

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



**ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*)
CULTIVADA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA, PARA USO TÓPICO**

Por:

ADRIANA CAROLINA LIZÁRRAGA BEJARANO

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.

Octubre de 2020

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozávez

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

M. Sc. Ing. Elizabeth Castro

VICEDECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Luis Fernando Zenteno Benítez

Ing. Claudia Salazar Bellido

Ing. Cecilia Calderón Pérez

Advertencia

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

Dedicatoria

A mi familia, por ser personas que incondicional me apoyan en cada etapa de mi vida.

A mi abuelita, ese ser de luz que me transmitió sus conocimientos e inculcó en todo momento a la práctica de elaboración de productos naturales.

A todas aquellas personas que se encuentran en la constante lucha por alcanzar sus sueños, no se rindan.

Agradecimiento

A Dios por llenarme espiritualmente día a día.

A mi familia, amigos y personas cercanas a mi entorno que siempre estuvieron ahí dándome aliento y dispuestos a colaborar durante este proceso de aprendizaje

A todas las personas que formaron parte de la evaluación de la eficacia del producto final obtenido, sin ellos no hubiera sido posible la culminación de este Proyecto de Grado.

Pensamiento

“Los resultados que logres serán
en proporción directa al esfuerzo
que apliques”

Denis Waitley

ÍNDICE

	Páginas
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento	iv
Resumen	v
Abstract	vii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Conceptualización de la idea del Proyecto de Grado	2
1.1.2.1 Descripción del Producto	2
1.1.2.2 Usos y aplicaciones del Producto	4
1.1.2.3 Aspectos del Mercado	5
1.1.2.4 Procesos tecnológicos empleados	12
1.1.2.5 Materias Primas	18
1.1.3 Problema de desarrollo	20
1.1.4 Planteamiento Técnico propuesto	21
1.2 OBJETIVOS	21
1.2.1 Objetivo General	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21

1.3 JUSTIFICACIÓN	22
1.3.1 Justificación Económica	22
1.3.2 Justificación Tecnológica	22
1.3.3 Justificación Social	23
1.3.4 Justificación Ambiental	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GEL.....	24
2.1.1 Definición de Gel.....	24
2.1.2 Características de un Gel	24
2.1.3 Mecanismos de formación de un Gel	24
2.1.4 Clasificación	25
2.2 GEL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>).....	25
2.2.1 Definición de Gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	25
2.2.2 Estudios microestructurales en el Gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	25
2.3 HISTORIA DEL USO TERAPÉUTICO DEL GEL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>), PARA USO TÓPICO	26
2.3.1 Mecanismos de acción y propiedades del gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), para uso tópico	27
2.3.1.1 Propiedad cicatrizante	28
2.3.1.2 Propiedad antiinflamatoria	28
2.3.1.3 Propiedad analgésica	29
2.3.1.4 Propiedad antioxidante	29
2.3.1.5 Propiedad inmunomoduladora	30

2.3.1.6 Propiedad antiséptica.....	30
2.3.1.7 Propiedad hidratante, nutritiva y antienvjecimiento cutáneo	31
2.4 HISTORIA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL GEL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>)	32
2.5 MÉTODOS (PROCESOS) USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE GEL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>).....	34
2.5.1 Obtención de gel de Aloe Vera por filtración.....	34
2.5.2 Elaboración de gel puro de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) por molienda.....	37
2.5.3 Elaboración de gel líquido de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) por filtración y ajuste de pH.....	40
2.5.4 Elaboración de gel estabilizado de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) por molienda, filtración y homogenización.....	44
2.5.5 Variables que más influyen dentro del proceso de elaboración de gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) y su interacción.....	47
2.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>), PARA USO TÓPICO	48
2.6.1 Pruebas Organolépticas	48
2.6.2 Análisis Físicoquímicos.....	49
2.6.3 Análisis Microbiológico	51
2.6.4 Procesamiento y análisis de datos.....	52
2.7 NORMAS DE CALIDAD DEL GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (<i>ALOE VERA</i>), PARA USO TÓPICO	52
2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL	54
2.8.1 Pruebas Analíticas	54
2.8.2 Pruebas Efectivas.....	55

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN	56
3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO UTILIZADO.....	56
3.2.1 Factores a evaluar para la selección de tecnología para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.....	56
3.2.2 Calificación de las alternativas tecnológicas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	61
3.2.3 Llenado y operación de la matriz.....	65
3.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA: HOJA DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>).....	69
3.4 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>), PARA USO TÓPICO	71
3.4.1 Descripción de los equipos de laboratorio.....	71
3.4.2 Descripción de los instrumentos.....	76
3.4.3 Descripción de los materiales	82
3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS UTILIZADOS.....	83
3.5.1 Reactivos químicos utilizados en la etapa de limpieza de las hojas de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) recolectadas	83
3.5.2 Reactivos químicos usados por etapas, para la formulación del gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	83
3.5.3 Determinación de los tipos de excipientes y cantidades adecuadas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), para uso tópico	84
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	85

3.7 DISEÑO FACTORIAL	85
3.7.1 Variables y niveles del diseño factorial	87
3.7.1.1 Variables.....	87
3.7.1.2 Niveles.....	88
3.7.1.2.1 Construcción del diseño factorial 2^k	88
3.7.1.2.2 Número de combinaciones del diseño factorial	89
3.8 METODOLOGÍA DE ESTUDIO EMPLEADA.....	90
3.8.1 Descripción esquemática de la Metodología de Estudio	90
3.8.1.1 Método explicativo.....	90
3.8.1.2 Método descriptivo.....	91
3.8.1.3 Método documental.....	91
3.8.1.4 Método experimental.....	91
3.8.1.5 Método investigación aplicada.....	92
3.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>), PARA USO TÓPICO.....	94
3.9.1 Recolección de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)	97
3.9.2 Limpieza y desinfección de la materia prima (hojas de Penca de Sábila).....	99
3.9.3 Decantación de la aloína.....	100
3.9.4 Pesaje y dimensionamiento de la materia prima (hojas de Penca de Sábila) ..	101
3.9.5 Fileteado de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)	102
3.9.6 Extracción de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	103
3.9.7 Trituración de la muestra.....	104
3.9.8 Filtración de la muestra	105
3.9.9 Pesaje de la muestra obtenida.....	105

3.9.10 Adición de antioxidantes a la muestra.....	106
3.9.11 Desaireación de la muestra.....	107
3.9.12 Medición del pH.....	108
3.9.13 Pasteurización de la muestra	109
3.9.14 Enfriamiento de la muestra.....	109
3.9.15 Gelificación y adición de conservantes de la muestra.....	110
3.9.16 Envasado y presentación de la muestra.....	111
3.9.17 Evaluación sensorial del producto final	112
3.10 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA HOJA DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>).....	113
3.11 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO, GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>), PARA USO TÓPICO.....	115
3.11.1 Determinación del olor del gel	115
3.11.2 Determinación del color del gel	115
3.11.3 Determinación de la presencia de grumos del gel.....	115
3.11.4 Determinación de untuosidad al tacto del gel	116
3.11.5 Determinación de la extensibilidad de un gel	116
3.11.6 Determinación del pH	116
3.11.7 Termorresistencia	116
3.12 ENSAYO DE ACTIVIDAD, CUIDADO DE LA PIEL, REDUCCIÓN DEL ACNÉ, PIELES IRRITADAS POR EL SOL Y CICATRIZANTE	116
3.12.1 Reclutamiento de sujetos voluntarios.....	116
3.12.2 Consentimiento informado.....	117
3.12.3 Protocolo de aplicación del producto	117

3.12.4 Control de la actividad, cuidado de la piel, reducción del acné, pieles irritadas por el sol y cicatrizante.	118
--	-----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL.	119
4.1.1 Explicación del significado de la evaluación sensorial	119
4.1.2 Presentación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba sensorial	120
4.1.2.1 Evaluación sensorial del atributo aroma primario (al abrir el envase) para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	120
4.1.2.2 Evaluación sensorial del atributo aroma en la piel para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	123
4.1.2.3 Evaluación sensorial del atributo untuosidad para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	126
4.1.2.4 Evaluación sensorial del atributo efecto hidratante para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	129
4.1.2.5 Evaluación sensorial del atributo efecto refrescante para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	132
4.1.2.6 Evaluación sensorial del atributo pegajosidad para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	135
4.1.2.7 Evaluación sensorial del atributo textura para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	138
4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	141
4.2.1 Influencia de la temperatura, tiempo y pH, para la elaboración de gel natural de penca de sábila (<i>Aloe Vera</i>), para uso tópico.	141
4.2.2 Análisis de modelo lineal general univariante.....	142

4.3 COMPARACIÓN DE APARACIENCIA DEL EXTRACTO DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>), ESTABILIZADO Y PASTEURIZADO CON UNA MUESTRA SIN ESTABILIZAR NI PASTEURIZAR	146
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DEL RECLUTAMIENTO DE LOS SUJETOS VOLUNTARIOS.....	148
4.4.1 Análisis de irritabilidad en pieles con afecciones cutáneas (acné, pieles irritadas por el sol y cicatrices)	148
4.4.1.1 Registro fotográfico de los análisis de irritabilidad en pieles con afecciones cutáneas (acné, pieles irritadas por el sol y cicatrices).....	149
4.4.2 Análisis de irritabilidad en pieles sin afecciones cutáneas	151
4.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	153
4.5.1 Análisis de la caracterización de la materia prima	153
4.5.1.1 Caracterización física de las hojas de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).....	153
4.5.1.2 Análisis de la caracterización fisicoquímica de la materia prima	155
4.5.2 Análisis de la caracterización del producto final obtenidos	156
4.6 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO OBTENIDO EN 1000 g DE ALIMENTACIÓN, PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>)	158
4.7 COSTOS DE PRODUCCIÓN – ESCALA LABORATORIO	163
4.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE GEL DE PENCA DE SÁBILA (<i>Aloe Vera</i>), DE OTROS PRODUCTOS PUESTOS EN EL MERCADO.	165

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	168
5.2 RECOMENDACIONES.....	170
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	171

Índice de Cuadros y Tablas

	Páginas
Cuadro I-1 Componentes químicos del gel de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	3
Cuadro I-2 Análisis de los tres principales productores de Gel de Aloe Vera.....	8
Cuadro I-3 Proceso 1, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	12
Cuadro I-4 Descripción del procesamiento del proceso 1 para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	13
Cuadro I-5 Proceso 2, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	15
Cuadro I-6 Descripción del procesamiento del método 2 para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	16
Cuadro I-7 Productos obtenidos a partir del Aloe Vera	20
Cuadro II-1 Método (proceso) 1, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	34
Cuadro II-2 Método 2, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	37
Cuadro II-3 Método 3, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	40
Cuadro II-4 Método 4, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	44
Cuadro III-1 Descripción de los materiales utilizados	82
Cuadro III-2 Descripción de la metodología del Estudio.....	93
Cuadro III-3 Diagrama de Bloques, del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.....	95
Cuadro IV-1 Escala hedónica para la evaluación sensorial de el aroma primario, aroma en la piel, untuosidad, efecto hidratante, efecto refrescante, pegajosidad y textura .	119

Tabla I-1 Principales países importadores de extractos de Aloe Vera (en miles de USD)	6
Tabla I-2 Empresas demandantes de extracto de Aloe Vera en países importadores...	7
Tabla I-3 Producción de gel de Aloe Vera de los principales países (USD)	7
Tabla I-4 Precios de subproductos de Aloe Vera en Bolivia	11
Tabla II-1 Requerimientos fisicoquímicos y biológicos para el control de calidad del gel de Penca de Sábila (Aloe Vera), para uso tópico	53
Tabla III-1 Valores de Ponderación	56
Tabla III-2 Calificación de las alternativas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	61
Tabla III-3 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 1 filtración centrífuga	65
Tabla III-4 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 2 secado y molienda	66
Tabla III-5 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 3 filtración y ajuste de pH	67
Tabla III-6 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 4 adición de encima pectolítica	68
Tabla III-7 Especificaciones técnicas del Mixer Philips - HR1623/00	72
Tabla III-8 Especificaciones técnicas del Evaporador Rotativo – LABOROTA 4000	73
Tabla III-9 Especificaciones técnicas del Pasteurizador (Baño María)	74
Tabla III-10 Especificaciones técnicas de termostato de refrigeración LAUDA Proline RP870	75
Tabla III-11 Especificaciones técnicas de Batidora HR1566/04	76
Tabla III-12 Especificaciones técnicas de Balanza analítica KERN ABS 120-4N	77
Tabla III-13 Especificaciones técnicas de pH-metro Yieryi PH-009 original tipo pluma	79
Tabla III-14 Especificaciones técnicas de Termómetro de laboratorio	80
Tabla III-15 Especificaciones técnicas de Calibrador Profesional 6" UYUSTOOLS	81
Tabla III-16 Especificaciones técnicas de la Balanza digital	82
Tabla III-17 Reactivos químicos para la etapa de limpieza de la materia prima y decantación de aloína presente en la hoja de Penca de Sábila (Aloe Vera)	83

Tabla III-18 Antioxidantes utilizados para la etapa de desaireación del extracto de Penca de Sábila (Aloe Vera)	83
Tabla III-19 Conservantes agregados en la etapa de gelificación de la Penca de Sábila (Aloe Vera).....	84
Tabla III-20 Gelificante añadido, en la etapa final del proceso, para obtener el producto final, gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	84
Tabla III-21 Formulación utilizada para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera), para uso tópico	84
Tabla III-22 Codificación de las variables estudiadas	87
Tabla III-23 Niveles decodificados de las variables	88
Tabla III-24 Matriz de diseño experimental codificada (2^3), para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	89
Tabla III-25 Matriz de diseño experimental codificada con los parámetros de estudio (2^3), para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	90
Tabla IV-1 Evaluación Sensorial atributo Aroma Primario.....	121
Tabla IV-2 Evaluación Sensorial atributo Aroma Primario en las muestras réplicas	122
Tabla IV-3 Evaluación Sensorial atributo Aroma en la piel.....	124
Tabla IV-4 Evaluación Sensorial atributo Aroma en la piel de las muestras réplicas	125
Tabla IV-5 Evaluación Sensorial atributo Untuosidad	127
Tabla IV-6 Evaluación Sensorial atributo Untuosidad en las muestras réplicas	128
Tabla IV-7 Evaluación Sensorial atributo Efecto Hidratante	130
Tabla IV-8 Evaluación Sensorial atributo Efecto Hidratante en las muestras réplicas	131
Tabla IV-9 Evaluación Sensorial atributo Efecto Refrescante	133
Tabla IV-10 Evaluación Sensorial atributo Efecto Refrescante en las muestras réplicas	134
Tabla IV-11 Evaluación Sensorial atributo Pegajosidad	136
Tabla IV-12 Evaluación Sensorial atributo Pegajosidad en las muestras réplicas....	137

Tabla IV-13 Evaluación Sensorial atributo Textura	139
Tabla IV-14 Evaluación Sensorial atributo Textura en las muestras réplicas	140
Tabla IV-15 Datos para el análisis de varianza.....	142
Tabla IV-16 Factores Inter sujetos.....	143
Tabla IV-17 Pruebas de efectos Inter sujetos.....	143
Tabla IV-18 Variables entradas/eliminadas ^a	144
Tabla IV-19 Coeficientes	144
Tabla IV-20 Comparación entra Densidad experimental y la Densidad ajustada	145
Tabla IV-21 Prueba de irritabilidad en sujetos con afecciones cutáneas	148
Tabla IV-22 Características generales de los sujetos reclutados	149
Tabla IV-23 Registro fotográfico (antes y después) de los sujetos con afecciones cutáneas.....	150
Tabla IV-24 Prueba de irritabilidad en sujetos sin afecciones cutáneas	152
Tabla IV-25 Características generales de los sujetos reclutados	153
Tabla IV-26 Caracterización física de la hoja de Penca de Sábila.....	154
Tabla IV-27 Dimensiones para la caracterización física de la hoja de Penca de Sábila	154
Tabla IV-28 Datos obtenidos en la caracterización física de la hoja de Penca de Sábila	155
Tabla IV-29 Valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la materia prima, frente a valores en otro país	156
Tabla IV-30 Valores obtenidos en la caracterización del producto final	157
Tabla IV-31 Especificaciones de las corrientes del proceso de elaboración de gel natural.....	159
Tabla IV-32 Datos de Pérdidas en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	161
Tabla IV-33 Datos calculados en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	161
Tabla IV-34 Costo de excipientes para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	163

Tabla IV-35 Costo de insumos adicionales para la elaboración del gel	164
Tabla IV-36 Costo para la formulación de gel en una presentación de 200 ml	164
Tabla IV-37 Costo de producción del producto final envasado.....	165
Tabla IV-38 Comparación de costos con productos del mercado.....	165

Índice de Figuras

	Página
Fig 1-1 Participación porcentual de continentes productores de Aloe Vera	19
Fig 1-2 Usos del Aloe Vera según la industria.....	20
Fig 3-1 Ubicación Geográfica de Recolección de materia prima.....	70
Fig 3-2 Mixer Philips – HR1623/00.....	71
Fig 3-3 Evaporador Rotativo – LABOROTA 4000	72
Fig 3-4 Pasteurizador (Baño María)	73
Fig 3-5 Termostato de refrigeración LAUDA Proline RP870	74
Fig 3-6 Batidora HR1566/04.....	75
Fig 3-7 Balanza analítica KERN ABS 120-4N	77
Fig 3-8 pH-metro Yieryi PH-009 original tipo pluma.....	78
Fig 3-9 Termómetro de laboratorio	79
Fig 3-10 Calibrador Profesional 6" UYUSTOOLS.....	80
Fig 3-11 Balanza digital	81
Fig 3-12 Diagrama de Flujo, del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico	96
Fig 3-13 Cultivo de Penca de Sábila (Aloe Vera), ubicado en la provincia Mendez, municipio de San Lorenzo en la comunidad Borde Mollar.....	97
Fig 3-14 Recolección de la materia prima.....	98
Fig 3-15 Limpieza y desinfección de la materia prima	100
Fig 3-16 Decantación de la aloína	101
Fig 3-17 Pesaje y dimensionamiento de la materia prima.....	102
Fig 3-18 Fileteado de la materia prima.....	103
Fig 3-19 Extracción de Penca de Sábila (Aloe Vera).....	104
Fig 3-20 Trituración de la muestra	104
Fig 3-21 Filtración de la muestra.....	105
Fig 3-22 Pesaje de la muestra obtenida	106
Fig 3-23 Adición de antioxidantes a la muestra	107

Fig 3-24 Desaireación de la muestra	108
Fig 3-25 Medición del pH	108
Fig 3-26 Pasteurización de la muestra.....	109
Fig 3-27 Enfriamiento de la muestra	110
Fig 3-28 Etapa de gelificación y adición de conservantes.....	111
Fig 3-29 Envasado y etiquetado del producto final.....	112
Fig 3-30 Análisis sensorial del producto final, gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera), para uso tópico.....	113
Fig 3-31 Identificación de las zonas en hoja de Penca de Sábila (Aloe Vera) para mediciones de las características físicas.	114
Fig 4-1 Promedio de aceptación - Aroma Primario.....	123
Fig 4-2 Promedio de aceptación - Aroma en la piel.....	126
Fig 4-3 Promedio de aceptación - Untuosidad	129
Fig 4-4 Promedio de aceptación - Efecto Hidratante	132
Fig 4-5 Promedio de aceptación - Efecto Refrescante	135
Fig 4-6 Promedio de aceptación - Pegajosidad	138
Fig 4-7 Promedio de aceptación - Textura	141
Fig 4-8 Gráfica comparativa de la densidad experimental y la densidad ajustada....	146
Fig 4-9 Comparación de un extracto sin estabilizar ni pasteurizar, frente a un extracto estabilizado y pasteurizado.....	147
Fig 4-10 Diagrama de Bloques, del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera), para uso tópico.....	160

Índice de Anexos

Anexo 1 Estándares del gel de Aloe Vera establecidos por el programa de certificación del International Aloe Science Council (IASC)

Anexo 2 Recuento de microorganismos para el control de calidad de gel como insumo cosmético, según la NTC 4833

Anexo 3 Criterios de la calidad microbiológica del gel de Aloe Vera para uso externo, establecidas por la OMS sobre Plantas Medicinales

Anexo 4 Calidad del gel de Aloe Vera como materia prima para uso en las industrias cosméticas, por Aloe TRADE, laboratorios Terry y MexiAloe Laboratorio S.A de C.V

Anexo 5 Ficha técnica “Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$)”

Anexo 6 Ficha técnica “Ácido ascórbico, Vitamina C ($C_6H_8O_6$)”

Anexo 7 Ficha técnica “Tocoferol, Vitamina E ($C_{29}H_{50}O_2$)”

Anexo 8 Ficha técnica “Sorbato de potasio ($C_6H_7KO_2$)”

Anexo 9 Ficha técnica “Glicerina vegetal USP ($C_3H_8O_3$)”

Anexo 10 Ficha técnica “Goma Xantana ($C_{35}H_{49}O_{29}$)”

Anexo 11 Formulario de reclutamiento sujetos voluntarios para la evaluación de la eficacia cosmética del producto

Anexo 12 Consentimiento informado para el test de irritabilidad

Anexo 13 Carta de consentimiento para la evaluación del test de irritabilidad

Anexo 14 Protocolo de aplicación del producto para la evaluación de la eficacia cosmética del producto

Anexo 15 Informe de análisis fisicoquímico de la materia prima extracto de Penca de Sábila (Aloe Vera), emitido por el CEANID

Anexo 16 Informe de análisis fisicoquímico del producto final gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera), emitido por el CEANID

Anexo 17 Evaluación sensorial, calificación de los panelistas