

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PROYECTO DE GRADO
ELABORACIÓN DE INSECTICIDA LÍQUIDO ECOLÓGICO A
PARTIR DE JABÓN POTÁSICO RESIDUAL DE LA PLANTA
ENGARRAFADORA DE GLP YPFB-EL PORTILLO-TARIJA A
ESCALA LABORATORIO**

Por:

RODRIGO OSCAR COLQUE ROJAS

**Modalidad de graduación “INVESTIGACIÓN APLICADA” presentado a
consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL
SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Química.**

**Abril de 2026
TARIJA – BOLIVIA**

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi luz en cada paso. Gracias por darme la sabiduría, la paciencia y el coraje para alcanzar este logro. Este trabajo es un reflejo de tu amor y generosidad infinita.

A mi mamá Susana Rojas Tincuri, por tu amor incondicional, tu apoyo constante y por ser mi mayor fuente de inspiración. Has sido mi guía en cada momento difícil y mi pilar de fortaleza. Gracias por creer en mí cuando más lo necesitaba, por tu paciencia y por tu dedicación. Sin ti, no habría llegado tan lejos.

A mi papá Macedonio Colque Coria, aunque no estés físicamente conmigo, siento tu presencia en cada momento. Tu amor, tu sacrificio y tu confianza en mí siempre fueron mi mayor motivación. Gracias por enseñarme con tu ejemplo de vida lo que significa luchar por tus sueños. Te llevo en mi corazón, y este logro también es tuyo. Descansa en paz, siempre te recordaré con cariño y gratitud.

A mis seres queridos, a todos aquellos que me han apoyado y amado en este camino, quienes me han dado fuerzas en mis momentos de duda y alegría en mis logros. Gracias por estar a mi lado y por ser mi fuente constante de amor, comprensión y apoyo. Este logro también es de ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerzas, sabiduría y guía en cada momento de mi vida. Sin Ti, nada de esto hubiera sido posible. Gracias por iluminar mi camino.

A mis padres Susana y Macedonio, agradezco su amor incondicional, apoyo y sacrificios. Mamá, tu fortaleza me inspira cada día. Papá, aunque no estés, siento tu presencia y todo lo que me enseñaste. Gracias por creer siempre en mí.

A mis hermanos y hermanas, por su amor, apoyo y por estar siempre a mi lado, en los buenos y malos momentos.

A todos mis familiares, por su amor, confianza y aliento. Gracias por darme la motivación de seguir adelante.

A mis docentes, por su dedicación, paciencia, y por compartir su conocimiento y sabiduría.

A mis tribunales, por su tiempo, dedicación y por brindarme la oportunidad de presentar mi trabajo.

A mis amigos y amigas por su apoyo constante, por estar a mi lado en cada etapa de este proceso. Gracias por su amistad.

PENSAMIENTO

El verdadero éxito no se mide por el destino alcanzado, sino por el esfuerzo constante, la dedicación incansable y la pasión con la que cada paso es dado. Cada día, cada desafío, es una oportunidad para crecer y demostrar ue la perseverancia y la fé en uno mismo son las claves que nos abren las puertas del fututo.

FRASE MOTIVACIONAL

Incluso en la oscuridad, debes encontrar la fuerza para seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Frase motivacional.....	v

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	9
Objetivo General.....	9
Objetivos Específicos.....	9
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
Justificación Tecnológica.....	9
Justificación Económica.....	10
Justificación Social.....	10
Justificación Ambiental.....	11
Justificación Personal.....	11

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Jabón potásico	12
1.1.1 Proceso de fabricación de jabón	13
1.1.1.1 Saponificación	13
1.1.2 Neutralización	14
1.2 Insecticida.....	14
1.2.1 Clasificación de los insecticidas	15
1.2.1.1 Insecticida químico.....	15
1.2.1.2 Insecticida biológico.....	15
1.2.2 Mecanismos de acción	15
1.2.3 Composición y propiedades del insecticida.....	16

1.2.4	Potenciadores de acción insecticida.....	18
1.2.4.1	Acción sinérgica entre componentes	18
1.2.5	Insumos para impermeabilización y mejora del insecticida	19
1.2.5.1	Propiedades esperadas	20
1.3	Características y beneficios de un insecticida	21
1.3.1	Características de un Buen Insecticida	21
1.3.2	Beneficios	22
1.3.3	Ventajas de emplear un insecticida.....	23
1.3.4	Principales Aplicaciones del Insecticida a Base de Jabón Potásico	24
1.4	Plagas a tratar con el insecticida	25
1.4.1	Plaga.....	25
1.4.1.1	Pulgonos (<i>Aphididae</i>)	26
1.4.1.1.1	Daño causado.....	27
1.4.1.2	Cochinillas (<i>Coccoidea</i>)	27
1.4.1.2.1	Daño causado.....	28
1.4.1.3	Araña roja (<i>Tetranychus urticae</i>).....	28
1.4.1.3.1	Daño causado.....	29
1.4.1.4	Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	29
1.4.1.4.1	Daño causado.....	30
1.4.1.5	Trips (<i>Thysanoptera</i>)	30
1.4.1.5.1	Daño causado.....	31
1.4.1.6	Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	31
1.4.1.6.1	Daño causado.....	32
1.5	Mecanismo de acción del insecticida formulado	32
1.5.1	Acción física: Destrucción de la cutícula insectil	32
1.5.2	Acción química: Inhibición enzimática y neurotoxicidad	32
1.5.3	Acción surfactante: reducción de la tensión superficial	33
1.6	Aplicación en manejo integrado de plagas (MIP).....	33
1.6.1	Principios del Manejo Integrado de Plagas (MIP).....	33
1.6.2	Rol del insecticida ecológico en MIP	33
1.6.3	Aplicación de insecticida en MIP	34
1.6.3.1	Identificación de plagas objetivo.....	34
1.6.3.2	Momento de aplicación	34
1.6.4	Técnicas del MIP	34

1.6.4.1	Trampas cromáticas	34
1.6.4.2	Control biológico (liberación de depredadores)	35
1.6.4.3	Biofertilizantes y bioestimulantes	35

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO Y PARTE EXPERIMENTAL

2.	INTRODUCCIÓN MARCO METODOLÓGICO Y PARTE EXPERIMENTAL	37
2.1	Método de la Investigación	37
2.1.1	Método Experimental (Cuantitativo)	38
2.1.2	Método Documental.....	38
2.1.3	Justificación de la Metodología	39
2.2	Método de Muestreo.....	40
2.2.1	Muestreo en la recepción de la materia prima	40
2.2.2	Muestreo en el control de calidad del producto final.....	40
2.3	SELECCIÓN DEL MÉTODO PARA EL DESARROLLO DEL PROCESO	40
2.3.1	Método en Caliente (Convencional)	41
2.3.2	Método en Frío.....	41
2.3.3	Método por Emulsión Directa con Extractos Vegetales	41
2.4	Selección del método por matriz ponderada	41
2.4.1	Criterios seleccionados para evaluación del método	42
2.4.2	Matriz de Decisión Ponderada para Selección del Método	43
2.5	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DESARROLLADO	44
2.5.1	Equipos	46
2.6	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO EXPERIMENTAL DESARROLLADO.....	47
2.6.1	Recepción de la Materia prima	49
2.6.2	Caracterización de la materia prima	49
2.6.2.1	Determinación de la concentración de potasio (K ⁺).....	49
2.6.2.1.1	Curva de calibración de la solución.....	50
2.6.2.1.1.1	Procedimiento	50
2.6.2.1.2	Medición de la densidad	51
2.6.2.1.2.1	Procedimiento	51
2.6.2.1.3	Lectura del pH	52
2.6.2.1.4	Lectura de la viscosidad	53
2.6.2.1.5	Lectura de la conductividad eléctrica	53
2.6.2.1.6	Homogenización	54

2.6.2.1.7	Filtración primaria	54
2.6.2.1.8	Purificación (Centrifugación primaria)	55
2.6.2.1.8.1	Procedimiento	55
2.6.2.1.9	Secado de la masa de centrifugación primaria	56
2.6.2.1.10	Molienda primaria	57
2.6.2.1.11	Concentración de la solución.....	57
2.6.2.1.11.1	Procedimiento	58
2.6.2.1.12	Centrifugación secundaria	59
2.6.2.1.13	Filtración al vacío	59
2.6.2.1.14	Secado secundario	60
2.6.2.1.15	Molienda secundaria.....	60
2.6.2.1.16	Combinación de la Solución.....	60
2.6.2.1.17	Caracterización del Producto Intermedio	61
2.6.2.1.18	Filtrado Final	62
2.6.2.1.19	Ajuste y Neutralización del pH del Producto Intermedio.....	62
2.6.2.1.20	Formulación Final.....	63
2.6.2.1.21	Evaluación de la Eficacia Insecticida en Plantas y Hortalizas	64
2.6.2.1.22	Caracterización y Evaluación de la Calidad del Producto Final	65
2.6.2.1.23	Envasado del Producto Final	66
2.6.2.1.24	Etiquetado del Producto Final	67
2.6.2.1.25	Embalaje y Almacenamiento del Producto Final	67
2.7	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	68
2.7.1	Diseño Experimental Utilizado.....	68
2.7.2	Matriz de Experimentos para el Diseño Factorial 2 ³	69
2.7.2.1	Variables Independientes y Niveles	69
2.7.2.1.1	Concentración de Extractos Vegetales (ajo, orégano, lavanda):	69
2.7.2.1.2	Agente Adherente	69
2.7.2.1.3	Tiempo de Evaluación del efecto insecticida	69
2.7.2.2	Variable Dependiente	70
2.7.2.2.1	Rendimiento (%).....	70
2.7.2.3	Niveles de las variables	70
2.7.3	Orden de los factores en el diseño experimental	70
2.7.4	Plan de experimentación	71
2.7.4.1	Escala de calificación para el rendimiento	71

2.7.4.1.1	Interpretación de la Escala.....	72
2.7.4.2	Evaluación de la Mortalidad de Plagas.....	72
2.7.4.2.1	Diseño experimental y condiciones del ensayo	72
2.7.4.2.2	Determinación de la mortalidad experimental.....	72
2.7.4.2.3	Resultado experimental	73
2.7.4.2.3.1	Insecticida con extracto de Orégano	73
2.7.4.2.3.2	Insecticida con extracto de Ajo.....	74
2.7.4.2.3.3	Insecticida con extracto de Lavanda	74
2.7.4.2.3.4	Grupo Control	74
2.7.4.2.4	Corrección de mortalidad (Abbott).....	75
2.7.4.2.4.1	Resultados coregidos a las 72 horas.....	75
2.7.4.2.4.1.1	Resultado corregido para el Insecticida con extracto de Orégano ..	75
2.7.4.2.4.1.2	Resultado corregido para el Insecticida con extracto de Ajo	76
2.7.4.2.4.1.3	Resultado corregido para el Insecticida con extracto de Lavanda ..	76
2.7.4.2.5	Análisis comparativo	76
2.7.4.3	Evaluación del Insecticida de Orégano y sus efectos sobre plagas	76
2.7.4.4	Evaluación del Insecticida de Ajo y sus efectos sobre plagas	77
2.7.4.5	Evaluación del Insecticida de Lavanda y sus efectos sobre plagas	78
2.7.5	Análisis de Réplicas Experimentales de los Insecticidas de Orégano, Ajo y Lavanda	79
2.7.5.1	Evaluación del Insecticida de Orégano con 2 Réplicas	79
2.7.5.2	Evaluación del Insecticida de Ajo con 2 Réplicas	80
2.7.5.3	Evaluación del Insecticida de Lavanda con 2 Réplicas	81
2.7.6	Comparativa de Rendimiento de los insecticidas	82
2.7.6.1	Análisis de la Tabla	82
2.7.6.1.1	Insecticida de Ajo	83
2.7.6.1.2	Insecticida de Orégano	83
2.7.6.1.3	Insecticida de Lavanda	83
2.7.6.2	Resumen general.....	83
2.8	RECOLECCIÓN DE DATOS	84
2.8.1	Recopilación datos Filtración Primaria.....	84
2.8.2	Recopilación datos Purificación (Centrifugación Primaria)	85
2.8.3	Recopilación datos Secado de la Masa de Centrifugación Primaria.....	85
2.8.4	Recopilación datos Molienda Primaria	86
2.8.5	Recopilación datos Concentración de la Solución.....	86

2.8.6	Recopilación datos Centrifugación Secundaria	86
2.8.7	Recopilación datos Filtración al Vacío	87
2.8.8	Recopilación datos Evaluación de la Eficacia Insecticida	87
2.8.8.1	Notas sobre la tabla.....	89
2.8.8.2	Observaciones.....	90

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	91
3.1	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
3.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	91
3.3	RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS	92
3.3.1	ANÁLISIS DE DISEÑO FACTORIAL DE LOS EXPERIMENTOS.....	93
3.3.1.1	Evaluación del Insecticida de Orégano con 2 Réplicas	93
3.3.1.1.1	Evaluación de las combinaciones experimentales	97
3.3.1.2	Evaluación del Insecticida de Ajo con 2 Réplicas	101
3.3.1.2.1	Evaluación de las combinaciones experimentales	104
3.3.1.3	Evaluación del Insecticida de Lavanda con 2 Réplicas	108
3.3.1.3.1	Evaluación de las combinaciones experimentales.....	111
3.3.2	Resumen Comparativo de los Insecticidas de Orégano, Ajo y Lavanda	115
3.3.2.1	Factores que influyen en el rendimiento.....	115
3.3.2.2	Ajuste de los modelos de predicción	116
3.3.2.3	Rendimiento máximo según combinación experimental.....	116
3.3.2.4	Comparación visual de los insecticidas	117
3.4	BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	117
3.4.1	BALANCE DE MATERIA	117
3.4.1.1	Balance de materia en la etapa de filtración primaria	119
3.4.1.2	Balance de materia en la etapa de purificación	119
3.4.1.3	Balance de materia en la etapa de concentración de la solución	120
3.4.1.4	Balance de materia en la etapa de centrifugación secundaria	121
3.4.1.5	Balance de materia en la etapa de decantación (filtración al vacío).....	122
3.4.1.6	Balance de materia en la etapa de combinación de la solución.....	122
3.4.1.7	Balance de materia en la etapa de filtrado final.....	123
3.4.2	BALANCE DE ENERGÍA.....	124
3.4.2.1	Balance de energía en la etapa de homogenización	124
3.4.2.2	Balance de energía en la etapa de purificación.....	124

3.4.2.3	Balance de energía en la etapa de secado primaria	125
3.4.2.4	Balance de energía en la etapa de molienda primaria	126
3.4.2.5	Balance de energía en la etapa de centrifugación secundaria.....	126
3.4.2.6	Balance de energía en la etapa de decantación.....	127
3.4.2.7	Balance de energía en la etapa de secado secundario.....	127
3.4.2.8	Balance de energía en la etapa de molienda secundaria.....	128
3.4.2.9	Balance de energía en la etapa de filtración final.....	128
3.4.3	CONSUMO DE ENERGÍA DE LOS EQUIPOS	129

CAPÍTULO IV COSTOS DEL PROYECTO

4.	COSTOS DEL PROYECTO	131
4.1	Evaluación de costos	131
4.1.1	Costos de Reactivos Utilizados en el Proceso Experimental.....	131
4.1.2	Costos de Materiales Utilizados en el Proceso Experimental.....	131
4.1.3	Costo de Utensilios	133
4.1.4	Costos Energéticos de los Equipos	134
4.1.5	Costos de Servicios y Materiales Directos e Indirectos.....	134
4.1.6	Costos Totales	135

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	136
5.1	CONCLUSIONES	136
5.2	RECOMENDACIONES	137

Bibliografía.....	139
-------------------	-----

6.	ANEXOS	143
6.1	ANEXO I: Especificaciones de los equipos utilizados	143
6.2	ANEXO II: Galería de fotos.....	148
6.3	ANEXO III: Ficha Técnica de los reactivos	162
6.3.1	Ficha Técnica Hidróxido de Potasio	162
6.3.2	Ficha Técnica Ácido Cítrico	163
6.3.3	Ficha Técnica Glicerina	165
6.4	ANEXO IV.....	167
6.4.1	Caracterización de la Materia Prima.....	167
6.4.2	Caracterización del Producto Intermedio.....	168
6.4.3	Caracterización del Producto Final	168

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Descripción del mercado mundial de insecticidas de jabón potásico	4
Tabla 02. Información sobre el segmento de mercado	4
Tabla 03. Perspectivas regionales del mercado de insecticidas de jabón potásico	5

CAPÍTULO I

Tabla I-01. Composición y propiedades del insecticida a base de jabón potásico.	16
Tabla I-02. Insumos potenciadores para el insecticida	19
Tabla I-03. Insumos impermeabilizantes para el insecticida	20
Tabla I-04. Propiedades esperadas del insecticida a base de jabón potásico	21
Tabla I-05. Características de un Buen Insecticida.....	22
Tabla I-06. Beneficios de un Buen Insecticida	23
Tabla I-07. Ventajas de emplear un insecticida	24
Tabla I-08. Principales aplicaciones del insecticida a base de jabón potásico	25

CAPÍTULO II

Tabla II-01. Ventajas y desventajas de los métodos de desarrollo del proceso	41
Tabla II-02. Criterios y ponderación para la selección y evaluación del método	42
Tabla II-03. Matriz de decisión ponderada	43
Tabla II-04. Especificaciones de los equipos utilizados en el proceso experimental	46
Tabla II-05. Niveles de las variables para la obtención del insecticida líquido.....	70
Tabla II-06. Orden de los factores para el diseño experimental	70
Tabla II-07. Escala de Calificaciones para el Rendimiento de Insecticidas	71
Tabla II-08. Rendimiento del Insecticida de Orégano según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación	77
Tabla II-09. Rendimiento del Insecticida de Ajo según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación	77
Tabla II-10. Rendimiento del Insecticida de Lavanda según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Aplicación.....	78
Tabla II-11 Rendimiento del Insecticida de Orégano en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación	79
Tabla II-12. Rendimiento del Insecticida de Ajo en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación.....	80

Tabla II-13. Rendimiento del Insecticida de Lavanda en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación del control de plagas	81
Tabla II-14. Comparativa de Rendimiento de los Insecticidas (Orégano, Ajo, Lavanda)	82
Tabla II-15. Eficacia de los insecticidas	83
Tabla II-16. Datos de Filtración Primaria	84
Tabla II-17. Datos de Centrifugación Primaria.....	85
Tabla II-18. Datos de Secado de la Masa	85
Tabla II-19. Datos de Molienda Primaria	86
Tabla II-20. Datos de Concentración de la Solución	86
Tabla II-21. Datos de Centrifugación Secundaria.....	87
Tabla II-22. Datos de Filtración al Vacío	87
Tabla II-23. Datos de Evaluación de la Eficacia Insecticida	88
Tabla II-24. Escala del Estado de las Plantas	89

CAPÍTULO III

Tabla III-01. Resultados de Análisis de la Materia Prima	91
Tabla III-02. Rendimiento del Insecticida de Orégano en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación	93
Tabla III-03. Análisis de Varianza del proceso o Prueba de efectos Inter-Sujetos.....	94
Tabla III-04. Efectos principales.....	95
Tabla III-05. Interacciones entre factores	96
Tabla III-06. Resumen del Modelo	96
Tabla III-07. Análisis de Varianza (ANOVA).....	96
Tabla III-08. Coeficientes del Modelo.....	97
Tabla III-0 9. Combinaciones experimentales	98
Tabla III-10. Combinación experimental de mayor rendimiento	98
Tabla III-11. Errores entre valores observados y ajustado del modelo.....	99
Tabla III-12. Rendimiento del Insecticida de Ajo en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Aplicación	101
Tabla III-13. Análisis de Varianza del proceso o Prueba de efectos Inter-Sujetos.....	102
Tabla III-14. Efectos principales.....	102
Tabla III-15. Interacciones entre efectos	103

Tabla III-16. Resumen del modelo	103
Tabla III-17. Análisis de Varianza (ANOVA).....	103
Tabla III-18. Coeficientes del Modelo.....	104
Tabla III-19. Combinaciones experimentales	104
Tabla III-20. Combinación experimental de mayor rendimiento	105
Tabla III-21. Errores entre valores observados y ajustado del modelo.....	106
Tabla III-22. Rendimiento del Insecticida de Lavanda en Dos Réplicas según Concentración, Agente Adherente y Tiempo de Evaluación	108
Tabla III-23. Análisis de Varianza del proceso o Prueba de efectos Inter-Sujetos.....	109
Tabla III-24. Efectos principales.....	109
Tabla III-25. Interacciones entre efectos	110
Tabla III-26. Resumen del modelo	110
Tabla III-27. Análisis de Varianza (ANOVA).....	110
Tabla III-28. Coeficientes del Modelo.....	111
Tabla III-29. Combinaciones experimentales	111
Tabla III-30. Combinación experimental de mayor rendimiento	112
Tabla III-31. Errores entre valores observados y ajustado del modelo.....	113
Tabla III-32. Valores de rendimiento modelado para insecticidas de orégano, ajo y lavanda ...	114
Tabla III-33. Condiciones de operación de los equipos y costos de uso	129

CAPÍTULO IV

Tabla IV-01. Costos de Reactivos	131
Tabla IV-02. Costos de Materiales Consumibles	132
Tabla IV-03. Costos de Utensilios	133
Tabla IV-04. Detalle Costos Energéticos.....	134
Tabla IV-05. Costos de Servicios	135
Tabla IV-06. Detalle Costos Totales.....	135

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura I-01. Estructura de la molécula del jabón.....	13
Figura I-02. Reacción de saponificación	14
Figura I-03. Neutralización de ácidos grasos con álcali	14
Figura I-04. Plagas más comunes	26
Figura I-05. Pulgón	27
Figura I-06. Daño causado por los pulgones	27
Figura I-07. Cochinilla.....	28
Figura I-08. Daño causado por las cochinillas.....	28
Figura I-09. Acaro o araña roja.....	29
Figura I-10. Daño causado por las arañas rojas	29
Figura I-11. Mosca blanca	30
Figura I-12. Daño causado por la mosca blanca	30
Figura I-13. Trips	31
Figura I-14. Daño causado por los trips.....	31
Figura I-15. Gusano cogollero	32
Figura I-16. Daño causado por el gusano cogollero	32
Figura I-17. Tipos de trampas cromáticas.....	35
Figura I-18. Insectos depredadores	35
Figura I-19. Biofertilizantes.....	36

CAPÍTULO II

Figura II-01. Diagrama de Bloques del Proceso Experimental	45
Figura II-02. Diagrama de Flujo del Proceso Experimental	48
Figura II-03. Recepción de Jabón Potásico Residual.....	49
Figura II-04. Espectrómetro de absorción atómica.....	50
Figura II-05. Curva de Calibración	51
Figura II-06. Picnómetro.....	52
Figura II-07. Lectura de pH	53
Figura II-08. Lectura de la viscosidad	53
Figura II-09. Homogenización.....	54
Figura II-010. Filtración Primaria.....	55

Figura II-11. Purificación (Centrifugación Primaria)	56
Figura II-12. Secado.....	57
Figura II-13. Molienda Primaria	57
Figura II-14. Concentración de la solución.....	59
Figura II-15. Centrifugación Secundaria	59
Figura II-16. Filtración al Vacío	60
Figura II-17. Combinación de la Solución.....	61
Figura II-18. Filtración final	62
Figura II-19. Neutralización de pH.....	63
Figura II-20. Formulación final	64
Figura II-21. Evaluación de la eficacia en plantas	65
Figura II-22. Caracterización y Evaluación de la Calidad del producto Final.....	66
Figura II-23. Envasado del producto final	66
Figura II-24. Etiquetado del producto final	67

CAPÍTULO III

Figura III-01. Grafica de probabilidad normal	99
Figura III-02. Valores Observados vs valores ajustados al modelo.....	100
Figura III-03. Error entre el rendimiento Observados y el Rendimiento Modelado	100
Figura III-04. Grafica de probabilidad normal	106
Figura III-05. Valores Observados vs valores ajustados al modelo.....	107
Figura III-06. Error entre el rendimiento Observados y el Rendimiento Modelado	107
Figura III-07. Gráfica de probabilidad normal	113
Figura III-08. Valores Observados vs valores ajustados al modelo.....	114
Figura III-09. Error entre el rendimiento Observados y el Rendimiento Modelado	114
Figura III-10. Gráfica comparativa de los tres insecticidas	117
Figura III-11. Diagrama del Balance General del proceso de elaboración del Insecticida.....	118

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO II

Ecuación II-01. Ec. Densidad	52
Ecuación II-02. Ec. Variable respuesta.....	68
Ecuación II-03. Ec. Mortandad de plagas	73
Ecuación II-04. Ec. de Mortalidad de Abbott	75
Ecuación II-05. Ec. Mc para el Insecticida con extracto de Orégno.....	76
Ecuación II-06. Ec. Mc para el Insecticida con extracto de Ajo.....	76
Ecuación II-07. Ec. Mc para el Insecticida con extracto de Lavanda.....	76

CAPÍTULO III

Ecuación III-01. Ec. Rendimiento Orégano.....	97
Ecuación III-02. Ec. Rendimiento Ajo	104
Ecuación III-03. Ec. Rendimiento Lavanda.....	111
Ecuación III-04. Ec. Filtración Primaria	119
Ecuación III-05. Ec. Centrifugación Primaria	120
Ecuación III-06. Ec. Concentración de la solución.....	120
Ecuación III-07. Ec. Centrifugación Secundaria	121
Ecuación III-08. Ec. Decantación	122
Ecuación III-09. Ec. Combinación de la Solución.....	123
Ecuación III-10. Ec. Filtrado Final	123
Ecuación III-11. Ec. Energía Agitador	124
Ecuación III-12. Ec. Energía Centrifugadora	125
Ecuación III-13. Ec. Energía Secador	125
Ecuación III-14. Ec. Energía Molienda Primaria.....	126
Ecuación III-15. Ec. Energía Centrifugadora Centrifugación Secundaria.....	126
Ecuación III-16. Ec. Energía Bomba de Vacío Decantación.....	127
Ecuación III-17. Ec. Energía Secador Secado Secundario	127
Ecuación III-18. Ec. Energía Molino Molienda Secundaria.....	128
Ecuación III-19. Ec. Bomba de Vacío Filtrado Final	128
Ecuación III-20. Ec. Costo Energía Equipo.....	130

GLOSARIO DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

Abreviatura General y de Proceso

ANOVA: Análisis de Varianza. Método estadístico utilizado para evaluar la significancia de los factores experimentales.

ConcExt: Concentración del extracto vegetal en la formulación del insecticida.

AgenAdhe: Agente adherente utilizado para mejorar la eficacia del insecticida.

GLP: Gas Licuado de Petróleo. Producto manejado en la planta de engarrafado.

LOU: Laboratorio de Operaciones Unitarias.

YPFB: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

Exp: Experimental.

Obs: Observado.

Calc: Calculado.

Prom: Promedio.

Máx: Máximo.

Mín: Mínimo.

Abs: Absorbancia.

K%: Porcentaje de Potasio en la muestra, basado en la absorbancia.

Abreviaturas de Unidades de Medida

g: Gramo. Unidad de masa.

Kg: Kilogramo. Unidad de masa.

mg: Miligramo.

L: Litro. Unidad de volumen.

ml: Mililitro.

cm³: Centímetro cúbico.

m³: Metro cúbico.

h: Hora.

min: Minuto.

s: Segundo.

°C: Grados Celsius.

K: Kelvin.

mol: Mol. Unidad de cantidad de sustancia.

mol/L: Molaridad.

Abreviaturas de Energía y Potencia

E: Energía.

P: Potencia.

KW: Kilovatio.

W: Vatio.

KWh: Kilovatio-hora.

KJ: Kilojulio.

J: Julio.

kJ/mol: Energía por mol.

Abreviaturas de Química y Reactivos

KOH: Hidróxido de Potasio.

K₂CO₃: Carbonato de Potasio.

H₂O: Agua.

C₂H₅OH: Etanol.

CO₂: Dióxido de carbono.

pH: Potencial de hidrógeno.

NaCl: Cloruro de sodio (referencial).

NaOH: Hidróxido de sodio (referencial).

aq: Solución acuosa.

s: Sólido.

l: Líquido.

Abreviaturas de Análisis Estadístico

R²: Coeficiente de determinación.

R² adj: Coeficiente de determinación ajustado.

F: Estadístico F del ANOVA.

p: Valor de significancia estadística.

β: Coeficiente de regresión.

ε: Error experimental.

σ: Desviación estándar.

Var: Varianza.

Abreviaturas de Ingeniería y Balance

BM: Balance de materia.

BE: Balance de energía.

Entrada (In): Flujo de entrada.

Salida (Out): Flujo de salida.

Σ: Sumatoria.

%: Porcentaje.

η : Eficiencia del proceso.

ρ : Densidad.

Abreviaturas Económicas

Bs: Bolivianos.

Costo Unit.: Costo unitario.

Costo Total: Costo total del proceso.

\$/KWh: Costo por unidad de energía.

Abreviaturas de Equipos y Operaciones

PAgitador: Potencia del agitador.

PCentrífugadora: Potencia de la centrífuga.

PMolino: Potencia del molino.

PBomba: Potencia de la bomba de vacío.

t: Tiempo de operación.