sean aceptados por los consumidores (Donoso, Tobar, & Jiménez, 2011).

Actualmente el control biológico de plagas utilizando organismos antagónicos ha presentado un gran potencial como una alternativa para reducir el uso de controladores sintéticos (Kinay P., 2008).

Los controladores biológicos o biocontroladores pueden definirse como organismos naturales o sus productos, ya sean genéticamente modificados o no, que puedan eliminar los efectos de organismos indeseables en favor de otros organismos que son beneficiosos para los seres humanos, cultivos, arboles, animales u otros seres vivos benéficos (Yang H., 2009). El uso de biocontroladores se perfila como una alternativa eficaz para evitar el aumento en el uso de plaguicidas sintéticos, ya que los organismos patógenos van desarrollando resistencias a ellos (Jasso de Rodriguez D., 2011).

Los biocontroladores se clasifican en fungicidas, bactericidas, o insecticidas, según el organismo objetivo que atacan son hongos, bacterias o insectos respectivamente.

En Chile los biocontroladores hacen su ingreso el año 1992, y a la fecha sólo existen alrededor de 10 compañías que producen o importan biocontroladores, siendo sólo 4 las patentes de desarrollos chilenos registradas, mientras en el país aumenta la cantidad de hectáreas plantadas, lo convierte a los biocontroladores en un interesante potencial de negocio.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnico-económica de la instalación de una planta productora de biocontroladores en Chile.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analizar el mercado y seleccionar de los microorganismo(s) factibles de ser producidos como biocontroladores.
- Diseñar el proceso de producción.
- Determinar las condiciones de operación necesarias para la producción de los biocontroladores.
- Realizar la evaluación económica y análisis de sensibilidad para la producción de biocontroladores en el mercado nacional.

1.2 REFERENCIAS CAPÍTULO 1

- Donoso, E., Tobar, B., & Jiménez, M. (2011). Estudio desarrollo tecnológico y adopción de insumos ecológicos: Línea base 2010 y prospectiva 2030. *Fitonova Limitada*.
- Droby, S., Wisniewsky, M., Macarisin, D., & Wilson, C. (2009). Twenty years of postharvest biocontrol research: is it time for a new paradigm? *Postharvest Biology and Technology*, 52(2), 137-145.
- Jasso de Rodriguez D., R. G. (2011). In vitro antifungal activity of extracts of mexican chihuahuan desert plants against postharvest fruit fungi. *Ind. Crops Prod.*, 960-966.
- Kinay P., Y. M. (2008). The shelf life and effectiveness of granular formulations of *Metschnikowia pulcherrima* and *Pichia guilliermondii* yeast insolates that control postharvest decay of citrus fruit. *Biol. Control*, 433-440.
- Yang H., Y. S. (2009). Induced proteome of *Trichoderma harzianum* by *Botrytis cinerea*. *Mycological research*, 924-932.

CAPITULO 2.

ESTUDIO DE MERCADO, CAPACIDAD Y UBICACIÓN DE LA PLANTA

En el presente capítulo se realiza un estudio del mercado actual de los controladores biológicos o biocontroladores. Se comenta la situación del mercado mundial de biocontroladores y la situación local, analizando los biocontroladores disponibles en el mercado nacional, considerando aquellos producidos en el país y aquellos importados. Posteriormente, se detallan los criterios de selección determinados para escoger los biocontroladores que serán producidos en la planta, las enfermedades que combaten y en que cultivos.

Dentro del mercado local, el mercado consumidor se analiza en base a las importaciones y a las hectáreas a cubrir por los productos (biocontroladores) importados. Luego se compara con las hectáreas que disponen los productores agrícolas nacionales, para saber el porcentaje que abarcan de la superficie nacional plantada.

El análisis de la capacidad de la planta se realizará en base a los resultados obtenidos del estudio de mercado, proyectando la demanda requerida hacia el año 2025. Finalmente se establecerá el lugar donde se instalará la planta de producción de biocontroladores.

2.1 MERCADO MUNDIAL

Las frutas y hortalizas son productos altamente perecederos, especialmente durante la fase de poscosecha y las principales pérdidas son causadas por patógenos en poscosecha (Chan & Tian, 2005; Zhang, Wang, Huang, Dong, & Zheng, 2008). *Monilinia laxa*, *Botrytis cinérea* y *Penicillium expansum* se encuentran entre los más importantes patógenos en poscosecha en frutas y hortalizas (Snowdon, 1990).

El tratamiento químico es un método importante para el control de enfermedades de poscosecha de frutas (Eckert & Ogawa, 1988); sin embargo, el uso de plaguicidas en los programas de control de plagas de cultivos en todo el mundo ha causado enormes daños al medioambiente; entre estos, el resurgimiento de plagas, desarrollo de resistencia a los insecticidas, y efectos letales sobre organismos no objeto (Abudulai, Shepard, & Mitchell, 2001). El control biológico es una alternativa eficaz al tratamiento químico en el control de enfermedades de poscosecha de frutas (Jijakli & Lepoivre, 1998; Spadaro & Gullino, 2004).

La preocupación por la seguridad pública ha dado lugar a la cancelación de algunos de los fungicidas más eficaces en Europa (Directiva 91/414 CE y el Reglamento) y Estados Unidos (Ley de Protección de la Calidad). Por lo tanto, las investigaciones se han centrado en el desarrollo de control alternativo que debería ser eficaz y económicamente viable (El-Ghaouth, Wilson, & Wisniewski, 1998).

Los principales microorganismos antagonistas usados para el control de patógenos en poscosecha son las levaduras (Droby, Wisniewski, Macarisin, & Wilson, 2009), debido a su habilidad para colonizar rápidamente la superficie de los frutos en forma natural o artificial, persistir en ellos a niveles efectivos compitiendo con el patógeno por espacio y nutrientes, capacidad de desarrollarse bajo una amplia gama de condiciones ambientales, incluidas las condiciones de cámaras de frío y atmósfera controlada.

Aunque la mayoría de las enfermedades de poscosecha aparecen en la planta de empaque, las infecciones a menudo comienzan en el campo (Palou, Usall, Smilanick, Aguilar, & Vinas, 2002). Aplicación de biocontroladores antes de la cosecha puede mejorar el sistema de control biológico, ya que permitirá que el antagonista colonice los tejidos antes de la llegada del patógeno (Nunes, 2012). Por lo tanto, la pulverización de levaduras antagónicas antes de la cosecha para suprimir enfermedades de almacenamiento de frutas y hortalizas en poscosecha será una de las áreas importantes de la aplicación de microorganismos antagonistas.

La popularidad de los biocontroladores ha aumentado sustancialmente en los últimos 10 años. Este campo cuenta con excelentes perspectivas de aplicación, con amplios beneficios sociales y económicos, principalmente gracias al rápido desarrollo de nuevas técnicas, como la biología molecular, ingeniería genética, ingeniería de proteínas y otros, los cuales han mejorado gradualmente la producción de biocontroladores. Centros de investigación de todo el mundo están dirigiendo sus esfuerzos hacia el aumento y la aplicación de biocontroladores, con el objetivo de mejorar la producción para su uso comercial (Leng, Zhang, Pan, & Zhao, 2011).

El mercado mundial de biocontroladores presenta un fuerte crecimiento en el mercado mundial de plaguicidas. Se espera que este segmento crezca a una tasa compuesta anual del 15,6%, aumentando de US\$ 1.600 millones en 2009 a US\$ 3.3 billones en el 2014 (Business Communications Company, 2010). Gran parte de este rápido crecimiento es debido a que más del 80% de los biocontroladores no son utilizados por agricultores orgánicos, sino por los productores que emplean prácticas agrícolas convencionales (Frost & Sullivan, 2009).

La Comisión Europea (CE) cuenta con una base de datos de plaguicidas aprobados, pendientes de aprobación o no aprobados. En la tabla 2.1 se presentan los biocontroladores aprobados por la CE a la fecha (CE, 2015). La tabla completa se presenta en el apéndice A.1.

Tabla 2.1: Biocontroladores aprobados por la CE hasta abril de 2015.

Sustancia Activa	Tipo de Acción
<i>Ampelomyces quisqualis</i>	FU
<i>Aureobasidium pullulans</i>	FU, BA
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	FU
<i>Bacillus pumilus</i>	FU
<i>Bacillus subtilis</i>	BA, FU
<i>Candida oleophila</i>	FU

Continuación tabla 2.1

Sustancia Activa	Tipo de Acción
<i>Gliocladium catenulatum</i>	FU
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	FU
<i>Pythium oligandrum</i>	FU
<i>Streptomyces K61 (anteriormente S. griseoviridis)</i>	FU
<i>Streptomyces lydicus</i>	FU, BA
<i>Trichoderma asperellum</i>	FU
<i>Trichoderma atroviride (anteriormente T. harzianum)</i>	FU
<i>Trichoderma gamsii (anteriormente T. viride)</i>	FU
<i>Trichoderma polysporum</i>	FU
<i>Verticillium albo-atrum (anteriormente Verticillium dahliae)</i>	FU
<i>Zucchini Yellow Mosaik Virus</i>	FU
<i>Adoxophyes orana</i>	IN
<i>Bacillus thuringiensis</i>	IN
<i>Beauveria bassiana</i>	IN
<i>Cydia pomonella</i>	IN
<i>Isaria fumosorosea Apopka</i>	IN
<i>Lecanicillium muscarium (anteriormente Verticillium lecanii)</i>	IN
<i>Metarhizium anisopliae</i>	IN
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	IN

FU: Fungicida, BA; Bactericida, IN: Insecticida.

Fuente: Elaboración propia a partir de CE (2015).

2.2 MERCADO NACIONAL

Chile es el exportador número uno de fruta fresca del Hemisferio Sur, siendo este el tercer sector más importante de la economía nacional. Se considera vital para el crecimiento del país como un importante proveedor de empleo e inversión. La industria de la fruta en Chile está constituida por alrededor de 7.800 productores que trabajan 300.000 hectáreas de tierra cultivada, repartidas entre las regiones

de Atacama y Los lagos (Fruits from Chile, 2014). El sector produce cerca de 5 millones de toneladas, de las cuales se exportan 2,6 millones de toneladas, generando más de USD 4.000 millones anualmente. Chile es el primer exportador frutícola del hemisferio sur y líder exportador mundial de uva de mesa y arándanos (ODEPA, 2014a). En la figura 2.1 se presenta la evolución de las exportaciones de fruta fresca en los últimos años.



Figura 2.1: Volumen de las exportaciones de fruta fresca años 2006-2014.

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de ODEPA (2015a).

Los países importadores están aumentando sus exigencias en cuanto a la cantidad de residuos químicos presentes en las frutas. La mayoría de las veces esta exigencia viene por parte del mismo mercado, debido a los parámetros de control utilizados en los supermercados del país de ingreso. Por consiguiente, Chile debe paulatinamente disminuir la cantidad de residuos químicos en los alimentos si quiere seguir a la vanguardia como exportador de fruta fresca. Para esto, sin duda una de las mejores alternativas es el uso de biocontroladores.

La investigación en el uso de biocontroladores en Chile se ha incrementado significativamente a partir de 1992. Esta ha estado enfocada fundamentalmente

al desarrollo de agentes fungosos de biocontrol, destacándose hongos del género *Trichoderma*, ya sean nativos o mejorados. No obstante lo anterior, también se ha investigado el uso de bacterias dentro de las cuales destacan aquellas del género *Bacillus*. Los principales patógenos investigados son de tipo fungoso entre los que se pueden mencionar: *Botrytis cinérea*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Erwinia carotovora*, *Phytophthora spp.* Y *Pyrenochaeta lycopersici* entre otros, los cuales afectan a cultivos agrícolas y también forestales (Montealegre, 2013).

Según información obtenida en el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), actualmente existen 24 biocontroladores comercializados en Chile aprobados y registrados (tabla 2.2). Aunque no son mayoritariamente resultados de investigaciones realizadas en el país, muestran el interés en utilizar agentes de biocontrol en los programas de manejo de enfermedades. Todo plaguicida de uso agrícola que se importe, fabrique, exporte, distribuya, venda, tenga, comercialice o aplique en el país, debe contar previamente con la autorización del SAG.

Tabla 2.2: Productos en base a microorganismos autorizados como plaguicidas biológicos por SAG al 06-04-2015.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Categoría	País Fabricante	Titular Autorización
DIPEL WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	IN	EE.UU.	VALENT BIOSCIENCES DE CHILE S.A.
JAVELIN WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	IN	EE.UU.	ASP CHILE S.A.
DITERA WG	<i>Myrothecium verrucaria</i>	IN	EE.UU.	VALENT BIOSCIENCES DE CHILE S.A.
CARPOVIRUSINE	<i>Virus de la granulosis de Cydia Pomonella</i>	IN	FRANCIA	ARYSTA LIFESCIENCE CHILE S.A.
NATURALIS L	<i>Beauveria bassiana</i>	IN	EE.UU.	ASP CHILE S.A.
MICOSPLAG WP	<i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria</i> , <i>Paecilomyces lilacinus</i>	IN	COLOMBIA	SANATRADE S.A.
BETK-03	<i>Bacillus thuringiensis</i>	IN	CHILE	BIO INSUMOS NATIVA LTDA.
BINAB T PELLET GR	<i>T. harzianum</i> , <i>T. polysporum</i> .	FU	SUECIA	CONNEXION LTDA.

Continuación tabla 2.2

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Categoría	País Fabricante	Titular Autorización
BINAB-T WP	<i>T. harzianum, T. polysporum</i>	FU	SUECIA	CONNEXION LTDA.
SERENADE ASO	<i>Bacillus subtilis</i>	BA-FU	EE.UU., MÉXICO	BAYER S.A.
FRUIT PLUS	<i>Cryptococcus albidus</i>	FU	SUDAFRICA	ACRES S.A.
SERENADE MAX	<i>Bacillus subtilis Cepa QST 713</i>	BA-FU	EE.UU., MÉXICO	BAYER S.A.
SERENADE DUST	<i>Bacillus subtilis</i>	BA-FU	CHILE / FRANCIA	ARYSTA LIFESCIENCE CHILE S.A.
SERENADE SULFODUST	<i>Bacillus subtilis / AZUFRE</i>	BA-FU	CHILE / FRANCIA	ARYSTA LIFESCIENCE CHILE S.A.
TRICHONATIVA	<i>T. Harzianum, T. Virens, T. Parceramosum.</i>	FU	CHILE	BIO INSUMOS NATIVA LTDA.
TRICHO-D WP	<i>T. harzianum</i>	FU	COLOMBIA	SANATRADE S.A.
3 TAC	<i>T. harzianum, T. Viride, T. Longibratum</i>	FU	CHILE	AVANCE BIOTECHNOLOGIES, CHILE
3 TAEX	<i>T. harzianum, T. viride, T. longibrchiatum</i>	FU	CHILE	AVANCE BIOTECHNOLOGIES, CHILE
BIOBACTER 84 G	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	BA	CHILE	BIOGRAM S.A.
NACILLUS	<i>Bacillus subtilis</i>	BA-FU	CHILE	BIO INSUMOS NATIVA LTDA.
TRICHODERMA PASTA	<i>T. harzianum</i>	FU	CHILE	ITAS S.A.
TRICHODERAMA SUSPENSION	<i>T. harzianum</i>	FU	CHILE	ITAS S.A.
HARZTOP	<i>T. harzianum</i>	FU	CHILE	BIOGRAM S.A.
3 TAC-I/BETA	<i>T. harzianum, T. Viride, T. Longibrachiatum</i>	FU	CHILE	AVANCE BIOTECHNOLOGIES, CHILE

FU: Fungicida, BA; Bactericida, IN: Insecticida.

Fuente: Elaboración propia a partir de (SAG, 2015).

En la tabla 2.2 se muestra que el 50% de los biocontroladores autorizados son fabricados en el país y el otro 50% son importados desde países como Estados Unidos, México, Colombia, Suecia, Francia y Sudáfrica. Productos en base a

Trichoderma spp tienen una fuerte participación en el mercado nacional con un total de 10 productos a disposición de los consumidores, de los cuales 7 son producidos en el país. Le sigue *Bacillus subtilis* con 5 productos, 2 de ellos producto nacional. *Bacillus thuringiensis* aporta con 3 productos, sólo uno producido en el país, siendo además el único insecticida producido en el país ya que el otro 86% son importados.

Cabe destacar que los productos de la tabla 2.2 provenientes del extranjero si bien están autorizados por el SAG, no quiere decir que actualmente se encuentren siendo importados al país (detalles sobre productos importados se presentan en sección 2.2.2).

2.2.1 Producción Nacional

Las empresas nacionales que producen o importan controladores, surgen posteriores al año 1992, año en que se desarrolla el primer curso de control biológico de enfermedades en la Universidad de Chile, iniciando el desarrollo de grupos de investigación en nuestro país (Montealegre, 2013).

Entre las empresas más importantes destacan:

Instituto Tecnológico para la Agricultura Sustentable (ITAS): fundado el año 2000, recibe financiamiento de la corporación Fundación Innovación Agraria. Comercializa 2 biocontroladores en base a *Trichoderma spp*.

Avance Biotechnologies: creada el año 2001, desde hace 4 años se encuentra comercializando sus productos fuera del país, logrando presencia en 10 países. Esta empresa registra 3 productos en base a *Trichoderma spp*.

Bio Insumos Nativa S.A.: es creada el año 2002, dedicándose al desarrollo, producción y comercialización de insumos agrícolas orgánicos. Actualmente tiene disponibles biocontroladores en base a *Trichoderma spp*, *B. Subtilis* y *B. Thuringiensis*.

Biogram: fue fundada en 2004, siendo la única empresa que trabaja con *Agrobacterium radiobacter*, bacteria encargada de combatir la Agalla del cuello. Posee además un biocontrolador en base a *Trichoderma spp.*

Arysta LifeScience: nace en 2001, como una compañía de carácter global enfocada en el mercado agrícola y otras áreas industriales. En la actualidad, es la compañía de agroquímicos y de ciencias de la vida de propiedad privada más grande del mundo.

A nivel nacional, desde el año 1984 a la fecha, se han inscrito 12 patentes relacionadas con insumos ecológicos, como se puede ver en la tabla 2.3.

De las 12 patentes registradas, 8 fueron solicitadas por otros países y 4 por Chile. En el año 2010 se registran las primeras patentes nacionales, una para un fungicida y la otra para un insecticida.

Cabe destacar que de las patentes registradas, sólo dos corresponden a *Bacillus subtilis* y una a *Trichoderma spp.*, entre todos los productos autorizados por el SAG, indicados en la tabla 2.2. Por otro lado, estas patentes no corresponden a empresas, lo cual no tiene mucho sentido desde el punto de vista de la protección de la propiedad intelectual.

La única empresa de biocontroladores que posee patentes pero en revisión, es Bio Nativa, estas se encuentran con solicitud desde el año 2009 y 2011 (tabla A.3, apéndice A.2).

Tabla 2.3: Resumen de patentes de insumos ecológicos concedidos en Chile.

Solicitante	Aplicación	Año de Registro	Estado
Tauffer Chemical Company, EE.UU.	Plaguicida	1984	Concedida
Igene Biotechnology, INC., EE.UU.	Nematicida	1989	Concedida
Certis USA, LLC. EEUU	Insecticida	1999	Caducada
Peri Development Applications (1985) LTD. Y Yissum Research Development, Israel	Fungicida	1999	Caducada

Continuación tabla 2.3

Solicitante	Aplicación	Año de Registro	Estado
ABBOTT Laboratories, EE.UU.	Insecticida	2001	Concedida
ABBOTT Laboratories, EE.UU.	Insecticida	2002	Concedida
The New Zealand Institute For Plant And Food Research Limited, Nueva Zelanda	Insecticida	2008	Concedida
Du Pont De Nemours And Company, Chile	Insecticida	2010	Concedida
Mario Reyes Salinas	Fungicida	2010	Concedida
Universite De Bourgogne, Francia	Insecticida	2010	Concedida
Universidad De Santiago De Chile	Fungicida	2011	Concedida
Universidad Austral De Chile	Fungicida	2014	Concedida

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida de INAPI.

2.2.2 Importaciones

A partir del arancel aduanero vigente fue posible conocer las partidas arancelarias de interés nº 3808.91 y nº 3808.92, correspondiente a fungicidas e insecticidas respectivamente. Con estos datos fue posible solicitar al Servicio Nacional de Aduanas las importaciones de estas partidas desde el año 2005 a 2014. El Servicio Nacional de Aduanas registra las importaciones de biocontroladores desde 2005 a 2014.

Las empresas importadoras muchas veces se abastecen de forma irregular y poco continua, sobre todo en casos de mercados pequeños. Por ejemplo, los productos comerciales Ditera WG y Serenade MAX tienen una alta participación, pero sólo registran importaciones los años 2005, 2006, 2007, 2011 y 2006, 2007, 2008, 2010 respectivamente. Otros productos, como Dipel WG, Carpovirusine y Javelin WG, desde el año en que aparecen en el mercado, muestran continuidad en su importación.

Como se reporta anteriormente en la tabla 2.2 existe una gran cantidad de empresas de biocontroladores provenientes de distintos países. En el año 2014

ingresaron al país los biocontroladores mostrados en la figura 2.2. El producto bactericida-fungicida Serenade ASO, importado por empresas Bayer, lidera las importaciones abarcando un 64% del volumen importado, seguido por el insecticida Dipel WG, distribuido por Valent que alcanza un 28%. Además la figura 2.2 presenta dos productos no registrados en el SAG, estos son Verbotac, distribuido por Valent y Trichodermil SC 1306 distribuido por Koppert Chile.

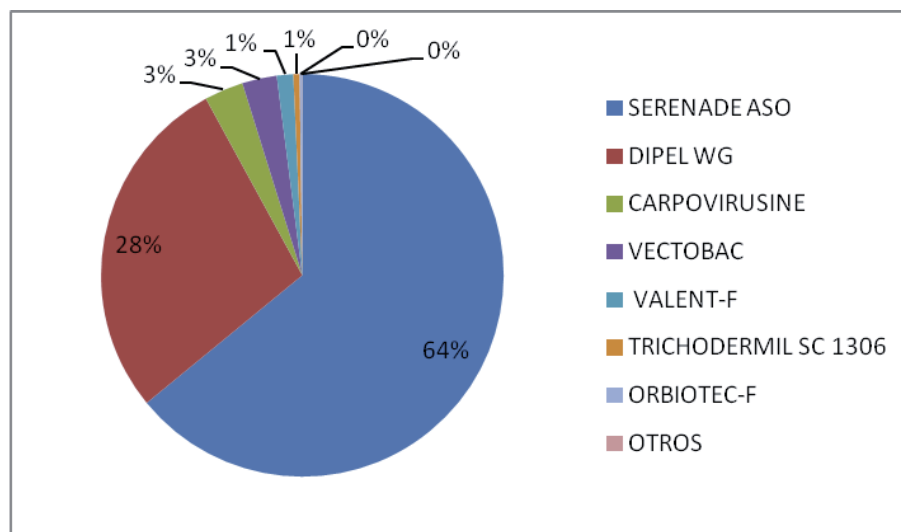


Figura 2.2: Volumen de importaciones [Kg netos] de biocontroladores año 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las partidas arancelarias obtenidas a través del Servicio Nacional de Aduanas.

Considerando los dos productos con mayor importación, Serenade ASO y Dipel WG, las importaciones del primero son más del doble que el segundo (tabla 2.4). Valent con su producto Dipel WG, históricamente ha liderado las importaciones de bioinsecticidas, sin presentar variaciones considerables en su precio. Bayer por su parte, se hace presente desde el año 2013, con un gran volumen de exportación a través de su producto Serenade ASO. Debido a su bajo precio desplaza a los fungicidas biológicos importados anteriormente. El detalle completo de las importaciones se presenta en el apéndice A.3.

Tabla 2.4: Volumen y precio de los dos mayores importadores de biocontroladores año 2014.

Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Importador	Kg Netos	CIF unit. [US\$/Kg]	CIF [US\$]
SERENADE ASO	<i>B. subtilis</i>	Bayer	70.563	7,5	528.222
DIPEL WG	<i>B. thuringiensis</i>	Valent	30.804	15,8	507.635

Fuente: Elaboración propia a partir de las partidas arancelarias obtenidas a través del Servicio Nacional de Aduanas.

Las empresas chilenas productoras de biocontroladores, se reservan la información sobre sus producciones. Además, tampoco es posible obtener valores de producción nacional de estos insumos. Ante esto, para poder realizar una estimación del consumo de biocontroladores, se considerarán sólo las importaciones, asumiendo que la producción nacional es casi nula.

A continuación se analizará el volumen de importaciones y se relaciona con las hectáreas que abastecen estos productos importados y que porcentaje aborda de las hectáreas disponibles de cultivos objetivo.

En la figura 2.3 se muestra las toneladas totales importadas de biocontroladores por año. Se aprecia que las importaciones no presentan un crecimiento constante, por lo general se manifiesta una caída y luego un fuerte incremento. Se puede inferir que esto se debe a una compra excesiva de productos, quedando stock disponible para el año siguiente, ocasionando que la demanda para ese siguiente año sea menor. A pesar de esto, se aprecia claramente una tendencia al aumento de la demanda de biocontroladores, sobre todo en los últimos años.

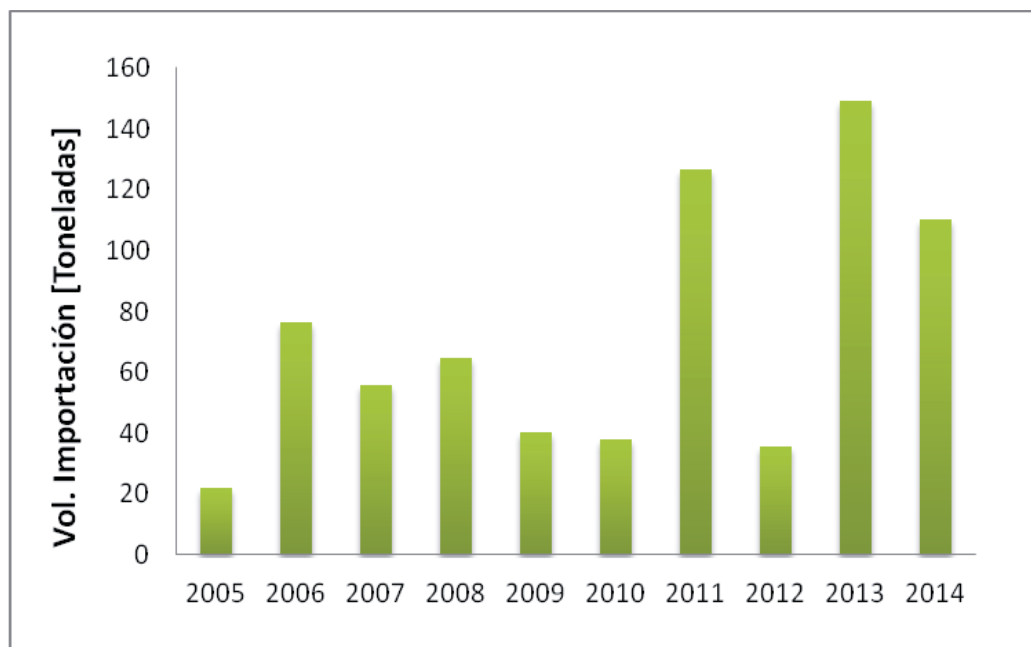


Figura 2.3: Evolución de las importaciones de biocontroladores desde el año 2005 a 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las partidas arancelarias obtenidas a través del Servicio Nacional de Aduanas.

En el año 2011 ocurrió un gran aumento de las importaciones, el principal promotor de esta alza fue el producto en base a *B. subtilis*, Serenade SC 13,68. Este producto, inicialmente distribuido por Arysta LifeScience hasta 2010, al comenzar a ser comercializado el año 2011 mediante empresas BASF, disminuye considerablemente su precio unitario de 18 US\$ a 8 US\$. Es posible que esta disminución en el precio, sea la causante de la gran demanda ocurrida ese año. En 2013 este producto pasa a ser distribuido por BAYER, bajo el nombre de Serenade ASO, ese año sólo este producto supera las 120 toneladas de importaciones.

Otro producto importante como Dipel WG, representa un porcentaje importante en las importaciones, pero no ha presentado alzas significativas en su volumen de importación a través del tiempo.

2.2.3 Demanda de biocontroladores

Los biocontroladores son productos variados en su formulación y presentación, por lo cual su relación en el precio, cantidad, dosis de aplicación puede variar entre uno y otro. Para poder estimar la demanda de los distintos productos importados, se realiza el cálculo de las hectáreas equivalentes a la cantidad importada por producto. Las suposiciones a considerar son

- Se ocuparán sólo los productos importados correspondientes a biofungicidas.
- En cuanto a las aplicaciones se considera una doble aplicación, por lo general siempre son más de dos.
- La dosis promedio de los biofungicidas a utilizar es a 10 [Kg/ha*aplic], correspondiente a la dosis usada por Serenade ASO, el cual representa casi la totalidad de las importaciones de biofungicidas. Esta dosis es muy alta debido a lo poco concentrado del producto.
- Con esto se obtiene que la superficie cubierta por los biofungicidas importados en el año 2014 corresponde a 3.101 hectáreas, lo cual corresponde al 1,0% de la superficie total de fruta fresca y al 2,2% de la superficie de cultivos de interés.

En base a lo anterior en la figura 2.4 se presenta la superficie total a cubrir por los biofungicidas importados y también por el total de biocontroladores. Se puede observar la importante participación de biofungicidas desde el año 2011, abarcando sobre el 50% del total de las importaciones anuales del total de biocontroladores.

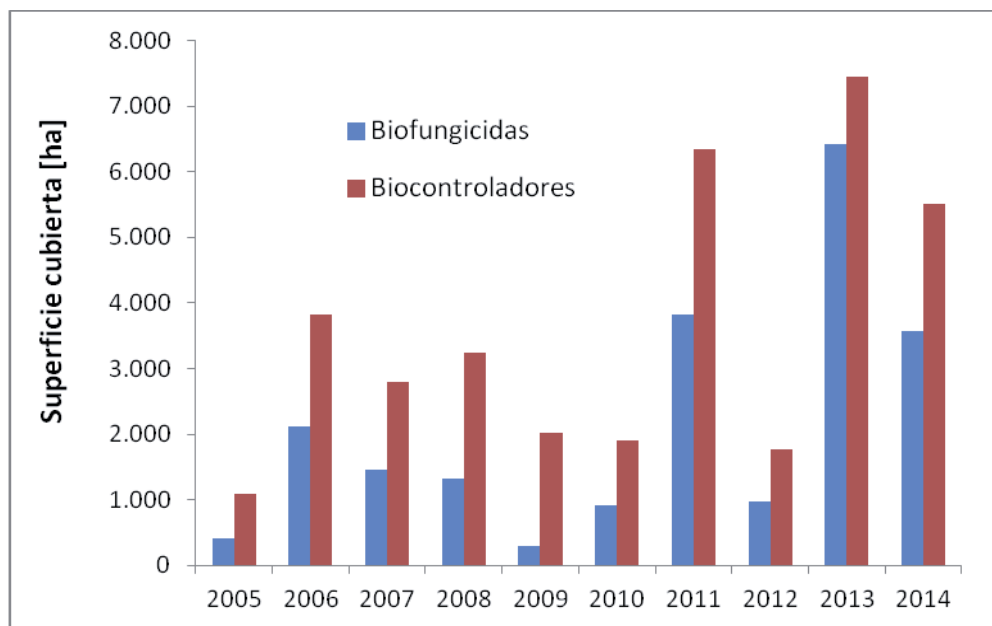


Figura 2.4: Evolución de las importaciones de biocontroladores, en base a la superficie cubierta entre años 2006-2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de las partidas arancelarias obtenidas a través del Servicio Nacional de Aduanas.

2.3 SELECCIÓN DE LOS MICROORGANISMOS A PRODUCIR

2.3.1 Criterios de Selección

Ante lo anteriormente expuesto, para la selección de las cepas a producir se toman en consideración aquellos microorganismos antagonistas que favorezcan el control de enfermedades poscosecha. Por lo tanto quedan fuera de esta selección aquellos microorganismos cuyo potencial biocontrolador este orientado como insecticida, tales como *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, entre otros.

Una vez establecido que los microorganismos de interés son aquellos que combaten las enfermedades poscosecha, es primordial seleccionar cuales serán precisamente estos microorganismos. Debido a la gran variedad de microorganismos disponibles, dependiendo de su aplicación, se tomarán en cuenta los siguientes criterios para seleccionar los microorganismos a producir.

1. Microorganismos de los cuales se tenga acceso a la información necesaria sobre su inocuidad, efectividad, aplicación, plagas objetivos, entre otros.
2. Microorganismos que se comercialicen en el mercado internacional y aún no encuentren disponibles en nuestro país.
3. Microorganismos con los cuales se cuenten sus parámetros cinéticos, para contar con la información necesaria para poder realizar la síntesis del proceso.
4. Microorganismos aprobados por la comisión europea. Debido a lo exigente que son las normas, no debería existir problema para que también sean aprobados en nuestro país.
5. Microorganismos que tengan un gran potencial de aplicación en Chile.

En base a esto el microorganismo seleccionado fue *Aureobasidium pullulans*.

Adicionalmente, se seleccionó además, otro microorganismo, debido a estudios recientes que han demostrado posee un gran potencial como biocontrolador. En cuanto a su aprobación no debería presentar problemas ya que se encuentra presente en la mayoría de las superficies de las frutas, abarcando entre un 50-75% de la población total de levaduras (Carrau, 2005; Berradre et al., 2012; Esteve-Zarzoso, Manzanares, Ramón & Querol, 2010; Di Maio et al., 2012). Este microorganismo es *Hanseniaspora uvarum*.

2.3.2 Antecedentes de los Microorganismos Seleccionados

Aureobasidium pullulans es una levadura, comúnmente encontrada en la superficie y en los tejidos de los cultivos. Las cepas de *A. pullulans* se ha reportado que actúan contra hongos patógenos a través de la competencia por los nutrientes (Bencheqroun et al., 2007), la secreción de enzimas líticas tales como exo-quitinasa y beta-1,3-glucanasa (Castoria et al., 2001), o la inducción de las respuestas de defensa (Ippolito, El Ghaouth, Wilson, & Wisniewski, 2000).

En la tabla 2.5 se presenta un resumen de los patógenos que ataca *A. pullulans*.

Tabla 2.5: Patógenos tratadas con *A. pullulans*.

Patógeno	Cultivo	Fuente
<i>B. cinérea</i> , <i>P. expansum</i> , <i>R. stolonifer</i> , <i>A. niger</i>	Uva	Castoria et al., 2001
<i>B. cinérea</i> , <i>P. expansum</i>	Manzana	Castoria et al., 2001
<i>B. cinérea</i> , <i>R. stolonifer</i>	Frutilla, uva, kiwis	Lima, Ippolito, Nigro, & Salerno, 1997
<i>B. cinérea</i> , <i>P. expansum</i>	Manzana	Ippolito et al., 2000
<i>B. cinérea</i> , <i>M. laxa</i>	Cerezas, uva	Schena, Nigro, Pentimone, Ligorio, & Ippolito, 2003
<i>M. laxa</i>	Ciruelas, peras	Zhang, Spadaro, Garibaldi, & Gullino, 2010

Fuente: Elaboración propia.

Hanseniaspora uvarum es una levadura anaerobia facultativa, ha sido encontrada en agua, uvas, bananas, coco, pepino, frutillas (Lachance, 1995). Presenta un metabolismo respiratorio y además son sensibles a las variaciones de oxígeno (Venturin, Boze, Moulin, & Galzy, 1995). Esta levadura puede tolerar altas concentraciones de azúcares fermentables típicamente encontrados en los mostos de uva y otras frutas (Díaz-Montaño & Ramírez, 2009).

El efecto fungicida de *H. uvarum* P-2 fue por primera vez estudiado por Liu et al. (2010), donde se estudió la efectividad de la cepa de levadura P-2 para el control de la podredumbre gris ocasionada por la *Botrytis cinérea*.

Otra de las razones por las que *H. uvarum* es una opción atractiva como biocontrolador es debido a los efectos de su aplicación en la precosecha sobre enfermedades de poscosecha. Los efectos incluyen el incremento de la actividad enzimática de enzimas relacionadas a la defensa de la fruta y disminución en la concentración de malondialdehído, químico relacionado como un producto de descomposición (Cai, Yang, Xiao, Qin, & Si, 2015).

En la tabla 2.6 se presenta un resumen de los patógenos que ataca *H. uvarum*.

Tabla 2.6: Plagas objetivas tratadas con *H. uvarum*.

Patógeno	Cultivo afectado	Fuente
<i>Botrytis cinérea</i>	Uva	Qin et al., 2015
<i>Botrytis cinérea</i>	Frutilla	Cai et al., 2015

Fuente: Elaboración propia.

Al buscar en la Comisión Europea o la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, no se encontraron registros de que exista algún biocontrolador con *H. uvarum* como ingrediente activo. Mientras que en el caso de *A. pullulans* se encontraron registros que es comercializado en algunos países bajo el nombre de Botector®, registrado en una empresa de Austria llamada Bio-Ferm.

En un congreso realizado en Chile en el año 2010 se mostró un estudio donde evaluaron la actividad de biocontrol de levaduras en manzana 'Fuji' en condiciones de almacenamiento de la fruta (0-1°C) y demostraron que la levadura *Aureobasidium pullulans* 174b1 es capaz de inhibir la pudrición por *B. cinérea* en manzanas que han estado almacenadas por 21 días a 0°C y luego han sido expuestas a una temperatura de 20°C (Vargas, Berríos, Tapia, & Nally, 2010).

En noviembre del año pasado el SAG autorizó a la empresa Xilema a ingresar un kilogramo del producto Botector para estudios (SAG, 2014).

H. uvarum es ocupada principalmente para la fermentación alcohólica de uvas en conjunto con otras levaduras. Como biocontrolador no es comercializada, tampoco se encontraron registros sobre estudios realizados a nivel nacional al respecto.

2.3.3 Superficie de cultivos de interés

Los cultivos de interés se definirán como los cultivos expuestos a enfermedades o plagas en los cuales las cepas seleccionadas combaten a los patógenos descritos en las tablas 2.5 y 2.6. En resumen, *A. pullulans* controla patógenos en vid de mesa, frutilla, manzano, kiwis, cerezos, ciruelos y perales; mientras *H. Uvarum*

controla patógenos residentes en uva y frutilla, si bien puede ser efectiva también contra otros cultivos como cítricos, duraznos, entre otros.

En la figura 2.5 se presenta el porcentaje de superficie plantada para los cultivos de interés en relación al total de superficie plantada de fruta fresca correspondiente al año 2014 (ODEPA, 2015b). Esta superficie total corresponde a 297.044 hectáreas, mientras que la superficie de los cultivos de interés corresponde a 141.713 hectáreas, lo cual es una superficie considerable ya que corresponde al 48% de la superficie total plantada de fruta fresca. Cabe destacar que el manzano y la vid de mesa son los principales cultivos nacionales, abarcando entre ambos el 30% de la superficie total de fruta fresca.

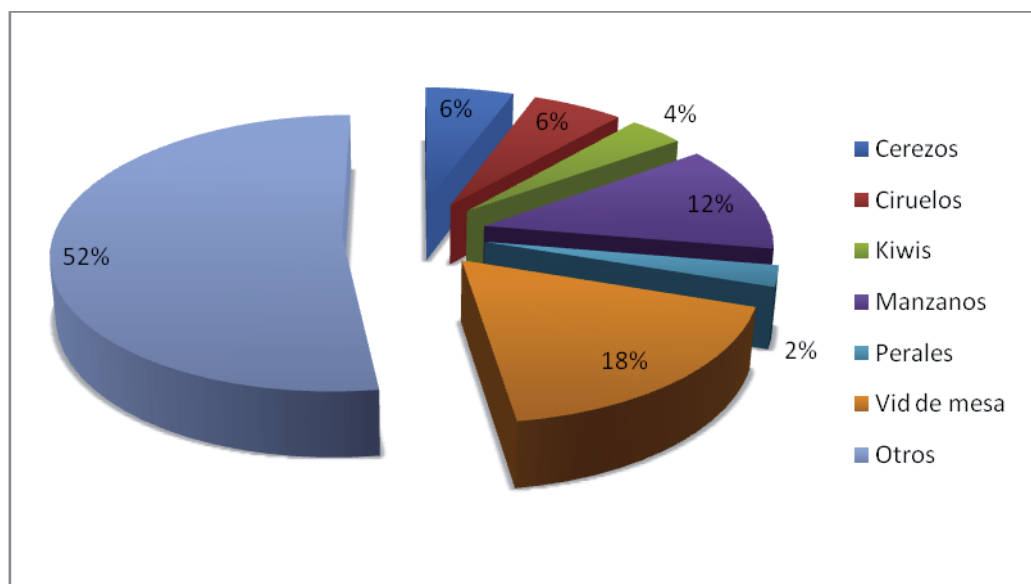


Figura 2.5: Porcentaje de superficie de plantada de cultivos de interés en relación a la superficie total plantada año 2014.

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de ODEPA (2015b).

En los boletines frutícolas de ODEPA las frutillas no son incluidas, estas aparecen en la categoría de hortalizas. Su superficie nacional plantada para el año 2014 corresponde a 1.330 hectáreas, lo cual corresponde a menos del 1% de la superficie plantada de los cultivos de interés (ODEPA, 2014b).

En la figura 2.6 se muestra la evolución que los cultivos de interés han tenido desde el año 1996 a la fecha, en términos de superficie plantada. Muestra una clara tendencia al aumento, con un crecimiento anual promedio de 1,1% y un crecimiento del 21,0% en el periodo 1996-2014.

Al analizar la evolución de los cultivos de interés, todos a excepción de los perales presentan una tasa de crecimiento promedio anual positiva. Este último ha decaído un 41,3% del año 1996 al 2014. Por otra parte los cerezos son los que más han aumentado su superficie plantada, logrando un crecimiento anual promedio de 8,76% y un crecimiento de 324% desde el año 1996 al 2014.



Figura 2.6: Superficie plantada de los cultivos objetivos entre años 1996 a 2014.

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de ODEPA (2014a).

2.4 ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE LA PLANTA

Para estimar la capacidad de la planta, se analizarán los datos obtenidos previamente y se realizarán proyecciones hacia el año 2025. Primero se realizará la proyección de la superficie plantada de los cultivos de interés y luego la proyección de las importaciones. Con estos datos, además de la dosis promedio y

el número de aplicaciones se determina que porcentaje del total de cultivo de interés estimado se puede cubrir.

2.4.1 Proyección Hectáreas Disponibles

En la tabla 2.7 se presentan la evolución de las hectáreas de los cultivos de interés. Con estos datos se realiza una regresión lineal ($R^2=0,8198$), luego se realiza la proyección hacia los próximos 10 años (figura 2.7), la cual indica que para el año 2025 la superficie plantada será de 158.915 hectáreas .

Tabla 2.7: Evolución superficie plantada de los cultivos de interés periodo 1996-2014.

Año	Hectáreas	Año	Hectáreas
1996	117.163	2006	121.869
1997	120.648	2007	126.003
1998	118.991	2008	127.009
1999	118.716	2009	136.818
2000	117.717	2010	136.626
2001	118.250	2011	140.522
2002	119.225	2012	142.866
2003	119.785	2013	144.341
2004	120.815	2014	141.713
2005	120.899		

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de ODEPA (2014a).



Figura 2.7: Proyección lineal de hectáreas de los cultivos de interés para el año 2025.

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de ODEPA (2014a).

2.4.2 Proyección Importaciones y Hectáreas a cubrir

Para la estimación de la cantidad de productos importados al año 2025 se consideran sólo los biofungicidas (tabla 2.8). En este caso se realiza una proyección lineal (figura 2.8), en la cual se aprecia que las importaciones de biofungicidas hacia el año 2025 serán de 163.220 [Kg].

Tabla 2.8: Importaciones de biofungicidas años 2005-2014.

Año	Importación [Kg]	Año	Importación [Kg]
2005	8.105	2010	18.454
2006	42.490	2011	76.312
2007	29.332	2012	19.672
2008	26.578	2013	128.344
2009	6.069	2014	71.328

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de Aduana.

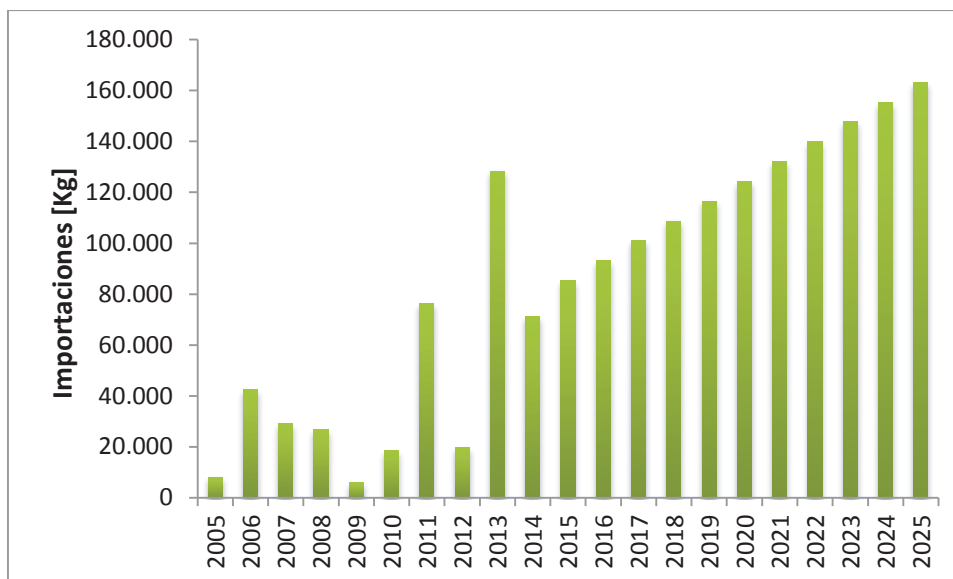


Figura 2.8: Proyección de las importaciones de biofungicidas hasta el año 2025.

Fuente: Elaboración propia a través de datos obtenidos de Aduana.

2.4.3 Proyección de la Producción de Biocontroladores

Para determinar la producción anual de biocontroladores, primero se establece una estimación de las hectáreas cubiertas sólo con los biocontroladores importados. Para ello se establecen las siguientes consideraciones:

- Se ocuparán sólo los productos importados correspondientes a biofungicidas.
- La dosis que se emplea corresponde a la utilizada por Serenade ASO, debido a que este representa el 99% de importaciones del total de biofungicidas, este producto viene en formato líquido. La dosis para Serenade ASO varía dependiendo del cultivo a proteger, la enfermedad a atacar, y si se aplica de manera preventiva o curativa. Para el fin de estos cálculos se utiliza un promedio de las dosis preventivas de los árboles frutales (apéndice A.4), la cual corresponde a 6 [L/ha], al multiplicarlo por la densidad (Bayer CropScience, 2013) se obtiene 6,9[Kg/ha*aplic] aproximadamente.

- En cuanto a las aplicaciones se considera una doble aplicación, por lo general siempre son más de dos, como se puede apreciar en las fichas técnicas de distintos biocontroladores (apéndice A.4).

Con estas consideraciones se obtienen las hectáreas cubiertas y el porcentaje cubierto mediante la ecuación 2.1 y 2.2 respectivamente.

$$Hect. cubiertas = \frac{Importaciones\ de\ Fungicidas\ [Kg]}{Dosis\ promedio * N^{\circ}\ aplic. \left[\frac{Kg}{ha} \right]}$$

Ecuación 2.1

$$\% \text{ Cubierto} = \frac{Hect. cubiertas}{Hect. total\ frutas\ objetivo}$$

Ecuación 2.2

Debido a que *H. uvarum* y *A. pullulans* atacan a distintas enfermedades, es necesario establecer una relación en la producción de ambas cepas. Como se tiene información que *H. uvarum* sólo actúa en uva y frutilla, se le otorga un 30% de la producción, mientras que a *A. pullulans* el otro 70%.

Por último para determinar la dosis se realiza un promedio de las dosis utilizadas por otros biocontroladores formulados como polvo mojable. En la tabla 2.9 se muestran estas dosis.

Tabla 2.9: Dosis de biofungicidas formulados como polvos mojables.

	3TAC	Tricho Dwp	Serenade Max	Binab T
Dosis [Kg/ha]	1-2	0,3	2-3	0,25-0,5
Promedio [Kg/ha]	1,5	0,3	2,5	0,375

Fuente: Elaboración propia a partir de SAG

Finalmente el promedio total de estos fungicidas corresponde a 1,2 [Kg/ha].

Con esta información se determina la producción para cada año mediante la ecuación 2.3.

$$\text{Producto [Kg]} = \text{Hect. cubiertas} * \text{Dosis} * \text{N}^{\circ} \text{ aplic.} * \% \text{ de producción}$$

Ecuación 2.3

En la tabla 2.10 se presentan un resumen con las proyecciones de importaciones, hectáreas disponibles, hectáreas cubiertas por importaciones, el porcentaje cubierto y la producción para los dos cepas.

Al analizar estas proyecciones muestra una tendencia al aumento en el uso de biocontroladores, ya que aumentan desde un 2,2% de hectáreas protegidas con biofungicidas en 2014 a un 4,5% en 2025.

Tabla 2.10: Resumen de la proyección hacia el año 2025.

Proyección	2015	2020	2025
Importaciones Biofungicidas [Kg]	85.000	124.000	163.000
Hectáreas total frutas objetivo	143.000	151.000	159.000
Hectáreas cubiertas.	3.700	5.400	7.100
% cubierto	2,6	3,6	4,5
Producción <i>A. pullulans</i>	10.500	15.200	11400
Producción <i>H. uvarum</i>	4.500	6.500	8.600

Fuente: Elaboración propia.

2.5 UBICACIÓN DE LA PLANTA

La localización de la planta se define en base a obtener la mayor rentabilidad, siendo necesario definir y evaluar los factores que afecten a cada una de las alternativas.

2.5.1 Factores a considerar para la localización de la planta

La localización de la planta se realizará por la técnica de los factores ponderados, en la cual se analizan distintos factores con una ponderación asignada a cada uno (Hernández-Hernández & Hernández-Villalobos, 2001). La ponderación asignada se presenta en la tabla 2.11

Cercanía del mercado

Este factor es considerado como el más importante para la localización de la planta. Se refiere a la cercanía con el mercado consumidor, el que para el caso de la fruta fresca abarca desde la III región de Atacama hasta la X región de Los Ríos. La empresa no solamente distribuirá sus productos, sino que también realizará asesorías y capacitaciones en terreno, debido a esto la importancia de esa ponderación.

Cercanía de Proveedores

Es importante que los distribuidores de materia prima estén medianamente cerca de la planta, con el fin de evitar un gasto excesivo de dinero en transporte.

Disponibilidad de agua, energía y otros suministros

Se requiere de una alta disponibilidad de agua para los requerimientos del proceso, además de suministros como combustibles para calderas y energía, siendo un factor importante en la medida que la planta se aleja de zonas urbanas.

Disponibilidad y costo de mano de obra

La planta no requerirá de una alta cantidad de personal, pero si personal calificado para el proceso de producción, además de personal para las asesorías y capacitaciones a los agricultores.

Costo y disponibilidad de terrenos

Este factor es medianamente importante para la ubicación de la planta, ya que se trata de una planta relativamente pequeña.

Tabla 2.11: Ponderación factores establecidos para la ubicación de la planta

Factor	Ponderación (%)
Cercanía del mercado	40
Cercanía a proveedores	25
Disponibilidad de agua, energía y otros	15
Disponibilidad y costo de mano de obra	10
Costo y disponibilidad de terreno	10

Fuente: Elaboración propia.

2.5.2 Análisis de la ubicación de la planta

Las ciudades de potencial ubicación de la planta se valorizaron en función de criterios, asignando un puntaje en el rango de +2 hasta -2, incluyendo el cero, siendo +2 excelente, +1 bueno, 0 neutro, -1 malo y -2 como muy malo. A continuación se procederá a justificar brevemente cada una de las notas asignadas para las ciudades analizadas.

Cercanía del mercado

En la tabla 2.12 se puede apreciar la superficie plantada por región para cada cultivo de interés. Al realizar un rápido análisis se puede observar una gran superficie plantada en la región de O'Higgins y Maule, caso contrario es el que muestran las regiones de Los Rios y Los Lagos, con muy escasa participación.

Tabla 2.12: Superficie plantada de cultivos de interés por región.

Especies	Manzanos	Vid de mesa	Cerezos	Ciruelos	Kiwis	Perales	Total
Atacama 2011	0	8.051	0	0	0	0	8.051
Coquimbo 2011	0	10.597	74	21	0	54	10.746
Valparaíso 2013	197	11.407	115	354	265	106	12.445
Metropolitana 2013	537	9.339	1.158	4.839	821	733	17.427
O'Higgins 2013	10.012	14.005	5.892	11.353	3.907	3.959	49.128
Maule 2013	22.488	220	8.087	1.641	5.369	2.590	40.394
Bío Bío 2012	1.562	0	1.310	65	613	98	3.648
La Araucanía 2012	2.476	0	382	0	20	18	2.896

Continuación tabla 2.12

Especies	Manzanos	Vid de mesa	Cerezos	Ciruelos	Kiwis	Perales	Total
Los Ríos 2012	26	0	28	0	30	0	84
Los Lagos 2012	0	0	28	0	0	0	28
Total estimado	37.298	53.618	17.073	18.273	11.023	7.559	144845

Fuente: Elaboración propia a través de Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) (2014).

Para una mejor selección de la ubicación de la planta se acotará la localización en ciudades comprendidas entre la región Metropolitana y la VII región. Estas ciudades son: Santiago, Rancagua, San Fernando, Curicó, Talca y Linares.

En cuanto a las ponderaciones Rancagua y San Fernando reciben ponderación +2 por encontrarse en la VI región, la cual representa el porcentaje más alto de hectáreas cultivadas. Curicó también recibe ponderación +2 por encontrarse en la región del Maule muy cercana a la VI región. Santiago y Talca reciben ponderación +1 por estar relativamente cerca y linares ponderación cero por encontrarse al final de la VII región.

Cercanía a Proveedores

Debido a que la mayoría de los proveedores se encuentran en Santiago y/o poseen los precios más bajos recibe ponderación +2. La ponderación disminuye conforme se aleja de la región Metropolitana.

Disponibilidad de agua, energía y otros suministros:

Debido a que se está analizando a nivel de ciudades y todas estas cuentan con suministros básicos es que todas reciben nota +2.

Disponibilidad y costo de mano de obra

Se considera a Santiago y Talca como las ciudades que poseen una mayor cantidad de especialistas debido a universidades, institutos y/o centros de formación técnica con ponderación +2. En Curicó también existen algunas casas educativas de nivel superior, por lo que se le otorga ponderación +1.

Costo y disponibilidad de terreno

A Santiago por ser la capital nacional se le otorga ponderación -2, dada su alta densidad habitacional, mientras que a las capitales regionales se les otorga ponderación cero, y las zonas con menor densidad habitacional +2.

2.5.3 Selección de la ubicación de la planta

De acuerdo a todos los datos recopilados, se procedió a realizar un análisis de las mejores ciudades para la ubicación de la planta. Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 2.13. Los resultados indican que la mejor ubicación para la construcción de la planta es la ciudad de San Fernando, seguida por Curicó.

Tabla 2.13: Análisis de factores para la localización de la ciudad

Factor	Ponderación	Santiago	Rancagua	San Fernando	Curicó	Talca	Linares
Cercanía del mercado	0,4	1	2	2	2	1	0
Cercanía a proveedores	0,25	2	1	1	0	-1	-2
Disponibilidad de agua, energía y otros	0,15	2	2	2	2	2	2
Disponibilidad y costo de mano de obra	0,1	2	0	0	1	2	0
Costo y disponibilidad de terreno	0,1	-2	0	2	2	0	2
TOTAL	1	1,2	1,35	1,55	1,4	0,65	0

Fuente: Elaboración Propia

2.6 REFERENCIAS CAPÍTULO 2

- Abudulai, M., Shepard, B. M., & Mitchell, P. L. (2001). Parasitism and predation on eggs of *Leptoglossus phyllopus* (L.) (Hemiptera: Coreidae) in cowpea: impact of endosulfan sprays. *J. Agric. Urban Entomol*, 18(2), 105-115.
- Bayer CropScience. (2013). *Hoja de Datos de Seguridad*. Recuperado el 28 de Agosto de 2015, de http://www.bayercropscience.cl/msds/Baydir_HS_Serenade_ASO.pdf
- Bencheqroun, S. K., Bajji, M., Massart, S., Labhilili, M., El Jaafari, S., & Jijakli, M. H. (2007). In vitro and in situ study of postharvest apple blue mold biocontrol by *Aureobasidium pullulans*: evidence for the involvement of competition for nutrients. *Postharvest Biology and Technology*, 46(2), 128-135.
- Berradre, M., Sulbarán, B., Ojeda, G., Fernández, V., Soto, L., Martínez, J., y otros. (2012). Levaduras nativas aisladas durante la fermentación espontánea de uva blanca cv. Malvasía. *Vitae*, 19(1), s445-s447.
- Business Communications Company. (Febrero de 2010). *Biopesticides: The Global Market*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2014, de <http://www.bccresearch.com/market-research/chemicals/biopesticides-market-chm029c.html>
- Cai, Z., Yang, R., Xiao, H., Qin, X., & Si, L. (2015). Effect of preharvest application of *Hanseniaspora uvarum* on postharvest diseases in strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 52-58.
- Carrau, F. M. (2005). Levaduras nativas para enología de mínima intervención: biodiversidad, selección y caracterización. *Agrociencia*, 9(1-2), 387-399.

- Castoria, R., De Curtis, F., Lima, G., Caputo, L., Pacifico, S., & De Cicco, V. (2001). *Aureobasidium pullulans* (LS-30) an antagonist of postharvest pathogens of fruits: study on its modes of action. *Postharvest Biology and Technology*, 22(1), 7-17.
- CE. (27 de abril de 2015). *EU Pesticides database*. Recuperado el 30 de Abril de 2015, de http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=activesubstance.selection&language=EN
- Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN). (21 de Agosto de 2014). *CATASTRO FRUTÍCOLA CIREN-ODEPA*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2014, de http://www.odepa.cl/documentos_informes/catastro-fruticola-ciren-odepa/
- Chan, Z., & Tian, S. (2005). Interaction of antagonistic yeasts against postharvest pathogens of apple fruit and possible mode of action. *Postharvest Biology and Technology*, 36(2), 215-223.
- Di Maio, S., Polizzotto, G., Di Gangi, E., Foresta, G., Genna, G., Verzera, A., y otros. (2012). Biodiversity of indigenous *Saccharomyces* populations from old wineries of south-eastern Sicily (Italy): preservation and economic potential. *PloS one*, 7(2), e30428.
- Díaz-Montaño, D. M., & Ramírez, J. J. (2009). The fermentative and aromatic ability of *Kloeckera* and *Hanseniaspora* yeasts. En T. Satyanarayana, & G. Kunze, *Yeast Biotechnology: Diversity and Applications* (págs. 281-305). Dordrecht: Springer.
- Droby, S., Wisniewski, M., Macarisin, D., & Wilson, C. (2009). Twenty years of postharvest biocontrol research, is it time for a new paradigm? *Postharvest Biology and Technology* 52, 52(2), 137-145.

- Eckert, J. W., & Ogawa, J. M. (1988). The chemical control of postharvest diseases: Deciduous fruits, berries, vegetables and root/tuber crops. *Annual Review of Phytopathology*, 26(1), 433-469.
- El-Ghaouth, A., Wilson, C. L., & Wisniewski, M. (1998). Ultrastructural and cytochemical aspects of the biological control of *Botrytis cinerea* by *Candida saitoana* in apple fruit. *Phytopathology*, 88(4), 282-291.
- Esteve-Zarzoso, B., Manzanares, P., Ramón, D., & Querol, A. (2010). The role of non-Saccharomyces yeasts in industrial winemaking. *International Microbiology*, 1(2), 143-148.
- Frost & Sullivan. (18 de Noviembre de 2009). The North American and Western European Biopesticides Markets Will Grow Strong Thanks to Chemical-free Crops.
- Fruits from Chile. (22 de Mayo de 2014). *Chile y su Industria Frutícola*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2014, de <http://www.fruitsfromchile.com/esp/industry.php>
- Hernández-Hernández, A., & Hernández-Villalobos, A. (2001). *Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión* (4ta ed.). Ciudad de México: Ecafsa.
- Ippolito, A., El Ghaouth, A., Wilson, C. L., & Wisniewski, M. (2000). Control of postharvest decay of apple fruit by *Aureobasidium pullulans* and induction of defense responses. *Postharvest Biology and Technology*, 19(3), 265-272.
- Jijakli, M. H., & Lepoivre, P. (1998). Characterization of an exo- β -1, 3-glucanase produced by *Pichia anomala* strain K, antagonist of *Botrytis cinerea* on apples. *Phytopathology*, 88(4), 335-343.
- Lachance, M. A. (1995). Yeast communities in a natural tequila fermentation. *Antonie van Leeuwenhoek*, 68(2), 151-160.

- Leng, P., Zhang, Z., Pan, G., & Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*, *10*(86), 19864-19873.
- Lima, G., Ippolito, A., Nigro, F., & Salerno, M. (1997). Effectiveness of *Aureobasidium pullulans* and *Candida oleophila* against postharvest strawberry rots. *Postharvest Biology and Technology*, *10*(2), 169-178., *10*(2), 169-178.
- Liu, H. M., Guo, J. H., Cheng, Y. J., Luo, L., Liu, P., Wang, B. Q., y otros. (2010). Control of gray mold of grape by *Hanseniaspora uvarum* and its effects on postharvest quality parameters. *Ann Microbiol*, *60*(1), 31-35.
- Montealegre, J. R. (2013). Contexto de la situación del control biológico en Chile. En J. R. Montealegre, & M. P. Luz, *Control biológico de enfermedades de las plantas en Chile* (págs. 21-31). Santiago de Chile: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
- Mounir, R., Durieux, A., Bodo, E., Allard, C., Simon, J. P., Achbani, E. H., y otros. (2007). Production, formulation and antagonistic activity of the biocontrol like-yeast *Aureobasidium pullulans* against *Penicillium expansum*. *Biotechnol Letters*, *29*(4), 553-559.
- Nunes, C. A. (2012). Biological control of postharvest diseases of fruit. *European Journal of Plant Pathology*, *133*(1), 181-196.
- ODEPA. (20 de Noviembre de 2014a). *Frutas Frescas*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2014, de <http://www.odepa.cl/rubro/frutas-frescas/>
- ODEPA. (12 de Diciembre de 2014b). *Superficie cultivada con Hortalizas*. Recuperado el 2015 de Mayo de 15, de <http://www.odepa.cl/superficie-cultivada-con-hortalizas-3/>
- ODEPA. (2015a). *Boletín Frutícola Enero 2015*. Recuperado el 28 de Abril de 2015, de <http://www.odepa.cl/boletin/boletin-fruticola-enero-2015/>

- ODEPA. (18 de Marzo de 2015b). *Frutales: Superficie y Producción*. Recuperado el 16 de Abril de 2015, de <http://www.odepa.cl/frutales-superficie-y-produccion-2/>
- Palou, L., Usall, J., Smilanick, J. L., Aguilar, M. J., & Vinas, I. (2002). Evaluation of food additives and low-toxicity compounds as alternative chemicals for the control of *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum* on citrus fruit. *Pest management science*, *58*(5), 459-466.
- Qin, X., Xiao, H., Xue, C., Yu, Z., Yang, R., Cai, Z., y otros. (2015). Biocontrol of gray mold in grapes with the yeast *Hanseniaspora uvarum* alone and in combination with salicylic acid or sodium bicarbonate. *Postharvest Biology and Technology*, *100*, 160-167.
- SAG. (29 de Noviembre de 2014). *Autoriza el ingreso y uso experimental de una muestra del plaguicida botector*. Recuperado el 16 de Mayo de 2015, de http://www.sag.gob.cl/sites/default/files/8825_29112014_plaguicidas.pdf
- SAG. (2015). *Evaluación y autorización de plaguicidas*. Recuperado el 10 de abril de 2015, de <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/evaluacion-y-autorizacion-de-plaguicidas/1367/registros>
- Schena, L., Nigro, F., Pentimone, I., Ligorio, A., & Ippolito, A. (2003). Control of postharvest rots of sweet cherries and table grapes with endophytic isolates of *Aureobasidium pullulans*. *Postharvest Biology and Technology*, *30*(3), 209-220.
- Snowdon, A. L. (1990). *A color atlas of postharvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol1. General introduction and fruits*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

- Spadaro, D., & Gullino, M. L. (2004). State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases. *International journal of food microbiology*, *91*(2), 185-194.
- Vargas, M., Berríos, J., Tapia, M., & Nally, C. (2010). Actividad de biocontrol de levaduras nativas . *XIX Congreso Chileno Sociedad Chilena de Fitopatología*, (pág. 51). Pucón.
- Venturin, C., Boze, H., Moulin, G., & Galzy, P. (1995). Glucose metabolism, enzymic analysis and product formation in chemostat culture of *Hanseniaspora uvarum*. *Yeast*, *11*(4), 327-336.
- Zhang, D., Spadaro, D., Garibaldi, A., & Gullino, M. L. (2010). Efficacy of the antagonist *Aureobasidium pullulans* PL5 against postharvest pathogens of peach, apple and plum and its modes of action. *Biological Control*, *54*(3), 172-180.
- Zhang, H., Wang, S., Huang, X., Dong, Y., & Zheng, X. (2008). Integrated control of postharvest blue mold decay of pears with hot water treatment and *Rhodotorula glutinis*. *Postharvest Biology and Technology*, *49*(2), 308-313.

CAPITULO 3.

SÍNTESIS DE PROCESO

En el diseño de cualquier tipo de proceso es necesario realizar una elección de las operaciones y tipos de equipos utilizar, de modo que posteriormente se puedan realizar los balances de masa y energía correspondientes.

De acuerdo a los objetivos y a la información planteada en los capítulos anteriores, en esta sección se establecerán los procesos y características involucrados en la producción de las levaduras *H. uvarum* y *A. pullulans*.

3.1 TIPOS DE FORMULACIÓN

Para el diseño de la formulación se ocupará la información obtenida por Burges & Jones (1998). Donde elaboraron un libro sobre la información y diseño de biocontroladores, en este documento se pueden encontrar ejemplos y explicaciones de formulaciones, detallando sobre los principios que las rigen, siendo vigentes en la actualidad.

Algunos biocontroladores que han demostrado ser muy efectivos en el laboratorio, fallan en plantaciones, incluso aun después del desarrollo del mismo como producto (Burges & Jones, 1998). Causas comunes son poca estabilidad del producto durante el almacenaje previo la aplicación, por lo que muy poca sustancia activa realmente llega al lugar de acción, y/o una rápida degradación de la sustancia activa al momento del contacto con el objetivo.

La formulación de biocontroladores se puede separar en dos clases, estas son formulaciones sólidas y líquidas. En la tabla 3.1 se muestran los distintos tipos.

Tabla 3.1: Formulaciones de biocontroladores.

Tipo	Formulación
Sólida	Polvos secos, pellets, gránulos y briquetas, polvos mojables
Líquida	Concentrados y Emulsiones

Fuente: Elaboración propia a partir de Burges & Jones (1998).

3.1.1 Polvo seco

Son polvos basados en transportadores inertes, normalmente con una baja capacidad absorbente, son partículas que su tamaño va en un rango de 5-10 [mm]. Las partículas menores a 10 [mm³] son abrasivas y también presentan un riesgo de inhalación, sin embargo entre más pequeñas se adhieren mejor (Burges & Jones, 1998).

En su aplicación son llevados por corrientes de aire que penetra por el follaje de las plantas, las partículas pequeñas quedan en la superficie, mientras que las más grandes caen. Usualmente solo el 10% de las partículas se adhiere a la superficie (Burges & Jones, 1998).

3.1.2 Gránulos, pellets y briquetas

Los gránulos son masas discretas, de 5-10 [mm³] de tamaño, mientras que los pellets son de un tamaño superior a 10 [mm³] y las briquetas son largos bloques que pueden tener muchos centímetros cúbicos. Todos estos formulados al igual que el polvo contienen un transportador inerte, estos pueden ser minerales, polímeros de almidón, fertilizantes secos y residuos de plantas, con una composición de un 5-20% de microorganismo, que normalmente tiene un valor de 15%.

Estos productos no presentan el problema de peligro de inhalación, no son llevados por el viento, pueden ser medidos y pesados con facilidad, a diferencia de los polvos. Los productos más grandes son aplicados

principalmente en cuerpos acuosos, obteniendo una ventaja de penetración en el follaje (Burges & Jones, 1998).

3.1.3 Polvos mojables

Los polvos mojables predominaron el mercado inicial, formulados con aditivos para hacerlos estables durante su almacenaje y rápidamente miscibles en agua. Al igual que con las otras formulaciones si se ocupa agua como transportador es necesario que esta sea purificada para evitar dañar a los microorganismos (Burges & Jones, 1998). Los polvos mojables contienen 50-80% de polvo técnico, 15-45% de relleno, 1-10% de dispersante. Normalmente se le agrega un mineral como la sílica para prevenir aglomerados o fundiciones.

Los polvos mojables y gránulos dispersables en agua son mezclados con agua para formar sprays, donde los solutos se disuelven. Estos incluyen enzimas, nutrientes bacterianos y aditivos, los que pueden ser surfactantes o azúcares (Burges & Jones, 1998).

3.1.4 Suspensiones concentradas

Estas son esencialmente suspensiones de microorganismos en líquidos, usualmente agua o aceite. Su concentración de organismos son entre 10-40% [p/p]. El producto tiene que resistir pequeñas fuerzas como el sedimento de partículas durante el almacenamiento, el dispersante ayuda a disminuir el sedimento del producto (Burges & Jones, 1998).

3.1.5 Emulsiones

Las emulsiones reducen la sedimentación de partículas durante el almacenaje y durante el estanco de spray. Un surfactante (emulsionante) apropiado es fundamental para la formación estable de una emulsión. Una vez formada la emulsión esta tiene que ser mantenida. La separación del emulsionado puede ocurrir a temperaturas extremas, también la emulsión puede ser afectada por la dureza del agua y su pH.

3.1.6 Selección del tipo de formulación

Las formulaciones líquidas requieren la adición de muchas sustancias para evitar sedimentaciones dentro del producto al momento de almacenar y aplicar. Se requiere además estudiar el efecto de los aditivos que se ocuparán, ya que estos pueden afectar el comportamiento de las gotas en el follaje, influyendo en el porcentaje de producto que llega finalmente al objetivo (Burges & Jones, 1998).

Los productos en polvo tienen un manejo más sencillo, pudiendo ser ocupados tanto con producciones agrícolas de baja y alta escala, y con equipos de bajo costo. El polvo al tener un diámetro menor puede penetrar mejor en el follaje de las plantas, y presenta una menor pérdida de producto, ya que al ser de menor peso que los productos granulares no escurre tan fácilmente por los costados del cultivo (Burges & Jones, 1998).

Para definir la formulación del producto se ocupan proporciones diseñadas por Mounir et al. (2007). Donde se hace incapie a la importancia de la adición de almidón para prevenir mayores pérdidas de viabilidad (Mounir et al., 2007). A esta formulación se le añadió silicato de aluminio, cuya función es evitar el aglomeramiento de las partículas de producto durante el mezclado con agua, debido a que tiene una función dispersante (Burges & Jones, 1998). La composición del producto es presentada en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Fórmula del producto.

Compuesto	% P/P
Biomasa	34.1
Agua	7.5
Almidón	48.4
Silicato de Aluminio	10.0

Fuente: Elaboración propia.

3.2 DEFINICION DEL PROCESO

El proceso de producción de biocontroladores posee 3 procesos principales:

3.2.1 Producción

La producción de biocontroladores en base a *H. uvarum* y *A. pullulans* consiste básicamente en un proceso de fermentación de dichas especies, recuperando la masa celular producida, y formulando un producto factible de ser aplicado en los campos de cultivo.

3.2.2 Recuperación

Dentro de las operaciones de separación sólido líquido existentes, las más utilizadas en la industria de fermentación al separar un microorganismo del caldo de cultivo, son la filtración y centrifugación. Para el caso de microorganismos unicelulares, como la levadura, su morfología y densidad hacen de la centrifugación el sistema más adecuado (Illanes, 1994). Por este motivo el tipo de separación seleccionado es la centrifugación.

3.2.3 Secado

El objetivo es eliminar cantidades relativamente pequeñas de agua o disolvente residual a partir de materiales tales como cristales, precipitados, y la biomasa celular, logrando de esta manera un producto adecuado para el envasado y almacenamiento (Doran, 2013).

Existen varias formas de secar un material. En el caso de productos biológicos una limitante en la selección del método de secado, es la temperatura que puede soportar el material de interés sin perder actividad (Tejada, Montesinos, & Guzmán, 2011).

En la figura 3.1 se presenta el diagrama de bloques, el cual indica las operaciones unitarias más adecuadas para el proceso.

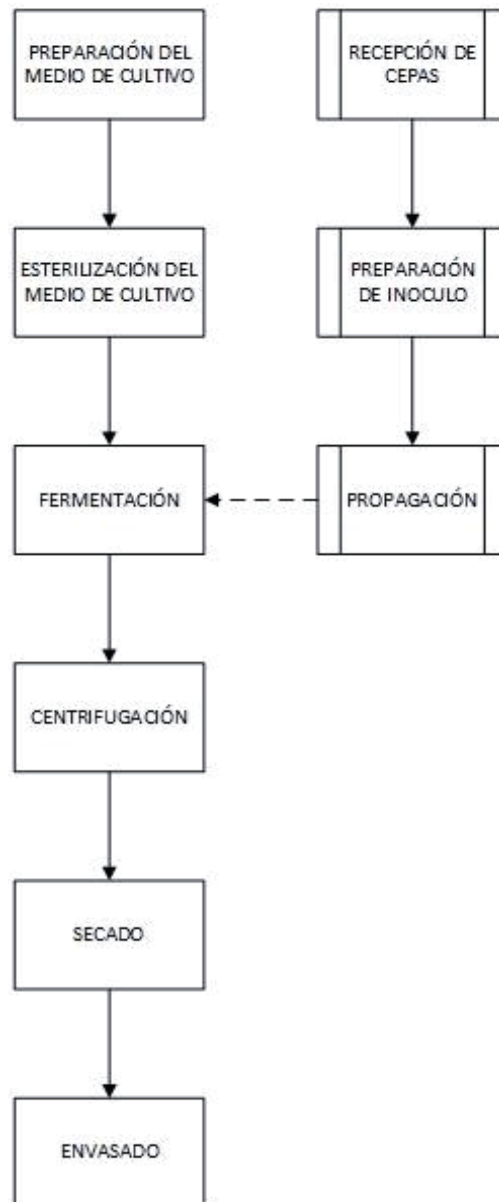


Figura 3.1: Diagrama de Bloques del Proceso.

3.3 ETAPAS PREVIAS A LA FERMENTACIÓN

3.3.1 Mantenimiento de la cepa

La cepa se mantendrá en tubos eppendorf con 30% de glicerol en refrigerador a -20°C . Para cada propagación, se tomará un tubo y será inoculado en un matraz erlenmeyer de 100 [mL] con 20 [mL] de medio de cultivo a las

condiciones definidas para la propagación, por un lapso de 12 horas. De esta forma se espera alcanzar la concentración celular final determinada para el medio de cultivo.

3.3.2 Medio de cultivo

Aureobasidium pullulans

A. pullulans es una levadura popularmente conocida como la levadura negra, esto debido a la producción de melanina (de Hoog, 1993). Desde un punto de vista ecológico las cepas de *A. pullulans* se pueden encontrar en todas partes, desde tierra, tierra de la Antártida, agua, madera, materiales vegetales, rocas, monumentos (Urzi, De Leo, Passo, & Criseo, 1999). *A. pullulans* tiene la capacidad de esporular mediante ascosporas endógenas (Zalar, Gostinčar, de Hoog, Sudhadham, & Gunde-Cimerman, 2008), formando parte de la división llamada *Ascomycota*.

En las últimas dos décadas se ha encontrado diferentes utilidades para *A. pullulans*, dentro de las que se puede destacar la producción de pululano, un polisacárido formado por unidades de maltotriosa. Este polisacárido es de gran importancia económica, con un incremento en sus aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica, agrícola y química (Singh, Saini, & Kennedy, 2008).

Fuente de Carbono

La fuente de carbono elegida para el cultivo es la glucosa, debido a que es normalmente utilizada para cultivos de *A. pullulans*, también fue estudiado su efecto en diferentes concentraciones sobre el metabolismo de *A. Pullulans* por Seo et al. (2004). De esta forma se obtuvo información sólo basada en estudios que utilizaban glucosa como fuente de carbono.

Medio de cultivo

El medio de cultivo seleccionado y condiciones de cultivo fueron propuestos por Mounir et al. (2007). Este medio es usado tanto para la propagación del cultivo como para la fermentación final, descrito en las tablas 3.3, 3.4 y 3.5.

Tabla 3.3: Medio de cultivo para *A. pullulans*.

Compuesto	Concentración
Solución concentrada de sales	5,00 [mL/L]
Extracto de levadura	30,00 [g/L]
Peptona de soya	30,00 [g/L]
Na ₂ SO ₄	0,37 [g/L]
K ₂ SO ₄	4,50 [g/L]
KH ₂ PO ₄	6,00 [g/L]
MgSO ₄ x 7H ₂ O	3,00 [g/L]
Glucosa	110,00 [g/L]
Solución concentrada de vitaminas	5,00 [mL/L]

Fuente: Mounir et al. (2007).

Tabla 3.4: Solución concentrada de minerales

Compuesto	Concentración [g/L]
MnCl ₂ * 4H ₂ O	0,32
CuSO ₄ * 5H ₂ O	0,49
ZnSO ₄ * 7H ₂ O	5,75
CoCl ₂ * 6H ₂ O	0,48
Na ₂ MoO ₄ * 2H ₂ O	0,49
EDTA	15,00
CaCl ₂ * 2H ₂ O	2,94
FeSO ₄ * 7H ₂ O	2,78

Fuente: Mounir et al. (2007).

Tabla 3.5: Solución concentrada de vitaminas

Compuesto	Concentración [g/L]
Tiamina HCl	1,0
Piridoxina HCl	1,0
Ácido nicotínico	1,0
D-biotina	1,0
Ca-pantotenato	1,0

Continuación tabla 3.5

Compuesto	Concentración [g/L]
Ácido p-aminobenzoico	0,2
Inositol	5,0

Fuente: Mounir et al. (2007).

Hanseniaspora uvarum

H. uvarum es una levadura anaerobia facultativa, que presenta un metabolismo respiratorio y además son sensibles a las variaciones de oxígeno en el medio (Escalante et al., 2011). *H. uvarum* no posee efecto Crabtree, es decir el aumento de concentración de glucosa en el medio no afecta la respiración, no obstante, pueden producirse pequeñas cantidades de etanol, glicerol y acetato, lo cual explica una disminución en el rendimiento en biomasa en altas concentraciones de sustrato (Escalante et al., 2011). La capacidad de esporulación de *H. uvarum* fue estudiada por Miller & Phaff (1958). Estudio donde se estableció que *H. uvarum* tenía la capacidad de esporular mediante ascosporas, formando esporas de formas circulares y con forma de gorros (Miller & Phaff, 1958).

Fuente de Carbono

Para la fuente de carbono se ocupará glucosa. La capacidad fermentativa de la cepa frente a otros azúcares de uso industrial (tabla 3.6), sólo permite el uso de este sustrato.

Tabla 3.6: Capacidad fermentativa de *H. uvarum*.

Sustrato	Capacidad
Glucosa	Positivo
Galactosa	Negativo
Maltosa	Negativo
Lactosa	Negativo

Continuación tabla 3.6

Rafinosa	Negativo
----------	----------

Sustrato	Capacidad
Trehalosa	Negativo

Fuente: Kurtzman, Fell & Boekhout (2011).

Medio de cultivo

El medio de cultivo seleccionado para el crecimiento de la cepa *H. uvarum* fue diseñado por Venturin et al. (1995) , al igual que las condiciones de cultivo que se muestran en la sección 3.4.2. En este diseño se hace insistencia a que la adición de peptona es necesaria para el crecimiento y que la concentración de glucosa dentro del medio se debe mantener a 110 [mM] (tabla 3.7).

Tabla 3.7: Composición del medio de cultivo *H. uvarum*

Compuesto	Concentración
KH ₂ PO ₄	2,00 [g/L]
(NH ₄) ₂ SO ₄	4,00 [g/L]
NH ₄ H ₂ PO ₄	12,00 [g/L]
NaCl	0,20 [g/L]
MgSO ₄ * 7H ₂ O	1,00 [g/L]
CaCl ₂ * 2H ₂ O	0,20 [g/L]
H ₃ BO ₄	1,00 [mg/L]
CuSO ₄ * 5H ₂ O	0,08 [mg/L]
KI	0,20 [mg/L]
MnSO ₄ * H ₂ O	0,80 [mg/L]
Na ₂ MoO ₄	0,40 [mg/L]
ZnSO ₄	0,80 [mg/L]
FeCl ₃ * 6H ₂ O	11,90 [mg/L]
Pantotenato	4,00 [mg/L]
Tiamina	4,00 [mg/L]
Inositol	66,00 [mg/L]
Piridoxina	4,00 [mg/L]

Continuación tabla 3.7

Ácido nicotínico	1,00 [mg/L]
------------------	-------------

Compuesto	Concentración
Biotina	0,66 [mg/L]
peptona	2,00 [g/L]

Fuente: Venturin et al. (1995).

3.3.3 Esterilización del medio de cultivo

A modo de asegurar la inexistencia de contaminación durante la fermentación, una de las operaciones que se deben llevar a cabo es la esterilización del medio de cultivo.

La esterilización por calor es la más económica y eficiente para los requerimientos generales de una fermentación (Lee, 2001). Este proceso es llevado a cabo principalmente por dos formas de operación, discontinua o continua. En la primera, el calentamiento del medio de cultivo es lento y se producen daños a compuestos volátiles. En cambio, los esterilizadores continuos elevan la temperatura en forma prácticamente instantánea, razón por la cual hoy en día son los más utilizados. Dentro de los esterilizadores continuos, la esterilización directa de vapor de agua es el más utilizado a nivel industrial (Moritz, 2002). En la figura 3.2 se muestra un esquema de este sistema de esterilización.

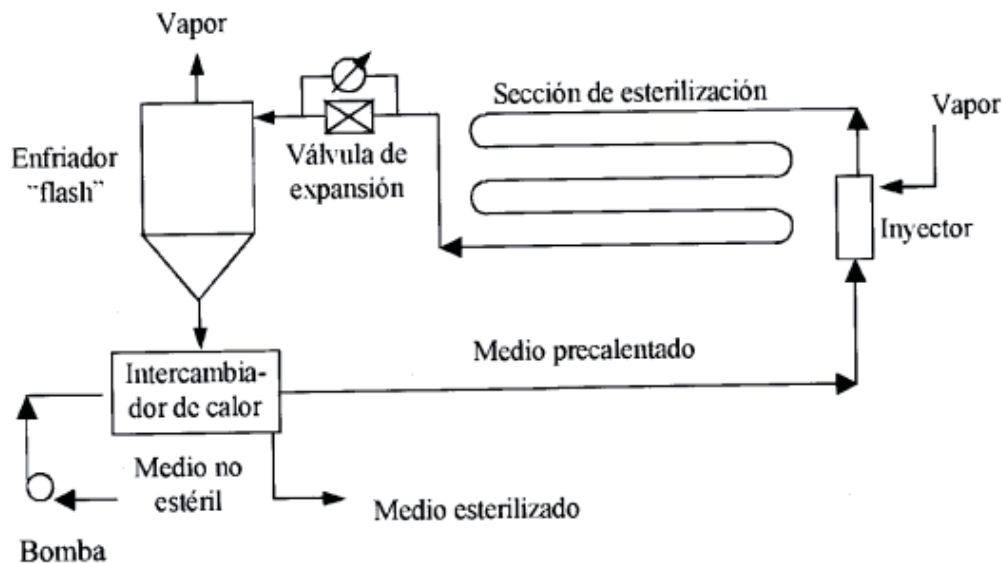


Figura 3.2: Esquema de un tipo de esterilizador continuo de medio de cultivo.

Fuente: Moritz (2002).

Debido a que el medio de cultivo a utilizar contiene compuestos termosensibles, como las vitaminas, la esterilización de estas se llevará a cabo a través de microfiltración. En este proceso las membranas típicamente utilizadas son fabricadas de ésteres de celulosa u otros polímeros, con tamaños de poro entre 0,22-0,45 [μm]. Sin embargo, las membranas de 0,2 [μm] no retienen micoplasmas ni virus, por lo que el uso de membranas de 0,1 [μm] se ha extendido bastante en busca de una completa esterilidad (Doran, 2013).

3.3.4 Esterilización del aire

Actualmente la filtración a través de membrana microporosa está siendo utilizada para filtrar aire en procesos biotecnológicos. Las membranas son instaladas en cartuchos, disponibles en varios tamaños y las membranas utilizadas pueden ser esterilizadas con vapor (Moritz, 2002).

3.3.5 Propagación de microorganismo

Para poder realizar la fermentación de ambos microorganismos es necesario preparar un inóculo adecuado para el volumen definido. El volumen final de la

fermentación para ambas cepas será el mismo, por lo que el procedimiento de propagación también será similar. La propagación se realizara inoculando un 10% del volumen de la etapa previa para cada propagación, iniciando con 20 [mL] de cultivo (sección 3.3.1) como representado en la figura 3.3, incluyendo fermentaciones en matraces y en reactores.

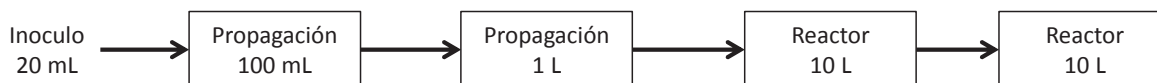


Figura 3.3: Propagación de cepas

3.4 FERMENTACIÓN

En este proceso el objetivo de la fermentación es la producción de biomasa, debido a esto la modalidad de cultivo así como las condiciones dentro del fermentador están orientadas a lograr el máximo rendimiento posible.

3.4.1 Modalidad de cultivo

Aureobasidium Pullulans

Para *A. pullulans* el modo de cultivo será por lotes. Todos los estudios respecto a la producción y crecimiento de *A. pullulans* están relacionados a esa modalidad de producción, por lo que se encuentra mayor información disponible respecto a su comportamiento y características.

Hanseniaspora uvarum

La modalidad de cultivo elegida es de cultivo continuo, este cultivo permite elegir a voluntad la velocidad específica de crecimiento y mantener la población en un estado fisiológico definido, constante y seleccionable. Este tipo de cultivo es más productivo que el cultivo por lotes, ya que no genera tiempos muertos de carga/descarga y se presta mejor para una operación automatizada que entregue productos de calidad constante (Acevedo & Gentina, 2002).

3.4.2 Condiciones de Fermentación

Aureobasidium Pullulans

Temperatura

La temperatura de trabajo será de 32°C, debido a que es la temperatura a la cual se obtiene el mayor rendimiento de biomasa y menor producción de metabolitos secundarios (McNeil & Kristiansen, 1990).

pH

El pH es crítico en la producción de biomasa en *A. pullulans*, debido a que el pH afecta en su morfología (Seo et al., 2004). Para la producción de biomasa el pH debe ser ajustado a 5, esto permitirá el mejor rendimiento en biomasa en comparación a otros valores. El pH será regulado por la adición de NaOH 2M o una solución 10% v/v de H₃PO₄. (Mounir et al., 2007)

Aireación y agitación

Las condiciones de agitación y de aireación para la producción de *A. pullulans*, fueron diseñadas por Mounir et al (2007), las cuales corresponden a 300 [rpm] y 1 [vvm] respectivamente. Estas condiciones no difieren mucho de otras utilizadas por McNeil & Kristiansen (1990) y Seo et al. (2004).

Hanseniaspora uvarum

Tasa de dilución

La tasa de dilución será fijada a 0,28 [h⁻¹], ya que a esta tasa se logra el máximo rendimiento de biomasa ($Y_{x/s}=0,38$ [g/g]). La tasa de dilución puede ser modificada entre 0,2-0,3 sin variar significativamente el rendimiento.

Temperatura

La temperatura de fermentación para *H. uvarum* será de 30°C, siendo ésta, la temperatura óptima en comparación con las otras estudiadas (34°C, 37°C), mostrando el mayor rendimiento en biomasa (García-Martos et al., 1999).

pH

El valor de pH será fijado a 5.0, regulado mediante la adición de 2 N- NaOH y 2 N – H₂SO₄, esto de acuerdo a Venturin et al. (1995).

Aireación y Agitación

H. uvarum es muy sensible a cambios en la concentración de oxígeno en el medio (Escalante et al., 2011). El suministro de bajas concentraciones de oxígeno o variaciones en el flujo de aire, puede conducir a un metabolismo respiro-fermentativo mixto, con la consecuente disminución del crecimiento y la producción de compuestos químicos (Escalante et al., 2011).

Para estimar la aireación necesaria para evitar un mecanismo fermentativo mixto, se utiliza como base de cálculo el consumo específico de oxígeno obtenido por Venturin et. al, 1995 (tabla 3.8).

Tabla 3.8: Valor de consumo específico de oxígeno para *H. uvarum*.

Parametro	Valor
qO_2	11 [mmol*g ⁻¹ *h ⁻¹]

Fuente: Venturin et al, 1995.

La agitación de *H.uvarum* se realizará a 300 [rpm]. (Venturin et. al, , 1994).

3.5 CENTRIFUGACIÓN

Los equipos de centrifugación más usados en bioprocesos son las centrífugas de discos, en sus diferentes diseños, y las de rotor tubular (Aroca & Zúñiga, 2002).

3.5.1 Centrífugas tubulares

Las centrífugas tubulares consisten en un tubo vertical que gira a altas velocidades, capaces de separar partículas de hasta $0,1 \text{ } [\mu\text{m}]$. Pueden contar con un sistema de enfriamiento.

La alimentación es por la parte inferior (figura 3.4). En caso de separaciones líquido-sólido, los sólidos sedimentan en la pared del tubo, conforme se forma la torta el área de flujo se reduce y el tiempo de residencia disminuye, esto genera un aumento del contenido de sólidos en el sobrenadante. En un momento determinado la torta debe ser descargada manualmente, por lo que su operación es por lotes (Tejada et al., 2011). En caso de separaciones líquido-líquido operan de forma continua.

Un modelo industrial típico de un tubo de $11,5 \text{ } [\text{cm}]$ de diámetro y $76 \text{ } [\text{cm}]$ de longitud, puede girar hasta $15.000 \text{ } [\text{rpm}]$ desarrollando campos de hasta $12.000 \text{ } \text{ges}$, con un flujo entre $500\text{-}3500 \text{ } [\text{L/h}]$ o de $2 \text{ a } 4 \text{ } [\text{Kg/lote}]$ (Tejada et al., 2011). Aroca & Zúñiga (2002) nos entregan un margen más amplio diciendo que pueden operar a nivel industrial entre 15.000 y $20.000 \text{ } \text{ges}$ con un flujo de $15\text{-}1.500 \text{ } [\text{L/h}]$.

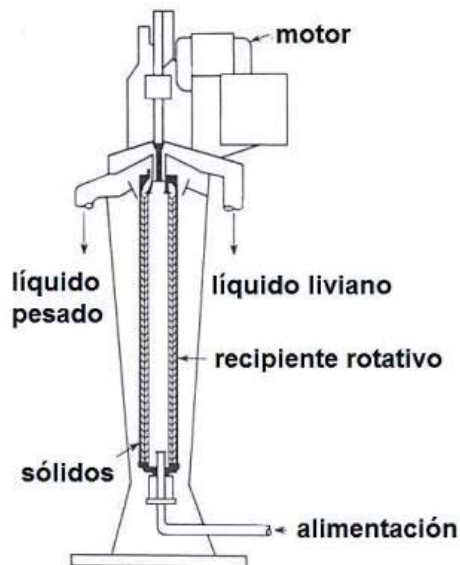


Figura 3.4: Centrífuga tubular

3.5.2 Centrífugas de discos

La centrífuga de discos consta de un eje vertical sobre el cual se monta un conjunto de discos en forma de conos truncados, uno sobre el otro. El rotor provoca el giro tanto de los discos como del tazón de la centrífuga (figura 3.5).

Para la descarga de sólidos esta centrífuga puede operar por lotes (<1% de sólidos), de forma intermitente (<10% sólidos) o continua (>10% sólidos), estas dos últimas poseen boquillas ubicadas en la periferia del tazón (Tejada et al., 2011).

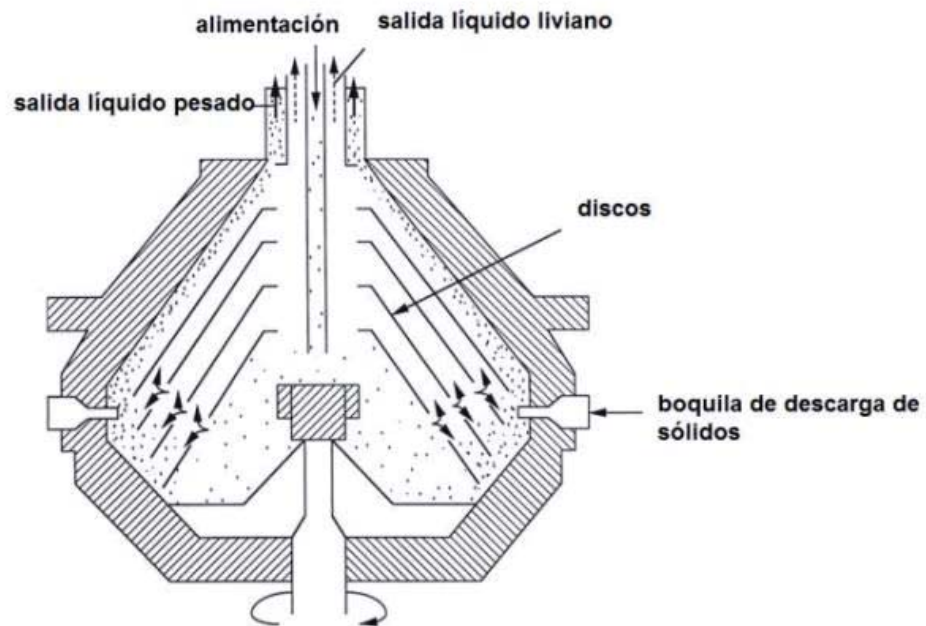


Figura 3.5: Centrífuga de discos con boquilla

En operación por lote el flujo puede variar entre 0,4-1500 [L/h] y una fuerza centrífuga de 5.000-8.000 ges, para un tazón de diámetro de 22 a 44 [cm]. Para operaciones intermitentes o continuas, generan campos de hasta 15.000 ges para flujos entre los 4-1500 [L/h] (Tejada et al., 2011).

3.5.3 Selección del equipo

La centrífuga de discos es mucho más efectiva que la centrífuga tubular. Eso se debe a que el tiempo de residencia de la suspensión es alto y a que la distancia entre disco y disco es muy pequeña (Aroca & Zúñiga, 2002). También otra característica favorable de la centrífuga de discos es que posee una mayor facilidad de operación y un tiempo de vida útil prolongado, permitiendo operar de forma continua o discontinua, lo que se adecua a las dos condiciones de operación que presenta el proceso. Por último para la obtención de una torta de levadura, es la centrífuga recomendada (Rehm, 1967; Wiesmann & Binder, 1982).

3.6 SECADO

Los productos deshidratados preservan el inóculo durante un largo tiempo con alto porcentaje de viabilidad, estos productos secos resultan en buenas formulaciones para agentes microbianos debido a que pueden ser manipulados mediante canales normales de distribución y almacenaje (Burges & Jones, 1998). Actualmente existen diversas técnicas disponibles para el secado de bioproductos, siendo las más importantes:

3.6.1 Liofilización (o secado por congelación)

La liofilización o secado por congelación, consiste en una rápida congelación del material por la exposición a un aire muy frío, eliminando el agua en forma de vapor por sublimación a presión reducida (Geankoplis, 2003).

Hoy en día, la liofilización se utiliza a menudo para el almacenamiento a largo plazo de muestras biológicas, productos alimenticios y productos farmacéuticos. Se puede lograr un aumento del número de células viables en una muestra liofilizada, esto cuando se añaden solutos tales como sacarosa, glicerol, o leche (Dominguez, 2011).

Las desventajas del secado por liofilización a gran escala son la contaminación cruzada y altos costos de operación. En el caso de hongos esporulantes se ha

obtenido porcentajes de viabilidad del 78% mediante el secado por liofilización, sin embargo también se ha comprobado que es difícil romper el congelamiento de queques secos de conidios, resultando en una pérdida de viabilidad mucho mayor en etapas posteriores a la etapa de secado (Jin & Custis, 2011).

3.6.2 Lecho Fluidizado

Un lecho fluidizado es un lecho de partículas sólidas con una corriente de aire caliente hacia arriba. Las partículas se suspenden libremente y son deshidratadas de forma simultánea por el rápido intercambio de calor y masa con el aire, en sistemas por lotes o continuos (Santivarangkna, Kulozik, & Foerst, 2007).

Los costos fijos y de fabricación de secado de lecho fluidizado son los más baratos después de secado al aire (tabla 3.7), y el proceso también es viable para la producción continua a gran escala (Santivarangkna et al., 2007).

El secado por lecho fluidizado opera a temperaturas más bajas que el secado por spray y consume menos energía que el secado por liofilizado (Guijarro, Larena, Melgarejo, & De Cal, 2006). El porcentaje de viabilidad obtenida para lecho en hongos esporulantes es de 61% (Guijaro et al., 2006), obteniendo un producto duradero en condiciones de refrigeración, sin embargo los productos obtenidos por secado por lecho fluidizado obtuvieron baja sobrevivencia en condiciones de almacenamiento promedio (Jin & Custis, 2011).

3.6.3 Secado por Aspersión

El secado por aspersión o spray es un método de producción de materiales de polvo seco a partir de un líquido o suspensión, éstas se rocían mediante un pulverizador al estanque por el cual circula el aire caliente, logrando el secado antes de que lleguen a la pared.

Las gotitas atomizadas tienen un área de superficie muy grande en forma de millones de gotas de tamaño micrométrico de 10-200 [μm], lo que resulta en

un tiempo de secado muy corto cuando se exponen a aire caliente en una cámara de secado (Santivarangkna et al., 2007).

Los secadores por aspersion son utilizado para la producciones de grandes volúmenes de productos termolábiles como enzimas, bacterias, levaduras, fármacos y proteínas (Prabakaran, 2008; Sloth et al., 2009), debido a que el tiempo del producto dentro de la cámara es cercano a los 50 segundos (Valentas, Rotstein, & Singh, 1997).

Mediante el secado por spray se obtienen bajos niveles de viabilidad debido a las altas temperaturas de operación, alrededor del 26%, sin embargo el producto obtenido presenta un alto grado de sobrevivencia posterior a la operación (Guijaro et al., 2006).

3.6.4 Selección del método de secado

El secado es una operación de la unidad de alto consumo energético; en consecuencia, la eficacia del secado y la eficiencia energética son motivo de consideración para la selección del equipo (Doran, 2013). El costo de los diferentes métodos de secado está ilustrado en la tabla 3.9:

Tabla 3.9: Costos de los métodos de secado

Método de secado	Costos Fijos (\$/Kg)	Costos de fabricación (\$/Kg)
Secado por aireación	610	17
Lecho Fluidizado	1000	17
Secado en tambor	1040	23
Secado por aspersion	1360	19
Secado a vacío	5860	49
Liofilización	1228	95

Fuente: Domínguez (2011); Roser (1991).

Finalmente se selecciona el secado por aspersión o spray, este es el más usado en la industria debido a su bajo costo en comparación con el secado por liofilización y bajo tiempo de secado en comparación al lecho fluidizado, siendo ocupado para el secado de gran cantidad de hongos que forman conidios (Jin & Custis, 2011).

La selección del atomizador a utilizar varía según el producto que se quiere tratar. Entre los atomizadores se encuentran las boquillas de dos fluidos, los cuales secan a una baja velocidad y son utilizados principalmente para obtener una partícula fina. Otro es el de boquilla con fluido a presión, este permite tratar mayores volúmenes y presenta un tamaño mayor de gota y más uniforme. El atomizador centrífugo es capaz de tratar fluidos no homogéneos, produciendo un tamaño de gota uniforme, sin requerir una alta presión en la alimentación. Además no se ve afectado si existe variación en la viscosidad, contenido de sólidos o velocidad de flujo de alimentación. En este atomizador el fluido se alimenta a una rueda que puede girar entre 6000-20000 [rpm], por lo que el líquido sale del disco como una película líquida que se rompe formando las gotas (Foust, Wenzel, Clump, Maus, & Andersen, 1984). Por estas consideraciones el atomizador seleccionado es del tipo centrífugo.

De esta manera el proceso definido queda establecido en las figuras 3.6 y 3.7, que corresponden a los diagramas de bloques para *A. pulullans* y *H. uvarum* respectivamente.

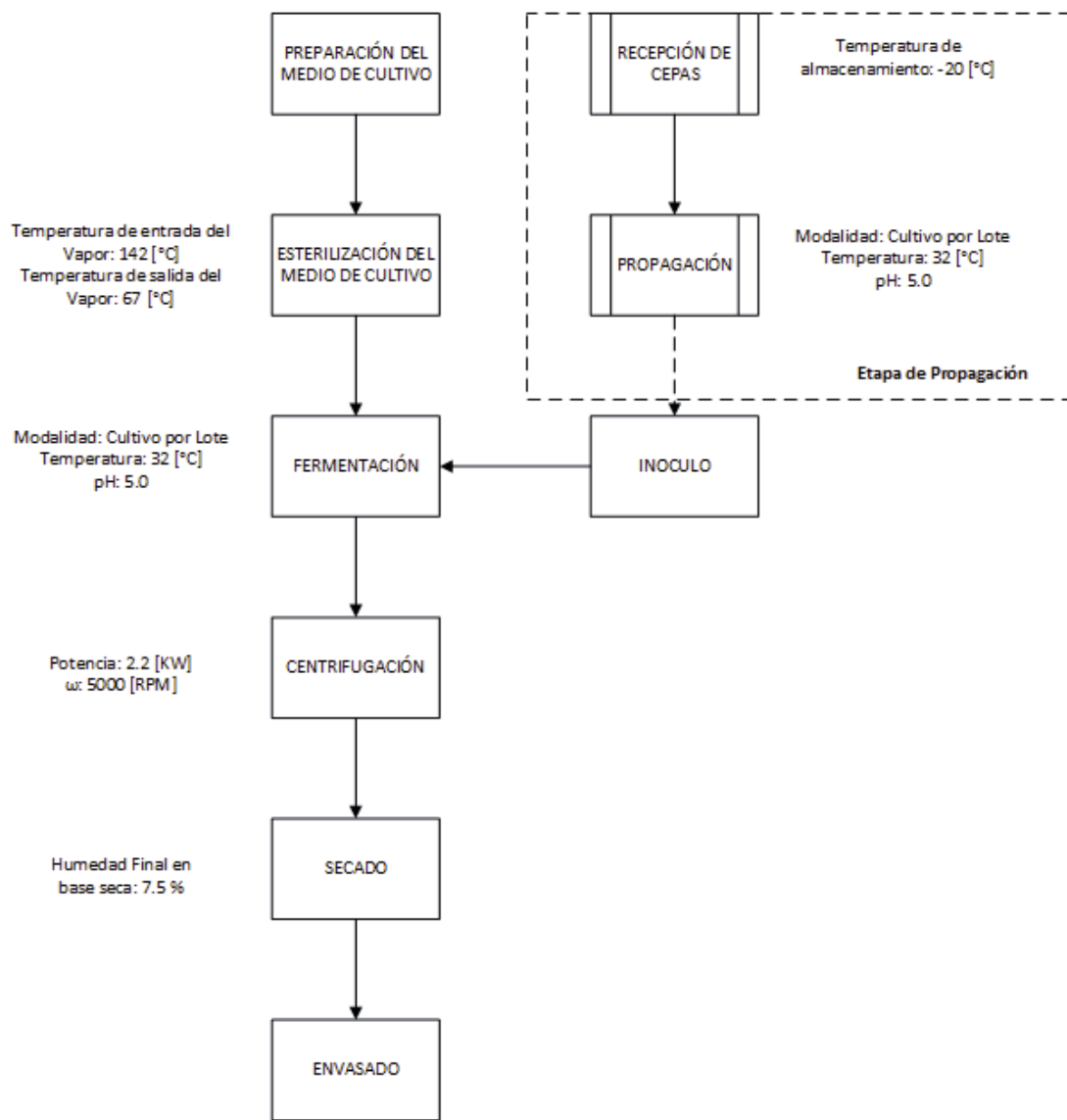


Figura 3.6: Diagrama de bloques para *A. pullulans*

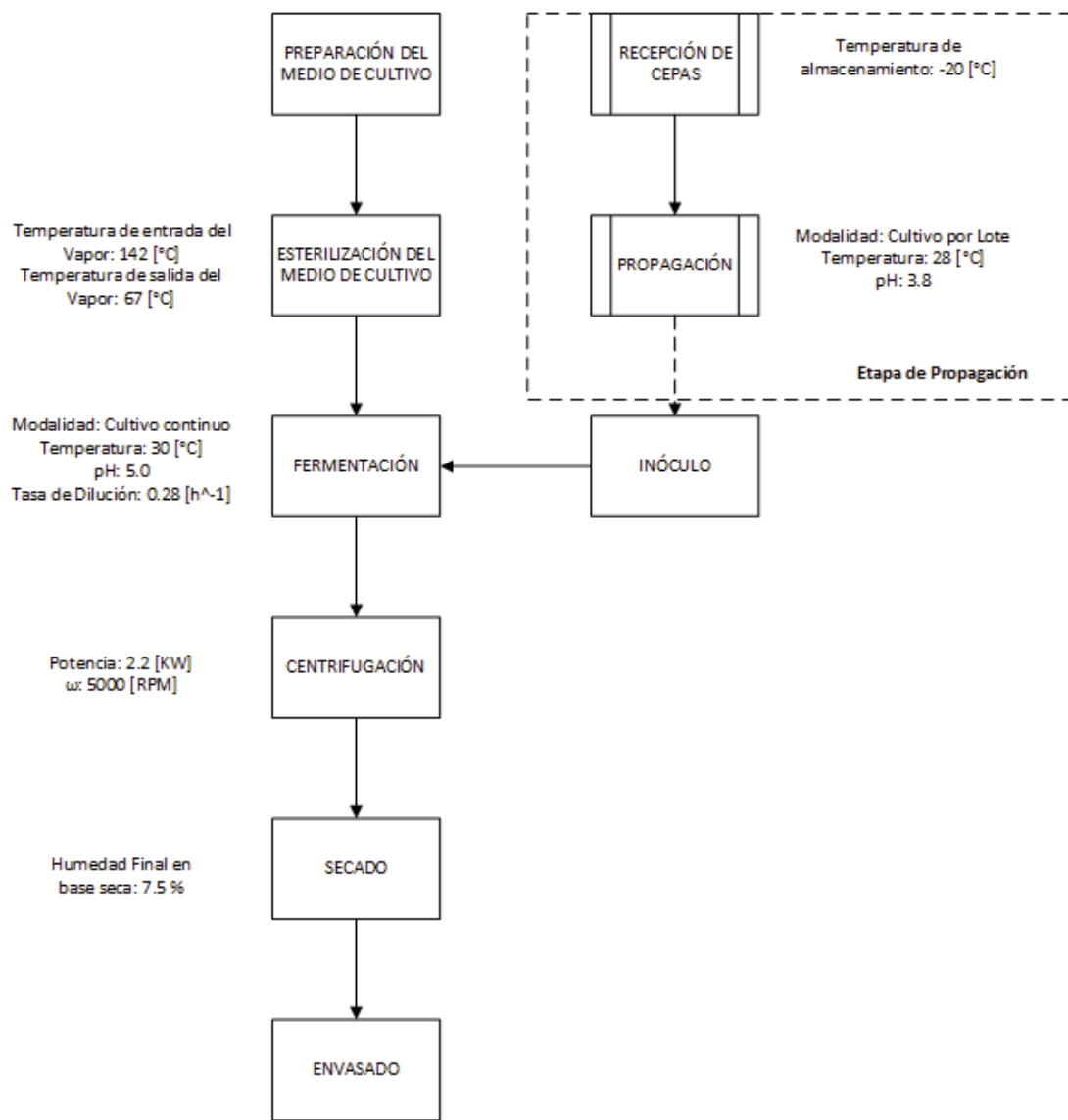


Figura 3.7: Diagrama de Bloques para *H. uvarum*

3.7 REFERENCIAS CAPÍTULO 3

- Acevedo, F., & Gentina, J. C. (2002). Cinética de fermentaciones. En F. Acevedo, J. C. Gentina, & A. Illanes, *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica* (págs. 91-168). Valparaíso: Ediciones universitarias de Valparaíso de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Aroca, G., & Zúñiga, M. E. (2002). Bioseparaciones. En F. Acevedo, J. C. Gentina, & A. Illanes, *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica* (págs. 293-347). Valparaíso: Ediciones universitarias de Valparaíso de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Burges, D., & Jones, K. (1998). *Formulation of microbial biopesticides*. Springer Science: Holanda.
- de Hoog, G. S. (1993). Evolution of black yeast: possible adaptation to the human host. *Antonie van Leeuwenhoek*, 63(2), 105-109.
- Dominguez, J. M. (2011). Drying. En M. Moo-Young, *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)* (2da ed., págs. 727-735). Amsterdam: Elsevier B.V.
- Doran, P. M. (2013). *Bioprocess Engineering Principles* (2da ed.). Waltham, Massachusetts, EE.UU.: Academic press.
- Escalante, W. E., Rychtera, M., Melzoch, K., Hatta, B., Quillama, E., Ludeña, Z., y otros. (2011). Actividad fermentativa de *Hanseniaspora uvarum* y su importancia en la producción de bebidas fermentadas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 31(1), 57-63.
- Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump, C. W., Maus, L., & Andersen, L. B. (1984). *Principios de operaciones unitarias*. México: Compañía Editorial Continental S.A. De C.V.
- García-Martos, P., Hernández-Molina, J. M., Galán, F., Ruiz-Henestrosa, J. R., García-Agudo, R., Palomo, M. J., y otros. (1999). Isolation of

- Hanseniaspora uvarum (Kloeckera apiculata) in humans. *Mycopathologia*, 144(2), 73–75.
- Geankoplis, C. J. (2003). *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*. Upper Saddle River, Nueva Jersey: Prentice Hal.
- Guijarro, B., Larena, I., Melgarejo, P., & De Cal, A. (2006). Effect of drying on conidial viability of *Penicillium frequentans*, a biological control agent against peach brown rot disease caused by *Monilinia* spp. *Biocontrol Science and Technology*, 16, 257-269.
- Illanes, A. (1994). *Bioteconología de Enzimas*. Valparaíso: Ediciones universitarias de Valparaíso de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Jin, X., & Custis, D. (2011). Microencapsulating aerial conidia of *Trichoderma harzianum* through spray drying at elevated temperatures. *Biological Control*, 56(2), 202-208.
- Kurtzman, C. P., Fell, J. W., & Boekhout, T. (2011). Summary of Species Characteristics. En C. P. Kurtzman, J. W. Fell, & T. Boekhout, *The Yeasts: A Taxonomic Study* (págs. 223-278). Elsevier.
- Lee, J. M. (2001). *Biochemical Engineering*. Washington: Prentice-Hall Inc.
- McNeil, B., & Kristiansen, B. (1990). Temperature effects on polysaccharide formation by *Aureobasidium pullulans* in stirred tanks. *Enzyme and Microbial Technology*, 12(7), 521-526.
- Miller, M. W., & Phaff, H. J. (1958). A comparative study of the apiculate yeasts. *Mycopathologia*, 10, 113-141.
- Moritz, V. (2002). Esterilización de medios de cultivo y aire. En F. Acevedo, J. C. Gentina, & A. Illanes, *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica* (págs.

269-292). Valparaíso: Ediciones universitarias de Valparaíso de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Mounir, R., Durieux, A., Bodo, E., Allard, C., Simon, J. P., Achbani, E. H., y otros. (2007). Production, formulation and antagonistic activity of the biocontrol like-yeast *Aureobasidium pullulans* against *Penicillium expansum*. *Biotechnol Letters*, 29(4), 553-559.

Prabakaran, G., & Hoti, S. L. (2008). Optimization of spray-drying conditions for the large-scale preparation of *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* after downstream processing. *Biotechnology and bioengineering*, 100(1), 103-107.

Rehm, H. J. (1967). *Industrielle Mikrobiologie*. Berlin: Springer.

Roser, B. (1991). Trehalose, a new approach to premium dried foods. *Trends in Food Science & Technology*, 2, 166-169.

Santivarangkna, C., Kulozik, U., & Foerst, P. (2007). Alternative drying processes for the industrial preservation of lactic acid starter cultures. *Biotechnology Progress*, 23(2), 302-315.

Seo, H. P., Chung, C. H., Kim, S. K., Gross, R. A., Kaplan, D. L., & Lee, J. W. (2004). Mass production of pullulan with optimized concentrations of carbon and nitrogen sources by *Aureobasidium pullulans* HP-2001 in a 100-L Bioreactor with the inner Pressure. *Microbiol Biotechnology*, 14(2), 237-242.

Singh, R. S., Saini, G. K., & Kennedy, J. F. (2008). Pullulan: microbial sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers*, 73(4), 515-531.

Sloth, J., Jørgensen, K., Bach, P., Jensen, A. D., Kiil, S., & Dam-Johansen, K. (2009). Spray drying of suspensions for pharma and bio products: drying kinetics and morphology. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(7), 3657-3664.

- Tejada, A., Montesinos, R., & Guzmán, R. (2011). *Bioseparaciones* (2da ed.). México: Pearson.
- Urzi, C., De Leo, F., Passo, C. L., & Criseo, G. (1999). Intra-specific diversity of *Aureobasidium pullulans* strains isolated from rocks and other habitats assessed by physiological methods and by random amplified polymorphic DNA (RAPD). *J Microbiol Methods*, *36*(1), 95-105.
- Valentas, K. J., Rotstein, E., & Singh, R. P. (1997). *Handbook of Food Engineering Practices*. New York: CRC Press.
- Venturin, C., Boze, H., Moulin, G., & Galzy, P. (1995). Glucose Metabolism, Enzymic Analisis and Product Formation in Chemostat Culture of *Hanseniaspora uvarum*. *Sciences des Aliments*, *11*(4), 327-336.
- Wiesmann, U., & Binder, H. (1982). Biomass separation from liquids by sedimentation and centrifugation. *Reaction Engineering*, 119-171.
- Zalar, P., Gostinčar, C., de Hoog, C., Sudhadham, M., & Gunde-Cimerman, C. (2008). Redefinition of *Aureobasidium pullulans* and its varieties. *Studies in Mycology*, *61*, 21-38.

CAPITULO 4.

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Una vez terminada la síntesis y selección de los procesos a utilizar para la producción de biocontroladores y con el estudio de mercado realizado para determinar las cantidades necesarias a producir para satisfacer la demanda de los productores a nivel nacional, este capítulo tiene como objetivo el balance de masa y energía de cada una de las operaciones unitarias con el fin de determinar las magnitudes, composiciones y las características fisicoquímicas de todas las corrientes de flujo que poseerá la planta.

Según los resultados obtenidos en la sección 2.4, la producción de biocontroladores hacia el año 2025 se estimó en 20.000 [Kg] y 8.600 [Kg] para *A. pullulans* y *H. uvarum* respectivamente. Según esa producción se realizaron los balances de masa y balances de energía.

Al ser organismos con requerimientos distintos los balances se harán de forma independiente, aunque se cuente con los mismos equipos para ambos procesos.

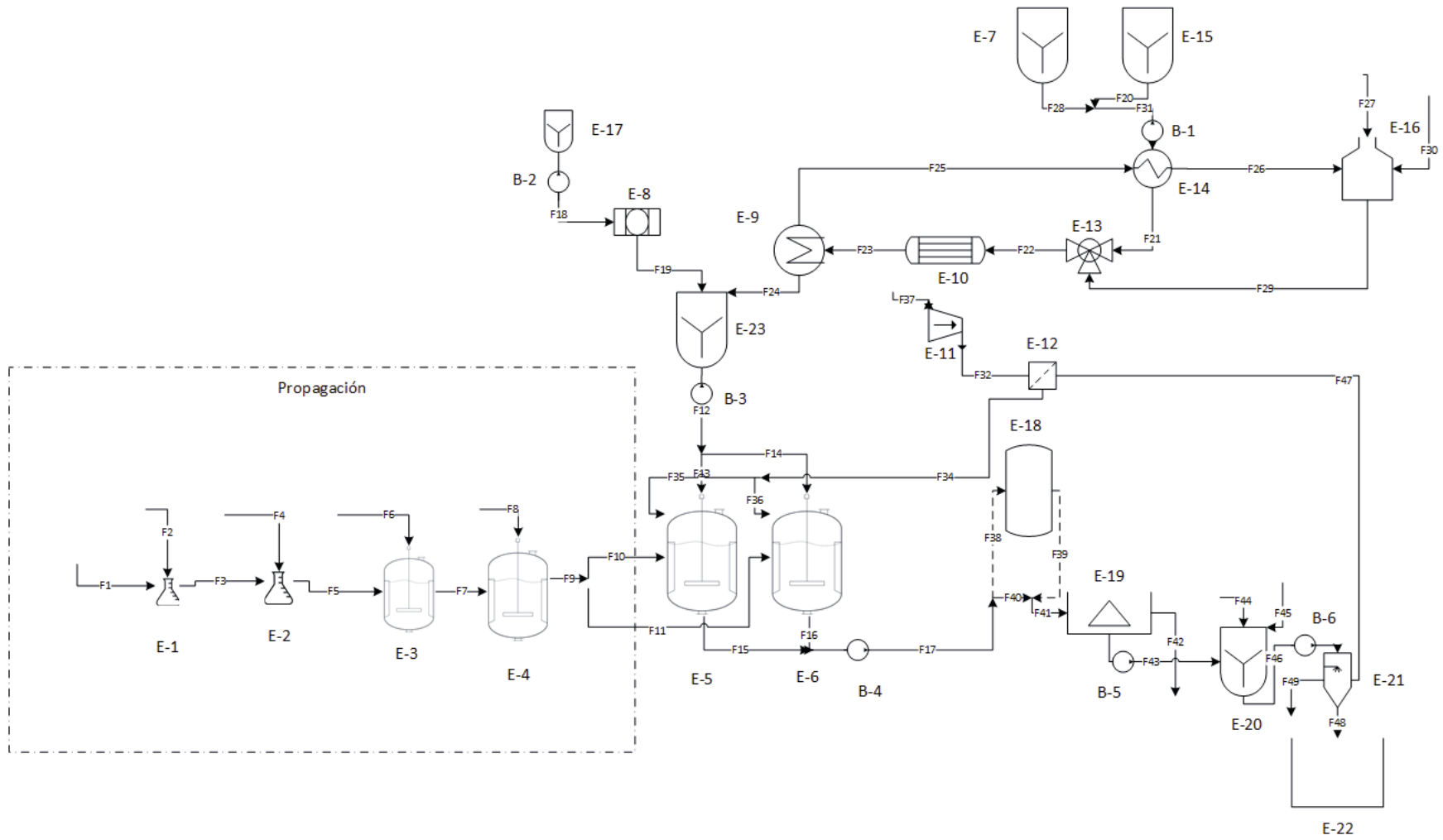


Figura 4.1: Diagrama de flujo de la planta

4.1 NOMENCLATURA

4.1.1 Flujos

F-1: Inóculo solido inicial para matraz E-1

F-2: Medio de cultivo para fermentación en E-1

F-3: Inóculo para matraz E-2

F-4: Medio de cultivo para fermentación en E-2

F-5: Inóculo para estanque E-3

F-6: Medio de cultivo para estanque E-3

F-7: Inóculo para estanque E-4

F-8: Medio de cultivo para estanque E-4

F-9: Producto de etapa de propagación

F-10: Inóculo para estanque E-5

F-11: Inóculo para estanque E-6

F-12: Medio de cultivo completo y esterilizado

F-13: Medio de cultivo para estanque E-5

F-14: Medio de cultivo para estanque E-6

F-15: Producto de la fermentación de estanque E-5

F-16: Producto de la fermentación de estanque E-6

F-17: Producto de la etapa de fermentación

F-18: Flujo de vitaminas sin esterilizar

- F-19: Flujo de vitaminas esterilizado
- F-20: Medio de cultivo sin esterilizar
- F-21: Medio de cultivo sin esterilizar precalentado
- F-22: Medio de cultivo luego de la inyección de vapor
- F-23: Medio de cultivo esterilizado con vapor
- F-24: Medio de cultivo esterilizado
- F-25: Flujo de vapor recirculado
- F-26: Flujo de vapor enfriado
- F-27: Flujo de agua ingresando a la caldera
- F-28: Medio de cultivo sin esterilizar
- F-29: Vapor calentado proveniente de la caldera
- F-30: Flujo de combustible
- F-31: Flujo de medio de cultivo
- F-32: Flujo de aire a la salida de E-11
- F-34: Flujo de aire esterilizado
- F-35: Flujo de aire para estanque E-5
- F-36: Flujo de aire para estanque E-6
- F-38: Producto enviado a estanque pulmón
- F-39: Producto a la salida de estanque pulmón
- F-40: Producto a la salida de la fermentación

F-41: Producto enviado a la centrifugación

F-42: Sobrenadante producido en la centrifugación

F-43: Producto centrifugado

F-44: Flujo de almidón

F-45: Flujo de silicato

F-46: Producto húmedo

F-47: Aire filtrado

F-48: Producto final

F-49: Aire húmedo producido en el secador

4.1.2 Equipos

E-1: Matraz de propagación N°1, 0.1 [L]

E-2: Matraz de propagación N°2, 1 [L]

E-3: Reactor de propagación N°1, 10 [L]

E-4: Reactor de propagación N°2, 100 [L]

E-5: Reactor de producción N°1, 500 [L]

E-6: Reactor de producción N°2, 500 [L]

E-7: Estanque de almacenamiento de medio de cultivo esterilizado

E-8: Equipo de micro filtrado para vitaminas

E-9: Separador S-L

E-10: Haz de tubos para la esterilización

E-11: Compresor

E-12: Filtro para corriente de aire

E-13: Inyector de vapor

E-14: Intercambiador de Calor

E-15: Estanque de almacenamiento para medio de cultivo sin esterilizar

E-16: Caldera

E-17: Estanque mezclador de vitaminas

E-18: Estanque Pulmón

E-19: Centrifuga

E-20: Mezclador

E-21: Secador

E-22: Estanque de almacenamiento

E-23: Mezclador de medio de cultivo completo

B-1: Bomba a la salida del medio de cultivo incompleto

B-2: Bomba a la salida de mezclador de vitaminas

B-3: Bomba para medio de cultivo esterilizado

B-4: Bomba para el producto de la fermentación

B-5: Bomba para la salida de la centrifugación

B-6: Bomba para el ingreso al secador

4.2 FERMENTACIÓN

La sección fermentación consiste en la propagación del biocontrolador desde los cultivos de reserva, hasta la producción de biomasa.

Para los balances, la densidad del caldo de cultivo se considerara como la densidad del agua y la densidad de la biomasa igual a 1.087 [Kg/m³] (Haddad & Lindegren, 1953).

El cultivo de *A. pullulans* consiste en una producción por lote, debido a que se cuenta con todos los parámetros para su cultivo, alcanzando valores altos de concentración de biomasa en esta modalidad de cultivo; mientras que *H. uvarum* se realizará un cultivo continuo para el cual se cuenta con los parámetros de cultivo y mejores rendimientos que en el cultivo por lote.

4.2.1 *Aureobasidium pullulans*

Etapas de Propagación

La propagación de *A. pullulans* consistirá en un escalamiento en cuatro pasos, considerando un inóculo del 10% del volumen del reactor. Estos cuatro pasos consisten en el escalamiento desde matraces hasta fermentadores de escala piloto, descritos en la Figura 4.2 con sus correspondientes flujos descritos en la tabla 4.1. La propagación se inicia con el cultivo base (sección 3.3.1), el cual será inoculado completamente como corriente F1. El cultivo de la etapa E-4 será dividido por la mitad y cada corriente inoculará uno de los fermentadores de 500[L].

Los parámetros para el crecimiento de biomasa de *A. pullulans* en un cultivo por lotes (tabla 4.2), fueron obtenidos de Mounir et al. (2007). Estos parámetros consideran una concentración final de 40 [g/L] de biomasa.

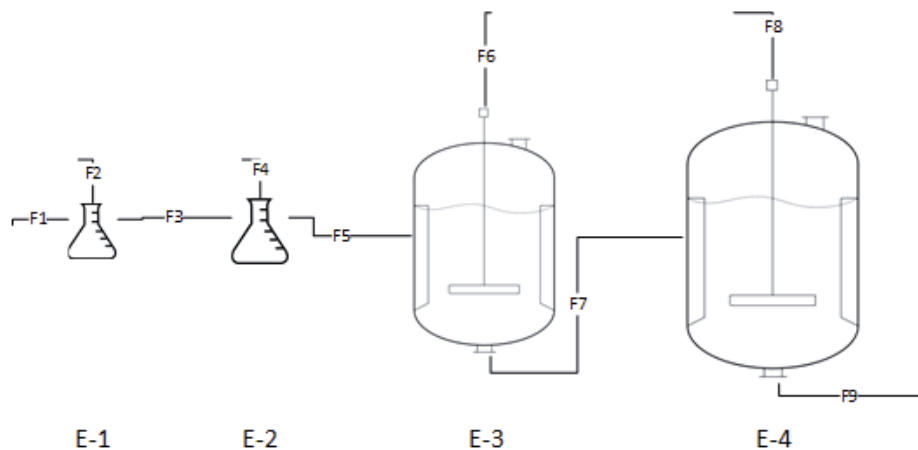


Figura 4.2: Esquema de propagación de cultivo de *A. pullulans*.

Etapa E-1 : Propagación de cultivo a matraz de 100 [mL]

Etapa E-2 : Propagación de cultivo a matraz de 1 [L]

Etapa E-3 : Propagación en Reactor de 10 [L]

Etapa E-4 : Propagación en Matraz de 100 [L]

Tabla 4.1: Descripción de flujos de etapa de propagación.

Flujo	Descripción
F1	Inoculo solido
F2	Medio de cultivo para matraz de 0,1 [L]
F3	Inóculo para matraz de 1[L]
F4	Medio de cultivo para matraz de 1 [L]
F5	Inóculo para fermentador de 10[L]
F6	Medio de cultivo para fermentador de 10 [L]
F7	Inóculo para fermentador de 100[L]
F8	Medio de cultivo para fermentador de 100 [L]
F9	Inóculo final para etapa de producción

Tabla 4.2: Parámetros de crecimiento para *A. pullulans*.

Parámetro	Nomenclatura	Valor
Rendimiento de sustrato en biomasa	$Y_{x/s}$	0.36
Velocidad específica de crecimiento [h^{-1}]	μ	0.26
Concentración final de biomasa [g/L]	X_f	40
Concentración inicial de sustrato [g/L]	S_o	110

Fuente: Mounir et al. (2007)

Según C. Venturin (1994) , es posible alcanzar la misma concentración final de biomasa tanto en matraces como en fermentador. Como el volumen de cada etapa de propagación constituye el 10% de la etapa siguiente, la concentración inicial de cada etapa de fermentación será de 4 [g/L]. Mediante la ecuación 4.1 es posible obtener la concentración final de sustrato, la cual es de 10 g/L.

$$S_f = S_o - \frac{X_f - X_o}{Y_{x/s}}$$

Ecuación 4.1

$$S_f = 110 \left[\frac{g}{L} \right] - \frac{40 \left[\frac{g}{L} \right] - 4 \left[\frac{g}{L} \right]}{0.36}$$

El tiempo de duración de los lotes se determina mediante la ecuación 4.2; siendo este de 8.86 [h].

$$X_f = X_o * e^{\mu * t}$$

Ecuación 4.2

$$40 \left[\frac{g}{L} \right] = 4 \left[\frac{g}{L} \right] * e^{0.26[h^{-1}] * t[h]}$$

Por consiguiente, las cinéticas de crecimiento para cada una de las etapas se encuentran representadas por los valores de flujo presentados en la tabla 4.3:

Tabla 4.3: Resultados de Balance de masa de etapa de Propagación.

Flujo	Descripción	Volumen [L]	Masa [Kg]	Glucosa [Kg]	Biomasa [Kg]
F1	Biomasa	0,02	-	-	0,0008-
F2	Medio de Cultivo	0,1	0,1	0,011	-
F3	Inoculo 2	0,1	0,109	0,001	0,004
F4	Medio de Cultivo	0,9	0,9	0,11	-
F5	Inoculo 3	0,85	0,924	0,0085	0,034
F6	Medio de Cultivo	7,65	7,65	0,935	-
F7	Inoculo 4	8,5	9,24	0,085	0,34
F8	Medio de Cultivo	76,5	76,5	9,35	-
F9	Inoculo 5	85	92,40	0,85	3,4

Con esto se obtiene 3.4 [Kg] de Biomasa en la sección de propagación. La corriente F9 es separada en dos al 50%, generando las corrientes de inóculo para cada fermentador principal.

Etapas de Producción

Esta etapa tiene por objetivo lograr alcanzar la cantidad necesaria de biomasa para la producción de biocontroladores. Para esto se cuenta con dos reactores de 500 [L], descritos en la figura 4.3. Las corrientes de inóculo para cada fermentador son de 42,5 [L], con una concentración de 40 [g/L] de biomasa. El volumen útil de cada fermentador es de 425 [L], con lo que se obtiene una concentración inicial de 4 [g/L] para cada fermentación. El contenido de los flujos es descrito en la tabla 4.4.

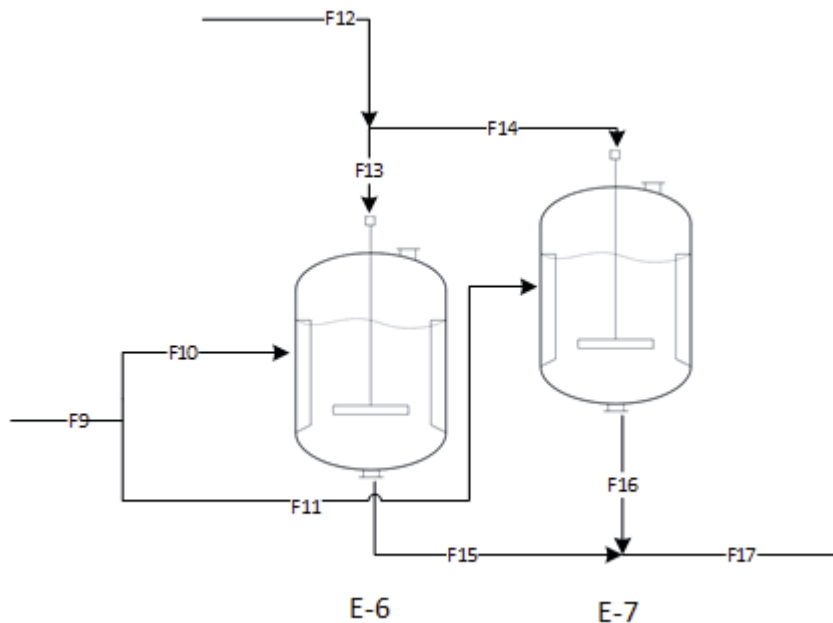


Figura 4.3: Diagrama de flujo de etapa de producción A. pullulans

Donde:

E-5: Estanque contenedor del medio de cultivo

E-6: Reactor N°1 de 500 [L]

E-7: Reactor N°2 de 500 [L]

Tabla 4.4: Descripción de Flujos de la etapa de producción.

Flujo	Descripción
F9	Flujo de inóculo proveniente de la propagación
F10	Inóculo para reactor N°1
F11	Inóculo para reactor N°2
F12	Flujo con medio de cultivo esterilizado
F13	Flujo con medio de cultivo para reactor N°1
F14	Flujo con medio de cultivo para reactor N°2
F15	Flujo de producto del reactor N°1
F16	Flujo de producto del reactor N°2
F17	Flujo de producto de la etapa de fermentación

Para la producción se considerarán los parámetros de la tabla 4.5. De esta forma es posible definir la totalidad de los flujos involucrados en la etapa de producción, presentados en la tabla 4.6:

Tabla 4.5: Parámetros de producción de *A. pullulans*

Parámetro	Nomenclatura	Valor
Concentración inicial de sustrato	So [g/L]	110
Concentración inicial de biomasa	Xi [g/L]	4
Concentración final de biomasa	Xf [g/L]	41,52
Concentración final de sustrato	Sf [g/L]	5,76
Tiempo de fermentación	t [h]	9

Tabla 4.6: Resultados de Balance de masa de etapa de producción de *A. pullulans*

Flujo	Descripción	Volumen [L]	Masa [Kg]	Glucosa [Kg]	Biomasa [Kg]
F9	Inoculo 5	85	87,550	0,850	3,40
F10	Inoculo 6	42,5	43,775	0,425	1,70
F11	Inoculo 7	42,5	43,775	0,425	1,70
F12	Medio de Cultivo	765	765	93,500	-
F13	Medio de Cultivo	382,5	382,5	46,750	-
F14	Medio de Cultivo	382,5	382,5	46,750	-
F15	Producto	425	437,75	2,450	17,65
F16	Producto	425,000	437,750	2,450	17,648
F17	Producto	850,000	875,500	4,899	35,296

4.2.2 *Hanseniaspora uvarum*

Para el cultivo de *H. uvarum* también es necesario realizar una etapa de propagación, y además un cultivo por lotes en los fermentadores principales, previo a alcanzar las condiciones para iniciar las corrientes de alimentación y producto, cambiando la operación a cultivo continuo.

El microorganismo se obtiene a partir de un cultivo base de 20 [mL], a la concentración de biomasa que permite el medio de cultivo.

Esta es efectuada mediante fermentaciones por lote, teniendo en cuenta que el crecimiento de *H. uvarum* es menor en esa condición que en un sistema continuo (Venturin et al., 1994).

Etapas de propagación

La propagación se realizará de manera análoga a los presentados para *A.pullulans*, descritos en la figura 4,2. Los parámetros para la fermentación de *H. uvarum* en cultivo por lotes son presentados en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Parámetros de propagación *H. uvarum*.

Parmetro	Nomenclatura	Valor
Rendimiento de sustrato en biomasa	$Y_{x/s}$	0.062
Velocidad de crecimiento [h^{-1}]	μ	0.05
Concentración de final de biomasa [g/L]	X_f	7.82
Concentración inicial de sustrato [g/L]	S_0	120

Fuente: Escalante et al. (2011)

Por consiguiente, la concentración de biomasa inicial cada etapa de propagación es de 0,78 [g/L], y mediante la ecuación 4.1, la concentración final de sustrato es de 16,48 [g/L]. El tiempo de duración de las etapas de propagación se determinó mediante la ecuación 4.2, obteniéndose un tiempo de 46 [h].

En la tabla 4.8 se muestra el resumen del escalamiento de las distintas etapas de propagación.

Tabla 4.8: Resultado de Balance de masa en propagación para *H. uvarum*.

Flujo	Descripción	Volumen [L]	Masa [Kg]	Sustrato [Kg]	Biomasa [Kg]
F1*	Biomasa	0,02	-	-	0,00014
F2*	Medio de Cultivo	0,1	0	0,012	-

Continuación tabla 4.8

Flujo	Descripción	Volumen [L]	Masa [Kg]	Sustrato [Kg]	Biomasa [Kg]
F3*	Inoculo 2	0,1	0,103	0,000648	0,00078
F4*	Medio de Cultivo	0,9	0,9	0,12	-
F5*	Inoculo 3	0,85	0,876	0,00551	0,00665
F6*	Medio de Cultivo	7,65	7,65	0,918	-
F7*	Inoculo 4	8,5	8,755	0,0551	0,0665
F8*	Medio de Cultivo	76,5	76,5	0,00474	-
F9*	Inoculo 5	85	87,55	0,551	0,665

Etapa de Producción

Para la etapa de producción se contara con dos fases. La primera fase consta de un cultivo por lotes, donde el cultivo alcanzará la concentración de biomasa necesaria para entrar a la etapa continua. Este proceso se realiza en dos estanques de 500 [L] cada uno, descritos en la figura 4.4.

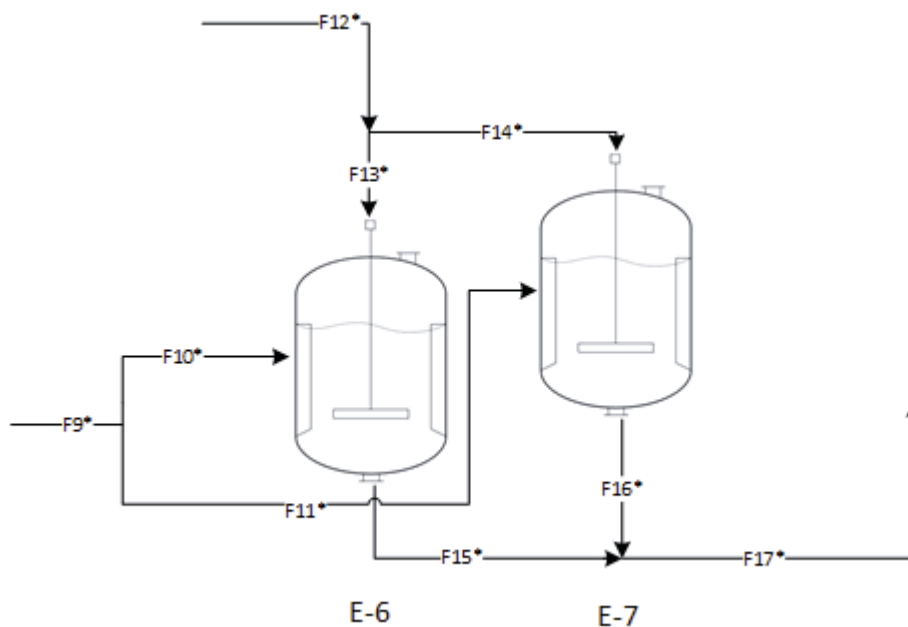


Figura 4.4: Diagrama de Flujo de etapa de producción de *H.uvarum*

De la etapa de propagación se obtienen los flujos involucrados en la fase de lote de la etapa de producción, descritos en la tabla 4.9:

Tabla 4.9: Resultados de Balance de masa de etapa de lote.

Flujo	Descripción	Volumen [L]	Masa [Kg]	Glucosa [Kg]	Biomasa [Kg]
F9*	Inoculo 5	85	87,55	0,551	0,665
F10*	Inoculo 6	42,5	43,76	0,276	0,332
F11*	Inoculo 7	42,5	43,76	0,276	0,332
F12*	Medio de Cultivo	765	765	102	-
F13*	Medio de Cultivo	382,5	382,5	51	-
F14*	Medio de Cultivo	382,5	382,5	51	-

Para la etapa por lotes se ocuparán los parámetros descritos en la tabla 4.6. Con estos valores de concentración de biomasa mediante la ecuación 4.2 se obtiene el tiempo de duración de la etapa por lote, obteniendo el valor de 46 horas, el mismo que en las etapas de propagación.

Una vez que la etapa por lote alcanza la concentración de operación de la fase continua se procede a iniciar la fase continua de fermentación, donde se inicia la alimentación continua al reactor. En esta etapa el comportamiento del microorganismo está dado por los parámetros presentados en la tabla 4.10 y por las ecuaciones 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6.

Tabla 4.10: Parámetros de producción *H. uvarum*.

Parámetro	Nomenclatura	Valor
Rendimiento de sustrato en biomasa [g/g]	$Y_{x/s}$	0.38
Velocidad específica de crecimiento máxima [h ⁻¹]	μ_m	0.49
Constante de saturación [g/L]	K_s	0,1

Fuente: Elaboración propia a partir de Venturi et al. (1994); Arellano, Pelayo, Ramírez & Rodríguez (2008); Peringer, Blachere, Corrieu & Lane (1974).

$$\mu = D$$

Ecuación 4.3

$$X = Y_{x/s} * \left(S_o - \frac{D * K_s}{\mu_m - D} \right)$$

Ecuación 4.4

El parámetro μ_m corresponde a *Kloeckera apiculata*, esta es una levadura anaerobia a *H. uvarum*, por lo que supone una proximidad al parámetro requerido, siendo el valor obtenido de 0.49 [h⁻¹] (Arellano et al., 2008). De la misma manera el valor de K_s fue estimado mediante una levadura similar, cuyo valor es 0,1 [g/L] (Peringer et al., 1974).

En términos generales, la productividad volumétrica de un cultivo aumenta a mayores tasas de dilución, alcanzando un máximo a medida que nos acercamos a la tasa de lavado (Acevedo F., 2002). Sin embargo, *H. Uvarum* presenta la generación de productos secundarios a medida que la tasa de dilución aumenta por sobre 0,28 (Venturin et al., 1994), por lo que se definió fijar la tasa de dilución en dicho valor.

Para la fermentación se considera dos reactores de 500 [L] cada uno, con un volumen útil de 425 [L], mediante la ecuación 4.5 se puede obtener el flujo de entrada y salida del reactor, el cual corresponde a 119[g/L]

$$F = D * V$$

Ecuación 4.5

El sustrato presente en el tanque agitado viene dado por la ecuación 4.6, logrando un valor de 14,7 [g/L]

$$S = \frac{D * K_s}{\mu_m - D}$$

Ecuación 4.6

De esta manera los parámetros utilizados para la fermentación continua de *H. uvarum* quedan resumidos en la tabla 4.11:

Tabla 4.11: Resumen de parámetros de operación.

Parámetro	Nomenclatura	Valor
Tasa de Dilución	D [h ⁻¹]	0,28
Flujo de Alimentación	F [L/h]	119
Concentración de sustrato de alimentación [g/L]	Si [g/L]	19,8
Concentración de Biomasa	X [g/L]	7,47
Concentración de Sustrato	S [g/L]	0,14

Con esta información se pueden completar el balance en la fase continua de la etapa de producción.

Los flujos F12*, F13*, F14* anteriormente correspondieron a la carga de medio de cultivo en los fermentadores para la etapa por lote. Para el cultivo continuo presentan los flujos descritos en la tabla 4.12

Tabla 4.12: Balance de fase continua para etapa de producción de *H. uvarum*

Flujo	Descripción	Caudal [L/h]	Flujo Másico [Kg/h]	Flujo de Glucosa [Kg/h]	Flujo de Biomasa [Kg/h]
F12*	Medio de Cultivo	238,000	238,000	4,712	-
F13*	Medio de Cultivo	119,000	119,000	2,356	-
F14*	Medio de Cultivo	119,000	119,000	2,356	-
F15*	Producto	119,000	122,570	0,017	0,889
F16*	Producto	119,000	122,570	0,017	0,889
F17*	Producto	238,000	245,140	0,033	1,778

4.2.3 Demanda de Oxígeno

El cultivo aerobio de células microbianas requiere del suministro de oxígeno a una tasa que asegure plena satisfacción de los requerimientos metabólicos (Acevedo F., 2002). Se define la demanda de oxígeno como la cantidad de oxígeno requerida por unidad de tiempo y por unidad de volumen de cultivo (ecuación 4.7).

$$Na = \frac{\mu * X}{Y_{O_2}} = q_{O_2} * X$$

Ecuación 4.7

Donde:

Na : Velocidad de consumo de oxígeno [g/L·h].

X : Concentración de biomasa [g/L].

q_{O_2} : Velocidad específica de consumo de oxígeno [mmol/g·h].

Y_{O_2} : Rendimiento de oxígeno en células.

Demanda de Oxígeno para *H.Uvarum*

Para un cultivo continuo de *h.uvarum* se obtuvo un valor de q_{O_2} , (Venturin et al, 1994) de 11 [mmol·g⁻¹·h⁻¹]. Considerando la concentración de biomasa, se define el valor de Na , representado en la tabla 4.13.

Tabla 4.13: Balance de fase continua para etapa de producción de *H. uvarum*

Parametro	Descripción	Valor
Na	Demanda de Oxígeno	82.17 [mmol/L·h]
q_{O_2}	Consumo específico de Oxígeno	11 [mmol/g·h]
X	Concentración de Biomasa	7.47 [g/L]

La tasa específica de aireación, en vvm (Volumen de aire por Volumen de líquido por Minuto), se determinó considerando la demanda de oxígeno (N_a) y una eficiencia de adsorción E , que varía normalmente entre 3%-30% (Acevedo F., 2002), para la cual se definió utilizar un valor promedio de 16.5 (ecuación 4.8).

$$vvm = \frac{F}{V} = \frac{N_a * 22.4 * T}{1000 * 0.21 * E * \Pi * 273 * 60}$$

Ecuación 4.8

Con:

T: Temperatura de fermentación en [K]

Π : Presión en [ATM]

De esta forma se obtiene un valor de vvm de 0,983; lo que para un volumen útil de 425 [L] corresponde a 417.78 [L/m].

Demanda de Oxígeno para *A.pullulans*

No se encontró información que permitiera determinar una tasa de aireación específica para *A.pullulans*. Sin embargo Seo, y otros, 2004, obtuvieron concentraciones similares a 40 g/L de biomasa operando a 1 [vvm] en un reactor de 10 [L]. Debido a que el tiempo de residencia del aire aumenta a medida que aumenta el tamaño de reactor, aumentando la eficiencia de absorción (Acevedo F., 2002), se considerará como suficiente una alimentación de aire de 1 vvm para el cultivo a 500 [L].

4.2.4 Calor de fermentación y Balance de energía

El metabolismo celular es una reacción global exotérmica; por lo tanto es necesario remover este calor de fermentación si se desea operar una fermentación a temperatura constante. El calor será removido a través de enfriamiento por chaqueta.

En primer lugar se realiza un balance simplificado de energía térmica al fermentador, según la ecuación 4.9 (Baileys & Ollis, 1986):

$$(Q_f + Q_a)V = Q_i$$

Donde:

V: Volumen del fermentador, [L]

Q_f : Calor de fermentación, [Kcal/ L*h]

Q_a : Calor de agitación, [Kcal/ L*h]

Q_i : Calor retirado por chaqueta [Kcal/ h]

El calor liberado en fermentaciones aerobias puede ser relacionado con el consumo de oxígeno mediante la ecuación 4.9 (Acevedo F., 2002), con lo que el valor de Q_f es de 9,86 [Kcal/ L*h].

$$Q_f = 0,12 * Na$$

Ecuación 4.9

El calor de agitación, es pequeño en relación a Q_f , alrededor de un 10%, y en todo caso puede considerarse entre 0,8 a 2,5 [Kcal/ L*h] (Acevedo F., 2002). Por ende, se lo considerará un 10% de a Q_f , obteniendo un valor de Q_a de 0,986 [Kcal/ L*h].

De esta forma quedan definidos los valores de Q_f y Q_a , permitiendo obtener el valor de Q_i mediante la ecuación 4.10. Se presenta el balance para cada reactor y cultivo en la tabla 4.14 y 4.15:

Tabla 4.14: Balance de energía para cultivo de *A. pullulans.* y *H. Uvarum*

	A. Pullulans		H. Uvarum	
	500 [L]	100[L]	500 [L]	100[L]
Q_f [Kcal/L]	4930,00	986,00	4190,50	838,10
Q_a [Kcal/L]	493,00	98,60	419,05	83,81
Q_i [Kcal/L]	4854,66	886,93	4108,08	747,50

El valor de Q_i representa el calor necesario que se tiene que retirar en la fermentación, este será retirado mediante la chaqueta del fermentador, cuyo diseño está dado por la ecuación 4.10:

$$Q_i = U * A_s * \Delta T$$

Ecuación 4.10

Donde:

U: Coeficiente total de transferencia, 600 [Kcal / h*m²*°C]

As: Área superficial del intercambiador [m²]

ΔT : Media logarítmica entre las temperaturas de entradas de agua y fermentación

La temperatura media logarítmica para un reactor a temperatura constante está definida por la ecuación 4.11:

$$\Delta T = \frac{T_1 - T_2}{\ln\left(\frac{T_f - T_1}{T_f - T_2}\right)}$$

Ecuación 4.11

Donde:

T1: Temperatura de entrada de agua de enfriamiento, 15°C

T2: Temperatura de salida de agua de enfriamiento, 25°C

Tf: Temperatura de fermentación

Tabla 4.15: Temperatura media logarítmica de cultivos

Cultivo	ΔT [°C]
<i>H. uvarum</i>	9.10
<i>A. pullulans</i>	11.27

Para obtener el área superficial del fermentador en contacto con la chaqueta se define la altura de la chaqueta como un 80% de la altura del fermentador, de

forma que para cada reactor se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 4.16:

Tabla 4.16: Altura y área para fermentadores

Parámetro	Fermentador	
	500 [L]	100[L]
Altura chaqueta	0,780 [m]	0,460 [m]
As [m ²]	0,426	0,126

Para determinar el flujo de agua requerido para enfriamiento, se igualará el calor requerido por el intercambiador Q_i con el calor entregado por la corriente de agua (ecuación 4.11), con lo que se obtiene la ecuación 4.12:

$$Q_i = M * C_p * (T_s - T_e)$$

Ecuación 4.12

Donde:

M: Flujo de Masa de agua

C_p: Calor específico del agua, 1 [Kcal / kg*°C]

T_s: Temperatura de salida, 25 [°C]

T_e: Temperatura de entrada, 15 [°C]

Por ende, de la ecuación 4.13 se obtiene la masa de agua requerida para el enfriamiento de cada cultivo (tabla 4.17).

$$M = \frac{U * A_s * \Delta T}{C_p * (T_s - T_e)}$$

Ecuación 4.13

Tabla 4.17: Requerimientos de agua de enfriamiento para cultivos a 500 [L] y 100 [L]

	500 [L]	100 [L]
<i>H. uvarum</i>	0,266[m ² /h]	0,093 [m ² /h]
<i>A. pullulans</i>	0,329 [m ² /h]	0,115 [m ² /h]

4.3 CENTRIFUGACIÓN

4.3.1 Balance de Materia

La etapa de centrifugación tiene por objetivo separar la biomasa producida durante la fermentación, obteniendo una corriente estará rica en biomasa (F43) mientras que la otra corriente tendrá medio de cultivo agotado y productos secundarios (F42) de la fermentación. El proceso y los flujos de la centrifugación están representados en la Figura 4.5:

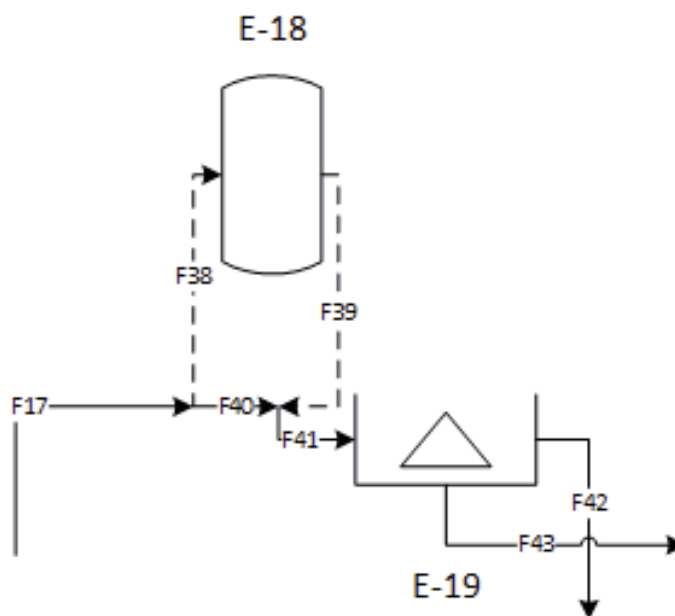


Figura 4.5: Diagrama de centrifuga

Para la centrifugación de biomasa de *A. pullulans* se cuenta con un estanque de almacenamiento (E-18), debido a que su producción es en modalidad de cultivo por lote. La función de E-18 es acumular producto de la fermentación, para luego

suministrarlo a la centrifuga de forma continua. Por el contrario, para la operación con *H. Uvarum* no se utiliza el estanque E-18, por lo que flujos F38 y F39 se representan con línea punteada.

El balance de flujos a la centrifuga está dado por la ecuación 4.14.

$$F_{41} = F_{43} + F_{42}$$

Ecuación 4.14

Para el cálculo del balance de masa se considera despreciable la masa ocupada por los nutrientes y productos secundarios de la fermentación, solo se considerara el sustrato final, concentración final de biomasa y agua.

La eficiencia de la centrifugación es fijada en $\eta=0.97$, por lo que la masa de biocontrolador en la corriente F42 está dado por las ecuaciones 4.15 y 4.16

$$X_{41} * 0.97 = X_{42}$$

Ecuación 4.15

$$X_{41} = X_{42} + X_{43}$$

Ecuación 4.16

Donde:

Xi: Flujo de masa de biocontrolador en corriente i [Kg/h]

En base a Mounir, y otros, 2007, la humedad en base seca de la biomasa es de un 100%. En base a esto, el flujo de agua de la corriente de producto (F_{43}) corresponde al mismo valor que el flujo de biomasa recuperada (X_{43}). Se despreció el contenido de sustrato dado la baja cantidad de solución en F_{43} .

De esta manera con los datos de las tablas 4.4 y 4.10 se pueden definir por completo los flujos involucrados en la etapa de centrifugación, descritos en la tabla 4.18 y 4.19:

Tabla 4.18: Resultado de balance de masa en centrifugación para *H.uvarum*.

Flujo	Descripción	Flujo Másico [Kg/h]	Flujo de Glucosa [Kg/h]	Flujo de Biomasa [Kg/h]	Flujo de Agua [Kg/h]
F41	Producto	258,706	0,033	1,778	256,895
F42	Clarificado	255,257	0,033	0,053	255,170
F43	Concentrado	3,449	0,000	1,725	1,725

Tabla 4.19: Resultado de balance de masa en centrifugación para *A. pullulans*.

Flujo	Descripción	Flujo Másico [Kg/h]	Flujo de Glucosa [Kg/h]	Flujo de Biomasa [Kg/h]	Flujo de Agua [Kg/h]
F41	Producto	258,706	1,372	9,883	247,451
F42	Clarificado	239,533	1,372	0,296	237,865
F43	Concentrado	19,173	0,000	9,586	9,586

Los resultados para *A. pullulans* fueron considerados en base a un flujo continuo de 238 [L/h] a la centrífuga, al igual que para *H.uvarum*. La producción de *A. pullulans* con ambos lotes completa un volumen de 850 [L], los cuales se almacenan en el estanque pulmón. De esta forma, el tiempo de operación de la centrífuga para este cultivo queda definido por la ecuación 4.17.

$$\text{Tiempo de operación por lote} = \frac{\text{Vol total producido}}{\text{Flujo de operación}}$$

Ecuación 4.17

$$\text{Tiempo de operación por lote} = 3.57 [h]$$

4.3.2 Balance de energía

El balance de energía entorno a la centrífuga es requerido debido a los aumentos de temperatura debido a la rotación del equipo, lo cual puede afectar la temperatura de la corriente de producto. Para estos cálculos se considerara el Cp de todas las corrientes con un valor de 4.22 [KJ/Kg*K], también se considerara la

eficiencia de la centrifuga con un valor de $\eta=0.75$, sin pérdidas de calor al ambiente. De esta forma el balance energético entorno a la centrifuga queda expresado por la ecuación 4.18:

$$Q_{41} + (1 - \eta) * W = Q_{42} + Q_{43}$$

Ecuación 4.18

$$Q_i = F_i * Cp * (T_i - T_{ref})$$

Ecuación 4.19

Donde:

Q_i : Calor proveniente de corriente i

F_i : Flujo másico de corriente i

Cp : Capacidad calorífica, 4.22 [KJ/Kg*K]

T_i : Temperatura de corriente i

T_{ref} : Temperatura de referencia, 273 K

W : Energía eléctrica que consume la centrifuga, 2.2 [KW]

η : Eficiencia de la centrifuga, 0.75

Las temperaturas de las corrientes de clarificado y concentrado se considerarán iguales, con lo que pueden ser determinadas a partir de las ecuaciones 4.18 y 4.19. Los resultados se presentan en la tabla 4.20:

Tabla 4.20: Temperaturas de corrientes (°C) en la centrifuga de acuerdo a cultivos.

Flujo	<i>H.uvarum</i>	<i>A.pullulans</i>
<i>Producto (F41)</i>	30	32
<i>Clarificado (F42)</i>	31,8	33,8
<i>Concentrado (F43)</i>	31,8	33,8

Por consiguiente, el calor generado en la centrífuga no afectará la viabilidad del concentrado, ya que el aumento de temperatura es pequeño y puede ser despreciado.

4.4 MEZCLADO Y SECADO

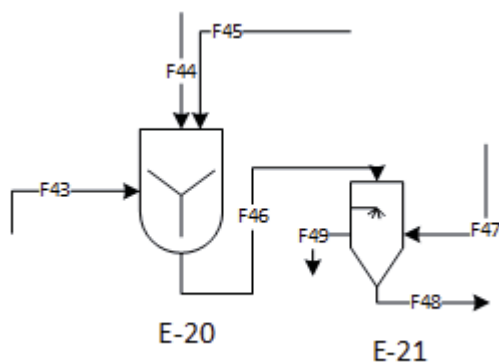


Figura 4.6: Diagrama del mezclado y secado.

La etapa de mezclado tiene como función homogenizar de forma correcta las corrientes F43, F44 y F45, cuyo contenido está indicado en la tabla 4.21:

Tabla 4.21: Descripción de flujos involucrados en la Etapa de Mezclado-Secado.

Flujo	Contenido	Humedad (%)
F43	Producto del Centrifugado	50
F44	Almidón	7
F45	Silicato de Aluminio	3
F46	Producto previo secado	29
F47	Aire de secado	15
F48	Producto final	7.5
F49	Aire de secado húmedo	Y

4.4.1 Balance de Materia

Para resolver los flujos se realiza un balance de masa al agua en el mezclador E-20 (ecuación 4.20 y 4.21) y en el secador E-21. Formulaciones previas del

producto (Mounir, et al., 2007) con buenos resultados han sido realizadas con un 29% de humedad en base seca antes del secado y un 7.5% de humedad en el producto final.

Balance general al Mezclador

$$F_{46} = F_{43} + F_{44} + F_{45}$$

Ecuación 4.20

Balance de Agua al Mezclador

$$F_{46} * 0.29 = F_{44} * 0.07 + F_{43} * 0.5 + F_{45} * 0.03$$

Ecuación 4.21

Balance de masa al Secador

$$F_{46} + F_{47} = F_{48} + F_{49}$$

Ecuación 4.22

Balance de agua al Secador

$$F_{46} * 0.29 + F_{47} * 0.15 = F_{48} * 0.075 + y * F_{49}$$

Ecuación 4.23

Finalmente, el producto debe contener un 10% en peso de silicato de aluminio, por lo que la corriente F_{45} queda descrita por:

$$F_{45} = F_{48} * 0.1$$

Ecuación 4.24

En esta etapa, el sistema puede ser resuelto considerando solo la cantidad de agua retirada por la corriente de aire seco ($y * F_{49}$). El Flujo de aire requerido será

estimado en el balance de energía. De esta manera se definen los flujos involucrados representados en las tablas 4.22 y 4.23.

Tabla 4.22: Resultado de balance de masa para Mezclador-Secador para *A.pullulans*.

Flujo	Flujo Másico [Kg/h]	Flujo de Biomasa [Kg/h]	Flujo de Agua [Kg/h]	Flujo de Almidón [Kg/h]	Flujo de Silicato de Aluminio [Kg/h]
F43	19,173	9,586	9,586	0,000	0,000
F44	14,600	0,000	1,022	13,578	0,000
F45	2,808	0,000	0,000	0,000	2,808
F46	36,581	9,586	10,608	13,578	2,808
F48	28,079	9,586	2,106	13,578	2,808
y*F49	8,502	0,000	8,502	0,000	0,000

Tabla 4.23: Resultado de balance de masa para Mezclador-Secador para *H.uvarum*.

Flujo	Flujo Másico [Kg/h]	Flujo de Biomasa [Kg/h]	Flujo de Agua [Kg/h]	Flujo de Almidón [Kg/h]	Flujo de Silicato de Aluminio [Kg/h]
F43	3,449	1,725	1,725	0,000	0,000
F44	2,626	0,000	0,184	2,442	0,000
F45	0,505	0,000	0,000	0,000	0,505
F46	6,580	1,725	1,908	2,442	0,505
F48	5,050	1,725	0,378	2,442	0,505
y*F49	1,529	0,000	1,529	0,000	0,000

4.4.2 Balance de energía al mezclador

Para el cálculo del balance de energía al mezclador, se considerará la temperatura de entrada del almidón y silicato de aluminio igual a la temperatura ambiente, 15[°C]. Dado que es solo un proceso de mezclamiento, no se considerará pérdida de calor.

$$F_{43}Cp_{43} * (T_{43} - T_{ref}) + F_{44}Cp_{44} * (T_{45} - T_{ref}) + F_{45}Cp_{45} * (T_{45} - T_{ref}) + (1 - \eta) * W \\ = F_{46}Cp_{46} * (T_{46} - T_{ref})$$

Ecuación 4.25

Donde:

F_i : Flujo másico de corriente i

T_i : Temperatura de corriente i

T_{ref} : Temperatura de referencia, 273 K

W : Energía eléctrica que consume el mezclador, 2.2 [KW]

η : Eficiencia del mezclador, 0.75

Tabla 4.24: Valores de Cp para aditivos.

Compuesto	Cp [KJ/ Kg*K]
Almidón	1.22
Silicato de aluminio	0.87

Fuente: Montoya-López, Quintero-Castaño & Lucas-Aguirre (2015), La Iglesia (1995).

Debido a la composición nueva de la mezcla es necesario recalculer el valor de Cp, lo cual se realiza mediante la ecuación 4.26, valores de Cp de la tabla 4.24 y composición de la tabla 4.25:

$$\sum_1^n ni * Cpi = Cp$$

Ecuación 4.26

Tabla 4.25: Composición en %P/P de corriente F46.

Compuesto	%P/P
Biomasa	26,2
Agua	29,0
Almidón	37,1
Silicato de Aluminio	7,7

Mediante la ecuación 4.26 se puede obtener el valor de Cp para la corriente F46, que tiene un valor de 2.84 [KJ/Kg*K], mediante el cual se puede completar el balance de energía. La Temperatura de salida de la corriente F46 se presenta en la tabla 4.26.

Tabla 4.26: Temperaturas de corrientes (°C) en el mezclador de acuerdo a cultivos.

Flujo	<i>H.uvarum</i>	<i>A.pullulans</i>
Mezcla (F46)	20,8	25,8

4.4.3 Balance de energía al Secador

Para el balance de energía en torno al secador se considera la ecuación 4.27, que permite calcular el flujo de aire necesitado para ambos cultivos.

$$\begin{aligned}
 &F_{46}Cp_{46} * (T_{46} - T_{ref}) + F_{47}Cp_{47} * (T_{47} - T_{ref}) \\
 &= F_{48}Cp_{48} * (T_{48} - T_{ref}) + F_{46}Cp_{46} * (T_{49} - T_{ref}) + m_{agua} * H_{vT49}
 \end{aligned}$$

Ecuación 4.27

Donde:

H_{vT49} : Entalpía específica del vapor de agua a T_{49} , 2643.7 [KJ/ Kg*K]

m_{agua} : Flujo másico de agua retirada en el secado

El secador elegido para el proceso tiene temperaturas de operación de entrada y de salida del aire a 180°C y 80°C respectivamente, lo que permite completar el balance para obtener los flujos de aire representados en la tabla 4.32:

Tabla 4.27: Flujo de aire necesario para el proceso de secado.

Cultivo	Flujo de Aire [Kg/h]
<i>A. Pullulans</i>	172,75
<i>H. Uvarum</i>	31,06

4.5 CALDERA

4.5.1 Balance de Materia

Esta etapa consiste en suministrar al proceso suficiente vapor para poder realizar los trabajos de esterilización.

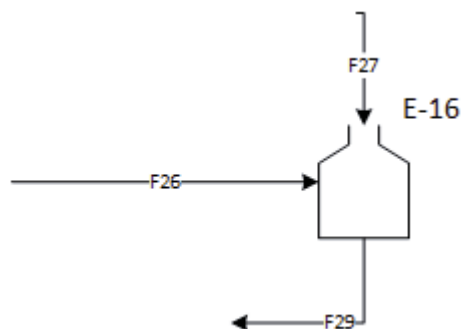


Figura 4.7: Diagrama de flujo caldera.

Balance de agua a la Caldera

$$F26 + F27 = F29$$

Ecuación 4.28

Mediante la ecuación se obtiene la masa de agua que hay que suministrar al sistema, obteniendo los flujos descritos en la tabla 4.28:

Tabla 4.28: Balance de masa a flujos de agua en la caldera.

Corriente	Flujo [Kg/h]
F26	22.9
F27	11.61
F29	34.51

4.5.2 Balance de energía

Para la generación de los vapores ocupados en el proceso es necesario tener el valor de la energía necesaria que tiene que ser suministrada por la caldera para poder realizar el proceso, este valor puede ser descrito por la ecuación 4.29:

$$Qr = F_{29}Cp_{29} * (T_{49} - T_{ref}) - F_{26}Cp_{26} * (T_{26} - T_{ref}) - F_{27}Cp_{27} * (T_{27} - T_{ref}) + (F_{26} + F_{27}) * \lambda_{vT29}$$

Ecuación 4.29

Donde

λ_{vT29} : Calor latente de vaporización del agua a la temperatura del vapor, 2144 [KJ/ Kg*K]

$$Qr = 50185 [KJ]$$

4.6 LÍNEA DE ESTERILIZACIÓN

4.6.1 Balance de energía a intercambiador de calor Vapor/Medio

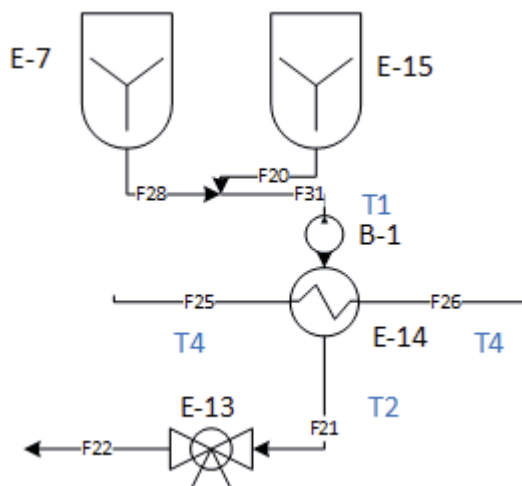


Figura 4.8: Diagrama de Flujo Intercambiador N°1

En la primera parte de la línea de esterilización existe un acondicionamiento del medio de cultivo mediante un intercambiador de calor, representado por la figura 4.8. Este Balance se encuentra expresado por la ecuación 4.30:

$$F_{20} * Cp * (T_1 - 0) + F_{25} * H_{v_{T_4}} = F_{21} * Cp * (T_2 - 0) + F_{26} * H_{L_{T_4}}$$

Ecuación 4.30

4.6.2 Balance de energía al sistema de Inyección de Vapor

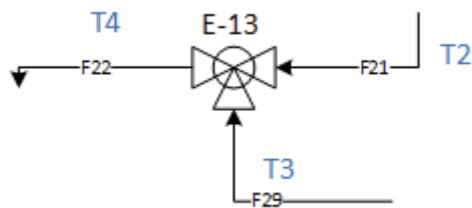


Figura 4.9: Diagrama del inyector de vapor

Se considera que el vapor se mezcla íntimamente con el medio, elevando la temperatura en forma prácticamente instantánea (Moritz, 2002). Sin embargo para facilitar los cálculos, se considera como una masa separada del flujo. De

este modo el balance queda expresado por la ecuación 4.31, ilustrado en la figura 4.9:

$$F21 * Cp * (T_2 - 0) + F29_v * H_{vT_3} = F22 * Cp * (T_3 - 0) + F29 * H_{LT_3}$$

Ecuación 4.31

4.6.3 Balance de Energía al Enfriador Flash

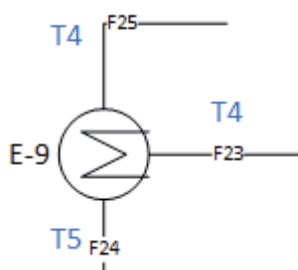


Figura 4.10: Diagrama de enfriador Flash

Este balance se realiza en torno al Enfriador Flash, ilustrado en la Figura 4.10, en el cual se considera una expansión isoentálpica, por lo que puede ser expresado a través de la ecuación 4.32.

$$F23 * Cp * (T_3 - 0) + F29_v * H_{LT_3} = F24 * Cp * (T_4 - 0) + F25 * H_{vT_4}$$

Ecuación 4.32

La temperatura de salida T5 va de acuerdo a las propiedades del enfriador Flash, mediante el cual se puede separar el vapor del líquido, enfriando este último de acuerdo a 37 [°C] de acuerdo a la figura 4.11:

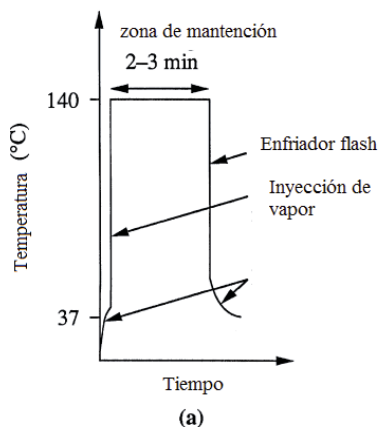


Figura 4.11: Comportamiento de temperatura en Enfriador Flash

Fuente: Doran, 2013

4.6.4 Balance de masa en torno al separador

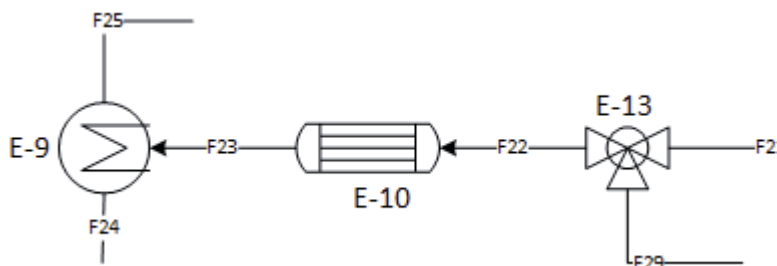


Figura 4.12: Balance de masa en torno a separador

El equipo en conjunto de esterilización se presenta en la figura 4.12, donde el balance a este se encuentra expresado por la ecuación 4.33

$$F21 + F29 = F25 + F24$$

Ecuación 4.33

Donde:

C_{p_i} : Capacidad calorífica del agua

$H_{v_{T_i}}$: Entalpía del vapor a temperatura i

$H_{L_{T_i}}$: Entalpía del líquido a temperatura i

Tabla 4.29: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.

Parámetro	Valor (500 L)
Cp	4,22
T ₁ [°C]	15
T ₃ [°C]	142
T ₄ [°C]	100
H _v (142 °C) [KJ/Kg]	2739,8
H _L (142 °C) [KJ/Kg]	596,8
H _v (100 °C) [KJ/Kg]	419,1
H _L (100 °C) [KJ/Kg]	2676

Reemplazando los valores de la tabla 4.28 en las ecuaciones 4.30, 4.31, 4.32 y 4.33 para obtener un flujo de medio F₂₀ y F₂₁ igual a 120 [Kg/h] (se considera la densidad del agua), se obtienen los resultados presentados en la tabla 4.30.

Tabla 4.30: Resultado de balance de masa en esterilización

Parámetro	Valor
F29 [Kg/h]	34.51
F20 [Kg/h]	227.78
F21 [Kg/h]	227.78
F25 [Kg/h]	22.90
F26 [Kg/h]	22.90
T ₂ [°C]	67.00

4.6.5 Balance de masa en torno al mezclador de medio de cultivo

Al tener finalizada la esterilización del medio de cultivo este tiene que ser mezclado con la corriente de vitaminas, representado por la figura 4.13:

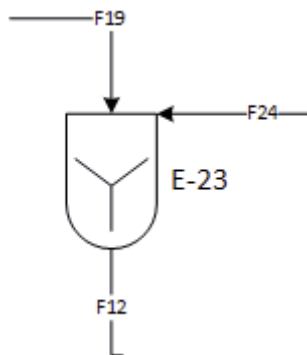


Figura 4.13: Flujos involucrados en el mezclador de medio de cultivo.

El flujo de vitaminas es solo utilizado en el medio de cultivo para *A. pullulans*, donde la concentración de solución de vitaminas está fijada en 4 [mL] por [L] de medio de cultivo. De esta forma los flujos en el mezclador de medio de cultivo esterilizado quedan descritos en la tabla 4.31:

Tabla 4.31: Descripción de Flujos para cultivo de *A. pullulans* en mezclador de medio de cultivo.

Flujo	Descripción	Volumen [L]
F19	Solución vitamínica	3.06
F24	Medio de cultivo esterilizado	761.94
F12	Medio de cultivo final	765

Para el caso de *H. uvarum* no hay flujo de solución vitamínica, por lo que F12 es igual a F24, con un valor correspondiente a 765 [L].

4.7 Viabilidad

Para el estudio de la viabilidad se considera que las células obtenidas en la etapa de producción son todas formadoras de colonia, por lo que el proceso comienza con una viabilidad del 100%.

A modo de estimación, se consideró una pérdida del 5% de viabilidad debido a esfuerzos mecánicos en la centrifugación y en el mezclado. Por lo que la biomasa entraría al secado con un 95% de viabilidad.

Para estimar las UFC (unidades formadoras de colonia) iniciales, realiza un cálculo mediante el volumen promedio de las células, ocupando valores promedio para ambos cultivos:

Tabla 4.32: Parámetros para célula promedio

Parámetro	Valor
Dp [um]	5,10
Dp [m]	5,10E-06
ρ [Kg/m ³]	1,09E+03
π	3,14
V lev [m ³]	6,95E-17
M lev [Kg]	7,55E-14

Donde:

Dp: Diámetro de partícula

ρ : Densidad de partícula

V Lev: Volumen de célula

M Lev: Masa de célula

De esta forma se estima un valor de UFC por Kg de biomasa mediante la Ecuación 4.34:

$$\left[\frac{UFC}{KgBiomasa} \right] = \frac{1}{7.55E - 14}$$

Ecuación 4.34

$$\left[\frac{UFC}{KgBiomasa} \right] = 1.32E + 13$$

Al considerar que el producto presenta 34% de Biomasa en su presentación final, se obtiene la cantidad de UFC iniciales por [Kg] de producto:

$$\left[\frac{UFC}{Kg \text{ Biomasa}} \right] * \left[\frac{0.34 Kg \text{ Biomasa}}{Kg \text{ Producto}} \right] = 4.5E + 9 \left[\frac{UFC}{g \text{ Producto}} \right]$$

Ecuación 4.35

Posteriormente la biomasa pasa por la etapa de secado, donde se estima un rendimiento en células viables del 26% (Jin & Custis, 2011), con lo cual se obtiene un rendimiento en viabilidad de 24.7%, resultando en un producto elaborado que contiene 1.11E+9 [UFC/g].

4.8 REFERENCIAS CAPÍTULO 4

- Acevedo F., G. J. (2002). *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica*. Valparaíso: Ediciones universitarias de Valparaíso.
- Arellano, M., Pelayo, C., Ramírez, J., & Rodríguez, I. (2008). Characterization of kinetic parameters and the formation of volatile compounds during the tequila fermentation by wild yeasts isolated from agave juice. *Journal of industrial microbiology & biotechnology*, 35(8), 835–841.
- Baileys, J., & Ollis, D. (1986). *Biochemical Engineering Fundamentals*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Escalante, W. E., Rychtera, M., Melzoch, K., Hatta, B., Quillama, E., Ludeña, Z., y otros. (2011). Actividad fermentativa de *Hanseniaspora uvarum* y su importancia en la producción de bebidas fermentadas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 31(1), 57-63.
- Haddad, S. A., & Lindegren, C. C. (1953). A method for determining the weight of an individual yeast cell. *Applied microbiology*, 1(3), 153-156.
- Jin, X., & Custis, D. (2011). Microencapsulating aerial conidia of *Trichoderma harzianum* through spray drying at elevated temperatures. *Biological Control*, 56(2), 202-208.
- La Iglesia, A. (1995). Estimación de propiedades termodinámicas de silicatos. . *Estudios geológicos*, 51(5-6), 185-194.
- Montoya-López, J., Quintero-Castaño, V. D., & Lucas-Aguirre, J. C. (2015). Caracterización de harina y almidón de frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata* AAA). *Acta Agronómica*, 64(1), 11-21.
- Mounir, R., Durieux, A., Bodo, E., Allard, C., Simon, J., Achbani, E., y otros. (2007). Production, formulation and antagonistic activity of the biocontrol

like-yeast *Aureobasidium pullulans* against *Penicillium expansum*. *Biotechnol Lett*, 553-559.

Peringer, P., Blachere, H., Corrieu, G., & Lane, A. G. (1974). A Generalized Mathematical Model for the Growth Kinetics of *Saccharomyces cerevisiae* with Experimental Determination of Parameters. *Biotechnology and bioengineering*, 16(4), 431-454.

Seo, H.-P., Chung, C.-H., Kim, S.-K., Gross, R., Kaplan, D., & Lee, J.-W. (2004). Mass production of pullulan with optimized concentrations of carbon and nitrogen sources by *Aureobasidium pullulans* HP-2001 in a 100-L Bioreactor with the inner Pressure. *Microbioly Biotechnology*, 237-242.

Venturin, C., Boze, H., Moulin, G., & Galzy, P. (1995). Influence of oxygen limitation on glucose metabolism in *Hanseniaspora uvarum* K5 grown in chemostat. *Biotechnology letters*, 17(5), 537-542.

CAPITULO 5.

DISEÑO, ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Este capítulo tiene como finalidad presentar los equipos seleccionados para el proceso de producción, especificando sus dimensiones y características técnicas. Estas características se determinarán por medio de cálculos de diseño y/o a través de estimaciones basadas por proveedores de equipos o datos bibliográficos.

5.1 MEZCLADOR MEDIO DE CULTIVO

5.1.1 Diseño de mezcladores

Se emplearan 4 estanques de mezclado, dos para preparación del medio de cultivo, el tercero es para la preparación de vitaminas y el cuarto es el que recibe el medio de cultivo esterilizado junto con las vitaminas esterilizadas.

Para la preparación del medio de cultivo son necesarios dos mezcladores debido a que mientras un mezclador se encuentra alimentando la línea, en el otro se debe estar preparando medio de cultivo para que una vez agotado el medio de cultivo del primer mezclador, se mantenga la alimentación continua a los fermentadores.

Ya que el flujo del medio de cultivo es 240 [L/h], el volumen útil de los dos primeros mezcladores será de 1 [m³], lo que asegura que al preparar el medio de cultivo durará alrededor de 4 horas (Ecuación 5.1). Por lo tanto los dos mezcladores tendrán un volumen de 1,2 [m³], según ecuación 5.2.

$$V_{\text{útil}} = \text{Flujo} * \text{Tiempo}$$

Ecuación 5.1

$$V_{\text{estanque}} = \frac{V_{\text{útil}}}{0,85}$$

Ecuación 5.2

El tercer estanque es para preparar la solución de vitaminas, para la producción de *H. uvarum* estas tienen un flujo de 1,2 [L/h], en el caso *A. pullulans* se utilizan 3,8 [L/día], por lo que un estanque de 10 [L] es suficiente.

El cuarto estanque recibe el la corriente con el medio de cultivo y vitaminas, ambos esterilizados. Cumple la función de mezclar homogeneamente ambas corrientes antes de entrar al fermentador. Un mezclador de 0,1 [m³] es suficiente.

Para los mezcladores se considera un cuerpo cilíndrico con tope y fondo de cabezas elípticas, este último recomendado para evitar la acumulación de cualquier sólido en las esquinas y aumentar la calidad de la suspensión (Hemrajani & Tatterson, 2003), ver Figura 5.1. El volumen del útil necesario está dado por la Ecuación 5.3.

$$V_{\text{útil}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{fondo}}$$

Ecuación 5.3

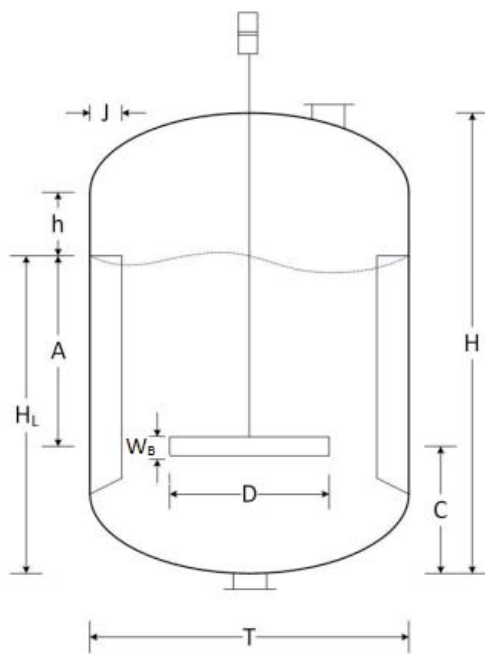


Figura 5.1: Esquema de diseño del mezclador.

Reemplazando en la ecuación 5.3 los respectivos volúmenes.

$$V_{\text{útil}} = \pi * \frac{T^2}{4} * H_L + \frac{1}{2} * \left[\frac{4 * \pi}{3} * \left(\frac{a}{2} * \frac{b}{2} * \frac{c}{4} \right) \right]$$

Para el volumen de fondo los valores a, b y c corresponden a los semiejes de la elipse, siendo la suma de los semiejes horizontales a y b igual al diámetro del estanque, mientras que c se considera como un cuarto del diámetro del mezclador (Sinnott, Mechanical Design of Process Equipment, 2005; Couper, Penney, Fair, & Walas, 2009).

$$V_{\text{útil}} = \pi * \frac{T^2}{4} * H_L + \frac{1}{2} * \frac{4 * \pi}{3} * \frac{T^3}{16}$$

Las partes del mezclador están relacionadas según muestra la tabla 5.1. Para obtener en primer lugar el diámetro del estanque y la altura que abarca el líquido, se ocupará la relación $H_L/T=1$ en la ecuación 5.4. Al tener esta relación, no es necesario considerar múltiples impulsores (Doran, 2013).

$$T = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{útil}}}{\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{24}}}$$

Ecuación 5.4

Tabla 5.1: Razones para el diseño de estanques de agitación o fermentadores.

Razón	Acevedo, 2002	Doran, 2013	Valor escogido
H_L/T	1,0-3,0	1	1
D/T	0,3-0,6	0,33	0,33
C/T	0,3	0,33	0,33
J/T	0,08-0,10	0,1	0,1

Fuente: Acevedo (2002), Doran (2013).

Para conocer la altura total H del mezclador se reordena la ecuación 5.3, obteniendo la ecuación 5.5.

$$H = \frac{V_{\text{estanque}} - \frac{\pi}{24} * T^3}{\frac{\pi}{4} * T^2}$$

Ecuación 5.5

Para obtener D, C y J se utilizan las relaciones de la tabla 5.1. Finalmente para A se utiliza la relación $A=H_L-C$, corroborando que A/D , cumpla con los valores de referencia. El resumen de los valores obtenidos en cuanto a las dimensiones del mezclador son mostrados en la tabla 5.2.

Tabla 5.2: Valores de diseño para los estanques mezcladores.

Parámetro	E-7,E-15	E-23
V útil [m ³]	1,00	0,10
T [m]	1,05	0,50
HL [m]	1	0,5
V estanque [m ³]	1,2	1,2
H [m]	1,2	0,6
D [m]	0,35	0,17
C [m]	0,34	0,16
J [m]	0,10	0,05
A [m]	0,66	0,34
Nº Buffles	4	4

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Potencia de Agitación

Turbinas de paletas inclinada, comúnmente se conoce como impulsores de flujo axial, también generan corrientes de descarga radial significativa, así como componentes de velocidad axial. Turbinas de paletas inclinada producen fuertes flujos de líquido y tienen una eficiencia de bombeo mucho mayor que las turbinas Rushton, haciéndolos muy eficaz para la mezcla de aplicaciones (Doran, 2013).

El régimen de flujo del medio de cultivo dentro del mezclador se determina mediante el número de Reynolds (Re) obtenido mediante la Ecuación 5.6. De esta ecuación se obtiene un número de Reynolds.

$$Re = \frac{\rho * D^2 * N_i}{\mu}$$

Ecuación 5.6

Donde:

ρ : Densidad del fluido [Kg/m^3]

D : Diámetro del impulsor [m]

N_i : Velocidad de agitación [1/s]

μ : Viscosidad del fluido [$\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{s}$]

Luego el número de potencia (N_p) se determina mediante la correlación de la Figura 5.2.

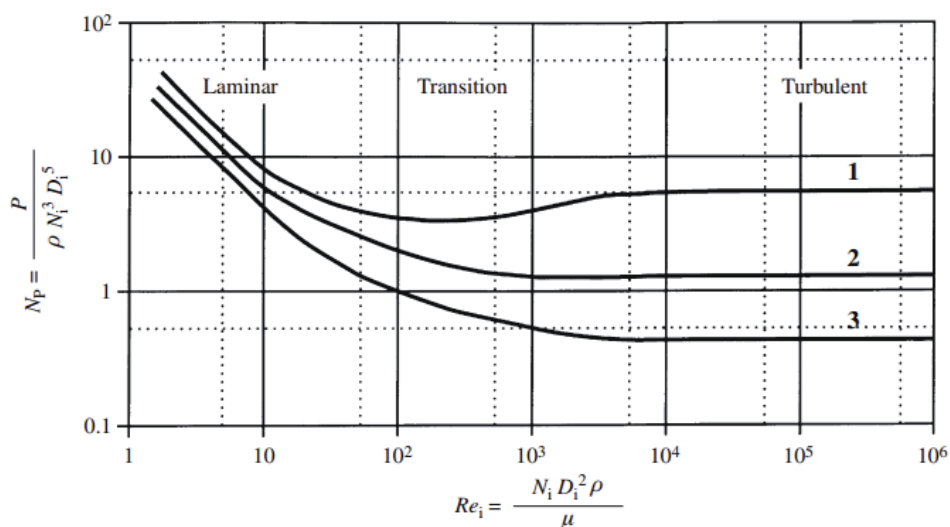


Figura 5.2: Correlación entre el número de Reynolds y el número de potencia para impulsores en fluidos sin gases. (1) Turbina Rushton; (2) Turbina de paletas inclinadas; (3) Hélice marina. (Doran, 2013).

Posteriormente se determina la potencia necesaria para la agitación del impulsor mediante la Ecuación 5.7.

$$P = N_p * \rho * N_i^3 * D^5$$

Ecuación 5.7

Donde:

P: Potencia [W]

N_p : Número de potencia del impulsor

En la tabla 5.3 se presenta un resumen de los valores utilizados y los obtenidos

Tabla 5.3: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.

Parámetro	E-7,E-15	E-23
ρ [Kg/m ³]	1000	1000
D [m]	0,35	0,17
N_i [rpm]	300	300
μ [Kg/m·s]	0,001	0,001
Re	600.311	136.125
N_p	2	2
P [W]	1.249	31

Fuente: Elaboración propia

5.2 ESTERILIZACIÓN

5.2.1 Esterilización medio de cultivo

El diseño de este proceso contempla en conjunto el diseño de un intercambiador de calor, sistema de inyección de vapor y el estanque de líquido vapor. El objetivo principal es aprovechar el vapor recuperado en la etapa de separación para precalentar la solución antes de la inyección de vapor.

El diseño debe ser realizado considerando que el diámetro del estanque debe ser lo suficientemente grande para disminuir la velocidad de descenso del gas, de modo que las partículas de líquido puedan separarse. El diámetro mínimo viene dado por la Ecuación 5.8 (Sinnott, Mechanical Design of Process Equipment, 2005).

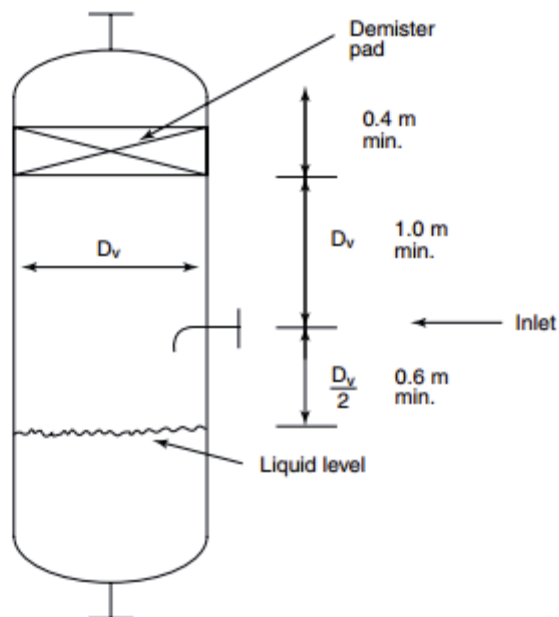


Figura 5.3: Esquema de un separador líquido vapor.

Fuente: Sinnott (2005).

$$D_v = \sqrt{\frac{4 * V_v}{\pi * u_s}}$$

Ecuación 5.8

Donde:

V_v : Flujo volumétrico de vapor [m^3/s]

u_s : Velocidad de gota del líquido [m/s]

La velocidad de gota del líquido está definida mediante la ecuación 5.9.

$$u_s = 0,07 * \left(\frac{(\rho_L - \rho_v)}{\rho_v} \right)^{1/2}$$

Ecuación 5.9

Donde:

ρ_L : Densidad del líquido a 100 [°C]

ρ_v : Densidad del vapor a 100 [°C]

Con datos obtenidos por tablas de vapor saturado, las densidades para el líquido y vapor a 100 [°C] son 957,854 [Kg/m³] y 0,597 [Kg/m³] respectivamente. Por lo tanto al reemplazar en la Ecuación 5.9 se obtiene el valor de 2,8 [m/s].

En base a esta velocidad es posible calcular el diámetro mínimo para cada proceso. El diámetro a utilizar es el diámetro mínimo redondeado, el cual corresponde a 0,2 [m].

La altura de líquido se calcula en base al flujo de líquido, considerando un tiempo de retención de 10 minutos (Sinnott, 2005). Esta corresponde a 1,39[m].

La altura total según indica la figura 5.3, se calcula mediante la Ecuación 5.10

$$H_T = H_{Liquido} + 2Dv$$

Ecuación 5.10

Los resultados del diseño del estanque de separación son resumidos en la tabla 5.4

Tabla 5.4: Valores utilizados y obtenidos.

Parámetro	Valor
u_s [m/s]	2,8
V_v [m ³ /s]	0,011
D_v [m]	0,07
D escogido [m]	0,2
F [m ³ /s]	$7,3 \cdot 10^{-5}$
Altura del líquido [m]	1,39
Altura total [m]	1,53
V estanque [m ³]	0,05

Para el diseño de un sistema de esterilización es necesario en primer lugar estimar el número de microorganismos en el flujo de entrada. Datos típicos encontrados en bibliografía reportan concentraciones de 10^6 [m.o./mL] (Wang et al., 1979) y de $5 \cdot 10^6$ (Lee, 2001; Flickinger & Stephen, 1999).

Sean N_1 y N_2 el número de microorganismos viables presentes al inicio y al término de la esterilización respectivamente, la relación N_2/N_1 es la fracción de microorganismos viables y se denomina grado de esterilidad. Las especificaciones de esterilización se acostumbra a expresarlas como la probabilidad de que falle la esterilización, por este motivo el valor de N_2 es una fracción decimal y N_1 el número de contaminantes en el medio. En vista a lo anterior la relación N_1/N_2 se expresa mediante la Ecuación 5.11

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1 * F * top}{0,001}$$

Ecuación 5.11

n_1 : Número de microorganismos en flujo [m.o./mL]

F: Flujo

T_{op} : Tiempo de operación del proceso continuo

La tasa de esterilización por calor se rige por las ecuaciones de la muerte térmica, mostrada en la ecuación 5.12

$$t_{hd} = \frac{\ln\left(\frac{N_1}{N_2}\right)}{k_d}$$

Ecuación 5.12

Donde:

t_{hd} : Tiempo de mantenimiento

N_1 : Número de células viables en el inicio

N_2 : Número de células viables al final de explotación.

k_d : Velocidad de desactivación

k_d se evalúa como una función de la temperatura usando la ecuación de Arrhenius (Ecuación 5.13)

$$k_d = A * e^{\frac{-Ea}{RT}}$$

Ecuación 5.13

A: constante o frecuencia de Arrhenius

Ea: Energía de activación para la muerte celular térmica

R: es la constante de gas ideal

T: es la temperatura absoluta

Para los cálculos se consideran los datos existentes en bibliografía para la destrucción de las esporas de *Bacillus stearothermophilus* que corresponde a un k_d a los 105 °C de 0,034 [min⁻¹] con una energía de activación de 71.000 [cal/mol].

Para continuar con el cálculo del largo de la tubería de mantención hay que calcular el Reynold mediante la ecuación 0,14.

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Ecuación 5.14

Para este valor de Re, podemos determinar el coeficiente de dispersión axial (D_z) partir de la figura 5.4, usando ya sea la curva experimental o teórica. S prefiere la curva experimental ya que esto da un valor mayor de D_z y un valor menor de Pe; el diseño esterilizador será, pues, más conservador.

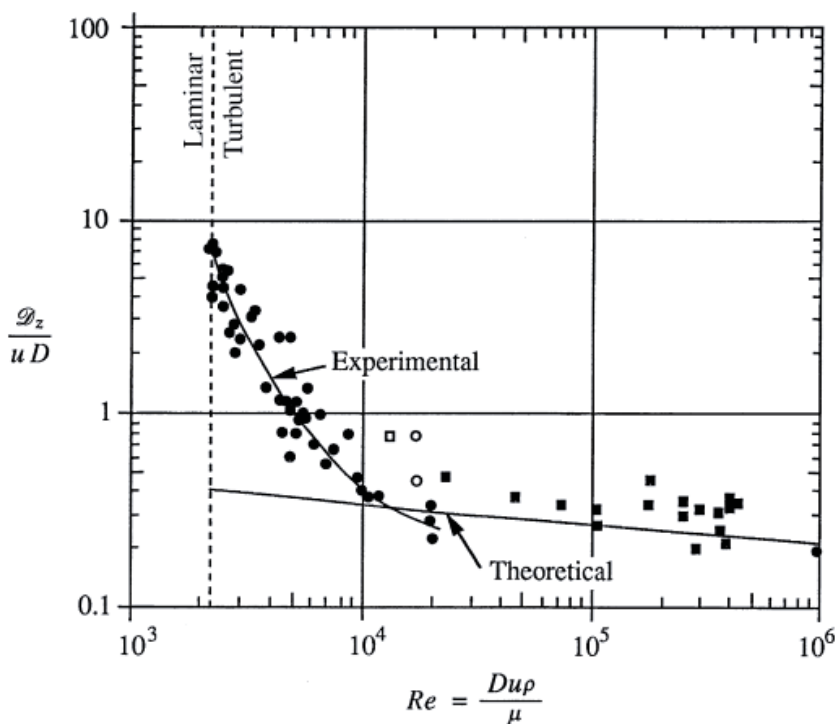


Figura 5.4: Correlación para determinar el coeficiente de dispersión axial en el flujo de la tubería turbulento

Luego se determina el número de Peclet (Pe) mediante la ecuación 5.15

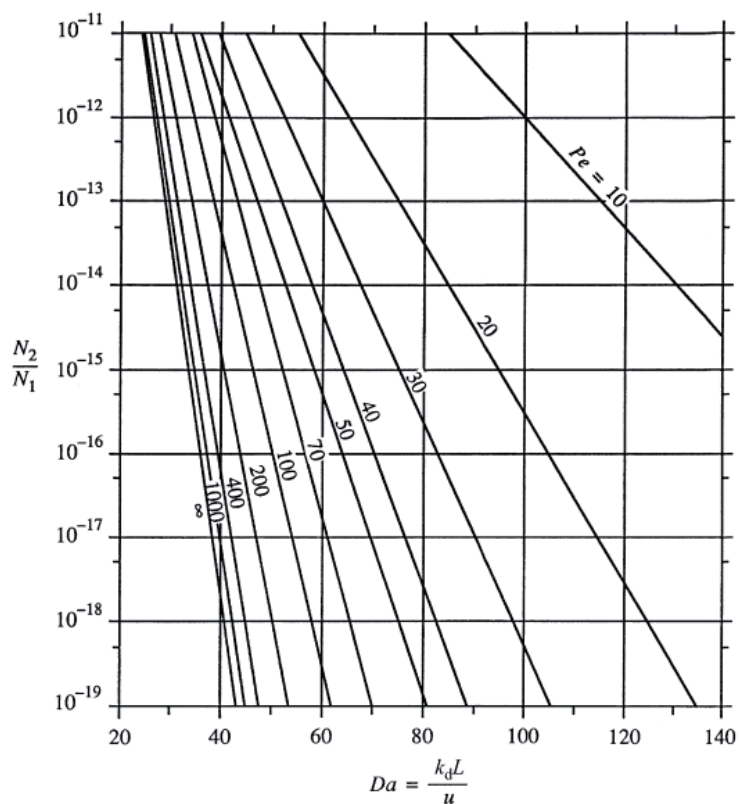
$$Pe = \frac{v * L}{Dz}$$

Ecuación 5.15

El número de Peclet depende del largo de la tubería, debido a esto con ayuda de la figura 5.5 se tendrá que utilizar la técnica del tanteo y comparar con el número de Damköhler (Da), que también depende del largo de la tubería, ecuación 5.16.

$$Da = \frac{k_d * L}{v}$$

Ecuación 5.16



5.2.2 Esterilización vitaminas

De acuerdo a lo expuesto en la sección 3.3.3, se decide utilizar una cápsula de filtración con una membrana de fluoruro de polivinilideno (PDVF) hidrofílico y de 0,1 μm , modelo Durapore® Opticap® XL marca Milipore (Figura 5.5). Para

determinar el largo del filtro, se recomienda el uso de cápsula, más pequeña, por lo que se decide realizar los cálculos con la cápsula XL 2 (Gerding & Müller, 2014). En la tabla 5.5 se presentan las características principales de la cápsula de filtración (Merck Millipore, 2015), para mayor información ver Apéndice B.1.

Tabla 5.5: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.

Parámetro	Valor (500 L)
Membrana	PDVF hidrofílico
Largo máximo [cm]	14,2
Diámetro [cm]	8,4
Área de filtración [m ²]	0,09
Diámetro de manguera (entrada y salida) [cm]	0,64

Fuente: Merck Millipore (2015).



Figura 5.5: Cápsula de filtración Opticap® XL

Luego para conocer el flujo adecuado para la cápsula, se fija una caída de presión de 0,2 [bar] y según las pruebas realizadas por el fabricante (Figura B.1 en Apéndice B.1) se obtiene un flujo de 0,7 [L/min]. Así considerando que se desean esterilizar 100 [L], el tiempo de esterilización por membrana será de aproximadamente 2,4 [h]. En la tabla 5.6 se presentan las principales condiciones de operación de la cápsula de filtrado.

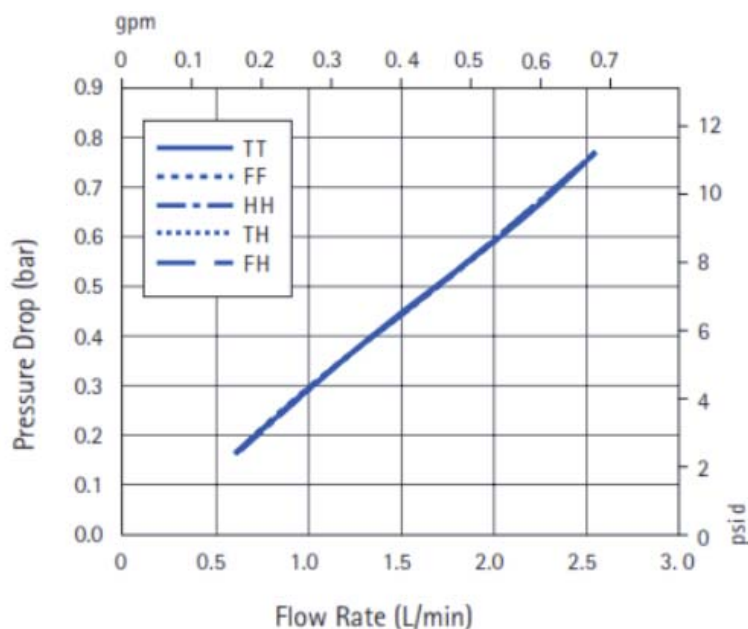


Figura 5.6: Perfil de flujo de cápsula de filtración Opticap® XL 2.

Fuente: Merck Millipore (2015).

Tabla 5.6: Parámetros de operación de la filtración.

Parámetro	Valor
Cantidad de cápsulas	1
Caída de presión [bar]	0,2
Caudal [L/min]	0,7
Tiempo total de filtrado [h]	2,4

5.3 FERMENTACIÓN

5.3.1 Diseño de Fermentadores

A continuación se determinarán las dimensiones de los fermentadores. Como se mencionó anteriormente se necesitan un fermentador de 100 litros y dos fermentadores de 500 litros de capacidad.

Los fermentadores poseen las mismas características que el mezclador presentado en la figura 5.1. Con la excepción que en este caso hay que suministrar aire. Los valores de diseño para los fermentadores son presentados en la tabla 5.7.

Tabla 5.7: Valores de diseño para fermentadores de 500 y 100 Litros.

Parámetro	E-5,E-6	E-4
V estanque [m3]	0,50	0,10
V útil [m3]	0,82	0,50
T [m]	0,82	0,5
HL [m]	1,2	1,2
H [m]	1	0,6
D [m]	0,27	0,17
C [m]	0,27	0,16
J [m]	0,08	0,05
A [m]	0,55	0,34
Nº Buffles	4	4

5.3.2 Potencia de agitación

Primero es necesario calcular el número de Reynolds y la potencia no aireada como indica la Ecuación 5.6 y 5.7 respectivamente.

Cuando un fluido en agitación se airea, la aireación provoca que se formen cavidades de aire detrás de las paletas del impulsor, las cuales disminuyen la potencia.

Esta caída de la potencia se expresa como la relación entre la potencia aireada respecto a la potencia no aireada (P_g/P). Para fluidos newtonianos esta caída puede relacionarse con el número de aireación (N_a) a través de la Ecuación 5.17.

$$N_{a=} = \frac{Q}{N_i * D^3}$$

Ecuación 5.17

Q es el flujo de aire [m^3/s] (calculado en la sección 4.2.3).

Una vez obtenido el número de aireación es posible determinar P_g/P mediante distintas correlaciones. En este caso para la turbina de paletas inclinadas se utiliza la correlación de la Figura 5.7.

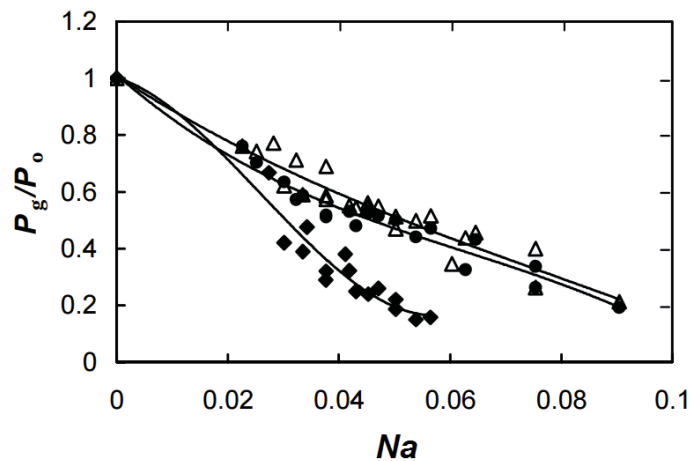


Figura 5.7: Correlación para estimar la potencia gaseada.

Fuente: (Karcz, Siciarz,, & Bielka, 2004)

●Turbina Marina, Δ Rushton Turbine,◆ Turbina de paletas inclinadas 45°.

Adicionalmente, se determina el tiempo de mezclado según la Ecuación 5.18.

$$t_m = \frac{5,4}{N_i} * \left(\frac{1}{N_p}\right)^{\frac{1}{3}} * \left(\frac{T}{D}\right)^2$$

Ecuación 5.18

En la tabla 5.8 se presenta un resumen de los valores utilizados y los obtenidos

Tabla 5.8: Valores utilizados y obtenidos para calcular la potencia.

Parámetro	E-5,E-6	E-4
ρ [Kg/m ³]	1050	1050
D [m]	0,27	0,17
Ni [rpm]	5	5
μ [Kg/m·s]	0,001	0,001
Re	384.428	142.931
Np	2	2
P [KW]	381	32
vvm [min ⁻¹]	1	1
V [m ³]	1,20	0,50
Q [m ³ /h]	0,02	0,00833333
Na	0,201872246	0,37101965
Pg/P	0,4	0,4
Pg [KW]	152,3450194	12,8413008
tm [s]	11,70644	7,8714102

5.4 CENTRIFUGACIÓN

Las características del fluido tales como, concentración de biomasa, el flujo y el tamaño de la partícula, luego de la fermentación, coinciden con las características de la centrifuga de discos con boquilla con descarga intermitente (tabla 5.9). Además para la escala de este proceso no se justifica el aumento de costo entre una centrífuga de descarga continua y una intermitente.

Tabla 5.9: Características de los principales tipos de centrifugas.

Tipo de centrifuga	Amplificación de gas	Sólidos en alimentación [%p/p]	Tipo de operación	Tamaño partícula [μm]	Flujo máximo [m³/h]
Tubular	20.000	0,1	Discontinua	0,1-100	----
Decantador centrífugo	2.000-5.000	5-20	Continua	2-20.000	200

Continuación tabla 5.9

Tipo de centrífuga	Amplificación de ges	Sólidos en alimentación [%p/p]	Tipo de operación	Tamaño partícula [µm]	Flujo máximo [m³/h]
Disco con boquilla	6.000-9.000	0,5-50	Continua	0,5-500	300
Discos con boquilla	5.500-7.500	1-10	Intermitente	0,5-500	200

Fuente: Atkinson & Mavituna (1991).

La centrífuga seleccionada para este proceso corresponde a la marca head, modelo JMLDP200. En la tabla 5.10 se muestran sus especificaciones técnicas.

Tabla 5.10: Especificaciones técnicas centrífuga JMLDP200.

Parámetro	Valor
Diámetro del tazón [m]	0,2
Máxima rotación [rpm]	7546
Flujo [L/h]	50-1500
Potencia [KW]	2.2
Dimensiones (L*W*H)[m]	0,66*0,50*0,70

Fuente: Alibaba, (2015)

Para el diseño del equipo se puede utilizar la ecuación 5.19. A cualquier distancia radial dada, la velocidad terminal v_g de una partícula lo suficientemente pequeña, que sedimenta en un campo centrífugo, se puede obtener en forma muy aproximada mediante la relación de Stoke.

$$v_g = \frac{d_p^2 * (\rho_p - \rho_F) * g}{18 * \mu}$$

Ecuación 5.19

Dónde:

g: Aceleración de gravedad [m/s²]

d_p : Diámetro de la partícula [m]

ρ_L : Densidad de la partícula [Kg/m³]

ρ_F : Densidad del fluido [Kg/m³]

μ : Viscosidad del medio [Pa*s]

Con los valores bibliográficos resumidos en la tabla 5.11 y la ecuación 5.20 es posible obtener la velocidad terminal para las células

Tabla 5.11: Características de una levadura

Parámetro	Valor
Densidad de la partícula [g/cm ³]	1,087
Masa de la partícula [g]	$7,922 \cdot 10^{-11}$
Diámetro de la partícula [μ m]	5,1

Fuente: Haddad & Lindegren (1953).

$$v_g = \frac{(5,1 \cdot 10^{-6})^2 * (1087 - 1050) * 9,8}{18 * 0,001} = 5,24 \cdot 10^{-7} \left[\frac{m}{s} \right]$$

A partir de la ecuación 5.19 mediante distintas relaciones y suposiciones descritas por Ambler (1961), es posible obtener la ecuación 5.20. Donde F es el caudal de alimentación volumétrico y el factor sigma (Σ), representa el área en sección transversal de un sedimentador de gravedad con las mismas características de sedimentación como la centrífuga.

$$F = 2v_g * \Sigma$$

Ecuación 5.20

$$\Sigma = \frac{F}{2v_g} = \frac{6,67 \cdot 10^{-5}}{2 * 5,24 \cdot 10^{-7}} = 63,62[m^2]$$

El concepto de sigma ha sido muy utilizado en el campo de la sedimentación centrífuga desde que éste fue desarrollado (Ambler, 1961; Boychyn, Doyle,

Bulmer, More, & Hoare, 2000). Sigma es un área característica de cada tipo de centrífuga y se utiliza para realizar diseños, comparaciones y escalamiento de equipos. La ecuación 5.21 describe el sigma correspondiente a una centrífuga de discos y la figura 5.8 ayuda a comprender mejor.

$$\Sigma = \left[\frac{2\pi * n' * \omega^2}{3 * g * \tan \theta} * (R_0^3 - R_1^3) \right]$$

Ecuación 5.21

Donde

n: Número de discos

n': Espacio formados entre los discos ; n'=n-1

ω : Velocidad de rotación [rpm].

θ : Ángulo que forma el cono con la vertical.

R₀: Radio externo de los discos [m]

R₁: Radio interno de los discos [m]

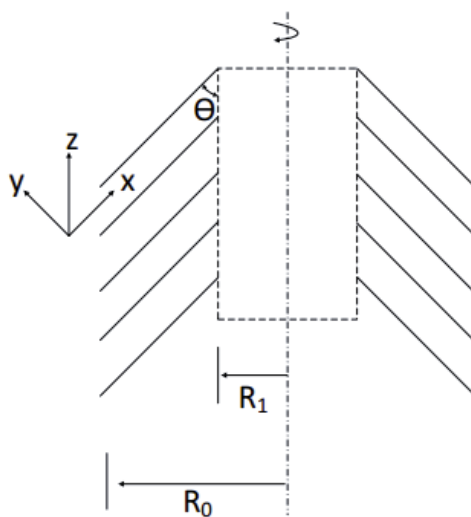


Figura 5.8: Diagrama centrífuga de discos.

Tabla 5.12: Parámetros seleccionados para operar la centrífuga

Parámetro	Valor seleccionado
ω [rpm]	5000
R_0 [m]	0,1
R_1 [m]	0,01
θ [°]	50

Con los valores de la tabla 5.12, se reemplazan en la ecuación 5.21 y se puede obtener el número de discos necesarios de acuerdo a:

$$127,3 = \left[\frac{2\pi * n' * \left(\frac{5000}{60}\right)^2}{3 * 9,8 * \tan 50} * (0,1^3 - 0,01^3) \right]$$

$$n' = 51,13 \approx 52$$

$$n = 53$$

5.5 SECADO

5.5.1 Diseño del secador

Al diseñar un secador spray, además del dimensionamiento y selección del equipo, es necesario establecer que tipo de atomizador se utilizará, considerando la velocidad de agitación y la potencia necesaria. Además se debe considerar el diseño de un ciclón a la salida de equipo para recuperar el producto arrastrado por el aire.

El secador spray incluye el lavador de gases, atomizados auxiliar, horno directo y el ciclón. En la tabla 5.13 se presentan sus características.

Tabla 5.13: Dimensiones de un atomizador centrífugo industrial.

Parámetro	Valor
T entrada [°C]	180
T salida [°C]	80
Evaporación máxima de agua [L/H]	19
Consumo de combustible [Kcal/h]	24.000
Consumo eléctrico [KW/h]	4
Espacio requerido	3x3x4,8 (altura)

Fuente: Galaxie (2015)

5.6 EQUIPOS AUXILIARES

5.6.1 Bombas

En el diseño de bombas es necesario el conocer la potencia que debe desarrollar cada una de estas bombas en el sistema para conocer el consumo de energía de las mismas.

Los factores que afectan la elección de una velocidad de flujo satisfactoria en los sistemas de fluidos son numerosos. Algunos de los más importantes son el tipo de fluido, la longitud del sistema de flujo, el tipo de tubo, la caída de presión que se puede tolerar, etc. Ante esto se debe saber que las pérdidas de energía y las correspondientes caídas de presión aumentan drásticamente a medida que aumenta la velocidad de flujo, es por esta razón que se hace deseable mantener las velocidades bajas, pero a su vez el implementar tuberías más grandes incrementa el costo del sistema.

Una velocidad razonable de distribución es de 3 [m/s] para líquidos con propiedades similares al agua, mientras que para que la bomba tenga un buen desempeño su entrada debe ser de aproximadamente 1 a 2 [m/s] (Mott, 1996).

Dado un flujo con sus propiedades físicas conocidas (densidad y viscosidad), se considera una velocidad de succión de 2 [m/s] y una velocidad de descarga de 3

[m/s] respectivamente (Moot, 2006), por el cual se calcula el diámetro de la tubería con la Ecuación 5.23.

$$D_n = \left(\frac{4}{\pi} * \frac{F}{v} \right)^{(1/2)}$$

Ecuación 5.22

Obtenido el diámetro, se busca el diámetro interno comercial más cercano (tabla B.2, apéndice B.2). Con este diámetro, se recalcula la velocidad en la ecuación 5.23.

Una vez obtenido la velocidad se procede a calcular el número de Reynolds mediante la Ecuación 5.23 Se calcula el número de Reynolds con los valores de salida de la bomba a través de la Ecuación 5.24

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Ecuación 5.23

Se procede a obtener la rugosidad del material utilizado por la tabla 5.16

Tabla 5.14: Valores de diseño de rugosidad de tubos.

Material	Rugosidad ϵ [m]
Vidrio	$3,0 \cdot 10^{-7}$
Plástico	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Tubo extruido (cobre, latón y acero)	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Acero comercial o galvanizado	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Hierro galvanizado	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil recubierto	$2,4 \cdot 10^{-4}$
Hierro dúctil no recubierto	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Concreto	$1,8 \cdot 10^{-3}$
Acero remachado	$3,0 \cdot 10^{-7}$

Fuente: Elaboración propia a partir de Moot (2006)

Una vez determinada la rugosidad se utiliza el gráfico de Moody (Apéndice B.2, Tabla B.3) con la rugosidad y el diámetro de la cañería, para calcular el factor de Fanning.

Se obtiene el largo equivalente de la cañería mediante el número de codos, uniones y válvulas que tenga la cañería (Apéndice B.2, Tabla B.4). Una vez hecho esto se calcula la pérdida total a través de la ecuación de Darcy, expresada en la ecuación 5.29.

$$h_f = f * \left(\frac{L + \sum L_e}{D_i} * \frac{v^2}{2g_c} \right)$$

Ecuación 5.24

Donde:

f: Factor de fricción

L_e : Largo equivalente [m]

L: Largo de la tubería [m]

D_i : Diámetro interno de la cañería [m]

v: Velocidad del fluido en la tubería [m/s]

g_c : Factor de proporcionalidad de la ley de Newton, 1

Luego se calcula la diferencia de velocidad, de altura y de presión de la cañería, estos en conjunto con las pérdidas del sistema se reemplazan en la ecuación general de la energía mecánica, expresada en la ecuación 5.30. Obteniendo el Trabajo a realizar por la bomba.

$$W = \frac{\Delta P}{\rho} + g * \Delta Z + \frac{\Delta v^2}{2} - h_f$$

Ecuación 5.25

Donde:

P_a, P_b : Presión en el punto a y punto b [Pa]

Z_a, Z_b : Altura del punto a y b con respecto a una cota de referencia [m]

V_a, v_b : Velocidad del fluido en el punto a y punto b [m/s]

W : Trabajo realizado por la bomba por unidad de masa [J/Kg]

ρ : Densidad del fluido transportado [Kg/m³]

g : Aceleración de gravedad [m/s²]

h_f : Pérdidas del sistema

La potencia requerida por una bomba se puede calcular de acuerdo a la Ecuación, donde la eficiencia de la bombas (η) se encuentra entre 0,6 a 0,9 (Moot, 2006).

$$P = \frac{M * W}{1000 * \eta}$$

Ecuación 5.26

Donde:

P : Potencia requerida por la bomba [kW]

M : Flujo másico del fluido [kg/s]

El tipo de bomba que se selecciona es del tipo centrífugo, debido a las siguientes razones:

- Pueden impulsar caudales pequeños.
- Bajo costo y fáciles de mantener.
- El fluido es entregado a presión uniforme, sin variaciones bruscas ni pulsaciones.

Tabla 5.15: Resumen de potencias

Bomba	Potencia [KW]
B-1	0,30
B-2	0,10
B-3	0,30
B-4	0,32
B-5	0,41
B-6	0,43
Total	1,84

Fuente: Elaboración propia a partir de Moot (2006)

5.6.2 Caldera

Para la generación de todos los vapores del proceso se hará uso de una caldera de tipo tubos sumergidos funcionando mediante Petroleo N°6. El consumo de combustible de esta caldera puede ser calculado de acuerdo a la Ecuación 5.27.

$$C * LHV = M_v * (Cp_{ag} * (T_v - T_a) + \lambda_v)$$

Ecuación 5.27

Dónde:

C: Consumo de combustible [Kg/h]

LHV: Poder calorífico inferior del combustible [KJ/Kg]

M_v: Masa de vapor necesaria de producir [Kg/H]

T_v: Temperatura del vapor a la salida de la caldera

T_a: Temperatura del agua a la entrada a la caldera

λ: Calor latente de vaporización del agua a la temperatura del vapor

El poder calorífico inferior del combustible se obtiene al restar el agua evaporada del combustible elegido a partir del poder calorífico superior a través de la ecuación 5.28 y 5.29 (Podolski, Schmalzer, & Conrad, 2008).

$$HHV = (146,48 * C + 568,78 * H + 29,4 * S - 6,58 * A - 51,53 * (O + N)) * 2,326 * 100$$

Ecuación 5.28

Donde: C, H, S, A, O y N son los porcentajes de carbono, hidrógeno, azufre, cenizas, oxígeno y nitrógeno en el combustible respectivamente (tabla 5.16).

$$LHV = HHV - 214 * H * 100$$

Ecuación 5.29

Tabla 5.16: Porcentajes de elementos en Gasoil nº6.

Elemento	%
Carbono	84,67
Hidrógeno	11,02
Azufre	3,97
Cenizas	0,02
Oxígeno	0,38
Nitrógeno	0,18

Reemplazando los valores de la tabla 5.16 en la ecuación 5.28, se obtiene un valor de HHV=43.631,4 [KJ/Kg] y LHV=9.874,0 [KJ/Kg]. Reemplazando estos valores en la ecuación 5.27 se obtiene un consumo de combustible de 8,05 [Kg/h]

5.6.3 Compresor

Para poder escoger el mejor modelo de compresor que se ajuste a las necesidades de cada sistema es necesario establecer el flujo de aire que debe

transferir y la potencia necesaria. Para determinar la potencia de compresores centrífugos se utiliza la ecuación 5.30 (Perry, Green & Maloney, 1994).

$$kW = 2,79 \cdot 10^{-4} \left(\frac{k}{k-1} \right) * \frac{F * P_1}{3600} * \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\left(\frac{k-1}{k} \right)} - 1 \right)$$

Ecuación 5.30

Donde:

kW: Potencia [KW]

P₁: Presión absoluta en la entrada [Pa]

P₂: Presión absoluta en la descarga [Pa]

F: Gasto volumétrico del gas [m³/h]

Para la presión en la descarga se deben considerar todas las presiones que el compresor debe vencer para poder transferir el aire hasta la salida del fermentador, incluyendo dentro estos la presión en la salida, en la cabeza, la altura de líquido, la caída de presión del filtro de aire y cañerías.

El factor k de la ecuación 5.30 representa la división Cp/Cv, como este factor es fuertemente dependiente de la temperatura, se suele utilizar valores promedios (Walas, 1990), encontrándose en bibliografía un valor recomendado de 1,5 (Vogel & Todaro, 1997).

Se determina utilizar un compresor que atienda las necesidades del proceso, para lo cual se selecciona un compresor con las características presentadas en la tabla 5.17.

Tabla 5.17: Características del compresor seleccionado

Parámetro	Valor
Modelo	4418000012
Flujo salida [L/min]	250
Presión de trabajo [bar]	8
Potencia [KW]	2,2
Dimensiones [mm]	115x45x85

5.6.4 Intercambiador de calor

Este intercambiador es específicamente un condensador, es importante ya que convierte el vapor usado nuevamente en agua para regresarla a la caldera de vapor como agua de alimentación. Esto baja el costo operacional de la planta permitiendo reutilizar el agua de alimentación, y resulta más fácil bombear un líquido que el vapor.

Hay diversos diseños de condensadores, pero el más común, por lo menos en las instalaciones de generación de potencia, es el condensador de paso transversal simple, más conocido como tubo y coraza.

Tabla 5.18: Características del intercambiador de doble seleccionado.

Parámetro	Valor
T _{vap}	100
Q [W]	72043
U [KJ/m ² K h]	300
ΔT_{ML} [°C]	53
A [m ²]	1,27
Di [m]	0,068
L [m]	0,8
nt	43

5.7 REFERENCIAS CAPÍTULO 5

- Acevedo, F. (2002). Transferencia de masa, momento y calor en fermentaciones. En F. Acevedo, J. C. Gentina, & A. Illanes, *Fundamentos de Ingeniería Bioquímica* (págs. 217-251). Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.
- Ambler, C. (1961). Theory of centrifugation. *Industrial & Engineering Chemistry*, 53(6), 430-433.
- Atkinson, B., & Mavituna, F. (1991). *Biochemical engineering and biotechnology handbook*. New York: Stockton Press.
- Boychyn, M., Doyle, W., Bulmer, M., More, J., & Hoare, M. (2000). Laboratory scaledown of protein purification processes involving fractional precipitation and centrifugal recovery. *Biotechnology and bioengineering*, 69(1), 1-10.
- Couper, J., Penney, W., Fair, J., & Walas, S. (2009). Process Vessels. En J. Couper, W. Penney, J. Fair, & S. Walas, *Chemical Process Equipment: Selection and Design* (3ra ed., págs. 655-675). Waltham, MA: Butterworth-Heinemann.
- Doran, P. M. (2013). *Bioprocess Engineering Principles*. Waltham, Massachusetts, EE.UU.: Academic press.
- Echeverri, C. A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 123-139.
- Flickinger, M. C., & Stephen, W. D. (1999). *Encyclopedia of Bioprocess Technology: Fermentation, Biocatalysis and Bioseparation*. New York: John Wiley and Sons.

- Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clamp, C. W., Maus, L., & Anderson, L. B. (1987). *Principios de Operaciones Unitarias*. México : Compañía Editorial Continental S.A. De C.V.
- Galaxie. (2015). *Galaxie, Secado Spray*. Recuperado el 28 de Junio de 2015, de http://www.galaxie.com.ar/productos_proceso.php
- Gerding, G. A., & Müller, A. (2014). Evaluación de la factibilidad técnico-económica de una planta productora de rhBMP-2 producida en células CHO. *Escuela de Ingeniería Bioquímica, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*.
- Haddad, S. A., & Lindegren, C. C. (1953). A method for determining the weight of an individual yeast cell. *Applied microbiology*, 1(3), 153-156.
- Harryson, R. G., Todd, P., Rudge, S. R., & Petrides, D. P. (2003). *Bioseparations Science and Engineering*. New York: Oxford University Press.
- Heldman, D. R., & Lund, D. B. (1992). *handbook of food engineering*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Hemrajani, R. R., & Tatterson, G. B. (2003). Mechanically Stirred Vessels. En E. L. Paul, V. A. Atiemo-Obeng, & S. M. Kresta, *Handbook of Industrial Mixing: Science and Practice* (págs. 345-390.). John Wiley & Sons Inc.
- Karcz, J., S. R., & Bielka, I. (2004). Gas hold-up in a reactor with dual system of impellers. *Chem. Pap*, 58(6), 404-409.
- Kesser, H. (2002). *Food and Bioprocess Engineering*. München: Publishing House A. Kessler.
- Lee, J. M. (2001). *Biochemical Engineering* . Washington: Prentice-Hall Inc.
- Lisansky, S. G., Quinlan, R., & Tassoni, G. (1993). *Bacillus thuringiensis production handbook: laboratory methods, manufacturing, formulation, quality control, registration*. Newbury: CPL Press.

- Masters, K. (1972). *Spray drying handbook*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Merck Millipore. (Marzo de 2015). *Sterilizing-grade Durapore 0.1 μm and 0.22 μm Hydrophilic Cartridge Filters*. Recuperado el 14 de Junio de 2015, de https://www.merckmillipore.com/CL/es/product/Sterilizing-grade-Durapore-0.1%C2%A0%C2%B5m-and-0.22%C2%A0%C2%B5m-Hydrophilic-Cartridge-Filters,MM_NF-C529
- Moot, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Prentice Hall Inc.
- Perry, R. H. (1999). *Chemical Engineer's Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Perry, R. H., Green, D. W., & Maloney, J. O. (1994). *Manual del Ingeniero Químico* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., & West, R. E. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers*. Boston: McGraw-Hill.
- Podolski, F., Schmalzer, D., & Conrad, V. (2008). Energy Resources, Conversion and Utilization. En R. Perry, & D. Green, *Perry's Chemical Engineering Handbook* (8va ed.). New York: McGraw Hill.
- Sinnott, R. K. (2005). Mechanical Design of Process Equipment. En R. K. Sinnott, *Chemical Engineering Design* (4ta ed., págs. 794-891). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Vogel, H. C., & Todaro, C. L. (1997). *Fermentation and biochemical engineering handbook: Principles, Process Design and Equipment*. New Jersey: Noyes Publications.
- Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment: Selection and design*. Boston: Butterworth-Heinemann.
- Wang, D. I., Cooney, C. L., Demain, A. L., Dunnill, P., Humphrey, A. E., & Lilly, M. D. (1979). *Fermentation and enzyme technology*. New York: Wiley and Sons.

CAPITULO 6.

ORGANIZACIÓN DE LA PLANTA: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y PROGRAMACIÓN DE OPERACIONES Y PROCESOS

El sistema organizacional de la planta deber ser capaz de lograr la máxima eficiencia y armonía entre los recursos técnicos y humanos en la planta, de manera de tener el máximo rendimiento económico.

El modelo organizacional de la planta es de tipo funcional, este modelo organizacional presenta dos ventajas principales. La primera ventaja es que proporciona el máximo nivel de especialización a los diversos organismos, permitiendo la descentralización en la toma de decisiones, pudiendo ser tomadas por los cargos u organismos especializados dentro de la planta. La segunda ventaja es que permite el desarrollo de una comunicación directa, sin intermediarios, poseyendo una mayor fluidez y rapidez entre los distintos niveles de jerarquía (Illanes, 1991).

6.1 Planificación De La Producción

La producción de la planta fue determinada como 15000 [Kg / anual] de producto para el año 2015, esto repartido de forma de que el 70% de la producción corresponde a producto en base a *A. pullulans* y 30% en base a *H. uvarum*. Siendo el objetivo de la planta alcanzar su máxima capacidad para el año 2025 donde se estiman producir 28600 [Kg / anual] repartidos de la misma forma. La capacidad de la planta comenzara con un 52.3%, llegando al 100% para el 2025, como se muestra en la tabla 6.1:

Tabla 6.1: Estimación del %Capacidad utilizada a partir de la producción.

Año	%Capacidad Utilizada
2015	52,3
2020	76,2
2025	100,0

Para la planificación de la producción se cuenta con tres etapas principales, estas son la propagación, producción y formulación. La propagación y la producción son etapas con distintos tiempos de carga y descarga de equipos para cada cultivo, mientras que la etapa de formulación es común para ambas cepas.

6.1.1 Propagación

Como se estableció en el Capítulo 3 la propagación consiste en cuatro fermentaciones en cadena, escalando desde 0.1 [L] hasta 100 [L]. Para ambos cultivos existen tiempos de fermentaciones diferentes, ilustradas en la tabla 6.2, por lo que es necesario establecer un orden mediante el cual sea más eficiente la propagación dentro de la planta.

Tabla 6.2: Tiempo de fermentación para cada etapa de propagación.

Cultivo	Tiempo de Fermentación [h]
<i>H.uvarum</i>	46.05
<i>A. pullulans</i>	8.87

El tiempo de fermentación por lote de propagación para *A. pullulans* es el 19.3% del tiempo de fermentación de *H. uvarum*. Esto debido a que *H. uvarum* presenta un crecimiento en la modalidad de Lotes mucho menor que continuo, debido a las altas concentraciones de sustrato (Venturin, Boze, Moulin, & Galzy, 1995a), por lo que el tiempo de cultivo para obtener la concentración necesaria es mucho mayor. Debido a esto en la puesta inicial de marcha de la planta se iniciara con la propagación de *A. pullulans*, lo que permitirá obtener productos en un tiempo mucho menor. De esta manera al tener en producción *A. pullulans* una vez agendada la producción de *H.uvarum* se realizara la propagación de este, que tiene una duración de 8 días.

Para la propagación se elaboró una carta Gantt donde se organizan las diferentes actividades para cada propagación, ilustrados en las figuras 6.1 y 6.2, ocupando como fecha de ejemplo 20/07/2015:

Id.	Nombre de tarea	Duración	19 jul 2015				
			20	21	22	23	24
1	Recepción de Materiales para Propagación 1	1h					
2	Esterilización de Medio de Cultivo y Matraz para propagación 1	1h					
3	Inicio de Propagación 1	9h	■				
4	Preparación de medio de cultivo para Propagación 2	1h					
5	Esterilización de Medio de cultivo y Matraz para Propagación 2	2h					
6	Inicio de Propagación 2	9h	■				
7	Preparación de medio de cultivo para Propagación 3	1h					
8	Esterilización de Medio de cultivo y Reactor para Propagación 3	2h					
9	Inicio de Propagación 3	9h			■		
10	Preparación de medio de cultivo para Propagación 4	1h					
11	Esterilización de Medio de cultivo y Reactor para Propagación 4	2h					
12	Inicio de Propagación N°4	9h				■	

Figura 6.1: Carta Gantt para propagación de *A. pullulans* ocupando como fecha de inicio 20/07/2015.

Id.	Nombre de tarea	Duración	19 jul 2015					26 jul 2015						
			20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Recepción de Materiales para Propagación 1	1h												
2	Esterilización de Medio de Cultivo y Matraz para propagación 1	1h												
3	Inicio de Propagación 1	2d												
4	Preparación de medio de cultivo para Propagación 2	1h												
5	Esterilización de Medio de cultivo y Matraz para Propagación 2	2h												
6	Inicio de Propagación 2	2d												
7	Preparación de medio de cultivo para Propagación 3	1h												
8	Esterilización de Medio de cultivo y Reactor para Propagación 3	2h												
9	Inicio de Propagación 3	2d												
10	Preparación de medio de cultivo para Propagación 4	1h												
11	Esterilización de Medio de cultivo y Reactor para Propagación 4	2h												
12	Inicio de Propagación N°4	2d												

Figura 6.2: Carta Gantt para propagación de *H. uvarum* ocupando como fecha de inicio 20/07/2015.

6.1.2 Producción

La línea de producción se iniciara con *A. pullulans*, donde se necesita de la producción de 116 lotes para producir los 10.500 [Kg] de producto para el 2015. El tiempo para la producción de un lote es de 9[h], siendo posible realizar uno al día por fermentador. Al principio se operara al 52% de la capacidad de la planta, operando con un fermentador a la vez, por lo que se distribuirá la producción de *A. pullulans* en 180 días, para lo cual se realizaran tres propagaciones. Cada propagación se realiza al cumplir dos meses del tiempo de cultivo.

La producción de *H. uvarum* se realizara posterior a la producción de *A. pullulans*, esta consta de 29 días funcionando de forma continua. Para este cultivo solo se realizara una propagación por año, debido a que con una sola propagación se puede alcanzar la producción total sin cumplir los dos meses del tiempo de cultivo.

6.1.3 Formulación

Se tiene que considerar que la formulación está sujeta a la operación de la centrifuga, esta funciona de forma continua, por lo que para la producción de lotes de *A. pullulans* estos pasaran a un estanque pulmón donde se almacenaran hasta comenzar la centrifugación, posterior al inicio del siguiente lote.

Para la producción de *H.uvarum* se cuenta con estanques pulmón con suficiente volumen para almacenar producto por las noches y durante el fin de semanas, por lo que la formulación solo se realizara durante el día bajo supervisión de supervisores capacitados.

6.2 Determinación De Número De Operarios

Para realizar el cálculo del número de operarios se utiliza la fórmula planteada por Zomosa, 1983. Mediante esta formula se obtiene el numero de horas hombre basadas en la producción diaria de la planta dada por la ecuación 6.1

$$HH = 15.2 * Q_p^{0.25}$$

Ecuación 6.1

Donde:

HH: [Horas hombre / Día*Etapa]

Qp: Producción diaria de producto, [Ton/día]

Para la producción diaria se ocupa como producto la línea de *A. pullulans*, debido a que se produce en mucho mayor porcentaje que *H.uvarum*, donde su producción diaria a máxima capacidad está dada por la ecuación 6.2

$$Q_p = 28.079 \left[\frac{Kg}{h} \right] * 3.2 \left[\frac{horas}{lote\ por\ reactor} \right] * 2[reactor] * 1 \left[\frac{Lote}{dia} \right] * \frac{1 [Ton]}{1000 [Kg]}$$

Ecuación 6.2

$$Prod \text{ diaria} = 0.179 \left[\frac{Ton}{día} \right]$$

Mediante esta producción se obtiene el valor de HH:

$$HH = 9.88 \left[\frac{HH}{día * etapa} \right]$$

A partir de eso se puede calcular el número de operarios por la ecuación 6.3, considerando 3 etapas, 9 horas de trabajo al día y un turno:

$$NO = \frac{n * HH}{n_t * T}$$

Ecuación 6.3

Donde:

NO: Número de operarios

n: Número de etapas involucradas en la producción

n_t: Número de turnos

T: Horas de cada turno

$$NO = 4$$

6.3 Organigrama

Los distintos departamentos que se requieren dentro de la empresa están dentro del marco de organización funcional, de manera que se puedan tener especialistas en todos los niveles, de esta manera tener una mejor supervisión técnica. La dirección se encarga de toda la empresa, la que se divide en cuatro áreas principales: Finanzas, compras y ventas, producción e investigación y desarrollo (figura 6.3).

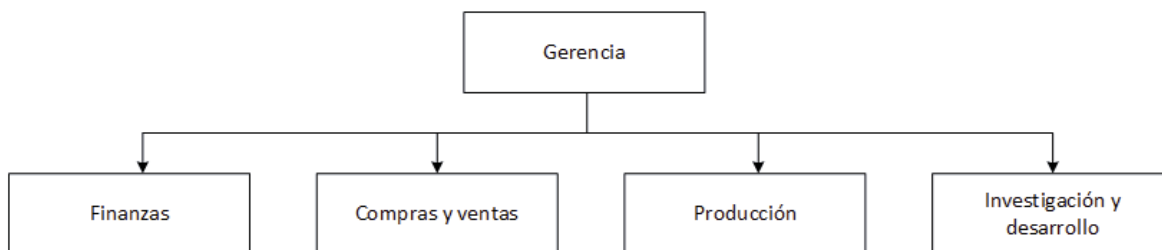


Figura 6.3: Organigrama de la empresa

Dentro de este organigrama es importante mencionar el departamento de investigación y desarrollo. Por ser una empresa en un mercado innovador como lo son los biocontroladores, es necesario tener un departamento activo de investigación y desarrollo. El objetivo de este departamento va a ser perfeccionar los formulados, medios de cultivo y operaciones, de forma de poder ir mejorando tanto los productos como el rendimiento de la planta. También es importante que el departamento de investigación y desarrollo sea el propulsor de la innovación dentro de la empresa, de forma que esta se mantenga a la vanguardia de los avances científicos para así tener un mejor alcance con los compradores.

El departamento de producción será el encargado de todas las etapas del proceso productivo, tomando principal atención en la realización y supervisión del proceso productivo, mantención de equipos y puesta en marcha. El departamento de Compras y Ventas tendrá como objetivo mantener una estrecha relación con compradores y proveedores, de forma que puedan comunicar todos los requerimientos al departamento de producción. El departamento de finanzas estará encargado de la contabilidad de la empresa, manteniendo énfasis en los flujos de caja y proyecciones de crecimiento.

En la gerencia general se contará con un Ingeniero Civil Bioquímico con un Máster en Administración y Negocios (MBA), de manera de tener un profesional a cargo que tenga conocimiento sobre todos los departamentos involucrados en la empresa.

6.4 Cargos Por Departamento

De acuerdo a la cantidad de departamentos detallados en la sección 6.3 se presenta en la tabla 6.3 el personal requerido con su perfil indicado.

Tabla 6.3: Personal por departamento en la planta

Departamento	Cargo	Perfil	Cantidad
Gerencia	Gerente	Ingeniero Civil Bioquímico con MBA	1
	Secretaria	Secretariado Ejecutivo	1
Investigación, Desarrollo y Producción	Subgerente – Jefe de Planta	Ingeniero con formación en bioprocesos con 5 años de experiencia	1
	Operario	Operario	4
Compra y Venta	Subgerente	Técnico en administración de empresas	1
Adicional	Personal de Aseo	Personal de Aseo	1
	Seguridad	Portero	1

6.5 Distribución espacial de la planta

Tabla 6.4: Área ocupada por cada equipo de la planta piloto.

Equipo	Cantidad	Área Basal por Equipo [m ²]	Área Basal Total [m ²]
Mezclado de Preparación	1	6,154	6,154
Mezclador de alimentación	2	0,785	1,570
Estanque de vitaminas	1	0,785	0,785
Separador L-V	1	0,300	0,300
Filtro de membrana	1	0,100	0,100
Fermentador 500 [L]	2	0,478	0,955
Fermentador 100 [L]	1	0,166	0,166
Centrifuga	1	1,300	1,300
Secador	1	1,886	1,886

Continuación tabla 6.4

Equipo	Cantidad	Área Basal por Equipo [m²]	Área Basal Total [m²]
IC	1	0,950	0,950
	Total		14,167

Para determinar el área de la planta piloto primero se tuvo que considerar el área basal ocupada por cada equipo, detallada en la tabla 6.4, mediante la cual se obtuvo un área basal total de 14,167 [m²]. Se tomara en cuenta que el área basal total de los equipos involucrados corresponde a alrededor del 20% del área total de la planta piloto, por lo que el área de la planta piloto para la empresa será de 75 [m²]. De esta forma se definen las dimensiones de los componentes de la planta, detallados en la tabla 6.5

Tabla 6.5: Dimensión de las instalaciones de la planta

	Cantidad	Área [m²]
Oficinas	3	9
Recepción	1	19
Sala de Reunión	1	12
Baños	3	4
Cocina	1	12
Comedor	1	20
Camarines	1	5
Planta	1	75
Laboratorio	1	12
Bodega	1	10
	Total	213,32

6.6 REFERENCIAS CAPÍTULO 6

- Illanes, P. (1991). *La administración del sistema empresa: un enfoque integral de la administración de empresas* (Segunda ed.). Santiago: Leeds Impresores.
- Venturin, C., Boze, H., Moulin, G., & Galzy, P. (1995). Influence of oxygen limitation on glucose metabolism in *Hanseniaspora uvarum* K5 grown in chemostat. *Biotechnology letters*, 17(5), 537-542.
- Zomosa, A. (1983). *Manual de Proyectos en Ingeniería Química* (8va ed., Vol. 13). Santiago: Editorial Universidad de Chile.

CAPITULO 7.

EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se desarrolla la evaluación en términos económicos del proyecto propuesto, comparando los beneficios y costos para ver la factibilidad de implementación del proyecto en la vida útil a la que fue determinado. A continuación se analizarán los todos los costos involucrados en el presente proyecto.

Para llevar a cabo la evaluación del proyecto es necesario establecer los flujos de caja. Para poder establecer los distintos flujos es necesario establecer los costos de capital y operacionales. El primero de estos se relaciona con la inversión inicial, involucrando costos de equipos, instalación, terreno, etc. Por su parte, los costos operacionales son los que se generan constantemente, como por ejemplo las remuneraciones de los operadores, pago de suministros básicos. A continuación se determinan ambos costos, para poder realizar el flujo de caja de cada proyecto y de este modo permitir la evaluación de estos.

7.1 COSTO DE CAPITAL TOTAL

El costo de capital total se puede dividir en costo de capital fijo, capital de puesta en marcha y capital de trabajo. A continuación se define cada uno de ellos y se determina su valor.

7.1.1 Costo de capital fijo

Este representa el costo de todo material necesario para hacer funcionar planta, incluyendo equipo, edificio, terreno, entre otros. Sin embargo, para comprender de buena forma este costo, es necesario diferenciarlo en costo de capital depreciable de terreno y de adaptación de terreno.

Costo de Capital Depreciable

El costo de capital depreciable se puede dividir en varias categorías, siendo las principales los costos directos e indirectos. Dentro de los costos directos

considera el costo del equipo entregado e instalado, edificios y requerimientos auxiliares. Por otro lado los costos indirectos consideran los requerimientos ingenieriles, remuneraciones de contratistas para la construcción y contingencias.

1. Costo de Equipo Instalado

Los equipos de proceso deben ser diseñados a la medida o ser identificado por un profesional, además de ser instalado por especialistas. Esto aumenta el costo final de la planta en comparación a los equipos sin instalar.

Al momento de realizar la estimación de los costos de equipos, en muchas ocasiones se consideran precios de años anteriores, con los cuales hay que utilizar índices de inflación. Debido a estas incertidumbres se incurre en errores, sin embargo para evaluaciones de prediseño, como en este caso, se toleran errores del 20-30% (Ulrich, 1986).

Para reunir los costos de los distintos equipos utilizados existen tres fuentes principales, presupuestos actualizados otorgados por un vendedor o cotización, presupuestos antiguos y estimaciones dispuestas en literatura. Dentro de estas tres la que posee mayor precisión corresponde a los presupuestos, sin embargo, muchas veces reunir esta información, no es posible. En este proyecto, el costo de los equipos fue reunido principalmente a través de datos presentados en libros u otros proyectos y de información o cotizaciones por internet. Los precios basados en años anteriores, deben ser actualizados a través del índice de Marshall & Swift correspondiente, disponible en los indicadores económicas de la revista Chemical Engineering

Para estimar los costos de instalación de los equipos se utiliza la metodología propuesta por Guthrie y se basa en el uso de factores específicos que dependen del equipo al cual se quiera calcular su costo instalado.

Se ha encontrado que el costo de instalación puede variar entre un 25 -50% del costo del equipo comprado, variando según la complejidad del equipo (Peters, Timmerhaus & West, 2003). Éste, considera los costos directos (materiales necesarios para la instalación y la mano de obra requerida), y lo costos indirectos

(fletes, seguro, impuestos, asignaciones para imprevistos, honorarios, capital para asignaciones adicionales). El fundamento de la metodología seleccionada es que cada uno de los costos recién nombrado representa un porcentaje del equipo. De modo que la multiplicación de cada uno de estos porcentajes permite obtener un factor específico del equipo que engloba todos los factores requeridos para dejar un equipo instalado (Ulrich, 1986).

Para poder utilizar el método seleccionado, es preciso que todos los costos se encuentren en la misma base, ya sea precio FOB o CIF. Cabe aclarar que el costo libre a bordo (FOB), corresponde al costo del equipo colocado a bordo de un medio de transporte, sin considerar el flete y seguro. Por otra parte, el costo CIF (cost, insurance and freight), incluye el costo de la mercancía, la prima del seguro y el valor de flete de traslado, generalmente se considera un 10% mayor al costo F.O.B. (Peters et al., 2003). Empleando este valor es posible transformar los costos de equipos recolectados.

A continuación en la tabla 7.1 se presentan los factores de instalación para cada equipo (Apéndice D, Tabla D.1) y la referencia de donde fue seleccionado el equipo.

Los procedimientos para la estimación de costos de equipos de años anteriores mediante el CEPCI se presentan en el Apéndice C, tabla C.1. Los procedimientos de escalamiento de costos se presentan en el Apéndice C.2.

Tabla 7.1: Factores de instalación utilizados para estimación de costos de equipo instalado.

Equipo	Factor Instalación
Mezcladores	1,4
Fermentadores	1,2
Centrífuga	1,2
Secador Spray	1,6

Continuación tabla 7.1

Equipo	Factor Instalación
Caldera	1,5
Compresor	1,5
Estanque de flasheo	1,2
Intercambiador de calor	1,5
Bombas	2

Fuente: Silla (2003)

Para todos los cálculos se utiliza como el valor del dólar al 18 de Junio de 2015, el cual corresponde a 638 [USD]

Tabla 7.2: Costos de instalación de equipos de proceso.

	Equipo	N°	CEE [USD]	Año	CEE Actual [USD]	Factor Instalación	Costo EI [USD]
E-7/E-15	Mezclador 1[m3]	2	44.500	2014	89.633	1,4	125.487
E-23	Mezclador 0,1[m3]	1	13.000	2014	13.093	1,4	18.330
E-4	Fermentador 100[L]	1	13.000	2014	13.093	1,2	15.711
E-5/E-6	Fermentador 500[L]	2	30.800	2014	62.038	1,2	74.446
E-19	Centrífuga	1	7.800	2015	7.800	1,2	9.360
E-22	Secador Spray	1	107.000	2015	107.000	1,6	171.200
E-16	Caldera	1	23.891	2010	9.609	1,5	14.414
E-11	Compresor	1	1.000	2014	1.007	1,5	1.511
E-9	Enfriador Flash	1	58.969	2007	65.120	1,2	78.143
	Bombas	6	800	2015	4.028	2	8.057
E-13	Intercambiador de calor	1	1.500	2014	1.511	1,5	2.266

EE: Equipo entregado, EI: Equipo instalado

2. Costo edificación y servicios

Este costo consiste en el gasto en trabajadores, materiales y suplementos involucrados en la construcción de edificios de la planta. También se consideran los costos en iluminación, ventilación y otros servicios (Peters & Timmerhaus, 1991). El costo de servicios considera el costo de inversión para la disposición de desechos, protección contra el fuego, equipos de cafetería, primeros auxilios, entre otros. Se ha estimado que el costo de éstos generalmente oscila entre 30-

80% del costo de compra de equipos, siendo 55% un valor aceptable para plantas con procesos sólido líquido (Peters & Timmerhaus, 1991; Silla, 2003).

3. Costo ingeniería y construcción

En relación a los costos depreciables indirectos, los costos de ingeniería y supervisión se estima que representan aproximadamente el 8% de los costos totales directos de la planta. Por su parte los costos de construcción, representan a los costos relacionados con las construcciones temporales, herramientas, oficina para el personal en el lugar de construcción, impuestos, transporte, entre otros. Este costo representa aproximadamente el 10% del costo total directo de la planta.

4. Costo contingencias

Dentro del costo depreciable también se considera el pago a contratistas y la consideración de la presencia de contingencias. Este último considera la existencia de situaciones no esperadas, como por ejemplo una huelga, cambios climáticos o errores en la estimación.

Costo de terreno y adaptación de terreno

Respecto a los otros costos fijos, el costo del terreno es bajo dentro de la inversión total, variando considerablemente del lugar donde este se ubique. En el caso de no poseer información del costo del terreno, se puede estimar representado aproximadamente el 3% del costo de capital fijo (Peters & Timmerhaus; Couper, 2003). En lo que concierne a la adaptación del terreno, esta se considera entre otros, la limpieza, construcción de rutas, veredas, estacionamientos. Este costo puede ser estimado en función del costo de capital depreciable, variando según el proceso, siendo en este caso, proceso sólido líquido (Silla, 2003).

7.1.2 Costo de Puesta en Marcha

Los costos de puesta en marcha se pueden dividir en los costos de puesta en marcha de equipos y de personal. El primero considera que equipos pueden no funcionar luego de ser instalados, o pueden funcionar en forma inadecuada, por

ejemplo filtraciones, conexiones eléctricas incorrectas y otros problemas mecánicos entre otros. Mientras que los costos de puesta en marcha de personal considera el periodo de entrenamiento y perfeccionamiento del personal. Se ha encontrado que este costo puede ser representado por el 8-10% del costo de capital fijo (Peters & Timmerhaus, 1991).

7.1.3 Costo de Trabajo

Este costo representa el dinero requerido para financiar las operaciones diarias de la planta, representando en la etapa inicial, el dinero necesario para comprar materias primas, cuentas por pagar y almacenamiento de varios suplementos necesarios para el funcionamiento de la planta. Para su estimación se recomienda el cálculo del 20% del capital fijo (Silla, 2003).

7.1.4 Resumen Costo de Capital Total

Considerando estas recomendaciones, en la tabla 5.3 se presenta un resumen de las estimaciones de distintos costos dentro del costo de capital. Se debe destacar que estos factores varían según el tipo de proceso, diferenciándose en procesos líquidos, líquidos sólidos y sólidos, siendo en este caso seleccionado los correspondientes a un proceso líquido sólido.

Tabla 7.3: Factores para estimación de costos de capital fijo.

Capital	Factor
Edificación	$0,52 * C.E.E^{*1,1}$
Servicios	$0,52 * C.E.E^{*1,1}$
Ingeniería	$0,32 * C.E.E^{*1,1}$
Construcción	$0,34 * C.E.E^{*1,1}$
Pago a contratistas	$0,18 * C.E.E^{*1,1}$
Contingencias	$0,36 * C.E.E^{*1,1}$
Capital de terreno	$0,015 * C_d$
Capital adaptación de terreno	$0,0249 * C_d$

Continuación tabla 7.3

Capital	Factor
Capital de puesta en marcha	0,08*Cf
Capital de trabajo	0,2*Cf

C.E.E: Costo equipo entregado, Cf: Costo fijo, Cd: Costo depreciable

Fuente: Silla (2003)

Cabe destacar que en la estimación de cada costo se considera un factor de 1,1 que representa un factor de ubicación, el cual considerar diferencia de remuneraciones, el uso de equipo especializados, preparación del personal y diversos factores locales. Estas estimaciones se hicieron para Estados Unidos, en bibliografía sólo se dispone de un factor para Sudamérica, el cual corresponde a 1,36 (Perry, 1999). Sin embargo se ha considerado una buena estimación establecer un factor un poco más bajo, tomando en cuenta la situación educacional, tecnológica y política de Chile, en comparación con otros países de Sudamérica.

Empleando estos factores es posible obtener que el costo de capital fijo, representado por la ecuación 7.1.

$$C_T = C_D + 0,015 * C_D + 0,0249 * C_D + 0,2 * C_D$$

Ecuación 7.1

Con el costo de instalación señalado, es posible determinar el resto de los costos de capital (Tabla 7.4).

Tabla 7.4: Descripción de costos anuales

Costo	USD
Costo Equipo Entregado	373.932
Costo Equipo Instalado	518.924
Costo Depreciable	1.440.293
Costo Capital Fijo	1.497.905
Costo Capital Total	1.917.318

7.2 COSTO DE OPERACIÓN

El costo total de producción se puede dividir en tres categorías, costos directos, costos indirectos y generales. Los costos directos son también denominados costos variables ya que generalmente son proporcionales a la producción, mientras que los costos indirectos tienden a mantenerse constantes, independiente de la producción de la planta. Los costos generales incluyen los costos de administración, marketing, investigación y desarrollo y financiamiento de la planta (Silla, 2003).

Tabla 7.5: Factores para estimación de costos de capital fijo.

Costos	Ítem	Factor
Directos	Servicios	Cantidad utilizado * costo
	Remuneraciones	Operarios * remuneración
	Supervisión de operación	0,2 * CCF
	Control de calidad	0,2 * CCF
	Mantención	0,027 * CCF
	Materiales para mantención	0,018 * CCF
	Suplementos para operaciones	0,0075 * CCF
Indirectos	Seguros	0,01 * CCF
Generales	Administrativos	0,045 * CDP
	Marketing	0,135 * CDP
	Investigación y desarrollo	0,0575 * CDP

CCF: Costo de capital fijo, CDP: Costo de producción.

Fuente: Silla (2003)

Para realizar una estimación de estos costos, se dispone de un método que se basa en el uso de factores numéricos. Este método otorga sólo una estimación, debido a que los factores variarían según el proceso específico (Silla, 2003). Sin embargo se ha considerado que es recomendable para estimaciones preliminares como es el caso de este proyecto. En la tabla 7.5 se pueden ver los factores para los distintos costos.

En conocimiento de los factores ya mencionados se procede a determinar cada uno de los costos para cada proceso en particular

7.2.1 Costos Directos

1. Materia prima

Para la estimación de este costo es necesario conocer el precio unitario de cada materia prima y la cantidad necesaria de esta al año. Los precios de la materia prima publicados por distintos distribuidores, no siempre es de utilidad para una buena estimación del costo. La razón de esto es que los precios publicados, generalmente son para ventas al por menor, variando considerablemente con el precio real. Para mayor detalle ver apéndice C.3

Tabla 7.6: Costo en materias primas para producción.

Materia Prima	USD/año
Producción <i>A. pullulans</i>	153.465
Producción <i>H. uvarum</i>	47,756
Total	201.221

Fuente: Elaboración propia a partir de Videla (comunicación personal, 8 julio 2015).

2. Servicios

Este costo considera los gastos de combustible, energía y agua de proceso. A continuación se presentan estos gastos en las tablas 7.7, 7.8 y 7.9 respectivamente

Tabla 7.7: Cálculo de gasto de combustible al año.

Equipo	[Kg/h]	Kg Anual	Ton Anual	USD/TON	USD/año
Caldera	8,05	2340	2,34	493,6	1155,024

Tabla 7.8: Cálculo de gasto de energía al año.

Equipo	Cantidad	P [KW]	Precio [CLP/KWh]	Consumo Anual	Costo CLP	Costo USD
E-7/E-15	2	2	88	7.600	668.800	1.048,3
E-23	1	1	88	1.710	150.480	235,9
E-4	1	1	88	1.710	150.480	235,9
E-5/E-6	2	2,2	88	8.360	735.680	1.153,1
E-19	1	2,2	88	4.180	367.840	576,6
E-22	1	4	88	7.600	668.800	1.048,3
E-11	1	1,01	88	1.919	168.872	264,7
E-9	1	2,2	88	4.180	367.840	576,6
	6	0,3	88	3.420	300.960	471,7
TOTAL					3.579.752	5.610,9

La caldera y el intercambiador de calor no generan gasto energético, motivo por el que no son consideradas en los cálculos.

Tabla 7.9: Cálculo de gasto de agua al año.

Consumo de Agua	[Kg Anual]	[m3 Anual]	[Precio CLP]	[Precio USD]
Caldera	23977,2	23,977	28.317,07	44,4
Medio de Cultivo para <i>A. pullulans</i>	66791,1111 1	66,791	78.880,30	123,6
Medio de Cultivo para <i>H. uvarum</i>	1429224	1429,22 4	1.687.913,5 4	2645,6
Propagación <i>A. pullulans</i>	302	0,302	356,66	0,6
Propagación <i>H. uvarum</i>	100,67	0,101	118,89	0,2
TOTAL				2814,4

3. Remuneraciones

En esta parte de la planta se utiliza la información otorgada en la organización de la planta, donde se determina, entre otros, la cantidad de operarios. En la tabla 7.10 se pueden ver las remuneraciones de cada grupo de trabajadores según en que se desempeñen.

Tabla 7.10: Costo de mano de obra.

Departamento	Cargo	Perfil	N° de Personas	Sueldo [USD/año]
Gerencia	Gerente	Ingeniero Civil Bioquímico con MBA	1	56.426
	Secretaria	Secretariado Ejecutivo	1	9.404
Producción, Investigación y Desarrollo	Jefe de Planta	Ingeniero en bioprocesos con 3 años de experiencia	1	28.213
	Operario	Operario	4	30.094
Compra y Venta	Subgerente	Técnico en administración de empresas	1	11.285
Adicional	Personal de Aseo	Personal de Aseo	1	4.702
	Seguridad	Portero	1	5.643
		TOTAL		145.313

4. Otros costos directos

Para finalizar los costos directos de la planta, es necesario utilizar los factores de la tabla 7.5, para estimar los costos en control de calidad, materiales para la mantención y suplementos operacionales (tabla 7.11). No se considera la estimación de costos de supervisión ni mantención, debido a que estos se encuentran incluidos en el cálculo de remuneraciones.

Tabla 7.11: Resumen de otros costos directos

Costo	[USD/año]
Mantención	40.443
Materiales para mantención	26.962
Suplementos para operaciones	11.234

7.2.2 Costos Indirectos

Seguros

Este es el único costo considerado dentro de la clasificación de costos operacionales indirectos, debido a que la depreciación, principal costo de esta clasificación será considerada al momento de realizar la evaluación económica.

Para la estimación de costos de seguro, se utiliza el factor correspondiente indicado en la tabla 7.5, con los cual se obtiene que los costos por seguro son 15979 [USD].

7.2.3 Costos Generales

1. Administración

Los costos administrativos son proporcionales al personal de la planta, pudiendo calcularse de manera conveniente como una fracción de los costos de operación. Para la estimación de este costo se asume que representa el 4,5% de los costos de operación (tabla 7.5).

2. Marketing

Este costo incluye servicio técnico, ventas, publicidad y distribución del producto, esta última consistiendo en embalaje y entrega. Se ha encontrado este costo varía del 5-22%, dependiendo de la planta, para este caso el 13,5% (Silla, 2003).

3. Investigación y desarrollo

Este costo involucra todo el tiempo necesario para mantener continua una investigación en la mejora del proceso. Se ha encontrado que este oscila entre 3,6-8%, asumiéndose 5,8%, los resultados se muestran en la tabla 7.12.

Tabla 7.12: Resumen de costos generales

Costo	Valor [USD/año]
Administrativos	26.379
Marketing	79.137
Investigación y desarrollo	33.707

Considerando los costos de operación mencionado, es posible determinar el costo de producción de la planta, al dividirlo por la producción anual (en toneladas) se obtiene el costo de una tonelada de producto.

7.3 INGRESOS

En este caso los ingresos anuales corresponden a la venta de los biocontroladores. De acuerdo al precio y las proyecciones de venta de la sección 2.4, es posible determinar los ingresos anuales. La proyección va aumentando la producción con el transcurso de los años, por lo que los ingresos también aumentarán. De esta forma los ingresos se muestran en la tabla 7.13

Tabla 7.13: Ingresos anuales por venta de plaguicidas.

	Producción Anual				Ingresos por venta	
	<i>A. pullulans</i>	<i>H. uvarum</i>	Total	[%]	CLP	USD
2015	10500	4500	15.000	0,52	772.500.000	1.210.815
2016	11400	4900	16.300	0,57	839.450.000	1.315.752
2017	12300	5300	17.600	0,62	906.400.000	1.420.690
2018	13300	5700	19.000	0,66	978.500.000	1.533.699
2019	14200	6100	20.300	0,71	1.045.450.000	1.638.636
2020	15200	6500	21.700	0,76	1.117.550.000	1.751.646
2021	16100	7000	23.100	0,81	1.189.650.000	1.864.655
2022	17000	7300	24.300	0,85	1.251.450.000	1.961.520
2023	18000	7800	25.800	0,90	1.328.700.000	2.082.602
2024	19000	8200	27.200	0,95	1.400.800.000	2.195.611
2025	20000	8600	28.600	1,00	1.472.900.000	2.308.621

Se considera un precio de venta del producto de 50.000 [\$/Kg] para *A. pullulans* y 55.000 [\$/Kg] para *H. uvarum*.

7.4 FLUJO DE CAJA

Para el realizar el flujo de caja se considera 10 años de vida útil de la planta, una depreciación lineal y valor libro (VL_n) o valor residual cero. La depreciación lineal se calcula mediante la ecuación 7.2.

$$Dep = \frac{I_0 - VL_n}{n}$$

Ecuación 7.2

El flujo sobre impuesto (FSI), el impuesto (Imp) y flujo después de impuesto (FDI) se calculan mediante las ecuaciones 7.3, 7.4 y 7.5 respectivamente,

$$FSI = I_n - Dep$$

Ecuación 7.3

$$Int = tasa\ impuesto * FSI$$

Ecuación 7.4

$$FDI = FAI - Imp$$

Ecuación 7.5

El resumen de estos cálculos son presentado en la tabla 7.13 para una mayor comprensión.

Tabla 7.14: Flujo de caja del proyecto [USD].

Año	Periodo	Ingreso	Costo	FAI	Dep	FSI	Imp	FDI
	0			2.571.551				-2.571.551
2015	1	1.210.815	586.202	624.613	233.777	390.836	58.625	565.988
2016	2	1.315.752	637.006	678.746	233.777	444.969	66.745	612.001
2017	3	1.420.690	687.810	732.879	233.777	499.102	74.865	658.014
2018	4	1.533.699	742.523	791.176	233.777	557.399	83.610	707.567
2019	5	1.638.636	793.327	845.310	233.777	611.532	91.730	753.580
2020	6	1.751.646	848.039	903.607	233.777	669.829	100.474	803.132
2021	7	1.864.655	902.751	961.904	233.777	728.127	109.219	852.685
2022	8	1.961.520	949.647	1.011.873	233.777	778.096	116.714	895.159
2023	9	2.082.602	1.008.268	1.074.334	233.777	840.557	126.084	948.251
2024	10	2.195.611	1.062.980	1.132.631	233.777	898.854	134.828	997.803
2025	11	2.308.621	1.117.692	1.190.929	233.777	957.151	143.573	1.047.356

7.5 RENTABILIDAD ECONÓMICA

Para este análisis se escoge una tasa mínima de retorno aceptable (TRMA) del 15%. Al calcular el valor presente, se obtiene un VAN de 1.296.961 USD

Considerando los costos de capital y operación, junto con las consideraciones anteriores es posible obtener el flujo de caja básico de la planta.

Luego se calcula el TIR y se obtiene un resultado del 26%. Con esto se cumple que:

$$TIR > TRMA$$

Por lo tanto el proyecto es rentable.

7.6 Análisis de Sensibilidad

7.6.1 Modificaciones en el precio de materias primas

De acuerdo al estudio de mercado realizado, el precio de las materias primas juega un rol importante dentro del proceso productivo, representando un 34% de los costos. Es importante considerar fluctuaciones dentro de los procesos de las materias primas, en especial la Glucosa y la Peptona, para las cuales se realizó un análisis de sensibilidad variando su precio. Los efectos sobre el VAN del proyecto son ilustrados en la figura 7.1:

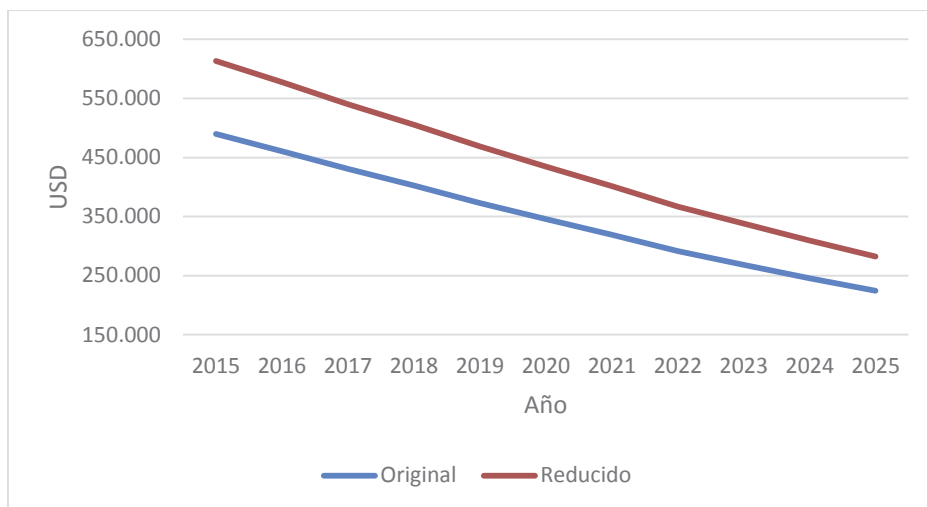


Figura 7.1: Análisis de sensibilidad respecto al precio de Materias Primas.

Para este cambio se obtiene un aumento en el TIR del proyecto de 6.84%, lo que representa la importancia de buscar nuevas opciones para las materias primas de manera de abaratar los costos para hacer aún más rentable el proyecto.

7.6.2 Modificaciones en el precio del producto

Para analizar la rentabilidad del proyecto respecto a variaciones en el precio del producto, tomando un intervalo de variación de 5.000\$ para cada producto. Donde se observa una variación considerable en el VAN del proyecto, sin embargo a pesar de estos cambios este sigue siendo rentable.

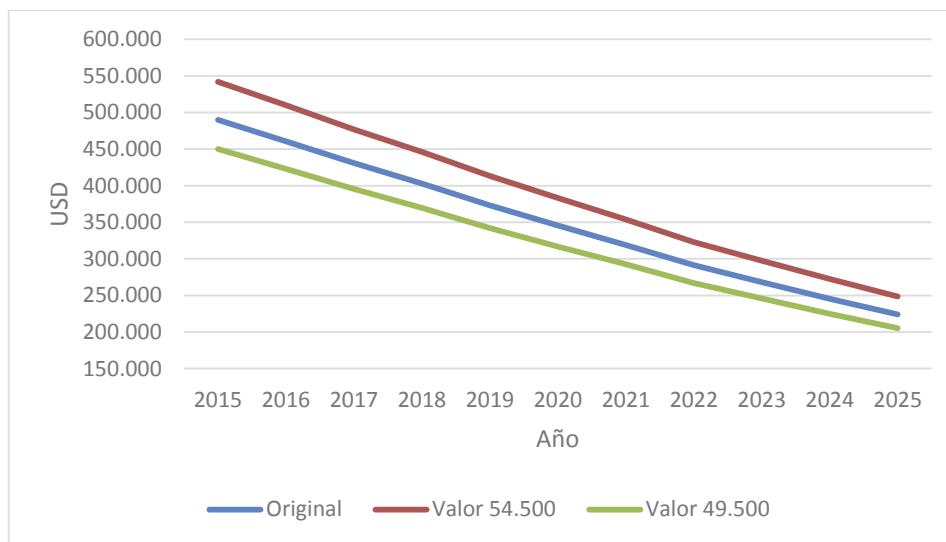


Figura 7.2: Análisis de sensibilidad respecto a precios del Producto

La variación de las TIR para los diferentes precios se presenta en la tabla 7.13:

Tabla 7.15: Presentación de los TIR a diferentes precios de Producto.

Precio	TIR %
51.500 (Original)	25
49.500	28
54.500	23

7.7 REFERENCIAS CAPÍTULO 7

Baasel, W. D. (1989). *Preliminary Chemical Engineering Plant Design*. New York: Elsevier.

Perry, R. H. (1999). *Chemical Engineer's Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Silla, H. (2003). *Chemical Process Engineering, Design and Economics*. USA: Marcel Dekker Inc.

Ulrich, G. (1986). *Diseño y Economía de los procesos de la Ingeniería Química*. México: Nueva Editorial Interamericana.

CAPITULO 8.

DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Discusiones

Las proyecciones realizadas en el estudio de mercado están basadas en sólo los productos importados, por lo que no se considera los biocontroladores fabricados en Chile. Debido a esto las proyecciones pueden ser menores a la realidad, por lo que las expectativas sobre el mercado a cubrir podrían ser incluso más ambiciosas de lo que se planteó.

La ubicación de la planta es en un lugar estratégico en cuanto a la demanda de producto por parte de los agricultores, siendo ubicada en la región donde existen la mayor cantidad de hectáreas plantadas en los cultivos objetivos. Sin embargo, *A. pullulans* tiene un espectro de acción muy amplio, por lo que los cultivos objetivos para el biocontrolador podrían ser aún más. Esto podría llevar a considerar un lugar más central para la localización de la planta, como lo es la región metropolitana, que también coincidirá con la mayor cercanía a los proveedores.

En relación a la factibilidad técnica de llevar a cabo este proceso, se establece que es completamente realizable considerando los equipos y operaciones seleccionados. Sin embargo es necesario analizar y estudiar todos los parámetros en los distintos niveles de escalamiento del cultivo, debido a que no todos los parámetros utilizados fueron obtenidos en los mismos volúmenes ocupados en el proceso.

Es necesario evaluar la posibilidad de realizar el cultivo de *A. pullulans* mediante la modalidad de cultivo Continuo, esto debido a que existen estudios que demuestran mejores rendimientos que por modalidad de Lote, sin embargo no se obtuvieron pruebas a escala piloto o industrial sobre estos procesos.

Los datos de viabilidad fueron obtenidos para otros hongos esporulantes, por lo que es necesario realizar un seguimiento de las UFC a través del proceso, para

establecer la viabilidad del proceso productivo, de esta forma se puede obtener un valor promedio de las [UFC/g] que tendrá el producto final que sea más cercano a la realidad.

8.2 Conclusiones

Se logró realizar un análisis del mercado actual de biocontroladores a nivel nacional, donde de acuerdo a la información recopilada se observa un mercado pequeño pero creciente, donde se estima un crecimiento del 20.95% para el 2025. De acuerdo a los datos obtenidos para las proyecciones se estimó que el porcentaje a cubrir de hectáreas es de 4,5%, representando 7.097 hectáreas.

Los organismos seleccionados fueron *A. pullulans* y *H. uvarum*. Estos organismos fueron elegidos debido a que se obtuvo la información necesaria sobre su inocuidad, efectividad, parámetros cinéticos e información relevante para la síntesis de un proceso productivo.

El proceso fue diseñado de manera de tener los máximos rendimientos posibles, por un lado para *A. pullulans* se cuenta con un cultivo por lotes, mientras que para *H. uvarum* se presenta un cultivo continuo, siendo el proceso de formulación igual para ambas cepas.

El precio de 55.000 CLP y 50.000 CLP del producto establecido como base, es razonable en relación a otros productos del mercado, haciendo rentable el proceso productivo. De esta manera el proyecto es realizable desde la mirada técnico-económica.

El análisis de sensibilidad permite concluir que el proyecto es muy vulnerable al valor al cual se ha fijado el precio del producto, teniendo valores cercanos a otros productos usados actualmente. Por lo cual es necesario evaluar o probar métodos que permitan reducir los costos del proyecto, de esta forma hacer la rentabilidad menos dependiente del precio del producto.

8.3 Recomendaciones

Se deben disponer de nuevas pruebas para aumentar la efectividad del proceso productivo, también se debe realizar un estudio sobre el rendimiento de *A. pullulans* bajo la modalidad de cultivo continuo, esto debido a es posible que muestre un mejor rendimiento en biomasa si se mantiene con una concentración controlada de sustrato, haciendo una fermentación continua mucho más efectiva que la modalidad por lote.

Se debe realizar un estudio más profundo del presente proyecto evaluando in-situ las dosificaciones de biocontroladores, de manera de tener datos más fiables para la elaboración de productos.

Es necesario evaluar el cambio de medios de cultivo para ambas cepas, buscando medios que no sean definidos y que permitan bajar los costos asociados al proceso.

APÉNDICES

A. APÉNDICE A ESTUDIO DE MERCADO

A.1 BIOCONTROLADORES EN LA BASE DE DATOS DE LA COMISIÓN EUROPEA

Tabla A.1: Base de datos de biocontroladores aprobados, no aprobados o pendientes de aprobación por parte de la Comisión Europea.

Sustancia	Categoría	Estado bajo reg. (EC) No 1107/2009	Fecha de aprobación	Expiración de aprobación	Legislación
Ampelomyces quisqualis strain AQ10	FU	Approved	01/04/2005	31/07/2017	05/2/ECReg. (EU) No 540/2011
Aureobasidium pullulans (strains DSM 14940 and DSM 14941)	FU, BA	Approved	01/02/2014	31/01/2024	Reg. (EU) No 827/2013 (Dossier complete 08/953/EC)
Bacillus amyloliquefaciens MBI 600	FU	Pending			
Bacillus amyloliquefaciens strain FZB24	FU	Pending			
Bacillus amyloliquefaciens subsp. plantarum D747	FU	Approved	01/04/2015	31/03/2025	Reg. (EU) No 1316/2014 (Dossier complete (2011/253/EU))
Bacillus pumilus QST 2808	FU	Approved	01/09/2014	31/08/2024	Reg. (EU) No 485/2014 (2011/253/EU)
Bacillus subtilis str. QST 713	BA, FU	Approved	01/02/2007	30/04/2018	07/6/ECReg. (EU) No 487/2014Reg. (EU) No 540/2011
Candida oleophila strain O	FU	Approved	01/10/2013	30/09/2023	Reg. (EU) No 373/2013 (2012/363/EU, Dossier complete 07/380/EC)

Continuación de tabla A.1.

Sustancia	Categoría	Estado bajo reg. (EC) No 1107/2009	Fecha de aprobación	Expiración de aprobación	Legislación
Gliocladium catenulatum strain J1446	FU	Approved	01/04/2005	31/07/2017	05/2/ECReg. (EU) No 540/2011
Pseudomonas chlororaphis strain MA342	FU	Approved	01/10/2004	30/04/2017	04/71/ECReg. (EU) No 540/2011
Pythium oligandrum M1	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Saccharomyces cerevisiae strain LAS02	FU	Pending			
Streptomyces K61 (formerly S. griseoviridis)	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Streptomyces lydicus WYEC 108	FU, BA	Approved	01/01/2015	31/12/2024	Reg. (EU) No 917/2014 (Dossier complete (2011/253/EU))
Trichoderma asperellum (formerly T. harzianum) strains ICC012, T25 and TV1	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Trichoderma asperellum (strain T34)	FU	Approved	01/06/2013	31/05/2023	Reg. (EU) No 1238/2012 (Dossier complete 2010/132/EU)
Trichoderma atroviride (formerly T. harzianum) strains IMI 206040 and T11	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Trichoderma atroviride strain I-1237	FU	Approved	01/06/2013	31/05/2023	Reg. (EU) No 17/2013 (Dossier complete 08/565/EC)
Trichoderma atroviride strain SC1	FU	Pending			
Trichoderma gamsii (formerly T. viride) strain ICC080	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011

Continuación de tabla A.1.

Sustancia	Categoría	Estado bajo reg. (EC) No 1107/2009	Fecha de aprobación	Expiración de aprobación	Legislación
Trichoderma polysporum strain IMI 206039	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Verticillium albo-atrum (formerly Verticillium dahliae) strain WCS850	FU	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV mild strain)	FU	Not Approved			
Zucchini Yellow Mosaik Virus, weak strain	FU	Approved	01/06/2013	31/05/2023	Reg. (EU) No 1237/2012 (Dossier complete 06/586/EC)
Adoxophyes orana GV strain BV-0001	IN	Approved	01/02/2013	31/01/2023	Dossier complete 07/669/ECReg. (EU) No 746/2012
Bacillus sphaericus	IN	Not Approved			2007/442
Bacillus thuringiensis subsp. Aizawai strains ABTS-1857 and GC-91	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Bacillus thuringiensis subsp. Israeliensis (serotype H-14) strain AM65-52	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki strains ABTS 351, PB 54, SA 11, SA12 and EG 2348	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Bacillus thuringiensis subsp. Tenebrionis strain NB 176 (TM 14 1)	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Beauveria bassiana strain 147	IN	Pending			
Beauveria bassiana strain NPP111B005	IN	Pending			

Continuación de tabla A.1.

Sustancia	Categoría	Estado bajo reg. (EC) No 1107/2009	Fecha de aprobación	Expiración de aprobación	Legislación
Beauveria bassiana strains ATCC 74040 and GHA	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Cydia pomonella Granulovirus (CpGV)	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011 Regulation (EU) No 880/2014
Isaria fumosorosea Apopka strain 97 (formely Paecilomyces fumosoroseus)	IN	Approved	01/01/2016	31/12/2030	Reg. (EU) 2015/306Reg. (EU) No 540/2011 (01/47/EC)
Lecanicillium muscarium (formerly Verticillium lecanii) strain Ve6	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Metarhizium anisopliae var. anisopliae strain BIPESCO 5/F52	IN	Approved	01/05/2009	30/04/2019	2008/113Reg. (EU) No 540/2011
Paecilomyces fumosoroseus strain Fe9901	IN	Approved	01/10/2013	30/09/2023	Reg. (EU) No 378/2013 (Dossier complete 08/565/EC)

A.2 PATENTES

Tabla A.2: Patentes de insumos ecológicos concedidos en Chile.

N° Solicitud o patente	Título	Solicitante	Aplicación	Año de Registro	Estado actual
198300107	Nuevo método a base de polímeros polihidroxiados para encapsular agentes químicos biológicos (pesticidas, etc.) Y controlar su liberación.	TAUFFER CHEMICAL COMPANY, EE.UU.	Plaguicida	1984	Concedida
198800566	Procedimiento para el control biológico de nematodos de la tierra y para apoyo nutricional de las plantas mediante composiciones a base de desperdicios biológicos que contienen quitina y composiciones a base de harinas vegetales (poroto, soya, etc.) Y urea, las cuales se mezclan con la tierra en que se desarrollan las plantas.	IGENE BIOTECHNOLOGY, INC., EE.UU.	Nematicida	1989	Concedida
199400982	Cepa de <i>Bacillus thuringiensis</i> que contiene un plásmido con un gen de una delta-endotoxina, un origen de función de réplica y un sitio de resolución interno propio del transposon tn5401 originario de cepas de <i>Bacillus thuringiensis</i> , composiciones que contienen estas cepas, útiles como biopesticidas con un espectro de acción más amplio.	CERTIS USA, LLC. EEUU	Insecticida	1999	Caducada
199100650	Composición de biocontrol que comprende una cepa de <i>Trichoderma harzianum</i> , rifai t-39 (depósito del instituto pasteur n.i-952) y un portador agrónomicamente aceptable y opcionalmente un químico antagonista con propiedades fungicidas.	PERI DEVELOPMENT APPLICATIONS (1985) LTD. Y YISSUM RESEARCH DEVELOPMENT, ISRAEL	Fungicida	1999	Caducada

Continuación de tabla A.2.

N° Solicitud o patente	Título	Solicitante	Aplicación	Año de Registro	Estado actual
199700883	Método para obtener una mutante de <i>Bacillus thuringiensis</i> que produce mayor cantidad de delta endotoxina, dirigida a la misma plaga que la delta endotoxina producida por la cepa original, mediante recombinación homóloga a través de dos plásmidos.	ABBOTT LABORATORIES, EE.UU.	Insecticida	2001	Concedida
199401019	Método de producción de cepas mutantes de <i>Bacillus thuringiensis</i> mediante recombinación homóloga, cepas mutantes que producen delta endotoxinas con mayor actividad plaguicida que la cepa original y composiciones que las contienen, útiles como biopesticidas contra insectos.	ABBOTT LABORATORIES, EE.UU.	Insecticida	2002	Concedida
200201927	Composición para el control biológico que comprende, en una forma y cantidad viable para reproducción, por lo menos una cepa de la especie de <i>Ulocladium oudemansii</i> , un cultivo y proceso para controlar una cepa botrytis en una planta o producto de planta.	THE NEW ZEALAND INSTITUTE FOR PLANT AND FOOD RESEARCH LIMITED, NUEVA ZELANDA	Insecticida	2008	Concedida
200000691	Formulación capsular granulada, que comprende microorganismos, tierra de diatomeas, osmoprotectante, precursores de antagonistas a patógenos vegetales, y una cubierta de alginato coagulado; métodos de preparación; y su uso como bioinsecticida para el control biológico de patógenos vegetales o para aumentar la fijación de nitrógeno.	LUIGI CIAMPI PANNO, CHILE	Bioplaguicida / Bioestimulante	2009	Concedida
200700011	Composición artropodocida concentrada en suspensión basada en una carboxamida artropodocida, un vehículo líquido inmiscible en agua, un espesante de sílice, un solvente prótico y un ácido carboxílico soluble en agua y alternativamente otro agente biológico y/o un emulsificante; y método para controlar una plaga de artrópodos.	DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY, CHILE	Insecticida	2010	Concedida

Continuación de tabla A.2.

N° Solicitud o patente	Título	Solicitante	Aplicación	Año de Registro	Estado actual
200201665	Composición bactericida, bacteriostática y fungicida que comprende dos o más especies vivas de <i>Trichoderma</i> y un extracto hidroalcohólico de rubus sp; uso de la composición para proteger plantas, suelos, semillas, árboles y/o frutos contra el daño de insectos, bacterias, hongos o virus y procedimiento para prepararla.	MARIO REYES SALINAS	Fungicida	2010	Concedida
200301354	Composición biofungicida, que comprende al menos una levadura y al menos una bacteria seleccionada de <i>Bacillus megaterium</i> y/o <i>Bacillus subtilis</i> o del género <i>Pseudomona</i> , <i>Serratia</i> y <i>Streptomyces</i> ; uso de dicha composición para tratar enfermedades criptogámicas de vegetales.	UNIVERSITE DE BOURGOGNE, FRANCIA	Insecticida	2010	Concedida
200403352	Uso de cepa hipovirulenta de <i>Botrytis cinérea</i> ccg11-2 para el control biológico del mismo hongo en frutos, hortalizas y plantas ornamentales susceptibles a la infección por este hongo en condiciones de pre y postcosecha.	UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE	Fungicida	2011	Concedida
200800602	<i>Bacillus subtilis</i> atcc pta-8805, el cual tiene actividad antagonista sobre el hongo <i>Rhizoctonia solani</i> , el cual causa rhizoctaniasis en plantas y sarna negra en órganos clonales de propagación subterránea y raíces; formulaciones que comprenden dicha cepa de <i>B.subtilis</i> y su uso para reducir y controlar <i>R. Solani</i> en plantas.	UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE	Fungicida	2014	Concedida

Tabla A.3: Patentes sin resolver a la fecha.

N° Solicitud o de patente	Título	Solicitante	Aplicación	Año de Solicitud
200701788	Composición pesticida que incluye uno o más nematocidas y uno o más agentes de control biológico; procedimiento para tratar plantas y mejorar la salud de plantas de trasplante que comprende aplicar dicha composición al material de propagación.	THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA, EE.UU.	Nematicida	2007
200701950	Cepa de <i>Trichoderma atroviride</i> ; medio de cultivo de la misma; método de obtención de un polvo a base de la misma cepa; método de aislamiento; y su uso como estimulante de la germinación y/o crecimiento de las plantas.	NIXE, FRANCIA	Fungicida	2007
200802779	Composición fungicida para controlar hongos nocivos fitopatógenos que comprende una cepa seleccionada de <i>Bacillus subtilis</i> y cepas de <i>Bacillus pumilus</i> , o mutante de estas cepas	BASF, ALEMANIA	Fungicida	2008
200901395	Composición fungicida y bactericida biológica, libre de antibióticos, la cual comprende <i>Brevibacillus parabrevis nrrl b50390</i> , <i>Bacillus subtilis nrrl b50391</i> , <i>Bacillus cereus nrrl b50392</i> y <i>Bacillus cereus nrrl b50393</i> ; y método de tratamiento antifúngico y/o bactericida en plantas que utiliza dicha composición.	BIO INSUMOS NATIVA SPA	Fungicida Bactericida	2009
201102542	Composición insecticida biológico que comprende cepas de <i>Bacillus thuringiensis</i> var. Kurnstaki, formulación, y procedimiento para control de plagas en plantas.	BIO INSUMOS NATIVA LIMITADA	Insecticida	2011

A.3 IMPORTACIONES DE BIOCONTROLADORES PERIODO 2005-2014

Tabla A.4: Importaciones de biocontroladores año 2005

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T	100	88,8	8.883
IN	Virus de la Granulosis	U.A.P.	Carpovirusine	900	35,5	31.907
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel 2X	576	10,6	6.117
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel	7.181	3,1	22.521
IN	<i>Myrothecium Verrucaria</i>	Valent	Ditera WG	5.040	16,0	80.811
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Moviagro	Serenade 10 WP	8.005	15,0	120.386
TOTAL				21.802		270.625

Tabla A.5: Importaciones de biocontroladores año 2006

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	2.380	32,2	76.609
IN	Virus de la Granulosis	ASP	Carpovirusine	437	38,4	16.801
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel	5.939	5,3	31.339
IN	<i>Myrothecium Verrucaria</i>	Valent	Ditera WG	25.200	17,0	427.745
IN	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 10 WP	19.500	10,1	196.953
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 13,68 SC	17.490	4,1	71.316

Continuación Tabla A.5.

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade MAX	5.500	18,5	101.989
TOTAL				76.446		922.752

Tabla A.6: Importaciones de biocontroladores año 2007

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 13,68 SC	19.461	5,0	96.656
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade MAX	5.000	19,2	96.201
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	1.728	13,1	22.602
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Novodor 50WP	1	215,9	216
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Vectobac AS	1.885	3,9	7.378
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Vectobac G	2.902	2,7	7.819
IN	<i>Myrothecium Verrucaria</i>	Valent	Ditera WG	20.160	16,7	336.592
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Moviagro	Carpovirusine	4.871	30,3	147.542
TOTAL				56.008		715.006

Tabla A.7: Importaciones de biocontroladores año 2008

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	33.840	12,4	418.942
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade MAX	10.600	19,4	205.736
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 13,68 SC	8.356	11,4	95.262
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 10 WP	7.500	10,3	76.966
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent		1.728	12,4	21.393
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	1.412	30,3	42.732
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Mitsui Agro	Javelin WG	1.110	15,8	17.494
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T	122	90,2	11.008
TOTAL				64.668		889.533

Tabla A.8: Importaciones de biocontroladores año 2009

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	27.288	14,6	398.651
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 13,68 SC	6.000	19,4	116.641
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Mitsui Agro	Javelin WG	4.704	14,5	68.208
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	2.282	37,9	86.389
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T	69	99,2	6.843
TOTAL				40.343		676.732

Tabla A.9: Importaciones de biocontroladores año 2010

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	16.524	18,0	296.772
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	BASF	Serenade MAX	10.400	24,4	253.864
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Arysta Lifescience	Serenade 13,68 SC	8.000	19,3	154.717
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	2.943	29,0	85.349
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T Polvo	54	66,1	3.572
TOTAL				37.921		794.274

Tabla A.10: Importaciones de biocontroladores año 2011

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	BASF	Serenade 13,68 SC	76.200	7,5	571.500
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	28.800	19,2	551.810
IN	<i>Myrothecium Verrucaria</i>	Valent	Ditera WG	10.000	18,4	183.700
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	5.110	31,8	162.417
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Mitsui Agro	Javelin WG	5.000	25,5	127.506
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Anasac Ambiental	Bacillus Thuringiensis	1.411	8,4	11.839
IN	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Sanatrade	Trichodex 25WP	83	46,4	3.850

Continuación Tabla A.10.

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T	64	85,8	5.494
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	BASF	Serenade 14,6%	48	15,6	747
TOTAL				126.716		1.618.863

Tabla A.11: Importaciones de biocontroladores año 2012

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	BASF	Serenade 13,68 SC	19.200	7,5	144.000
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent	Dipel WG	11.522	16,2	186.854
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	ASP	Javelin WG	2.880	21,5	61.920
IN	Virus de la Granulosis	Arysta Lifescience	Carpovirusine	1.436	29,1	41.741
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Sanatrade	Tricho-D WP	392	37,2	14.570
FU	<i>Trichoderma harzianum</i> y <i>T.polysporum</i>	Consultoria Connexion	Binab-T	80	87,4	6.993
IN	<i>Metarhizium anisopliae</i>	BASF	DeepGreen	2	13,0	26
IN	<i>Beauveria bassiana</i>	BASF	Agronova WG	2	33,1	53
TOTAL				35.514		456.157

Tabla A.12: Importaciones de biocontroladores año 2013

Cat.	Ingrediente Activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Bayer S.A.	Serenade ASO SC	128.194	7,5	958.261
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent Biosciences Chile S.A.	Dipel	17.280	19,3	332.813
IN	Virus de lagranulosis	Arysta Lifescience Chile S.A.	Carpovirusine	3.375	31,3	105.596
FU	<i>Trichoderma harzianum</i>	Koppert Chile S.A.	Trichodermil SC	138	40,3	5.555
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Bayer S.A.	Serenade Optimun	13	27,8	359
IN	<i>Beauveria bassiana</i>	X	Lst-F	5	13,1	66
FU	<i>Azotobacter chroococcum,</i> <i>Pseudomonas aureofaciens Y</i> <i>Bacillus licheniformis</i>	BASF Chile S.A.	Fungicidas	3	25,0	75
TOTAL				149.007		1.402.724

Tabla A.13: Importaciones de biocontroladores año 2014

Cat.	Ingrediente activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Bayer s.a.	Serenade ASO SC	70.560	7,5	528.175
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent biosciences chile s.a.	Dipel	30.804	16,4	507.635
IN	Virus de lagranulosis	Arysta lifescience chile s.a.	Carpovirusine	3.454	35,2	109.013
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Valent biosciences chile s.a.	Vectobac	3.071	14,0	43.840
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Anasac ambiental s.a.	Valent-f	1.451	4,4	6.400
FU	<i>Trichoderma harzianum</i>	Koppert chile s.a.	Trichodermil SC 1306	549	40,6	22.264
FU	<i>Trichoderma harzianum</i>	Sanatrade s.a.	Tricho-dwp	200	49,4	9.880

Continuación Tabla A.13.

Cat.	Ingrediente activo	Importador	Producto	Cantidad [Kg]	Precio unit. [US\$/Kg]	Precio CIF [US\$]
IN	<i>Beauveria bassiana</i>	X	Lst-f	11	10,5	115
FU	<i>Bacillus pumilus</i>	Bayer s.a.	Sonata sc 1,38	10	10,4	117
IN	<i>Beauveria bassiana</i>	X	BASF-f	9	36,6	338
IN	<i>Bacillus Pumilus</i>	X	Dagronova wg	5	69,1	348
FU	<i>Bacillus subtilis</i>	Bayer s.a.	Serenade Optimum	3	15,5	47
IN	<i>Bacillus thuringiensis</i>	X	BASF-f	1	76,1	76
TOTAL				110.129		1.228.248

A.4 ESTIMACIÓN CAPACIDAD DE LA PLANTA

Tabla A.14: Dosificaciones Serenade ASO.

Instrucciones de uso:			
<p>Serenade® ASO es un fungicida - bactericida biológico preventivo para el control de las enfermedades en los cultivos indicados en el cuadro de Instrucciones de Uso. Serenade® ASO produce una zona de interferencia en la adherencia del patógeno, frena la germinación de esporas, interrumpiendo el crecimiento del hongo.</p>			
Instrucciones de Uso			
Cultivo	Enfermedad	Dosis (*)	Momento de Aplicación
Vides (Viñas, uvas de mesa y parronales).	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	4 - 18 L/ha	Contra Botritis aplicar: 1° Temprano en floración, 2° Antes del cierre de racimos, 3° En pinta hasta el día de la cosecha si es necesario.
	Oídio (<i>Uncinula necator</i> = <i>Erysiphe necator</i>)		Contra Oídio aplicar desde los 5 cm de brote, continuando cada 7 a 10 días hasta que las condiciones predisponentes terminen.
	Pudrición Ácida (Conjunto de Hongos, Bacterias y Levaduras: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Alternaria tenuis</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Rhizopus arrhizus</i> , <i>Penicillium</i> sp, <i>Acetobacter</i>)		Aplique: 1 ° Desde cierre de racimo, 2° En pinta hasta el día de la cosecha si es necesario. Aplique con suficiente agua que permita una buena cobertura. En todos los casos aplicar con el menor volumen de agua posible que permita una adecuada cobertura del follaje y racimos (100 a 1.500 L agua/ha, dependiendo del equipo de aplicación).
Manzanos.	Venturia (<i>Venturia inaequalis</i> , <i>V. pirina</i>) Corazón Mohoso (<i>Alternaria alternata</i>) Botritis calicinal (<i>Botrytis cinerea</i>)	14 - 18 L/ha ó 1 - 1,5 L/100 L de agua	Aplique en < 5% flor, en plena flor y a caída de pétalos con un mojamiento de 1.500 L de agua por hectárea.
Frutillas.	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>) Oídio (<i>Sphaerotheca macularis</i>)		Aplique en forma preventiva en preflor o durante la floración y repetir a intervalos de 7 a 10 días, ó según condiciones que favorezcan el desarrollo de la enfermedad. Aplicar de acuerdo al desarrollo vegetativo del cultivo desde un mínimo de 100 L de agua/ha a 800 L.
Arándano, Frambueso.	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	5,0 - 8,0 L/ha ó 1 L/100 L de agua	Aplicar en períodos sensibles a la enfermedad a intervalos de 7 a 10 días, o según condiciones que favorezcan el desarrollo de la enfermedad hasta 1 día antes de la cosecha hasta 1 día antes de la cosecha (1). Aplicar de acuerdo al desarrollo vegetativo del cultivo desde un mínimo de 500 L de agua/ha a 800 L de agua/ha. Volumen de agua superior, se debe mantener la dosis por concentración.

Tabla A.15: Dosificaciones 3-TAC.

INSTRUCCIONES DE USO

3TAC es antagonista natural de ciertos hongos fitopatógenos que compite con ellos por espacio y nutrientes. Presenta también acción como estimulante de crecimiento radical. Cultivos y enfermedades indicadas en las Instrucciones de Uso de la presente etiqueta.

Instrucciones de Uso:

Cultivo	Efermedades	Dosis	Observaciones
Vid Cerezo Guindo Ciruelo	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	1-2 Kg/ há	Usar entre 1000 y 1500 L/ha. Repita cada 20 días con un máximo de 4 aplicaciones por temporada. Desde floración a cosecha.
Kiwi Manzano Peral			Usar dosis mayores en condiciones favorables a la enfermedad. Aumentar la dosis junto al desarrollo del cultivo.
Tomate Cebolla			Usar entre 600 y 1000 L/ha. Repita cada 20 días con un máximo de 4 aplicaciones por temporada. Desde floración a cosecha.
Frambueso Arándano			Dosis mayor a mayor presión de la enfermedad.
Frutilla			
Lechuga Almácigo	Complejo de hongos asociados al Dumping off (caída de almácigos) (<i>Fusarium sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Alternaria solani.</i> , <i>Botrytis cinerea.</i> , Esclerotinia (<i>Sclerotinia minor.</i> <i>Sclerotinia sclreriotorum</i>))	1 Kg/ha Tratamiento preventivo	En forma periódica con intervalos de 20 días, en cualquier época del año. Aplicaciones curativas una vez detectado el problema. Usar un volumen máximo de 600 litros por ha, con un máximo de 4 aplicaciones por temporada.
Lechuga	Oídio (<i>Erysiphe sp.</i>), Pudrición Gris (<i>Botrytis cinerea</i>), Moho blanco (<i>Sclerotinia minor.</i> <i>Sclerotinia sclreriotorum</i>), Mildiú veloso (<i>Bremia sp.</i>), Marchitez o pudrición de raíces (<i>Phytophthora porri</i>), Mancha Foliar (<i>Septoria lactucae</i>), Mancha foliar por <i>Cercospora</i> (<i>Cercospora longissima</i>)	2 Kg/ha Tratamiento curativo	En forma periódica con intervalos de 20 días, en cualquier época del año. Aplicaciones curativas una vez detectado el problema. Usar un volumen máximo de 600 litros por ha, con un máximo de 4 aplicaciones por temporada. Aplicaciones al follaje y/o riego tecnificado según el patógeno.

Tabla A.16: Dosificaciones Binab-T WP.

CUADRO DE INSTRUCCIONES DE USO

Cultivo	Control	Dosis	Época de Aplicación
Tomate, Melón, Duraznero, Nectarino, Ciruelo, Almendro, Manzano, Peral y Vid	Heridas y cortes de poda: <i>Fusarium sp.</i> , <i>Botrytis sp.</i> , <i>Verticillium sp.</i> , <i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Phomopsis mali</i> , <i>Phomopsis viticola</i> , <i>Sclerotium sp.</i> , <i>Sclerotinia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Heterobasidium sp.</i> , <i>Chondrostereum purpureum</i> y hongos causantes del enrollamiento clorótico de la vid.	5-17 gr/litro de agua	Pintar las heridas y/o cortes de podas una a dos veces en la temporada (no mezclar con Látex)
Melón, Sandía, Tomate, Papa, Lechuga y Espinaca	Patógenos del suelo: <i>Fusarium sp.</i> , <i>Verticillium sp.</i> , <i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Sclerotium sp.</i> , <i>Sclerotinia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i> , <i>Armillaria mellea</i> , <i>Lentinus sp.</i>	50 a 100 gr/m ³ de suelo 0,1-0,2 gr/planta	Repetir cada 4 semanas, si fuese necesario con un máximo de 4 semanas.
Vid, Duraznero, Nectarino	<i>Botrytis sp.</i>	0,25-0,5 Kg/ha	Desde floración y cada 15 días. Con un máximo de 5 aplicaciones.
Berries: Arándano, Frutilla, Frambuesa	<i>Fusarium sp.</i> , <i>Botrytis sp.</i> , <i>Verticillium sp.</i> , <i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Phomopsis vaccinii</i> , <i>Phomopsis obscurans</i> , <i>Sclerotium sp.</i> , <i>Sclerotinia sp.</i> , <i>Pythium sp.</i>	0,25-0,5 Kg/ha	Desde floración y cada 15 días con un máximo de 5 aplicaciones por temporada.

Usar las dosis mínimas para aplicaciones preventivas y las máximas para aplicaciones curativas.

Tabla A.17: Dosificaciones Tricho-D WP.

CULTIVO	DOSIS	INSTRUCCIONES DE USO Y MANEJO
ARANDANOS (<i>Vaccinium sp</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo con la siembra y después cada 4 semanas.
ARROZ (<i>Oriza sativa</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo en pre siembra o en la siembra o en la post emergencia. Repetir a los 30 días de germinado.
BANANO - PLÁTANO (<i>Mussa sp</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas repasando 2 veces frente al hijo.
BROCOLI (<i>Brassica oleracea italica</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y cada 30 días hasta los 90 días.
CACAO (<i>Theobroma cacao</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas, repasando 2 veces la base de la planta, después de la fertilización.
CAFÉ (<i>Coffea arabica</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas después de la fertilización.
CAÑA DE AZÚCAR (<i>Sacharum officinarum</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra encima de la plantilla y a los 30 días.
CEBOLLA (<i>Allium sp</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y a los 30 y 60 días.
CÍTRICOS (<i>Citrus sp</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas, repasando 2 veces la base de la planta, después de la fertilización.
ESPÁRRAGO (<i>Asparagus officinalis</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y cada 30 días.
FRUTILLAS BERRY EN GENERAL	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y cada 30 días.
MAÍZ (<i>Zea mays</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo en pre siembra o en la siembra o en la post emergencia. Repetir a los 30 días de germinado.
MANGO (<i>Mangifera indica</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas, repasando 2 veces la base de la planta, después de la fertilización.
MARACUYA (<i>Pasiflora edulis</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo al trasplante y cada 60 días.
MELÓN (<i>Cucumis melo</i>) SANDÍA (<i>Citrullus lanatus</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo después de la solarización del suelo, con la siembra y a los 30 días.
MORA (<i>Rubus sp</i>)	300 g/ha	Aplicar post poda en aspersión dirigida al surco con el suelo húmedo en capacidad de campo.
PALMA DE ACEITE (<i>Elaeis guineensis</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra y cada 16 semanas, después de la fertilización.
PAPA (<i>Solanum tuberosum</i>)	150 gramos en 200 litros agua	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo con la siembra sobre la semilla. Repetir en aspersión sobre el suelo o inyectado antes del aporque.
PASTOS	150 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo, 5 días después del pastoreo.
PIÑA (<i>Ananas comosus</i>)	300 g/ha	Aplicar en línea de riego o en aspersión sobre el suelo húmedo en capacidad de campo con la siembra, a los 30 y 60 días.
SOYA (<i>Glycine max L.</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo con la siembra y a los 30 días.
TABACO (<i>Nicotiana tabacum</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra, a los 30 y 60 días.
TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i>) PIMIENTO (<i>Capsicum annum</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la siembra, a los 30 y 60 días.
VID (<i>Vitis vinifera</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo o en línea de riego con la poda. Repetir cada 30 días.
YUCA (<i>Manihot esculenta</i>)	300 g/ha	Aplicar en aspersión al suelo húmedo en capacidad de campo con la siembra sobre la semilla, a los 30 y 60 días.

Tabla A.18: Dosificaciones Serenade M.AX

INSTRUCCIONES DE USO**Aplicaciones terrestres y/o aéreas**

Cultivo	Enfermedad	Dosis	Observaciones
Vides (Viñas, Uva de mesa y Parronales)	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	250 - 350 g/100 L de agua ó 2 - 3 Kg/ha	Aplique: 1° Temprano en floración, 2° Antes del cierre de racimo, 3° En pinta hasta el día de la cosecha si es necesario. Aplique la dosis mínima con suficiente agua evitando escurrimiento. En Uva de mesa y parronales de pinta a precosecha evite las aplicaciones de alto volumen, privilegiando aquellas que no producen escurrimiento.
	Oidio (<i>Uncinula necator</i> = <i>Erysiphe necator</i>)		Aplique con suficiente agua que permita una buena cobertura. Aplique desde los 5 cm de brote, continuando cada 7 a 10 días hasta que las condiciones predisponentes terminen.
	Pudrición Acida (Conjunto de Hongos, Bacterias y levaduras: <i>Aspergillus niger</i> , <i>Alternaria tenuis</i> , <i>Botrytis cinerea</i> , <i>Cladosporium herbarum</i> , <i>Rhizopus arrhizus</i> , <i>Penicillium sp</i> , <i>Actobacter</i>)		Aplique en cierre de racimo hasta el último día de cosecha. En Uva de mesa y Parronales de pinta a pre-cosecha, aplique la dosis mínima con suficiente agua, evitando las aplicaciones de alto volumen, privilegiando aquellas que no producen escurrimiento.
Manzanos	Venturia (<i>Venturia inaequalis</i> ; <i>V. pirina</i>), Corazón Mohoso (<i>Alternaria alternata</i>), Botritis calicinal (<i>Botrytis cinerea</i>)		Aplique en <5% flor, en plena flor y a caída de pétalos con un mojamiento de 1.500 L de agua por hectárea. Repetir a intervalos de 7 a 10 días si fuese necesario.

Aplicaciones terrestres

Frutillas	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>) Oidio (<i>Sphaerotheca macularis</i>)	250 - 350 g/100 L de agua ó 2 - 3 Kg/ha	Aplique en forma preventiva en preflor o durante la floración y repetir a intervalos de 7 a 10 días, ó según condiciones que favorezcan el desarrollo de la enfermedad.
Arándano, Frambueso	Botritis (<i>Botrytis cinerea</i>)	200 g/100 L agua ó 1 - 1,6 Kg/ha	Aplique en forma preventiva en preflor o durante la floración y repetir a intervalos de 7 a 10 días, o según condiciones que favorezcan el desarrollo de la enfermedad hasta 1 día antes de la cosecha y con mojamientos de 500 a 800 L de agua/ha. Evite escurrimiento para prevenir depósitos en la fruta.

Aplicación: Para aplicaciones aéreas en Vides (Viñas, Uva de mesa y Parronales) y manzanos, use la dosis apropiada indicada para cada cultivo en suficiente agua de manera de garantizar un buen cubrimiento o con un mínimo de 30 L de agua por hectárea. En aplicaciones terrestres en vides, aplicar con gota fina a alta presión con mojamientos de .1000 a 1.500 L por hectárea para evitar depósitos en la fruta con suficiente agua que permita una buena cobertura hasta el cierre del racimo. Bajo condiciones de alta presión de la enfermedad, se recomienda reducir la frecuencia de aplicación y usar la dosis mayor, aplicado solo o en mezcla con otros con otros fungicidas. Aplicar 4 veces por temporada.

B. APÉNDICE B: DISEÑO, ESTIMACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

B.1 CÁPSULA DE FILTRACIÓN OPTICAP® XL 2

	Opticap® XL 2	Opticap® XL 4	Opticap® XL 5	Opticap® XL 10
Nominal Dimensions				
Maximum length:	14.2 cm (5.6 in.)	19.6 cm (7.7 in.)	21.6 cm (8.5 in.)	33.5 cm (13.2 in.)
Body diameter:	8.4 cm (3.3 in.)	8.4 cm (3.3 in.)	10.7 cm (4.2 in.)	10.7 cm (4.2 in.)
Filtration Area	0.09 m ² (0.93 ft ²)	0.19 m ² (2.09 ft ²)	0.35 m ² (3.7 ft ²)	0.69 m ² (7.4 ft ²)
Materials of Construction				
Filter membrane:	Hydrophilic PVDF			
Film edge:	Polypropylene			
Supports:	Polypropylene			
Structural components*:	Polypropylene			
Vent O-rings:	Silicone			
Vent/Drain	¼ in. hose barb with double O-ring seal			
Maximum Inlet Pressure	5.5 bar (80 psi) at 23 °C 2.8 bar (40 psi) at 60 °C 1.0 bar (15 psi) at 80 °C			
Maximum Differential Pressure				
Forward:	5.5 bar (80 psid) at 25 °C, 1.0 bar (15 psid) at 80 °C			
Reverse:	3.4 bar (50 psid) at 25 °C, intermittent			
Bubble Point at 23 °C				
0.1 µm:	≥ 4830 mbar (70.0 psig) air with water			
0.22 µm:	≥ 3450 mbar (50.0 psig) air with water			
Air Diffusion	Through a water wet membrane at ambient temperature:			
0.1 µm at 3.9 bar (56 psig):	≤ 3.5 cc/min	≤ 7.5 cc/min	≤ 10.0 cc/min	≤ 20.0 cc/min
0.22 µm at 2.8 bar (40 psig):	≤ 2.5 cc/min	≤ 5.5 cc/min	≤ 6.6 cc/min	≤ 13.3 cc/min
NVR Gravimetric Extractables	After autoclaving and a 24 hour soak in ASTM® Type 1 reagent grade water at controlled room temperature:			
	≤ 10 mg (XL 2)	≤ 10 mg (XL 4)	≤ 15 mg (XL 5)	≤ 25 mg (XL 10)
Oxidizable Substances	Meets the requirements of the USP Oxidizable Substances Test after a water flush of:			
	500 mL	500 mL	500 mL	1000 mL
Bacterial Endotoxin	Aqueous extraction contains < 0.5 EU/mL as determined by the Limulus Amebocyte Lysate (LAL) Test.			
Bacterial Retention	Quantitative retention of 10 ⁷ CFU/cm ² Brevundimonas diminuta ATCC® 19146 per ASTM® methodology.			
Sterilization	May be autoclaved for 3 cycles of 60 minutes at 126 °C. (Cannot be steam sterilized in-line.)			
Good Manufacturing Practices	These products are manufactured in a facility which adheres to FDA Good Manufacturing Practices.			
Non-Fiber Releasing	Durapore® membrane meets the criteria for a "non-fiber releasing" filter as defined in 21 CFR 210.3 (b) (6).			
Component Material Toxicity	Component materials were tested and meet the criteria of the USP <88> Reactivity Test for Class VI Plastics. Sterilizing-grade Durapore® Filters meet the requirements of the current USP <88> Safety Test.			
Indirect Food Additive	The Durapore® membrane used in these products meets the FDA Indirect Food Additive requirements cited in 21 CFR 177.2910. All other component materials also meet the FDA Indirect Food Additive requirements cited in 21 CFR 177-182.			

Figura B.1: Características cápsula Opticap® XL 2, 4, 5 y 10.

Fuente: Merck Millipore (2015).

B.2 DISEÑO DE BOMBAS

Tamaño nom. de tubería (pulg)	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Flujo de área	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
1/8	0.405	10.3	0.068	1.73	0.269	0.0224	6.8	0.000 394	3.660×10^{-5}
1/4	0.540	13.7	0.088	2.24	0.364	0.0303	9.2	0.000 723	6.717×10^{-5}
3/8	0.675	17.1	0.091	2.31	0.493	0.0411	12.5	0.001 33	1.236×10^{-4}
1/2	0.840	21.3	0.109	2.77	0.622	0.0518	15.8	0.002 11	1.960×10^{-4}
3/4	1.050	26.7	0.113	2.87	0.824	0.0687	20.9	0.003 70	3.437×10^{-4}
1	1.315	33.4	0.133	3.38	1.049	0.0874	26.6	0.006 00	5.574×10^{-4}
1 1/4	1.660	42.2	0.140	3.56	1.380	0.1150	35.1	0.010 39	9.653×10^{-4}
1 1/2	1.900	48.3	0.145	3.68	1.610	0.1342	40.9	0.014 14	1.314×10^{-3}
2	2.375	60.3	0.154	3.91	2.067	0.1723	52.5	0.023 33	2.168×10^{-3}
2 1/2	2.875	73.0	0.203	5.16	2.469	0.2058	62.7	0.033 26	3.090×10^{-3}
3	3.500	88.9	0.216	5.49	3.068	0.2557	77.9	0.051 32	4.768×10^{-3}
3 1/2	4.000	101.6	0.226	5.74	3.548	0.2957	90.1	0.068 68	6.381×10^{-3}
4	4.500	114.3	0.237	6.02	4.026	0.3355	102.3	0.088 40	8.213×10^{-3}
5	5.563	141.3	0.258	6.55	5.047	0.4206	128.2	0.139 0	1.291×10^{-2}
6	6.625	168.3	0.280	7.11	6.065	0.5054	154.1	0.200 6	1.864×10^{-2}
8	8.625	219.1	0.322	8.18	7.981	0.6651	202.7	0.347 2	3.226×10^{-2}
10	10.750	273.1	0.365	9.27	10.020	0.8350	254.5	0.547 9	5.090×10^{-2}
12	12.750	323.9	0.406	10.31	11.938	0.9948	303.2	0.777 1	7.219×10^{-2}
14	14.000	355.6	0.437	11.10	13.126	1.094	333.4	0.939 6	8.729×10^{-2}
16	16.000	406.4	0.500	12.70	15.000	1.250	381.0	1.227	0.1140
18	18.000	457.2	0.562	14.27	16.876	1.406	428.7	1.553	0.1443
20	20.000	508.0	0.593	15.06	18.814	1.568	477.9	1.931	0.1794
24	24.000	609.6	0.687	17.45	22.626	1.886	574.7	2.792	0.2594

Figura B.2: Propiedades de cañerías de acero cédula 40.

Fuente: Moot (2006)

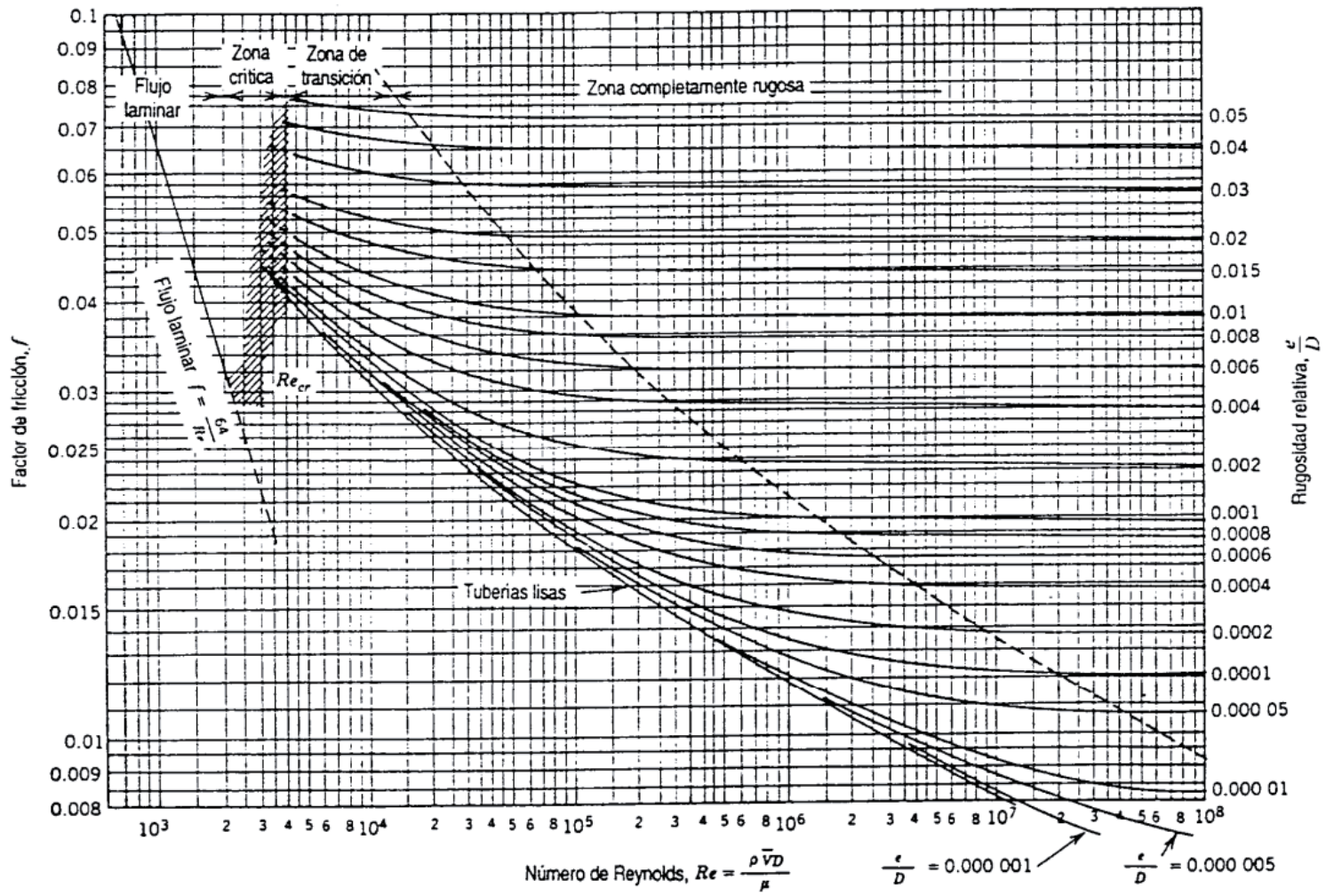


Figura B.3: Gráfica deMoody

Fuente: Moot (2006)

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Figura B.4: Gráfica de Moody

Fuente: Moot (2006)

C. APÉNDICE C: EVALUACIÓN ECONÓMICA

C.1: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS DE AÑOS ANTERIORES MEDIANTE EL CEPCI

Para datos de equipos que han sido determinados en años anteriores, se determinó los costos de los equipos en el presente año mediante el índice de costos CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) publicado anualmente por la revista Chemical Engineering Magazine mediante la Ecuación C.1:

$$Ca = Cp * \left(\frac{Ia}{Ip}\right)$$

Ecuación C.1

Donde:

CA: Costo del equipo del año actual

CP: Costo del equipo del año al que fue cotizado

IA: Índice de precio del año actual

IP: Índice de precio del año en que fue cotizado

Tabla C.1: Índice CEPCI utilizados en la determinación de costos actuales de los equipos.

Año	CEPCI
2003	402,0
2004	444,2
2005	468,2
2006	499,6
2007	525,4
2008	575,4
2009	521,9
2010	550,8
2011	585,7

Continuación tabla C.1

Año	CEPCI
2012	584,6
2013	567,3
2014	576,1
2015	580,2

C.2 ESCALAMIENTO DE COSTOS

Para el escalamiento de equipos se puede utilizar la Ecuación F 2: Esta ecuación resulta eficaz para escalar equipos cuando la diferencia de capacidades de los equipos (Flujos, Volumen, Potencia, etc.) sea de hasta 10 veces entre un equipo y otro. Esto es además aplicable tanto para escalamiento de forma descendente como ascendente, y se calcula como

$$C_d = C_c \left(\frac{CAP_d}{CAP_c} \right)^c$$

Ecuación C.2

Donde:

C_d : Costo del equipo desconocido

C_c : Costo del equipo conocido

CAP_d ; CAP_c : Capacidad del equipo desconocido y conocido respectivamente

c : Factor de escala; 0,6 en general, 0,54 para evaporadores y 0,34 para bombas.

C.3 REFERENCIA EQUIPOS

	Equipo	N°		Referencia
E-7/E-15	Mezclador 1[m3]	2	Matche	http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html
E-23	Mezclador 0,1[m3]	1	Matche	http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html
E-4	Fermentador 100[L]	1	Matche	http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html
E-5/E-6	Fermentador 500[L]	2	Matche	http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html
E-19	Centrífuga	1	Alibaba	http://www.alibaba.com/showroom/nozzle-centrifuge.html
E-22	Secador Spray	1	Galaxie	http://galaxie.com.ar/8productos_precios.php
E-16	Caldera	1	T&C	(Nuñez & Tapia, 2010)
E-11	Compresor	1	M&J	(Haberland & Riquelme, 2015)
E-9	Enfriador Flash	1	T&C	(Nuñez & Tapia, 2010)
	Bombas	6	M&J	(Haberland & Riquelme, 2015)
E-13	Intercambiador de calor	1	M&J	(Haberland & Riquelme, 2015)