

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Generalidades

El gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), es una “sustancia clara y gelatinosa de color blanco - amarillento que procede de las células mucilaginosas del parénquima central de la hoja”. Las hojas, se cortan en segmentos y se elimina la corteza que contiene los componentes fenólicos amarillos, lo cual deja libre la pulpa gelatinosa transparente que contiene el gel. (Figueredo, 2010). En la actualidad existen diversos procesos de gelificación, los cuales hacen que varíe el rendimiento de gel a ser obtenido.

Con el paso del tiempo, los investigadores y médicos han intensificado los estudios relacionados con la sábila, pues al darse cuenta de los efectos positivos y rápidos que produce en el ser humano, se ha observado una gran demanda de los productos que lo contienen. Los estudios realizados por la doctora Tatiana Yebra con extracto puro de aloe vera libre de aloína y con el mínimo de conservantes necesarios para mantenerlo estable en el tiempo, se han llevado a cabo en células de la piel, del ojo y de la sangre humana. Los resultados fueron brillantes, ya que no solo se ha corroborado que el jugo de aloe vera estabilizado es un magnífico antioxidante, rejuvenecedor, antienvjecimiento y blanqueador de la piel, sino un excelente regenerador de células dañadas de la piel por agentes químicos (tanto a nivel epidérmico como dérmico). (Henares, 2017).

La aplicación tópica del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) estimula la actividad de fibroblastos y la proliferación de colágeno, favoreciendo la cicatrización y la angiogénesis. Todas estas sustancias aportan al organismo muchos nutrientes necesarios para su función, y aunque son de origen vegetal, son reconocidas por el organismo como propias, siendo perfectamente asimiladas sin producir ningún efecto colateral indeseado. También hay evidencia que sugiere que el gel de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) contiene diversas sustancias que, aisladas o en conjunto, presentan efectos terapéuticos, por lo que una mejor comprensión de estos componentes y de sus efectos

es esencial para desarrollar productos a partir de gel con fines terapéuticos. (Domínguez, 2012)

A escala industrial, la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) está orientada hacia la obtención del gel en diferentes presentaciones; el mercado ha ido evolucionando significativamente durante los últimos años y mantiene una proyección de crecimiento no menor a 12% interanual, estimándose un mercado global de 65 millones de dólares en productos primarios (plántulas, hojas y gel) y más de 200 mil millones de dólares en productos como champús, lociones, bebidas y medicamentos gel para uso tópico en diferentes presentaciones. (Domínguez, 2012)

1.1.2 Conceptualización de la idea del Proyecto de Grado

1.1.2.1 Descripción del Producto

El gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) es la gelatina obtenida del tejido interior de las hojas. En su estado natural, el gel está protegido en el interior de las hojas por una envoltura exterior, pero una vez que la hoja es cortada, el gel se expone al aire, lo que ocasiona una rápida oxidación y descomposición. Según el Departamento de Ingeniería Agroalimentaria, Instituto Indio de Tecnología, Kharagpur, India, el gel de aloe vera es la gelatina mucilaginosa obtenida de las células del parénquima de la planta de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) y cuando este se encuentra expuesto al aire, el gel se oxida y descompone rápidamente, haciendo que este pierda gran parte de sus actividades biológicas. (Rao, 2008)

El gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se encuentra en el ámbito farmacéutico y estético, debido a las propiedades que tiene y el uso medicinal que le dan muchas de las industrias de los fármacos en la actualidad, al igual que las industrias de cosmetología y estética, la cuales se enfocan en utilizar este tipo de geles naturales, que se encargan de mantener una piel y cuero cabelludo en buen estado. (Domínguez, 2012)

El gel, desde su obtención, se puede derivar a distintos productos y no así enfocarse en un derivado, ya que no solo nos sirve para uso tópico, lo cual crea efectos como ser, inhibidor del dolor, antiinflamatorio, antiséptico, coagulante, antiviral, bactericida, queratolítico, antibiótico, regenerador celular, rehidratante y cicatrizante, sino, así como un producto alimenticio y de uso medicinal.

Cuadro I-1 Componentes químicos del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Antraquinonas / antronas	Aloe-emodina, ácido aloético, antranol, aloína A y B (conocidos conjuntamente como barbaliona), isobarbaloina, emodina y ester de ácido cinámico
Carbohidratos	Mannan, Acemannan, glucomannan acetilado, glucogalactomannan, galactano, galactogalacturan, arabinogalactano, galacto glucoarabinomannan, sustancias pécticas, xilano, celulosa.
Cromonas	8 - C - glucosil - (2' - O - cinamoil) - 7 - O - metilaloediol A, 8 - C - glucosil - (S) - aloesol, 8 - C - glucosil - 7 - O - metil - (S) - aleosol, 8 - C - glucosil - 7 - O - metilaloediol, 8 - C - glucosil - noreugenina, isoaloesina D, isorabaicromana, neoaloesina A.
Enzimas	Fosfatasa alcalina, amilasa, carboxipeptidasa, catalasa, ciclo - oxidase, ciclo - oxigenasa, lipasa, oxidasa, fosfoenolpiruvato carboxilasa, superóxido dismutasa
Compuestos Inorgánicos	Calcio, cloro, cromo, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, fósforo, sodio, zinc.
Compuestos orgánicos y lípidos	Ácido arachidónico, ácido γ - linolenic, esteroides (campesterol, colesterol, β - sitosterol), triglicéridos, triterpenos, gibberillinas, ligninas, sorbato de potasio, ácido salicílico, ácido úrico
Amino ácidos esenciales y no esenciales	Alanina, arginina, ácido aspártico, ácido glutámico, glicina, histidina, hidroxiprolina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, treonina, tirosina, valina
Proteínas	Lectinas y sustancias similares
Azúcares	Manosa, glucosa, L - ramnosa, aldopentosa
Vitaminas	B1, B2, B6, C, β - caroteno, coline, ácido fólico, α - tocoferol
Hormonas	Auxinas, giberelinas

Fuentes: Hamman (2008); Sharrif - Moghaddasi y Verma (2011)

El cuadro anteriormente presentado, muestra los componentes que hacen particular a la Penca de Sábila (*Aloe Vera*), indicando no solamente la variedad de compuestos, sino también los tipos de cada uno de ellos, lo que induce a investigar las propiedades curativas que tiene la planta, así como también los diferentes usos y aplicaciones tópicas.

1.1.2.2 Usos y aplicaciones del Producto

En cosmética, el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) se emplea para el tratamiento de heridas, quemaduras, irritaciones e inflamaciones de la piel.

El gel de aloe vera puro posee una acción cicatrizante de heridas, antiinflamatoria, inmunomoduladora y antiviral, antirritante, refrescante, etc. La cicatrización de heridas se debe fundamentalmente a una estimulación directa de la actividad de macrófagos y fibroblastos, estos últimos promueven un incremento de la síntesis de colágeno y proteoglicanos y como consecuencia, se favorece la reparación del tejido dañado. El gel fresco de aloe utilizado por vía tópica ha mostrado una eficacia superior a la de otros tratamientos convencionales incluso en quemaduras térmicas. (Lobato, 2017). Este gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) no es puro, sino que el producto contiene un bajo porcentaje de gel y un excipiente de gel alcohólico, que ejerce una acción astringente sobre la piel.

Debido a los nutrientes que posee la Penca de Sábila podemos aplicarla en diversas zonas del cuerpo, a continuación, se muestra un listado de los usos posibles del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*):

- a. Acné
- b. Afeitado y depilación
- c. Alergias
- d. Arrugas
- e. Celulitis
- f. Cortes y heridas

- g. Estrías
- h. Heridas y cicatrices
- i. Manchas en la piel
- j. Quemaduras y escoceduras (sol, aceite...)
- k. Varices
- l. Verrugas

(+Lanzarote, 2015)

1.1.2.3 Aspectos del Mercado

A nivel internacional los principales países consumidores son Alemania, Inglaterra, Francia, Italia, Estados Unidos, Canadá, Japón y China. Cada año el incremento de consumo es un 10% más, lo que entusiasma aún más a los productores y lleva a plantearse la necesidad de una producción limpia para llegar a grandes mercados con demanda del producto con la más alta calidad. (Duarte Patiño, 2016)

En cuanto a los países ofertantes, Japón encabeza la lista de países que exportan gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*). Los países que definen la demanda y sirven como marco referencial para establecer posibles oportunidades de exportación desde Japón, respecto al gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), son:

- Estados Unidos y Alemania son los más fuertes consumidores de gel de Aloe Vera.
- Japón, tiene un mercado de alrededor de 130 millones de personas con alto poder adquisitivo. (Sánchez Amaya, 2016)

Igualmente es importante tener en cuenta las estadísticas descritas en los antecedentes expuestas por las cuales reflejan las importaciones de gel de Aloe Vera.

Tabla I-1 Principales países importadores de extractos de Aloe Vera (en miles de USD)

Principales países importadores	Valor importado 2009	Valor importado 2010	Valor importado 2011	Valor importado 2012	Valor importado 2013	Valor importado 2014
Estados Unidos	324 719	361 119	448 292	517 864	576 451	587 240
Japón	98 386	98 193	135 706	161 697	169 168	147 031
Alemania	134 996	141 747	157 057	149 229	157 227	164 710
República de Corea	80 872	91 656	106 391	123 036	126 477	123 799
Francia	70 153	82 845	88 248	109 489	125 554	130 670
Italia	49 055	50 314	66 175	64 604	67 433	75 755
China	17 900	22 417	23 926	39 263	58 454	48 068
España	32 607	36 881	46 483	42 137	53 326	64 288
Reino unido	30 531	38 012	37 361	43 806	49 614	55 343
Total, en el mundo	1 379 289	1 524 089	1 524 089	1 973 337	2 167 152	1 475 345

Fuente: (Sánchez Amaya, 2016)

La tabla anteriormente mostrada, nos refleja que los valores de importación, fueron incrementando con el paso del tiempo, lo que nos indica que a nivel mundial el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) incrementa cada año de una manera progresiva y positiva para las industrias dedicadas a la fabricación del mismo.

Según datos del IASC del 2006, el mercado mundial de Aloe Vera asciende, en dólares americanos USD 123 500 000 de ventas por año. El continente americano viene registrando el 62% (USD 76 57 000,00) de las ventas mundiales, Australia y Asia del 38% (USD 46 930 000,00) restante, África no participa en las ventas mundiales.

Entre los más fuertes demandantes de productos industrializados de Aloe Vera a nivel mundial están España, Alemania, Francia, Reino Unido, Andorra, Dinamarca, Noruega, Países Bajos, Japón, Nueva Caledonia y principalmente Estados Unidos, con 29 empresas en el mercado. (Restrepo 2006).

Tabla I-2 Empresas demandantes de extracto de Aloe Vera en países importadores

País	Porcentaje (%)	N° de Empresas
USA	64	29
España	12	5
Alemania	4	2
Francia	10,04	2
Reino Unido	4	2
Andorra	2,99	1
Dinamarca	2	1
Noruega	0.28	1
Países Bajos	0.25	1
Japón	0.24	1
Nueva Caledonia	0.2	1

Fuente: Restrepo (2006)

El incremento en el uso de gel de Aloe para la elaboración productos cosméticos y otros ha provocado un aumento en los precios a nivel internacional ya que la producción mundial no es suficiente para satisfacer la creciente demanda de este producto, según datos obtenidos del Instituto de Recursos Naturales de los Estados Unidos.

Tabla I-3 Producción de gel de Aloe Vera de los principales países (USD)

País	Ingresos anuales (USD)
México	35 482 000
República Dominicana	21 583 000
Venezuela	9 293 000
Estado Unidos	4 224 000
Guatemala	5 300 000
Costa Rica	422 000
Argentina	106 000
Brasil	63 000
Total	76 473 000

Fuente: (Sánchez Amaya, 2016)

Analizando la tabla anterior se concluye que los países con más participación en el mercado en cuanto a producción y comercialización del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) son en su orden: México, seguido por República Dominicana y Venezuela.

Cuadro I-2 Análisis de los tres principales productores de Gel de Aloe Vera

MÉXICO	REP. DOMINICANA	VENEZUELA
Cultivo	Cultivo	Cultivo
Considerado mundialmente como el primer país latinoamericano con una superficie sembrada de Aloe Vera de aproximadamente 10 700 hectáreas según datos del IASC (2004). Sin embargo, ALOETRADE, confirma que para 2012 México cultivaba 14 000 hectáreas, liderando a nivel mundial la superficie cultivada de sábila, representando un crecimiento del 500% en los últimos 11 años. - Es importante destacar que en las regiones centro, sur y sureste del país, se observan plantas de sábila en las selvas de Yucatán y	Este país según datos del IASC (2004), se posiciona como el segundo país en el cultivo de Aloe, con una superficie sembrada de 3 500 hectáreas. El cultivo ha crecido, gracias al aval y presencia de multinacionales del Aloe de origen estadounidense que desarrollan plantaciones propias y compran producciones a terceros.	De acuerdo a las estimaciones de IASC (2004), y ALOETRADE es el tercer país con superficie sembrada de Aloe en América Latina y el mundo. Las condiciones geográficas de Venezuela ampliaron posibilidades de cultivo a regiones Noroeste y Oeste del Estado Lara, Aguada Grande y otros estados. La especie de sábila cultivada en Venezuela es la conocida con el nombre de “Aloe Barbadensis Miller”, cultivada también en Texas, California, Arizona y Florida.

MÉXICO	REP. DOMINICANA	VENEZUELA
<p>el Istmo de Tehuantepec, en el Istmo de Tehuacán y en el estado de Hidalgo y se localizan en altitudes desde los 10 hasta los 2 000 msnm.</p>		
Industria	Industria	Industria
<p>México cuenta con 14 procesadoras industriales de Aloe, tanto extranjeras como nacionales y la mayoría de ellas realiza todo el proceso que la sábila produce, vende y exporta diversos productos tales como: jugos, concentrados, Aloe en polvo y liofilizado. Otras hacen la venta de la penca de Aloe para su consumo local o exportación a Estados Unidos.</p> <p>El gobierno mexicano cumple un rol importante en la industria del Aloe, canalizando 2 800 000 de pesos mexicanos para</p>	<p>En este país las exportaciones cumplen un promedio del 95% al mercado de los Estados Unidos y el restante al Reino Unido, Italia, Cuba y Canadá.</p> <p>La denominación del Aloe en este país es conocido como: “Producto Premium”.</p>	<p>La industria del Aloe en Venezuela muestra un rol de desarrollo medio, con un nivel inferior al logrado en México.</p> <p>Las mayores inversiones hechas en los últimos años van dirigidas a la producción de aloína para la industria farmacéutica. En 2007 se inauguraron dos plantas procesadoras y otras tres en el 2008.</p> <p>El mayor arraigo productivo de Venezuela es el gel de Aloe vera, y otra parte de los cultivos destinan su producción de acíbar, con plantaciones desde 150 000 hasta 300 000 plantas por</p>

MÉXICO	REP. DOMINICANA	VENEZUELA
<p>modernizar los “Laboratorios Agroindustriales Aloe Vera Zaci” y así incrementar las exportaciones del producto a países como Italia y Alemania.</p>		<p>hectárea, para buscar la obtención de aloína líquida o en pasta.</p> <p>El gobierno venezolano apoya la producción agrícola y entrelaza las economías en algunas regiones. La industria farmacéutica y cosmetológica brindan la mayor alternativa de desarrollo y posiciona el producto a nivel internacional.</p>
Empresas	Empresas	Empresas
<p>En Tamaulipas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos Natural’s de Tula. • El Nogal de Tula. • Aloe Queen -Rancho <p>Otros estados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aloe Fresh. • Aloe Vera del Mayab • Jugos y Concentrados de Sabila • México, D. F 	<ul style="list-style-type: none"> • Forever Living Products procedente de Estados Unidos, ya que como se menciona anteriormente el cultivo ha crecido, gracias al aval y presencia de multinacionales del Aloe de origen estadounidense, principalmente de esta. • Aloe Soluciones. 	<p>Ciudad de Coro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Barunu Aloe Vera <p>Center Caracas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • OKF Venezuela

MÉXICO	REP. DOMINICANA	VENEZUELA
Exportaciones	Exportaciones	Exportaciones
Responden a un valor total de: USD \$303 000 para 2010. Este mismo año, México exporto cerca del 70% de aloe vera y sus derivados a Estados Unidos.	El 99.7% de las exportaciones totales de Aloe Vera y sus derivados para 2010 estuvieron enfocadas a Estados Unidos. Generando un total de USD \$168 000 dólares (328.4 toneladas).	Participación total de USD \$105 200 para 2010.

Fuente: (Sánchez Amaya, 2016)

Es importante además destacar las características principales que identifican a los tres países productores del gel de Aloe Vera para reconocer de cada uno de ellos, lo más notable en aspectos trascendentales como cultivo, industria, empresas y nivel de exportaciones que los ubican en las posiciones mundiales.

Tabla I-4 Precios de subproductos de Aloe Vera en Bolivia

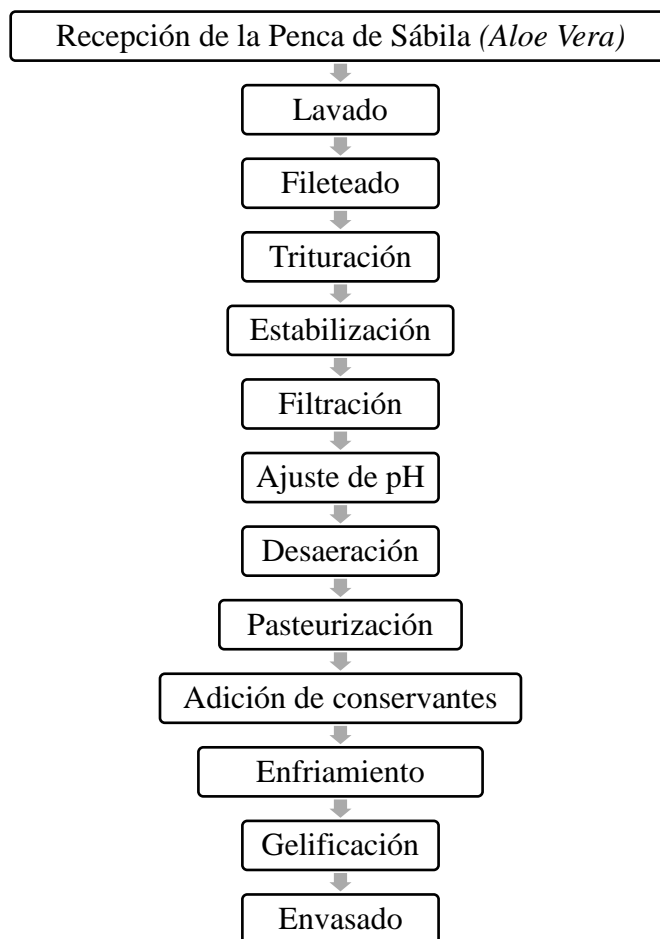
Producto	Precio Bs.
Gel de aloe vera Tostalist 100 ml (Bolivia)	50
Gel de aloe vera Dizao 150 ml (Corea)	50
Gel de aloe vera MENKÓU 160 ml (China)	60
Gel de aloe vera Holika Holika300 ml (Corea)	160
Gel Aloe Vera FOREVER 100 ml (República Dominicana)	250
Gel de Aloe Vera MARQUIS 110 ml (EEUU)	320

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Farmacorp, 2018)

1.1.2.4 Procesos tecnológicos empleados

El procesamiento del gel de Aloe Vera inicia con el cultivo de la Penca de Sábila; seguidamente esta tendrá una secuencia de pasos, hasta llegar a la obtención del producto final, el tipo de método que se vaya a optar, nos dará un concentrado de Penca de Sábila diferente en cada método, por lo cual, se pretende escoger el método más óptimo, para la elaboración del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), a continuación, se presenta un diagrama de bloques del método más utilizado en la actualidad y que tiene más relevancia a nivel tecnológico:

Cuadro I-3 Proceso 1, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

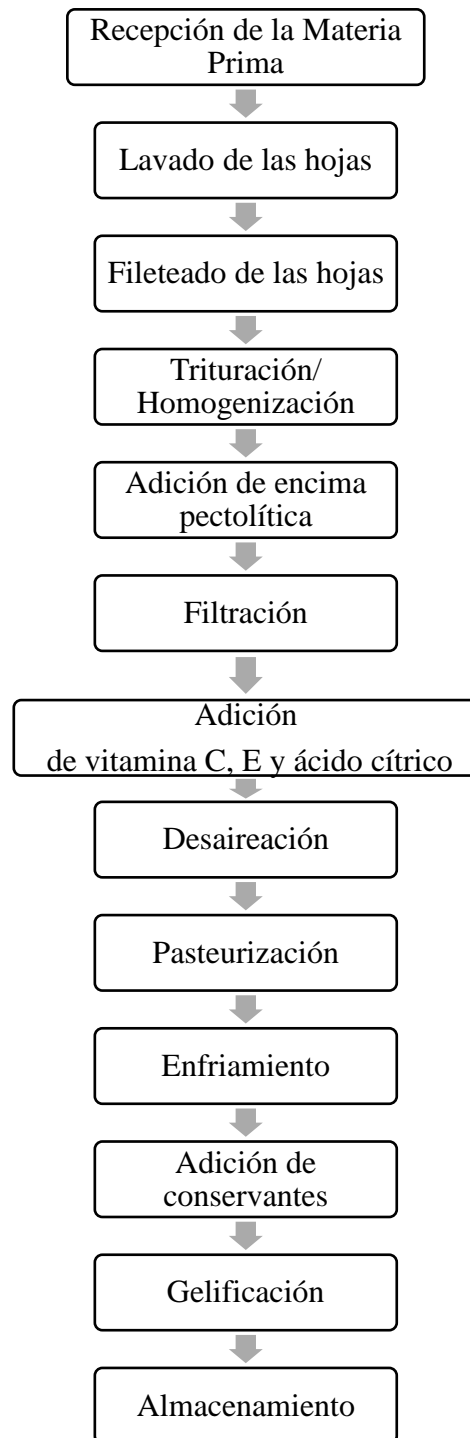
Cuadro I-4 Descripción del procesamiento del proceso 1 para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Proceso a realizar	Descripción del proceso
Recepción de la Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	Seleccionar las hojas que se encuentren más maduras, grandes y anchas, para que así se pueda obtener un mejor concentrado de gel.
Lavado	Lavado de las hojas recibidas en la planta con agua y con soluciones bactericidas.
Fileteado	Se remueve el gel y se separa de la corteza.
Trituración	Homogenización por medio de un triturador comercial de alta velocidad, esto se hace a temperatura ambiente (25 °C), por lo que se recomienda moler por un periodo de 10 a 20 minutos, ya que entre más largo es este proceso, mayor es el oscurecimiento del gel debido al pardeamiento enzimático.
Estabilización	Por medio de la adición de vitaminas para conservar los compuestos con actividad biológica, como los polisacáridos que cuentan con una mayor presencia e importancia. Esta estabilización se puede lograr con la adición de estas enzimas a 50 °C por periodos de veinte minutos
Filtración	Este proceso influye también en la estabilidad del gel y en este se logra además separar partículas del producto por medio de la sedimentación de ellas.
Ajuste de pH	Adición de vitamina C (C ₆ H ₈ O ₆), ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) y vitamina E (C ₂₉ H ₅₀ O ₂) con el fin de evitar la oxidación y mejorar el

Proceso a realizar	Descripción del proceso
	sabor del jugo. Se realiza un ajuste del pH hasta 3.5 a 4.5 mediante la adición de ácido cítrico
Desaireación	Se realiza en vacío para eliminar el oxígeno atrapado en forma de burbujas y evitar la oxidación del ácido ascórbico, asimismo se mejora la vida útil del gel.
Pasteurización	Se puede realizar a baño María asumiendo una temperatura entre a 60 a 70 °C, esta etapa se realiza para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica.
Enfriamiento	De manera súbita hasta -10 °C durante diez a quince minutos, esta etapa es fundamental para garantizar la actividad biológica del gel.
Adición de conservantes	La agregación de conservantes naturales favorecerá a la prolongación de la vida útil del gel.
Gelificación	Se realiza la gelificación de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), mediante agentes gelificantes naturales, para que tenga una mejor textura a gel.
Envasado	Embalar es un recipiente o envoltura de manera temporal principalmente para su manipulación, transporte y almacenaje

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Ramachandra, 2018)

Cuadro I-5 Proceso 2, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Ramachandra, 2018)

Cuadro I-6 Descripción del procesamiento del método 2 para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Proceso a realizar	Descripción del proceso
Recepción de la Materia Prima	Un factor importante que debe ser considerado es el manejo / tratamiento de las hojas después de su recolección. Debido a que la descomposición de la matriz de gel se produce en el corte debido a reacciones enzimáticas naturales y la actividad de las bacterias que normalmente están presentes en las hojas. Este proceso degradativo puede afectar adversamente la calidad del producto final. Por lo tanto, hay una necesidad trabajar con cuidado para refrigerar el fresco. Retirar las hojas dentro de 4-6 h a obtener la materia prima.
Lavado de hojas	Es importante lavar con agua tratada o destilada, ya que esta mejora el proceso de obtención de gel, hace que se retire toda la aloína del gel por completo y elimina algunas impurezas que esta pueda tener.
Fileteado de hojas	Para evitar la descomposición de la actividad biológica de las hojas, la operación de fileteado debe completarse dentro de las 36 h de ser cosechadas las hojas.
Trituración/ Homogenización	Los principales pasos en este incluyen la trituración o molienda. Los filetes de gel de Aloe Vera deben triturarse y homogeneizarse utilizando una trituradora de tejidos de alta velocidad comercial a temperatura ambiente (25 ° C). Debido a la reacción enzimática. Cuanto más largo es el tiempo de trituración / molienda, el mayor índice de pardeamiento en zumo de gel de Aloe Vera. Por lo tanto, la trituración o molienda debe acortarse dentro de 10-20 min para evitar la enzimática.

Proceso a realizar	Descripción del proceso
Adición de encima pectolítica	<p>Tratamiento enzimático de gel de aloe vera para una larga duración antes del procesamiento, ya que, es perjudicial para compuestos biológicamente activos tales como polisacárido que es el más importante constituyente del Aloe Vera.</p> <p>El tratamiento enzimático a 50 ° C y dentro de 20 min no induce la pérdida de actividad biológica del polisacárido. en gel de Aloe Vera</p>
Filtración	<p>Esta operación influye en la estabilidad del gel de Aloe Vera, para evitar la sedimentación de partículas en el producto.</p>
Adición de vitamina C, E y ácido cítrico	<p>El gel de Aloe Vera sin pasteurizar fue fortificado con vitamina C ($C_6H_8O_6$), ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) y vitamina E ($C_{29}H_{50}O_2$) para evitar la reacción de pardeamiento, para mejorar el gel de aloe vera y para estabilizar, se ajustó el pH del gel de aloe. entre 3.5 y 4.5 agregando ácido cítrico para mejorar</p>
Desaireación	<p>El objetivo del paso de ácido ascórbico es evitar la oxidación eventualmente. Este compuesto, mejora la vida útil del gel de Aloe Vera.</p>
Pasteurización	<p>Al igual que el proceso de otros vegetales, este paso puede afectar el aspecto y contenido de la actividad biológica del producto de gel de aloe. HTST El tratamiento (a 85-95 ° C durante 1-2 min) es un tratamiento eficaz. Método para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica del gel de aloe vera.</p>

Proceso a realizar	Descripción del proceso
Enfriamiento	Después de la pasteurización, el gel es enfriado a - 10 ° C o menos en 5 -10 minutos. Esto es un paso crucial para preservar la actividad biológica del gel de Aloe Vera.
Adición de conservantes	La agregación de conservantes naturales favorecerá a la prolongación de la vida útil del gel.
Gelificación	Se realiza la gelificación de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), mediante agentes gelificantes naturales, para que tenga una mejor textura a gel.
Almacenamiento	La humedad relativa y la temperatura son dos parámetros ambientales más importantes que afectan calidad del producto. Esos dos parámetros también pueden afectar la cantidad de las sustancias volátiles del gel absorbido por el material de embalaje y, en consecuencia, afectan la vida útil del producto.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Ramachandra, 2018)

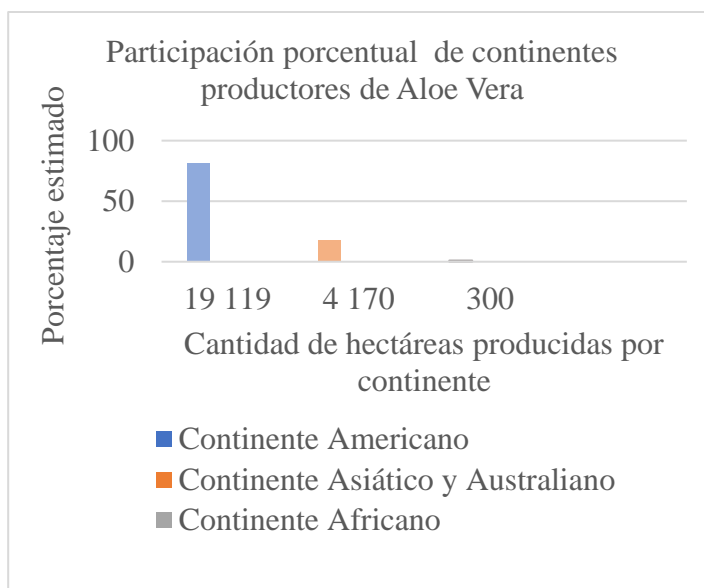
1.1.2.5 Materias Primas

Según los datos observados en la página oficial del IASC (International Aloe Science Council) se observa que Latinoamérica es la zona con mayor siembra de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), lo cual indica que es un potencial cultivador de esta materia prima, susceptible de generar una infinidad de diversos derivados de esta planta.

Se estima como área total sembrada de Aloe vera a nivel mundial para el año 2004 alrededor de 23 589 hectáreas, de las cuales el 81% pertenecen al continente Americano, el 18% conciernen al continente Asiático y al país australiano, por último el continente africano representa el 1% de los cultivos, lo cual es bastante paradójico ya que esta planta tiene su origen en dicho continente, haciendo que sé que se desarrolle

mejor gracias a sus condiciones climáticas, suelo y demás factores productivos. (Duarte Patiño, 2016)

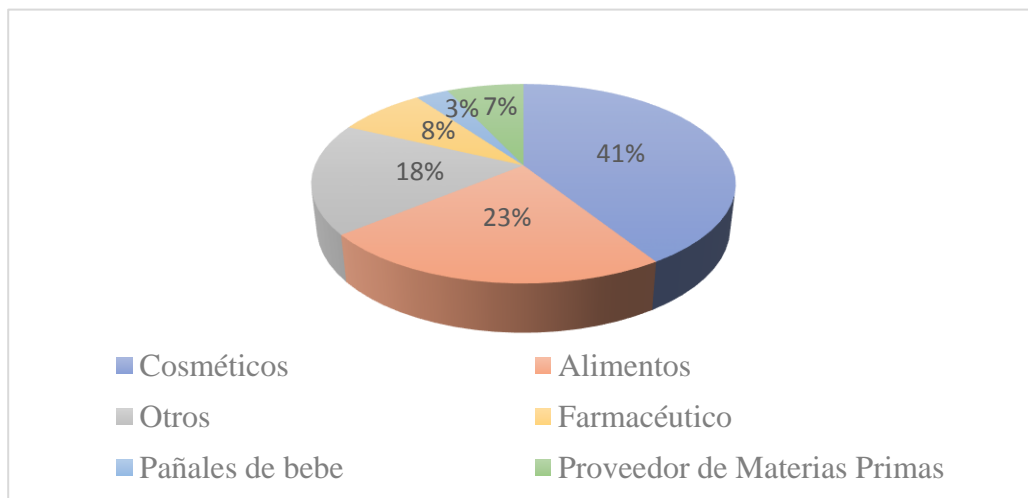
Fig 1-1 Participación porcentual de continentes productores de Aloe Vera



Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se ha convertido en un producto muy importante para las industrias internacionales de diferentes rubros, se representa algunas de las empresas demandantes de Aloe Vera para utilizarlo como base en sus formulaciones, además de un resumen algunos productos de gran uso en las diferentes industrias.

Fig 1-2 Usos del Aloe Vera según la industria



Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

Cuadro I-7 Productos obtenidos a partir del Aloe Vera

	Sub – productos	Usos Industriales
Gel	Gel puro (1:1)	Cosméticos
	Gel concentrado (10:1, 20:1, 100:1)	Alimentos
	Polvo Gel Seco (Spray Dried Powder Aloe Vera Gel 200:1)	Medicamentos
Acíbar	Aloína líquida: concentrada y sin concentrar (Spray Dried Powder Aloe Vera Aloine 200:1)	Medicamentos
	Polvo de Aloína	
	Resina	
	Pasta de Acíbar	

Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

1.1.3 Problema de desarrollo

Demanda insatisfecha ocasionada por la escasez de productos de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) para uso tópico en Bolivia.

Causas directas:

- Falta de producción de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) para uso tópico.

- Carencia de interés en la investigación y desarrollo de plantas de producción de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) en Bolivia.
- La materia prima para la elaboración de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) para uso tópico, en la actualidad es destinado para otros usos (alimenticios, farmacéuticos, otros).

1.1.4 Planteamiento Técnico propuesto

Elaborar un gel natural a partir de Aloe Vera en el departamento de Tarija que satisfaga la demanda que se tiene en el mercado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Elaborar (a escala laboratorio) gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima: (*Composición; Propiedades fisicoquímicas, propiedades reológicas, etc...*) para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.
- Seleccionar el método (proceso) para la elaboración de gel natural a partir de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.
- Formular y ejecutar la fase experimental para el proceso de la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.
- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas para establecer el tipo y calidad del producto obtenido: gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.
- Determinar el rendimiento del proceso de obtención de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.

- Presentar y criticar los resultados de la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Económica

Este proyecto que se llevara a cabo, tiene como propósito principal generar bases para el desarrollo de emprendimientos y satisfacer la demanda del país.

Además, el mismo, servirá para incentivar el cultivo masivo de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*), la cual va a favorecer al desarrollo socio – económico del sector agricultor.

También podemos resaltar la disminución de importaciones de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), de uso tópico, ya que, con la presente investigación, se puede desarrollar un proyecto el cual pretenda mitigar las importaciones e inclusive reducir el costo y mejorar la calidad del producto y poder exportarlo al exterior.

1.3.2 Justificación Tecnológica

La tecnología requerida para el presente proyecto, no necesita de equipamiento complejo, de difícil manejo y/o acceso, ya que, con las diferentes metodologías para la obtención del producto a realizar, consultado en bibliografías, se pudo observar que se puede llevar a cabo en un laboratorio de forma experimental, con los equipos que básicamente tienen los laboratorios ubicados en la Universidad Autónoma, “Juan Misael Saracho”.

El presente trabajo de investigación, tendrá un aporte tecnológico universitario, el cual permitirá mediante un proceso de elaboración y un diseño experimental determinar nuevos parámetros óptimos para llevar a cabo la producción del gel.

1.3.3 Justificación Social

Principalmente, se va a satisfacer la demanda actual que existe por parte de los consumidores, ya que estos, a medida que pasa el tiempo incrementan su preocupación por mantener una buena salud y alimentación adecuada, por ende ha vuelto su mirada a lo alternativo la “naturaleza”, la cual proporciona grandes beneficios, pese a que se intentó remplazarla por productos más procesados y químicamente tratados, la demanda internacional de productos naturales, especialmente obtenidos a partir de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) ha aumentado de manera constante, teniendo gran demanda a nivel mundial especialmente en países europeos, Canadá y Japón, según los datos brindados por IASC y la base de datos Trademap.

El sector que también se ve favorecido es el agricultor, ya que se fomenta al cultivo masivo de este tipo de plantas, incrementando así su desarrollo productivo e ingresos económicos que esto pueden llegar a tener.

1.3.4 Justificación Ambiental

El proceso que se utiliza, para la obtención de este producto, es en su gran parte natural, lo cual no genera ningún tipo de contaminación al medio ambiente y los desechos resultantes de la materia prima, se los puede aprovechar para la producción de abono natural.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GEL

2.1.1 Definición de Gel

Es un sistema coloidal donde la fase continua es sólida y la discontinua es líquida. Los geles presentan una densidad similar a los líquidos; sin embargo, su estructura se asemeja más a la de un sólido. (Química.es, 1997)

2.1.2 Características de un Gel

Las características principales que posee un gel son:

- Consistencia semisólida o fluida.
- Su aspecto puede ser transparente o turbio.
- Presentan estructura de tipo continua.
- El pH se encuentra entre 4.5 y 8.5.

(Saltos, 2016)

2.1.3 Mecanismos de formación de un Gel

Los geles cosméticos se pueden agrupar de la siguiente forma:

- Polímeros que dan lugar a un gel dependiente del pH del medio.
- Polímeros que dan lugar a un gel independiente del pH del medio.

Los primeros dan lugar a soluciones ácidas que, al neutralizarlas con las bases adecuadas, aumentan la viscosidad y disminuyen la turbidez del medio. El mecanismo por el cual se forma el gel es el siguiente: a bajos valores de pH se disocia una pequeña cantidad de grupos carboxilos del polímero, formando un espiral flexible. La adición de una base produce la disociación de grupos carboxilos, ionizándose, creando repulsión electrostática entre las regiones cargadas, expandiéndose la molécula, haciendo más rígido el sistema, gelificándolo. Se pasa de una estructura espiralada a una desarrollada o extendida. (Saltos, 2016)

2.1.4 Clasificación

Los geles se clasifican normalmente en:

- Orgánicos o inorgánicos en la naturaleza.
- Acuoso (hidrogeles) u orgánicos (organogeles), según si el componente acuoso es agua o algún solvente orgánico.
- Coloidales o de grano grueso, según el tamaño de las partículas.
- Geles rígidos, elásticos o tixotrópicos, según sus propiedades mecánicas

En función del dispersante, se dispone de diferentes tipos de gel:

- Hidrogeles (líquido = agua)
- Geles alcohólicos (líquido = alcohol)
- Lipogeles (líquido = aceites, grasas líquidas, por ejemplo, parafina)
- Geles surfactantes (líquido = mezcla agua/surfactante).

(Química.es, 1997)

2.2 GEL DE PENCA DE SÁBILA (*ALOE VERA*)

2.2.1 Definición de Gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

El gel de Aloe Vera es la gelatina obtenida del tejido interior de las hojas. En su estado natural, el gel está protegido en el interior de las hojas por una envoltura exterior, pero una vez que la hoja es cortada, el gel se expone al aire, lo que ocasiona su rápida oxidación y descomposición. (Domínguez, 2012)

2.2.2 Estudios microestructurales en el Gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

La microestructura del gel de Aloe vera ha sido objeto de diversos estudios con la finalidad de conocer su estructura celular y asociarla a los compuestos químicos que contiene, se examinó la microestructura de la pulpa mediante el uso de microscopía de luz y microscopía electrónica, además se aislaron componentes estructurales y

determinaron la composición de carbohidratos. Se describió que el gel está constituido por grandes células mesofílicas, con una forma hexagonal o alargada, estas células llegaron a tener un diámetro de más de 1000 μm y aparentemente no hay diferencia notoria entre el corte longitudinal y el corte transversal. En el estudio de microscopía electrónica de transmisión de las células del parénquima, lograron identificar la pared, membrana celular y algunos organelos celulares, núcleos, cloroplastos y mitocondrias, esto solo se observó en el exocarpio y haces vasculares. Los autores de este estudio mencionaron que la principal función de las células del mesófilo en la pulpa es el almacenamiento de agua (Domínguez, 2012). Estos resultados coinciden con observaciones realizadas por los autores del presente trabajo mediante microscopía de luz (ML), microscopía confocal de barrido laser (MCBL) y microscopía electrónica de barrido ambiental (MEBA).

2.3 HISTORIA DEL USO TERAPÉUTICO DEL GEL DE PENCA DE SÁBILA (*ALOE VERA*), PARA USO TÓPICO

En las culturas antepasadas hindúes, egipcias o mayas se hacía uso de la planta en ceremonias y rituales. Incluso la consideraban “sagrada” por su poder curativo que se empleaba para sanar heridas producidas por animales como insectos o serpientes. Así mismo, Hipócrates, “el padre de la medicina”, relata propiedades beneficiosas de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) en la curación de heridas, colitis, úlceras y tumoraciones. Incluso Alejandro Magno, tras el consejo de Aristóteles, explota la isla de Socotra y su riqueza en Penca de Sábila (*Aloe Vera*) para curar las heridas de los soldados. Las poblaciones del Sáhara y la península Arábiga eran conocedores de su vitalidad terapéutica, por lo que gracias al médico y filósofo Avicena se difunde su cultivo en la zona. En la época de las Cruzadas, los cristianos europeos son conscientes de su propiedad cicatrizante. Unos siglos después, Cristóbal Colón, en su fascinante expedición, hizo uso de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) (a la que denominó “doctor en maceta”) para sobrevivir al escorbuto y sus consecuencias, así como otros males que sufrieron. Pero después de un tiempo en el que se perdió su popularidad, durante la Segunda Guerra Mundial se redescubrió. Se impulsó, por ello, su desarrollo por

industrias farmacológicas modernas. Muestra de ello podría ser su uso en la sanación de muchas quemaduras y úlceras espeluznantes tras las bombas nucleares de Hiroshima y Nagasaki. Desde entonces, pero más concretamente a partir de los años 80, ha sido motivo de investigación por grupos científicos, universidades y laboratorios internacionales, que han redescubierto las propiedades que se intuían, además de otras nuevas. Es por ello, que movidos por la popularidad y demanda que suscitan los productos fabricados en base al aloe, se hayan incrementado las industrias que llevan al mercado geles, lociones, bebidas y medicamentos (cápsulas y pomadas) fabricados a partir de esta “milagrosa” planta. (Zafra, 2016)

2.3.1 Mecanismos de acción y propiedades del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico

Las propiedades atribuidas al gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) se relacionan con su composición química tan variada y rica. Pero más allá de atribuir cada propiedad a un determinado componente del gel, se ha tomado como válido un mecanismo de acción en la curación de heridas de tipo multifactorial. Es decir, los diferentes elementos de la sábila se influyen simultáneamente. El resultado es una producción de una amplia gama de aplicaciones terapéuticas a la que se puede destinar: heridas variadas, quemaduras, úlceras, heridas quirúrgicas, hemorroides, picaduras o eczemas, entre otras. Pero además de su composición química, su uso para afecciones cutáneas viene apoyado por unas características relevantes del producto extraído de la planta. El gel posee una consistencia viscosa que facilita su aplicación. Así mismo, se enmarca como un producto astringente, que mantiene la piel limpia y fresca. La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) es una sustancia ácida (pH de 4,5 aprox.), particularidad que le permite luchar contra microorganismos, ya que la mayoría no crecen en un medio de estas características. El ser el 99% agua le confiere una serie de beneficios en la sanación de heridas. Por una parte, le permite tener una fácil penetración y absorción por la totalidad de las capas que forman la piel. (Zafra, 2016)

2.3.1.1 Propiedad cicatrizante

La reparación del tejido dañado y el crecimiento de uno nuevo, se explica en la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) a partir de unas moléculas (principalmente polisacáridos) que actúan como factores de crecimiento celular. Éstos tienen tres grandes finalidades en la herida: inhibir el dolor y la inflamación, estimular a los fibroblastos para crear sustancias vitales para el nuevo tejido de granulación (colágeno y proteoglicanos) y desencadenar por ello un incremento en la resistencia a la tracción de la propia herida.

El poder de estimulación de los fibroblastos se relaciona a dos polisacáridos: por una parte, al glucomanano y por otra al acemanano (poseedores de manosa-6-fosfato). Éstos interactúan con los receptores de los factores de crecimiento de los fibroblastos. El mecanismo de unión exacto se desconoce, pero una teoría de la unión es que la manosa-6-fosfato, situada al final de las cadenas de polisacáridos, se une al mismo receptor que la IGF (Factor de crecimiento insulínico).

Esta propiedad se ha producido tanto al ser aplicado el gel tópicamente, como su administración oral en forma de jugo o cápsulas. Por lo que como se ve, la actividad cicatrizante favorece directamente a las fases 2 y 3 de la cicatrización (fase inflamatoria y proliferativa), que da como resultado una reducción global del tiempo de reepitelización. (Zafra, 2016)

2.3.1.2 Propiedad antiinflamatoria

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) se presenta como un potente inhibidor de la inflamación. Para ello se han descubierto innumerables mecanismos que se activan conjuntamente. La bradiquinasa bloquea a la bradicinina, hormona que regula la sintomatología definida. En el mismo sentido, los compuestos fenólicos del aloe interfieren en los movimientos celulares de la fase inflamatoria como es el caso de la histamina, leucotrienos o eicosanoides. Se ha revelado que las cromonas y el ácido salicílico (subproducto de antraquinonas) son capaces de inhibir la vía de la ciclooxigenasa (enzima imprescindible en la síntesis de prostaglandinas y

tromboxanos). De forma añadida se ha conseguido demostrar actividad antiinflamatoria de otros elementos de la planta como el lactato de magnesio, que reduce la síntesis de histamina; así como los esteroides, que oprimen la migración e infiltración leucocitaria. (Zafra, 2016)

2.3.1.3 Propiedad analgésica

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) se ha mostrado capaz de limitar esta sensación. Los componentes con tal poder penetran hasta la parte más profunda de la epidermis, la capa basal; consiguiendo con ello inhibir, bloquear e interrumpir las vías de propagación de los impulsos nerviosos provocadores del dolor. El mecanismo se basa en una bajada en la concentración de tromboxanos, potentes estimuladores del dolor y la vasoconstricción durante el cierre de heridas y hemorragia. La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) posee para ello analgésicos naturales directos: isobarbaloina, ácido cinámico y ácido salicílico; pero además contiene esteroides vegetales (como el colesterol, campesterol, β -sisosterol y lupeol) y otras sustancias como la bradiquinasa, que, al tener naturaleza antiinflamatoria, actúan indirectamente como analgesia también. (Zafra, 2016)

2.3.1.4 Propiedad antioxidante

Existe un contenido alto de antioxidantes en la Penca de Sábila (*Aloe Vera*), demostrado cuando se administra de forma oral o se aplica de manera local en heridas. Estas sustancias son capaces de proteger contra el estrés oxidativo y la muerte celular desencadenante. El estrés oxidativo se define como un desequilibrio entre las moléculas oxidantes, las ERO (especies reactivas de oxígeno, que incluye radicales libres) y moléculas antioxidantes (glutatión peroxidasa, catalasa o superóxido dismutasa, entre otras), a favor de las ERO. Estos componentes son el resultado natural de procesos metabólicos en nuestro organismo, como la inflamación.

De entre todos los compuestos químicos de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se ha relacionado esta capacidad con fenoles como aloína barbaloina e isobarbaloina; además

de otros entre los que resaltamos: las vitaminas A, C y E (con actividad protectoras sobre piel, mucosas o componentes lipídicos), así como minerales como el selenio, zinc o cobre (ayudando a formar complejos hidrosolubles o participando como cofactores de enzimas). (Zafra, 2016)

2.3.1.5 Propiedad inmunomoduladora

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) de uso tópico y oral se incluyen como una alternativa o ayuda procesos de curación de heridas. En primer lugar, por su capacidad inmunomoduladora. Polisacáridos (especialmente el acemanano) y glicoproteínas actúan estimulando la proliferación celular de macrófagos y linfocitos. En este sentido el mecanismo de acción se intuye que se debe a una interacción entre dichas sustancias de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) y los componentes de la superficie de las células del sistema inmunitario. El resultado es una aglutinación de células inmunitarias, traduciéndose en una activación de la fagocitosis por los macrófagos e inducción de la formación de óxido nítrico, elemento que participa en la supresión de organismos infecciosos. (Zafra, 2016)

2.3.1.6 Propiedad antiséptica

El gel tópico de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), aplicado ha garantizado cualidades bacteriostáticas (impidiendo reproducción de bacterias), bactericidas (destruyendo microorganismos) y antifúngicas (evitando crecimiento micótico). Muchas de las antraquinonas de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) presentan una estructuración análoga a la tetraciclina, antibiótico de amplio espectro. La acción de las antraquinonas en este sentido parece que es inhibir la síntesis de proteínas bacterianas por contención del ribosoma, impidiendo así su desarrollo estructural. Así mismo, el piro catecol presente en el gel tiene un efecto tóxico sobre las bacterias y hongos. Sumando estos mecanismos y los anteriores, los estudios científicos han apoyado la inhibición y susceptibilidad del aloe sobre colonias de bacterias Gram + y Gram -, así como hongos y levaduras. Son microorganismos causantes de una inestabilidad curativa de muchas de las lesiones cutáneas, llevando a un desequilibrio en la salud global del paciente y

secundariamente a un incremento del personal, tiempo y recursos necesarios para su mejoría. Del mismo modo, el producto fitoterápico que estudiamos es un eficaz bioestimulador, que, gracias a su facilidad para penetrar por las capas de la piel, aporta una capacidad limpiadora y antiséptica sobre los tejidos y el sistema capilar. Concretamente son 6 los factores antisépticos encontrados en el gel: lupeol, ácido salicílico, nitrógeno ureico, ácido cinamónico, fenoles y azufre. Las saponinas, sustancias jabonosas, también aportan un poder limpiador sobre las heridas. (Zafra, 2016)

2.3.1.7 Propiedad hidratante, nutritiva y antienvjecimiento cutáneo

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) es un ingrediente popular en cosmética y tópicos cutáneos. Su rico contenido en agua y los mucopolisacáridos de su composición ayudan a aportar humedad a la piel, aumentando la absorción de agua y nutrientes por células epiteliales. Los azúcares de la planta sobre la piel, crean una barrera impidiendo la salida de éstos. Las ligninas, en este sentido, también ayudan en la hidratación, demostrando su capacidad para reponer el agua normal de la piel y reparar sus capas desde dentro hacia afuera. Los aminoácidos, por otra parte, llevan a cabo un efecto ablandador de las células epidérmicas. El zinc, de forma cohesiva, colabora cerrando los poros. Las consecuencias son un efecto refrescante, calmante, nutritivo y por supuesto, hidratante.

La Penca de Sábila (*Aloe Vera*) consigue estimular el colágeno y la elastina de la dermis, logrando una textura de la piel más elástica, menos arrugada y más suavizada al aglomerar células epidérmicas superficiales descamadas. Así, se consigue una minimización en los efectos degenerativos de la piel.

La Organización Mundial de la salud (OMS), apoya el uso tópico del aloe-gel en heridas menores, quemaduras de 1º y 2º grado, quemaduras leves, irritaciones de piel y abrasiones. No obstante, sus métodos de aplicación (uso externo e interno) e indicaciones se están ampliando. El apoyo por parte de algunos de su posible inocuidad, se contrarresta con investigaciones que niegan dicha afirmación. Por todo ello, aun

tratándose de un producto natural, se hace vital mayor información sobre método de extracción, procedimiento de uso y notificar que estamos ante un producto beneficioso, pero también seguro para usarlo en el ser humano. (Zafra, 2016)

2.4 HISTORIA DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DEL GEL DE PENCA DE SÁBILA (*ALOE VERA*)

El cultivo comercial de Aloe Vera para obtener el gel, inició en el año 1920 en Florida, caracterizada por ser una planta subtropical con hojas lanceoladas y cuenta con espinas en los bordes. A lo largo de la historia se ha usado terapéuticamente en el uso de la medicina popular, como heridas en la piel y otros trastornos, que se remontan desde hace miles de años; hoy en día el procesamiento del gel de sábila para uso medicinal, cosmético y como alimento funcional, se ha convertido en una gran industria en todo el mundo (Domínguez, 2012). En cuanto a la industria farmacéutica el uso comercial del gel de sábila es muy importante en cuanto a la fabricación de ungüentos tópicos, tabletas y cápsulas. En la industria cosmética, el gel de sábila ha sido empleado como material de base para la preparación de cremas, lociones, jabones, champús, cremas faciales y una amplia variedad de productos de tocador.

El uso potencial de los productos de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) con frecuencia, implica algún tipo de tratamiento, por ejemplo, calefacción, deshidratación o molienda. Desafortunadamente y debido a los procesamientos inadecuados que se llevan a cabo durante la preparación y estabilización del gel, se causan modificaciones irreversibles en componentes bioactivos como polisacáridos y compuestos antioxidantes, afectando su estructura original y promoviendo cambios importantes en las propiedades bioquímicas, haciendo que muchos de los productos contengan muy poco o casi ningún ingrediente activo (Domínguez, 2012).

Es por ello que en las últimas décadas diversos estudios se han enfocado a investigar los principales compuestos químicos activos responsables de los efectos terapéuticos reportados, de igual manera se han interesado en desarrollar un método eficaz para

mantener y preservar de manera natural dichos compuestos contenidos en el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) con la finalidad de mejorar la calidad del producto.

Cuando el gel de Aloe vera se expone al aire, este se oxida rápidamente y se descompone, perdiendo gran parte de su actividad biológica. Se han descrito diferentes técnicas de procesamiento del gel con respecto a su estabilización y esterilización, es decir, el procesamiento en frío o el tratamiento térmico. Todo el proceso consiste en lavar las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) recién cosechadas con un bactericida adecuado, seguido por el procesamiento de separar mecánicamente, una vez obtenido el gel este se trata con agua tratada y otros compuestos para decoloración y la expulsión de aloína y antraquinonas. El líquido resultante se somete a diversas etapas de filtración, esterilización y estabilización. El líquido estabilizado obtenido es entonces concentrado para reducir la cantidad de agua o alternativamente, casi toda el agua es removida para obtener un gel puro. Otras medidas de esterilización en frío son la exposición del gel a la luz ultravioleta, seguido de una microfiltración.

En la técnica de procesado con calor, el líquido de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) obtenido es esterilizado por medio de una pasteurización a alta temperatura con tiempos de exposición cortos. (Ramachandra, 2018).

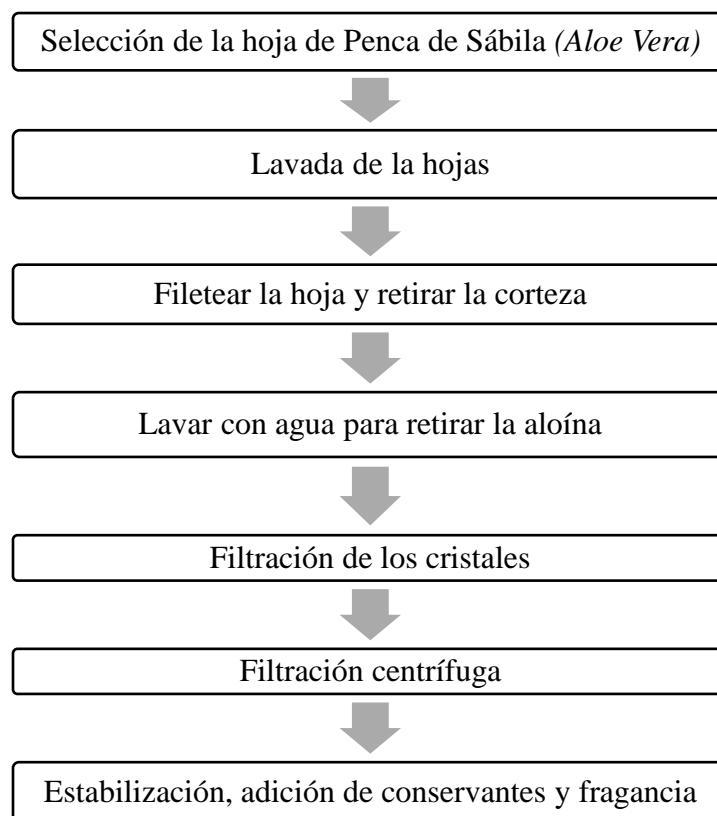
Se ha reportado que la actividad biológica del gel permanece esencialmente intacta cuando el gel es calentado a 65 °C por periodos menores a 25 minutos. Periodos extendidos o altas temperaturas han resultado en alta reducción de los niveles de actividad biológica. Sin embargo, se sugiere que el mejor método de pasteurización es el HTST (High Temperatura Short Time por sus siglas en inglés), seguido de un enfriado súbito a -5 °C o menor. En estas técnicas, la estabilización puede alcanzarse por la adición de conservadores y otros aditivos. Asimismo, se ha investigado el uso de benzoato de sodio, sorbato de potasio, ácido cítrico y vitamina E en forma sinérgica y se ha demostrado que el uso de estas sustancias en conjunto mantiene la bioactividad de la sábila de manera eficaz (Ramachandra, 2018).

2.5 MÉTODOS (PROCESOS) USADOS PARA LA ELABORACIÓN DE GEL DE PENCA DE SÁBILA (ALOE VERA)

Los métodos (procesos) que serán presentados a continuación, fueron seleccionados a partir de la previa revisión de diferentes fuentes bibliográficas, estos se escogieron de acuerdo a los equipos y materiales de laboratorio, necesarios para poder ejecutar el procedimiento.

2.5.1 Obtención de gel de Aloe Vera por filtración

Cuadro II-1 Método (proceso) 1, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Domínguez, 2012)

Este proceso, se encuentra más centralizado en la máxima eliminación de aloína de la materia prima, para que el gel no tenga la sensación de amargor, ni que presente decoloraciones por la oxidación que puede llegar a aparecer en el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

Descripción del proceso

- Selección de las hojas:

Se debe seleccionar las hojas de las plantas que se encuentren más maduras, o tengan más tiempo de vida, ya que estas contendrán un mayor porcentaje de gel que se podrá extraer

- Lavado de las hojas con agua y laurilsulfato de sodio ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OSO}_3\text{Na}$):

Una vez que se retire la hoja de la planta, dejar en reposo a la hoja en la solución, lo más rápido posible, para así reducir el tiempo de oxidación de la hoja y que este no afecte el concentrado de gel.

- Lavado de las hojas, utilizando agua y un agente bactericida como yodo (I), peróxido de hidrógeno (H_2O_2):

La siguiente solución es un desinfectante de la hoja, la cual funciona como bactericida y fungicida.

- Filetear la hoja y retirar la corteza:

Hay dos métodos básicos de fileteado:

1. Procesamiento de la hoja entera, incluyendo la cascara que contiene aloína y separación de la hoja del gel antes del procesamiento, este método conduce a un producto inaceptable acabando con un gel de baja calidad.

2. Separación cortando la parte inferior de la hoja, por lo que las hojas tienen la oportunidad de que descienda la aloína, lo que hará que se obtenga un buen producto.

- Lavar con agua para retirar la aloína:

Es importante lavar con agua tratada o destilada, ya que esta mejora el proceso de obtención de gel y hace que se retire toda la aloína del gel por completo

- Filtración de los cristales y recolección del filtrado

El gel es extruido y se lo recoge en grandes partículas, tiene una forma deforme y no tiene una consistencia muy sólida

- Filtración centrífuga

Finalmente se obtiene un líquido acuoso claro de un color ámbar, este extracto contiene aproximadamente un 95% de gel puro

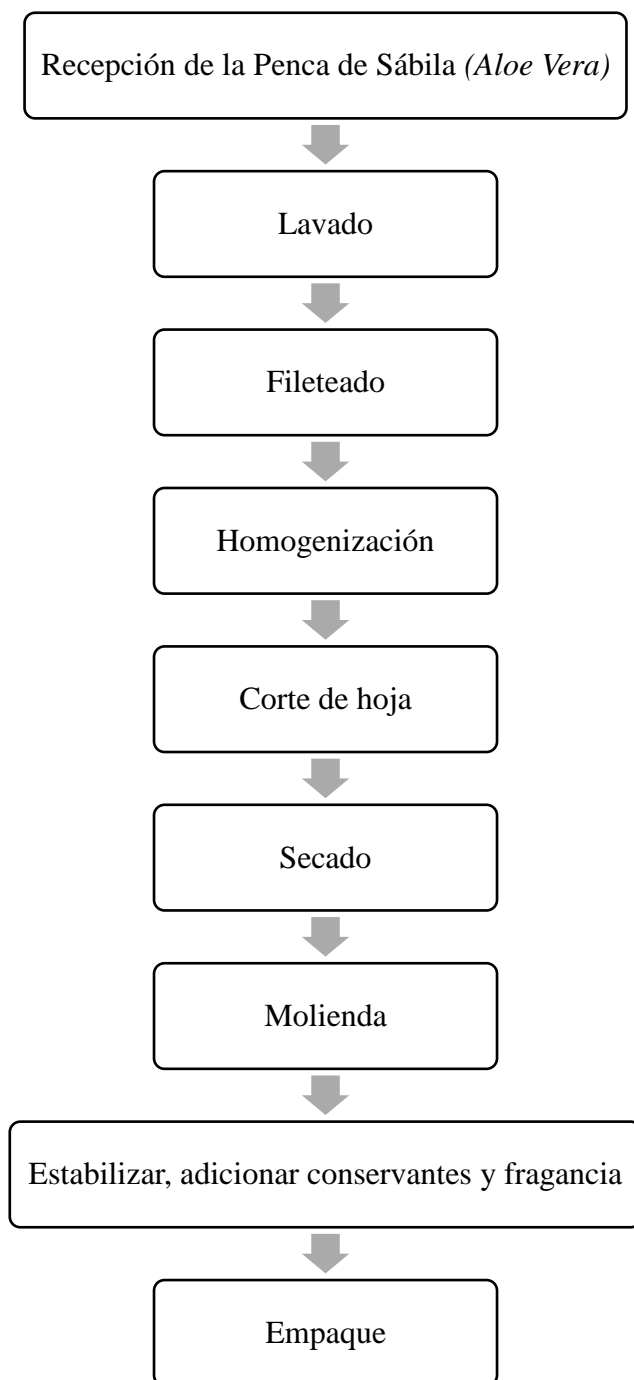
- Estabilización, adición de conservantes y fragancia

En esta parte es fundamental la temperatura para la pasteurización y estabilización del mismo, se debe tener el producto en constante agitación, en esta parte del proceso pueden ocurrir cambios en el color del gel e inclusive se le puede dar un color característico del gel de Aloe Vera, con la adición de un colorante vegetal y utilizar fragancia de Aloe Vera, para resaltar el extracto de la planta

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Ramachandra, 2018)

2.5.2 Elaboración de gel puro de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) por molienda

Cuadro II-2 Método 2, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

Este Método (proceso), tiene como finalidad, centrarse en que el producto tenga una homogeneización apreciable a simple vista y que no queden grumos que lo harían ver poco estético.

Descripción del proceso

- Recepción de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Seleccionar las hojas que se encuentren más maduras, grandes y anchas, para que así se pueda obtener un mejor concentrado de gel.

- Lavado

Recibir las hojas con agua y con soluciones bactericidas

- Fileteado

Se remueve el gel y se separa de la corteza.

- Homogenización

Homogenización por medio de un triturador, esto se hace a temperatura ambiente (25 °C), por lo que se recomienda moler por un periodo de 10 a 20 minutos, ya que entre más largo es este proceso, mayor es el oscurecimiento del gel debido al pardeamiento enzimático.

- Corte de hoja

Separación cortando la parte inferior de la hoja, por lo que las hojas tienen la oportunidad de que descienda la aloína, lo que hará que se obtenga un buen producto.

- Secado

Secado por lecho fluidizado, es un secador altamente versátil, el cual es usado para secar gránulos, cristalizar, polvo áspero o materiales similares por industrias

farmacéutica, química, alimenticia, materia colorante y demás. La materia prima es alimentada por la granuladora de lecho fluidizado, luego de avanzar continuamente mientras se está vibrando el aire caliente pasa a través del lecho fluidizado para afectar el intercambio de calor con la materia prima húmeda. Entonces, el aire húmedo es evacuado a través de un separador ciclón y plumero y la materia prima seca es descargada a través de un desembocadero de expulsión.

- Trituración

Triturador comercial de alta velocidad, esto se hace a temperatura ambiente (25 °C), por lo que se recomienda moler por un periodo de 10 a 20 minutos, ya que entre más largo es este proceso, mayor es el oscurecimiento del gel.

- Estabilizar, adicionar conservantes y fragancia

Por medio de la adición de enzimas pectolíticas para conservar los compuestos con actividad biológica, como los polisacáridos que cuentan con una mayor presencia e importancia. Esta estabilización se puede lograr con la adición de estas enzimas a 50 °C por periodos de veinte minutos.

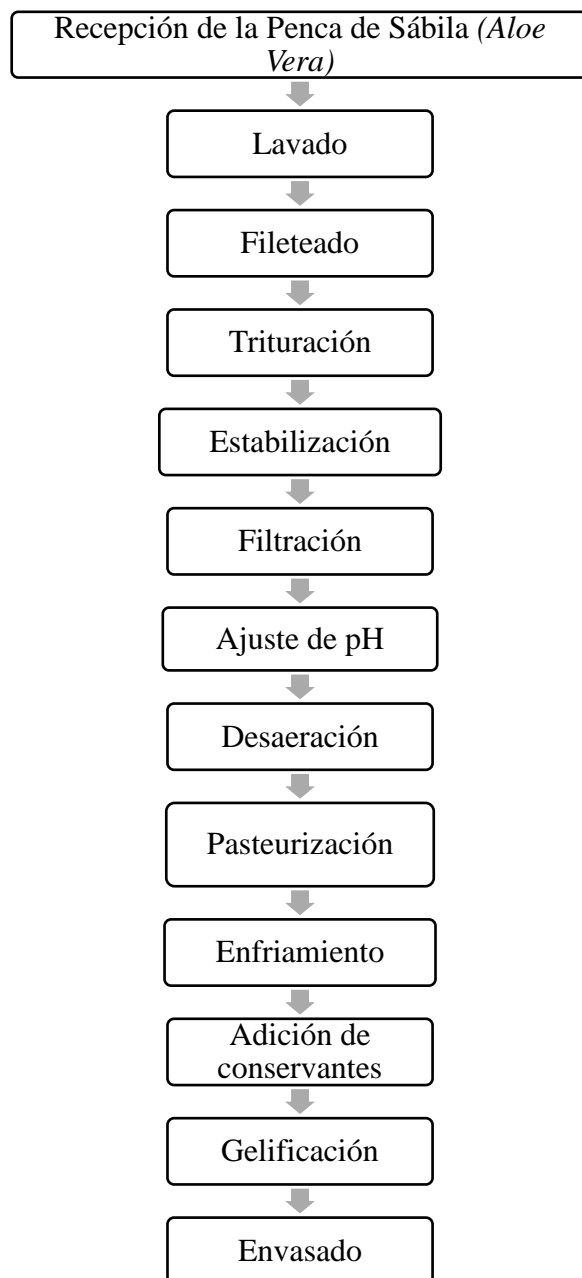
- Empaque

Embalar en un recipiente o envoltura de manera temporal principalmente para su manipulación, transporte y almacenaje. Preferentemente el recipiente que lo contenga debe ser hermético, para evitar la contaminación del producto y evitar su oxidación acelerada.

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Ramachandra, 2018)

2.5.3 Elaboración de gel líquido de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) por filtración y ajuste de pH.

Cuadro II-3 Método 3, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Duarte Patiño, 2016)

Para la obtención del Gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) actualmente se realiza de manera general, con un proceso de someter a las hojas de Aloe Vera a un tratamiento de corte y compresión simultáneos para extraer la mayor cantidad de jugo posible. Después, el extracto crudo pasa por fases de desinfección, calentamiento, estabilización y envasado. Este proceso es el más utilizado actualmente a nivel mundial, por las grandes empresas procesadoras de Aloe Vera. El proceso específico de la obtención del producto se realiza mediante los siguientes pasos:

Descripción del proceso

- Recepción de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Seleccionar las hojas que se encuentren más maduras, grandes y anchas, para que así se pueda obtener un mejor concentrado de gel.

- Lavado

Lavado de las hojas recibidas en la planta con agua y con soluciones bactericidas.

- Fileteado

Se remueve el gel y se separa de la corteza.

- Trituración

Homogenización por medio de un triturador comercial de alta velocidad, esto se hace a temperatura ambiente (25 °C), por lo que se recomienda moler por un periodo de 10 a 20 minutos, ya que entre más largo es este proceso, mayor es el oscurecimiento del gel debido al pardeamiento enzimático.

- Estabilización

Por medio de la adición de vitaminas para conservar los compuestos con actividad biológica, como los polisacáridos que cuentan con una mayor presencia e importancia.

Esta estabilización se puede lograr con la adición de estas enzimas a 50°C por periodos de veinte minutos.

- Filtración

Este proceso influye también en la estabilidad del gel y en este se logra además separar partículas del producto por medio de la sedimentación de ellas.

- Ajuste de pH

Adición de vitamina C ($C_6H_8O_6$), ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) y vitamina E ($C_{29}H_{50}O_2$) con el fin de evitar el pardeamiento y mejorar el sabor del jugo. Se realiza un ajuste del pH hasta 6.5 o 7.5 mediante la adición de ácido cítrico

- Desaireación

Se realiza en vacío para eliminar el oxígeno atrapado en forma de burbujas y evitar la oxidación del ácido ascórbico, asimismo se mejora la vida útil del gel.

- Pasteurización

Se puede realizar mediante un baño María (60 – 70 °C) evitando el mal sabor y la pérdida de actividad biológica.

- Enfriamiento

De manera súbita hasta -10 °C durante diez a quince minutos, esta etapa es fundamental para garantizar la actividad biológica del gel.

- Adición de conservantes

La agregación de conservantes naturales favorecerá a la prolongación de la vida útil del gel.

- Gelificación

Se realiza la gelificación de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), mediante agentes gelificantes naturales, para que tenga una mejor contextura a gel.

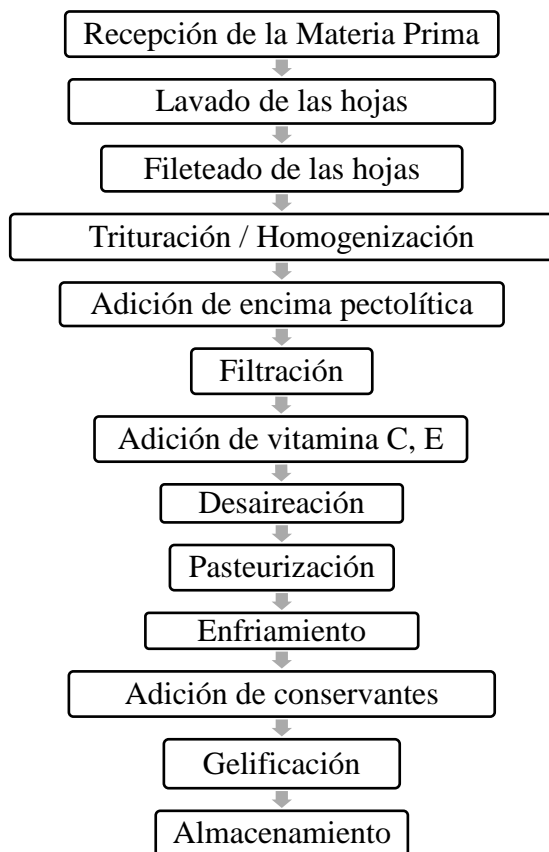
- Envasado

Embalar es un recipiente o envoltura de manera temporal principalmente para su manipulación, transporte y almacenaje

Fuente: Elaboración propia con datos tomados de sitios web, 2019. (Ramachandra, 2018)

2.5.4 Elaboración de gel estabilizado de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) por molienda, filtración y homogenización.

Cuadro II-4 Método 4, diagrama de bloques para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)



Fuente: (Ramachandra, 2018)

Descripción del proceso

- Recepción de la Materia Prima

Un factor importante que debe ser considerado es el manejo / tratamiento de las hojas después de su recolección. Debido a que la descomposición de la matriz de gel se produce en el corte debido a reacciones enzimáticas naturales y la actividad de las bacterias que normalmente están presentes en las hojas. Este proceso degradativo

puede afectar adversamente la calidad del producto final. Por lo tanto, hay una necesidad de trabajar con cuidado para refrigerar el fresco. Retirar las hojas dentro de 4-6 horas al obtener la materia prima.

- Lavado de hojas

Es importante lavar con agua tratada o destilada, ya que esta mejora el proceso de obtención de gel, hace que se retire toda la aloína del gel por completo y elimina algunas impurezas que esta pueda tener.

- Fileteado de hojas

Para evitar la descomposición de la actividad biológica de las hojas, la operación de fileteado debe completarse dentro de las 36 horas cosechadas las hojas.

- Trituración / Homogenización

Los principales pasos en este incluyen la trituración o molienda. Los filetes de gel de Aloe Vera deben triturarse y homogeneizarse utilizando una trituradora de tejidos de alta velocidad comercial a temperatura ambiente (25 °C). Debido a la reacción enzimática. Cuanto más largo es el tiempo de trituración / molienda, el mayor índice de pardeamiento en zumo de gel de Aloe Vera.

Por lo tanto, la trituración o molienda debe acortarse dentro de 10-20 min para evitar la enzimática.

- Adición de encima pectolítica

Tratamiento enzimático de gel de aloe vera para una larga duración antes del procesamiento, ya que, es perjudicial para compuestos biológicamente activos tales como polisacárido que es el más importante constituyente del Aloe Vera.

El tratamiento enzimático a 50 ° C y dentro de 20 min no induce la pérdida de actividad biológica del polisacárido en gel de Aloe Vera

- Filtración

Esta operación influye en la estabilidad del gel de Aloe Vera, para evitar la sedimentación de partículas en el producto.

- Adición de vitamina C, E y fragancias

El gel de Aloe Vera sin pasteurizar fue fortificado con vitamina C y ácido cítrico para evitar la reacción de pardeamiento, para mejorar el gel de aloe vera y para estabilizar, se ajustó el pH del gel de Aloe Vera entre 3.5 y 4.5 agregando ácido cítrico para mejorar

- Desaireación

El objetivo del paso de ácido ascórbico es evitar la oxidación eventualmente. Este compuesto, mejora la vida útil del gel de Aloe Vera.

- Pasteurización

Al igual que el proceso de otros vegetales, este paso puede afectar el aspecto y contenido de la actividad biológica del producto de gel de aloe. HTST El tratamiento (a 85-95 ° C durante 1-2 min) es un tratamiento eficaz. Método para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica del gel de aloe vera.

- Enfriamiento

Después de la pasteurización, el gel es enfriado a -5 ° C o menos en 10-15 minutos. Esto es un paso crucial para preservar la actividad biológica del gel de Aloe Vera.

- Adición de conservantes

La agregación de conservantes naturales favorecerá a la prolongación de la vida útil del gel.

- Gelificación

Se realiza la gelificación de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), mediante agentes gelificantes naturales, para que tenga una mejor contextura a gel.

- Almacenamiento

La humedad relativa y la temperatura son dos parámetros ambientales más importantes que afectan calidad del producto. Esos dos parámetros también pueden afectar la cantidad de las sustancias volátiles del gel absorbido por el material de embalaje y, en consecuencia, afectan la vida útil del producto.

Fuente: (Ramachandra, 2018)

2.5.5 Variables que más influyen dentro del proceso de elaboración de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) y su interacción

La etapa del proceso más relevante en la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) es la pasteurización y estabilización del gel, la cual ayuda a disminuir toda la flora de microorganismos saprofitos y la totalidad de los agentes microbianos patógenos, pero alterando en lo mínimo posible la estructura física, química y las sustancias con actividad biológica tales como enzimas y vitaminas.

La temperatura y tiempo son variables que se combinan y aplican en la pasteurización, cuyo objetivo es asegurar la destrucción de los agentes patógenos tales como *Mycobacterium*, *Escherichia Coli*, *Salmonella spp*, *Staphylococcus aureus* etc. Estas variables operan de tal manera que estabilizan el producto y persigue la reducción de la población de microorganismos presentes en éstos de forma que se prolongue el tiempo de vida útil del mismo.

La pasteurización consigue disminuir la población de microorganismos mediante la elevación de la temperatura durante un tiempo determinado, lo que implica la aplicación de calor, es un tratamiento térmico suave, en contraposición con la

esterilización, que es un tratamiento muy intenso. Este proceso emplea temperaturas y tiempos de contacto relativamente bajos, consiguiendo una prolongación moderada de la vida útil a cambio de una buena conservación del valor nutritivo y de las cualidades organolépticas del producto.

En cuanto a la variable pH, afecta al proceso de manera significativa ya que, no todos los productos responden igual al tratamiento. Esta variable puede afectar, de manera positiva o negativa, a la eficacia del proceso debido que la acidez del producto, determina la supervivencia del patógeno. En la pasteurización conviene trabajar con pH bajos, por debajo de un pH de 5,5 las bacterias no pueden crecer, de ahí que el tratamiento puede ser más suave y las características organolépticas no se ven tan afectadas. En productos con un pH más elevado es necesario un tratamiento con una temperatura también más alta, como es el caso de la leche, las verduras, la carne o el pescado.

2.6 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*ALOE VERA*), PARA USO TÓPICO

Procedimiento del trabajo analítico:

La finalidad de controlar el producto terminado, es el de buscar si la forma farmacéutica tiene la calidad que se establecen, para que este producto pueda cumplir con este objetivo, con el fin de conocer si se fabricó de manera eficaz y segura. Se han desarrollado los siguientes parámetros para poder realizar un análisis y una característica de este producto:

2.6.1 Pruebas Organolépticas

- Determinación del olor del gel:

A través de una «tira de papel secante», se mete una parte dentro de la muestra del ensayo, y se determinó el tipo de olor que tenía el producto final.

- Determinación del color del gel:

Dentro de un tubo de ensayo, seco y limpio, se lo llenó con la muestra hasta alcanzar las tres cuartas partes, con esto se pudo determinar el color, el tipo de transparencia, la separación de las sepas y el desarrollo de partículas del producto final.

- Determinación de la presencia de grumos del gel:

Se coge una cantidad mínima de gel entre los dedos, y se aplica sobre la parte dorsal de mano, y así se puede determinar si había o no grumos.

- Determinación de untuosidad al tacto del gel:

Se tomó cantidad mínima de gel en los dedos, se aplicó en la parte dorsal de las manos, y se determinó si existía grasa en el gel, a través de esto se determinó si este es hidrofílico o también lipofílico.

- Determinación de la extensibilidad de un gel:

Se debe pesar de 0.2 hasta 0.02 g de la muestra y a los 25 °C, se procede a presionar sobre dos superficies, las cuales estaban hechas de vidrio, sobre estas se adiciona un peso de hasta cien gramos por minuto. El área que lo ocasiona es la variable de respuesta.

2.6.2 Análisis Físicoquímicos

- Determinación del contenido de humedad:

Se pesa 2.0 g de la muestra con desviación permisible de 0.5 mg y se transfiriere a una cápsula de porcelana previamente tarada y deseca a 105°C hasta masa constante; seguidamente se deseca a 105°C durante 3 horas. La cápsula se coloca en la desecadora donde se deja enfriar a temperatura ambiente y se pesa, luego se coloca nuevamente en la estufa durante 1 hora, volviéndose a pesar, hasta obtener una masa constante. El resultado se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\% H = \frac{M_2 - M_1}{M_2 - M} * 100$$

Donde:

% H = pérdida de peso por desecación

M₂ = masa de la capsula con la muestra de ensayos (g)

M₁ = masa de la capsula con la muestra de ensayo desecada (g)

M = masa de la capsula vacía

100 = factor matemático

- Determinación del pH:

La determinación se realizará con un potenciómetro que debe estar estandarizado para compensar diferencias de potencial de un sistema de electrodos, por inmersión en un buffer conocido, lo más cercano al pH de la muestra, ajustando el medidor para indicar este valor específico (Buffer pH 4, 7 o 10) y luego en la solución de la muestra. En la determinación de pH, la temperatura del buffer, de la muestra y del potenciómetro deben ser las mismas. Procedimiento: Se utilizará un equipo portátil. Se ajusta el equipo, con la solución que es reguladora del pH, la cual es de acuerdo al rango donde se determinará el valor del pH. Se mete entre los detectores el pH-metro dentro de la muestra, para poder realizar la lectura.

- Determinación de Sólidos Totales:

Se determina el tipo de variación de la masa ya sea por eliminación o por la pérdida de las sustancias volátiles, debido al calor, a través de una etapa de evaporización dentro de la estufa hasta que su peso sea constante. Se deberá ir incrementando la porción del ensayo, cuando se eleve la temperatura para poder carbonizarlo, luego se inserta dentro de un horno mulla a una temperatura de hasta setecientos cincuenta gramos centígrados

en un lapso de dos horas. En una desecadora se enfría el crisol, para luego pesarlo, este proceso se repite hasta que dos pasadas no tengan un cambio de 0.5 mg por g (masa constante). La fórmula para los resultados es:

$$St = \frac{Pr - P}{V} * 100$$

Donde:

Pr = masa de la capsula más el residuo (g).

P = masa de la capsula vacía (g)

V = volumen de la porción de ensayo.

2.6.3 Análisis Microbiológico

- Coliformes fecales, Aerobios totales (Placa Petrifilm):
 - Se toman tres tubos de ensayo y se coloca a cada tubo 9 ml de agua destilada.
 - Se adiciono al tubo número (1) 1 ml de muestra previamente homogenizada y se agita.
 - Del tubo (1) se toma 1 ml de esta solución y se colocó en el tubo número (2), y se agita.
 - Del tubo (2) se toma 1 ml de esta solución y se coloca en el tubo número (3), y se agita.
 - Se toma 1mL del tubo (3), se levanta la película plástica de la placa Petrifilm y se coloca en el círculo de esta solución, se baja lentamente la película plástica cuidando de no formar burbujas.
 - Se coloca la placa Petrifilm en la incubadora por 24 horas.
 - Se contabiliza los Coliformes fecales.
- Mohos y Levaduras (Placa Petrifilm):
 - Se toma un tubo de ensayo y se coloca 9 ml de agua destilada.

- Se adiciona al tubo 1 ml de muestra previamente homogenizada y se agita fuertemente.
- Se toma 1 ml de este tubo, y se levanta la película plástica de la placa Petrifilm y se coloca en el círculo esta solución, se baja lentamente la película plástica de la placa Petrifilm cuidando de no formar burbujas.
- Se contabiliza el crecimiento de mohos y se observa los resultados.

2.6.4 Procesamiento y análisis de datos

La metodología para el procesamiento de datos está basada en un diseño de comparación simple, este método permite averiguar el valor de una muestra y compararlo con un valor nominal. Se elaboró de un plan de tabulación que permitió un adecuado procesamiento de la información plasmada en tablas, que facilitan el análisis y extracción de los resultados obtenidos, lo que permitió el levantamiento de una propuesta o recomendaciones ante la problemática en la presente investigación.

(Saltos, 2016).

2.7 NORMAS DE CALIDAD DEL GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*ALOE VERA*), PARA USO TÓPICO

Según la IASC (International Aloe Science Council) y OMS (Organización Mundial de la Salud), respecto al control de calidad, el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), debe cumplir los siguientes requerimientos (ver Anexos 1,2,3):

Tabla II-1 Requerimientos fisicoquímicos y biológicos para el control de calidad del gel de Penca de Sábila (Aloe Vera), para uso tópico

PARÁMETROS	VALOR
Apariencia	Líquido transparente incoloro
Olor	Característico
Sabor	Ligeramente amargo
Densidad	1.009 – 1.013 (20°C). 0.99 – 1.02 (25°C)
Índice de Refracción	1.3320 – 1.3380
Residuo seco	(0.75 – 1.50) %
Sólidos totales	(0.85-1.55) %
Humedad	98.50 %
pH	3.5 - 6.5
% M. O	0.2633
% Nitrógeno	0.013
Índice de acidez	Máx. 3.0 (mg KOH/g muestra)
Sodio	4368.1 mg/l
Potasio	8406.5 mg/l
Calcio	233- 523 mg/l
Fosforo inorgánico	140 mg/l
Magnesio	32 - 47 mg/l
Plomo	Máx. 10 mg/Kg
Cadmio	Máx. 0.3 mg/Kg
Aerobios totales	Máx. 100 UFC/ml
Hongos y levaduras	Máx. 10 UFC/ml
Enterobacterias	Máx. 10 UFC/ml
Salmonella spp	Ausente
Staphylococcuspp	Ausente
Patógenos	Ausentes en 1g

Fuente: (Saltos, 2016)

2.8 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial es un tipo de valoración instrumental de eficacia, un método que tiene como objetivo de medición que intentan medir el cambio de unas propiedades cutáneas y la recuperación de los valores de equilibrio fisiológico de la piel. En la relación diaria con los objetos que están alrededor nuestro, el aspecto sensorial es siempre dominante en el hombre. Los cinco sentidos están continuamente alertas durante la vida, para controlar objetos, personas, situaciones y modificar un comportamiento; más o menos conscientemente, hacemos continuos análisis sensoriales. Los resultados determinan nuestras elecciones, la vida social, nuestras compras. (Rigano, s.f.)

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos cosméticos, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos. El análisis sensorial es aplicable en muchos sectores, tales como desarrollo y mejoramiento de productos, control de calidad, estudios sobre almacenamiento y desarrollo de procesos. (Rigano, s.f.)

Las pruebas sensoriales empleadas en la industria de cosmética, se dividen en dos grupos las Pruebas Analíticas y Pruebas Afectivas. Cualquiera que sea la prueba que se va a emplear, es necesario que los jueces entiendan la necesidad de efectuar la misma de la manera más objetiva posible, demuestren su capacidad para seguir las instrucciones y la ejecuten de la manera correcta. (Espinosa, 2017)

2.8.1 Pruebas Analíticas

Se realizan en condiciones controladas de laboratorio y son realizadas con jueces que han sido seleccionados y entrenados previamente (jueces analíticos). Las mismas se subdividen en pruebas discriminatorias, escalares y descriptivas.

Las pruebas discriminatorias permiten comparar dos o más productos, e incluso estimar el tamaño de la diferencia. De manera general son sencillas y de gran utilidad práctica. Las pruebas escalares son aquellas en las cuales se mide de manera cuantitativa la intensidad de una propiedad sensorial con la ayuda de una escala. Debido a que las mismas se emplean como herramientas de trabajo en otros métodos sensoriales, algunos autores y especialistas en la temática no la tienen en cuenta dentro de la clasificación de los métodos de evaluación sensorial. Las pruebas descriptivas son de manera general más complejas, mediante las mismas los jueces establecen los descriptores que definen las diferentes características sensoriales de un producto y utilizan dichos descriptores para cuantificar las diferencias existentes entre varios productos. (Espinosa, 2017)

2.8.2 Pruebas Efectivas

Se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados “jueces afectivos”. Los mismos en la mayoría de los casos se escogen atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta situaciones económicas, demográficas, entre otros aspectos.

Las pruebas afectivas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, de ahí que puedan llevarse a cabo en supermercados, escuelas, plazas, etc. Los resultados que de las mismas se obtienen siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles.

El cuestionario a emplear es otro elemento que debe ser analizado con rigor, para evitar que este introduzca errores en los resultados obtenidos. El mismo no debe ser muy extenso para evitar fatiga en los jueces o rechazo a realizar la prueba, además debe ser fácil de responder, redactarse de manera clara con preguntas de fácil comprensión y con impresión legible. (Espinosa, 2017)

CAPÍTULO III
PARTE EXPERIMENTAL

3.1 INTRODUCCIÓN

La parte experimental del presente trabajo “Elaboración de Gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico”, se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”, ubicado en la zona El Tejar

3.2 SELECCIÓN DEL PROCESO TECNOLÓGICO UTILIZADO

Para la selección de la alternativa más apta para el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se optó por realizar una matriz de la selección de alternativas tecnológicas, tomando en cuenta los diferentes procesos analizados mencionados en otros puntos del trabajo de investigación, esta selección de alternativas se verá reflejada a continuación, mostrando así la forma que se llevó a cabo esta selección

3.2.1 Factores a evaluar para la selección de tecnología para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, para uso tópico

Tabla III-1 Valores de Ponderación

Factor Evaluado	Comentarios	Ponderación
Aplicabilidad del proceso	Por las características del proyecto de investigación, el proceso seleccionado debe obtener la mayor cantidad de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>). Dentro de las alternativas hay diferencias significativas, se le asigno una ponderación de 10 ya que las diferencias entre cada alternativa, son cruciales para el proyecto.	10

Factor Evaluado	Comentarios	Ponderación
Disposición de residuos	En este aspecto, se debe tomar en cuenta que los tipos de residuos que vaya a desechar cada alternativa, ya que algunos reactivos a utilizar en las alternativas pueden generar desechos dañinos para la salud y el medio ambiente, sin embargo, los tipos de residuos generados en cada alternativa son similares, por lo tanto, este aspecto se le dará un valor de 5.	5
Generación de subproductos con valor económico o de reuso	Por el tipo de trabajo que se está realizando en esta ocasión, los subproductos a obtener con cualquiera de las alternativas no tienen una importancia significativa, si bien el subproducto a obtener es la aloína, la cual se la puede procesar para la obtención de un laxante, no es prioridad, por la cual se le dio un valor de 5 en este aspecto, ya que, es indiferente la cantidad que se vaya a obtener de este subproducto en cada alternativa.	5
Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos de insumos (reactivos). Este punto puede ser uno de los más relevantes a considerar, ya que, algunos de los reactivos pueden ser importados, el costo sea elevado para su compra, sean muy nocivos para la salud, etc. Por tal motivo, se consideró dar una relevancia importante, favoreciendo a la alternativa que requiera la mínima cantidad de reactivos. 	35

Factor Evaluado	Comentarios	Ponderación
	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión en equipos y materiales de laboratorio. Aunque se cuenta con la mayoría de los equipos, algunas requieren más equipos y materiales que otros, por eso es importante que se debe considerar a aquella alternativa que eficaz y eficiente con la menor cantidad de equipos y materiales de laboratorio. • Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc.). Este aspecto debe considerar todos los gastos en el proceso de elaboración en cuanto al uso de servicios básicos, ya que en algunas alternativas se usa más servicios que en otros, se debe considerar la alternativa que requiera la menor cantidad de servicios. 	
Capacidad técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología). Este aspecto es importante para la selección de tecnología, ya que se debe verificar que los equipos de cada alternativa, estén en funcionamiento y a la disponibilidad del estudiante en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la UAJMS • Historial de rendimiento. Se debe considerar el rendimiento de producción que brindara cada alternativa, ya que este 	15

Factor Evaluado	Comentarios	Ponderación
	<p>aspecto hará que incremente la cantidad de producto a obtener.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología ampliamente probada. Se debe tomar en cuenta que la alternativa ya haya sido probada en otros lugares y que no se tenga problema con el manejo de la misma. 	
Operación	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidad de operación. La alternativa a seleccionar, debe poder adaptarse a las normas y estándares de calidad, o a las distintas circunstancias o situaciones que se pueda llegar a tener para la obtención del gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>). • Confiabilidad del proceso. La tecnología a seleccionar, debe alanzar los parámetros de calidad del gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) en el período de tiempo dado en el cronograma de actividades. • Complejidad de operación del proceso. Se debe tomar en cuenta que la alternativa a seleccionar, debe tener la cantidad mínima de procesos, ya que, a mayor cantidad de procesos, se tiende a tener mayor porcentaje de error y menor rendimiento en el producto final. • Tiempo de duración del proceso. Se desea que el proceso tenga el menor tiempo de duración, ya que no se cuenta con una 	25

Factor Evaluado	Comentarios	Ponderación
	<p>disponibilidad de laboratorio las 24 horas del día</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>). Se desea que la alternativa a seleccionar alcance el objetivo de caracterizar el gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) 	
Entorno Ambiental	Este factor poco significativo, ya que, el estudio que se llevará a cabo será a nivel experimental, por lo tanto, la producción de ruidos, malos olores e impactos ambientales negativos, no es tan indispensable en estos casos, es por eso que se le dio una ponderación de 5 a este factor.	5

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2.2 Calificación de las alternativas tecnológicas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Tabla III-2 Calificación de las alternativas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Factor Evaluado	Comentarios	Calificación Alternativa 1	Calificación Alternativa 2	Calificación Alternativa 3	Calificación Alternativa 4
Aplicabilidad del proceso	Las diferentes alternativas que se presentan, tienen aplicabilidad de proceso a escala experimental, sin embargo, las alternativas 3 y 4 obtiene una mejor calidad de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), según la bibliografía consultada, por lo cual estas alternativas tendrán una calificación mayor.	3	3	5	5
Disposición de residuos	La alternativa 1 genera más residuos que las otras alternativas, debido a la cantidad de lavados que se le hace a la materia prima	3	5	5	5
Generación de subproductos con valor económico o de reuso	La generación de residuos por parte de la alternativa 1 es menor por el tipo de tratamiento que se le realiza a la hoja al inicio del proceso, las demás alternativas generan proporciones similares de aloína, según bibliografía consultada	3	5	5	5
Requerimiento de insumos (reactivos)	Las alternativas 1 y 4 requieren de más insumos en comparación a las otras	3	5	5	3

Factor Evaluado	Comentarios	Calificación Alternativa 1	Calificación Alternativa 2	Calificación Alternativa 3	Calificación Alternativa 4
	alternativas, esto lleva a que se generen más costos de inversión en el proyecto				
Inversión en equipos y materiales de laboratorio	Las alternativas 1 y 2 requieren de mayor costo de inversión, ya que no se cuenta con equipos que estas opciones necesitan, como ser filtración centrífuga y secado, si bien en los procesos 3 y 4 se requiere una procesadora comercial, este equipo tiene una inversión menor que los equipos anteriormente nombrados.	1	1	3	3
Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc.)	Las alternativas 1,2 y 4 requieren de mayor uso de servicios básicos, debido a que sus procesos son más largos, lo cual hace que requieren de más agua energía eléctrica y gas	3	3	5	3
Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología)	Las alternativas 3 y 4, disponen de todos los equipos para poder llevar a cabo la ejecución de su proceso, en cambio las alternativas 1 no se cuenta con una filtración centrífuga y la alternativa 2 no se cuenta con secado por lecho fluidizado en el Laboratorio de Operaciones Unitarias	1	1	5	5
Historial de rendimiento	Según la bibliografía consultada, se tiene un mayor rendimiento con las	3	3	5	5

Factor Evaluado	Comentarios	Calificación Alternativa 1	Calificación Alternativa 2	Calificación Alternativa 3	Calificación Alternativa 4
	alternativas 3 y 4 que con las alternativas 1 y 2				
Tecnología ampliamente probada	Las cuatro alternativas que se presentan, fueron probadas en diferentes países y se las llevan a cabo hoy en día, pero las más utilizada es la alternativa 4	3	3	3	5
Flexibilidad de operación	Las cuatro alternativas presentes, son ajustables a los parámetros y normas de calidad que exigen el producto.	5	5	5	5
Confiabilidad del proceso	Se considera que las alternativas 3 y 4, al tener pasteurización en su proceso, aumentan la calidad de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), en cambio las otras dos alternativas tienen una calidad de gel poco eficiente.	3	3	5	5
Complejidad de operación del proceso	La alternativa 1 es la menos compleja, seguidamente viene la alternativa 2 y las alternativas 3 y 4 son las más complejas	5	3	1	1
Tiempo de duración del proceso	La alternativa 1 lleva más tiempo de duración de proceso por el lavado y filtración centrífuga que se realiza en el proceso, al igual que la alternativa 2 por el tiempo de secado, las alternativas 3 y 4 tienen un tiempo de duración moderado.	1	1	3	3

Factor Evaluado	Comentarios	Calificación Alternativa 1	Calificación Alternativa 2	Calificación Alternativa 3	Calificación Alternativa 4
Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>).	Las cuatro alternativas alcanzan el objetivo de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	5	5	5	5
Producción de ruido	La alternativa 2 genera más ruido, debido a que se utiliza la procesadora durante un tiempo más prolongado a comparación de las otras alternativas	3	1	3	3
Producción de malos olores	Por el tipo de reactivos a utilizar en el lavado, la alternativa 1 genera malos olores, por otra parte, el resto de las alternativas, solo generan el olor característico del gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	3	5	5	5

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.2.3 Llenado y operación de la matriz

Tabla III-3 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 1 filtración centrífuga

#	A	B	C	D	E
		PROCESO EVALUADO: ALTERNATIVA 1 FILTRACIÓN CENTRÍFUGA RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5 = muy bueno	C/5 (excepto en renglones 4.4, 5.4, 6.6 y 7.3)	D*A
<u>1</u>	10	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	6
<u>2</u>	5	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	3	0.6	3
<u>3</u>	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	3	0.6	3
<u>4</u>	35	COSTO			
4.1		Requerimiento de insumos (reactivos)	3		
4.2		Inversión equipos y materiales de laboratorio	1		
4.3		Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc)	3		
4.4		Sumar las casillas 4.1D, 4.2D y 4.3D y dividir el total entre 15. El resultado anotar en la casilla 4.4 D		0.47	16.33
<u>5</u>	15	CAPACIDAD TÉCNICA			
5.1		Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología)	1		
5.2		Historial de rendimiento	3		
5.3		Tecnología ampliamente probada	3		
5.4		Sumar las casillas 5.1C, 5.2C y 5.3C y dividir el total entre 15. El resultado anotar en la casilla 5.4D		0.47	7
<u>6</u>	25	OPERACIÓN			
6.1		Flexibilidad de operación	5		
6.2		Confiabilidad del proceso	3		
6.3		Complejidad de operación del proceso	5		
6.4		Tiempo de duración del proceso	1		
6.5		Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	5		
6.6		Sumar las casillas 6.1C, 6.2C, 6.3C, 6.4C y 6.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotar en la casilla 6.6D		0.76	19
<u>7</u>	5	ENTORNO AMBIENTAL			
7.1		Producción de ruido	3		
7.2		Producción de malos olores	3		
7.3		Sumar las casillas 7.1C y 7.2C y dividir el total entre 10. El resultado anotar en la casilla 7.3D		0.6	3
<u>8</u>	<u>100</u>	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 8E			57.33

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-4 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 2 secado y molienda

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: ALTERNATIVA 2 SECADO Y MOLIENDA RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5 = muy bueno	C/5 (excepto en renglones 4.4, 5.4, 6.6 y 7.3)	D*A
<u>1</u>	10	APLICABILIDAD DEL PROCESO	3	0.6	6
<u>2</u>	5	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	5	1	5
<u>3</u>	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	5
<u>4</u>	35	COSTO			
4.1		Requerimiento de insumos (reactivos)	5		
4.2		Inversión equipos y materiales de laboratorio	1		
4.3		Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc)	3		
4.4		Sumar las casillas 4.1D, 4.2D y 4.3D y dividir el total entre 15. El resultado anotarlo en la casilla 4.4 D		0.60	21.00
<u>5</u>	15	CAPACIDAD TÉCNICA			
5.1		Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología)	1		
5.2		Historial de rendimiento	3		
5.3		Tecnología ampliamente probada	3		
5.4		Sumar las casillas 5.1C, 5.2C y 5.3C y dividir el total entre 15. El resultado anotarlo en la casilla 5.4D		0.47	7
<u>6</u>	25	OPERACIÓN			
6.1		Flexibilidad de operación	5		
6.2		Confiabilidad del proceso	3		
6.3		Complejidad de operación del proceso	3		
6.4		Tiempo de duración del proceso	1		
6.5		Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	5		
6.6		Sumar las casillas 6.1C, 6.2C, 6.3C, 6.4C y 6.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 6.6D		0.68	17
<u>7</u>	5	ENTORNO AMBIENTAL			
7.1		Producción de ruido	1		
7.2		Producción de malos olores	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1C y 7.2C y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3D		0.6	3
<u>8</u>	<u>100</u>	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 8E			64.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-5 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 3 filtración y ajuste de pH

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: ALTERNATIVA 3 FILTRACIÓN Y AJUSTE DE PH RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5 = muy bueno	C/5 (excepto en renglones 4.4, 5.4, 6.6 y 7.3)	D*A
<u>1</u>	10	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	10
<u>2</u>	5	DISPOCISIÓN DE RESIDUOS	5	1	5
<u>3</u>	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	5
<u>4</u>	35	COSTO			
4.1		Requerimiento de insumos (reactivos)	5		
4.2		Inversión equipos y materiales de laboratorio	3		
4.3		Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc)	5		
4.4		Sumar las casillas 4.1D, 4.2D y 4.3D y dividir el total entre 15. El resultado anotar en la casilla 4.4 D		0.87	30.33
<u>5</u>	15	CAPACIDAD TÉCNICA			
5.1		Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología)	5		
5.2		Historial de rendimiento	5		
5.3		Tecnología ampliamente probada	3		
5.4		Sumar las casillas 5.1C, 5.2C y 5.3C y dividir el total entre 15. El resultado anotar en la casilla 5.4D		0.87	13
<u>6</u>	25	OPERACIÓN			
6.1		Flexibilidad de operación	5		
6.2		Confiabilidad del proceso	5		
6.3		Complejidad de operación del proceso	1		
6.4		Tiempo de duración del proceso	3		
6.5		Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	5		
6.6		Sumar las casillas 6.1C, 6.2C, 6.3C, 6.4C y 6.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotar en la casilla 6.6D		0.76	19
<u>7</u>	5	ENTORNO AMBIENTAL			
7.1		Producción de ruido	3		
7.2		Producción de malos olores	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1C y 7.2C y dividir el total entre 10. El resultado anotar en la casilla 7.3D		0.8	4
<u>8</u>	<u>100</u>	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 8E			86.33

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-6 Llenado y operación de la matriz, Alternativa 4 adición de encima pectolítica

	A	B	C	D	E
#	%	PROCESO EVALUADO: ALTERNATIVA 4 ADICIÓN DE ENCIMA PECTOLÍTICA RUBROS EVALUADOS	CALIFICACIÓN 0= no aplica 1= deficiente 3= adecuado 5 = muy bueno	C/5 (excepto en renglones 4.4, 5.4, 6.6 y 7.3)	D*A
<u>1</u>	10	APLICABILIDAD DEL PROCESO	5	1	10
<u>2</u>	5	DISPOSICIÓN DE RESIDUOS	5	1	5
<u>3</u>	5	GENERACIÓN DE SUBPRODUCTOS CON VALOR ECONÓMICO O DE REUSO	5	1	5
<u>4</u>	35	COSTO			
4.1		Requerimiento de insumos (reactivos)	3		
4.2		Inversión equipos y materiales de laboratorio	3		
4.3		Requerimiento de servicios básicos (agua, energía eléctrica, gas, etc)	3		
4.4		Sumar las casillas 4.1D, 4.2D y 4.3D y dividir el total entre 15. El resultado anotarlo en la casilla 4.4 D		0.60	21.00
<u>5</u>	15	CAPACIDAD TÉCNICA			
5.1		Disponibilidad de recursos (equipos, tecnología)	5		
5.2		Historial de rendimiento	5		
5.3		Tecnología ampliamente probada	5		
5.4		Sumar las casillas 5.1C, 5.2C y 5.3C y dividir el total entre 15. El resultado anotarlo en la casilla 5.4D		1.00	15
<u>6</u>	25	OPERACIÓN			
6.1		Flexibilidad de operación	5		
6.2		Confiable del proceso	5		
6.3		Complejidad de operación del proceso	1		
6.4		Tiempo de duración del proceso	3		
6.5		Cumplimiento con las normas y parámetros de caracterización de gel natural de Penca de Sábila (Aloe Vera)	5		
6.6		Sumar las casillas 6.1C, 6.2C, 6.3C, 6.4C y 6.5C y dividir el total entre 25. El resultado anotarlo en la casilla 6.6D		0.76	19
<u>7</u>	5	ENTORNO AMBIENTAL			
7.1		Producción de ruido	3		
7.2		Producción de malos olores	5		
7.3		Sumar las casillas 7.1C y 7.2C y dividir el total entre 10. El resultado anotarlo en la casilla 7.3D		0.8	4
<u>8</u>	<u>100</u>	SUMAR LOS VALORES DE LA COLUMNA E y ANOTAR EL RESULTADO EN LA CASILLA 8E			79.00

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se observa en el llenado y operación de la matriz de selección de las alternativas tecnológicas, se observa que la alternativa, más óptima para llevar a cabo es la alternativa 3, esta alternativa será desarrollada de una mejor forma en el siguiente punto.

El proceso de llenado de la matriz de selección de alternativas fue el siguiente, a cada proceso a evaluar se le brindo una ponderación, estas ponderaciones sumadas dan el 100%, a cada proceso a evaluar, se puso una calificación del 0 al 5, tomando en cuenta el rango de adecuación de cada proceso según los equipos, materiales disponibles, entre otros para llevar a cabo el trabajo de investigación. Una vez calificados, la calificación se dividió entre el número más alto a puntuar, es decir 5 y el resultado de esa división se multiplicó por la ponderación del proceso a evaluar que se tenía previamente. Finalmente, los resultados finales obtenidos, fueron sumados, obteniendo así el valor porcentual de cada alternativa.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA: HOJA DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*)

La materia prima necesaria para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), son las hojas de Penca de Sábila mayor a 2 años de edad.

La recolección de las hojas se realizó en la provincia Méndez, municipio de San Lorenzo, en la comunidad de Bordo Mollar ubicado en el departamento de Tarija. La zona de donde se recolectó la materia prima está ubicada en las coordenadas:

Latitud: -21,4283689

Longitud: -64,7576733

Fig 3-1 Ubicación Geográfica de Recolección de materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

Se observó que el rendimiento del cultivo incrementa, mientras más adulta sea la planta (mayor a 2 años), lo cual hace que la obtención de materia prima sea mayor, debido a que las hojas presentan un mayor peso, espesor y largo. Las hojas fueron recolectadas desde la parte externa de la planta, las cuales se debían sacar desde raíz, debido que, si no se realizaba este proceso, la planta podría sufrir una etapa de descomposición. En cuanto a su especie, se contó con una sola variedad de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), ya que existen diferentes, con la que se contó se trata de una planta perteneciente a la familia de las Liliáceas, caracterizada por una altura de hasta 60 cm; tallo corto con hojas grandes, carnosas, gruesas, cóncavas en la parte superior y convexas en el envés, de 30 a 60 cm de largo por 7 a 8 cm de ancho, color verde o verde grisáceo y con espinas de tonos claros en los bordes. Se hallan dispuestas en forma de rosetas, en cuya base se hallan vasos conductores llenos de un látex de color de amarillo-miel oscuro, de olor desagradable y sabor amargo.

Se realizó la descripción física de las hojas, la cual se encuentra detallada en el capítulo IV, según norma para la obtención de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se tomó en cuenta peso, largo, ancho y espesor de cada hoja recolectada.

Los resultados obtenidos se compararon con datos de bibliografía sobre el tamaño, peso y dimensiones de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), en otros lugares del mundo, verificando que se no existan diferencias significativas entre las mismas.

3.4 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y MATERIAL DE LABORATORIO UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*), PARA USO TÓPICO

A continuación, se describe los equipos, instrumentos y material utilizados en la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

3.4.1 Descripción de los equipos de laboratorio

- **Triturador**

Este equipo se utiliza, para la etapa de trituración del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para poder así homogeneizar la materia prima extraída. A continuación, se podrá apreciar en la Fig 3-2, el tipo de triturador utilizado para la realización de la parte experimental, así como también en la Tabla III -7, estarán descritas sus especificaciones técnicas de mismo.

Fig 3-2 Mixer Philips – HR1623/00



Fuente: (PHILIPS, 2019)

Tabla III-7 Especificaciones técnicas del Mixer Philips - HR1623/00

Especificación	Detalle
Color	Blanco y rojo
Material de la barra	Metálico
Material de la estructura	PP y goma
Cuchilla rígida	Acero inoxidable
Eje dispensable	Con dos botones
Ajuste de velocidad	2 (turbo incluido)
Función turbo	Sí
Longitud del cable	1.25 m
Frecuencia	50/60 Hz
Energía	650 W
Voltaje	220 – 240 V

Fuente: (PHILIPS, 2019)

- **Evaporador Rotativo**

Este equipo fue utilizado al vacío, para poder eliminar las burbujas de oxígeno presentes en el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) e incrementar la vida útil del mismo. Se utilizó el equipo a una temperatura de 40°C, manteniendo constante en toda la realización de la parte experimental a 150 rpm, en la Fig 3-3 y la Tabla III-8 se muestra, la imagen del equipo y las especificaciones técnicas que el mismo presenta.

Fig 3-3 Evaporador Rotativo – LABOROTA 4000



Fuente: (INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA, s.f.)

Tabla III-8 Especificaciones técnicas del Evaporador Rotativo – LABOROTA 4000

Especificación	Detalle
Motor rotativo	20 a 270 rpm
Baño calefactor digital	20 a 180 °C
Panel de control	Display digital integrado
Bomba de vacío ROTAVAC VALVE CONTROL	2 a 8 mbar

Fuente: (INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA, s.f.)

- **Pasteurizador (Baño María)**

Utilizado para la pasteurización del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para que esta, tenga mayor tiempo de vida útil, evitar mal sabor y no pierda su actividad biológica. El pasteurizador se lo utilizó entre los rangos de 60 – 70 °C, en un tiempo de 20 – 30 min. En la Fig 3-4 y la Tabla III-9 se muestra la imagen y las especificaciones técnicas del equipo

Fig 3-4 Pasteurizador (Baño María)



Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-9 Especificaciones técnicas del Pasteurizador (Baño María)

Especificación	Detalle
Typ	RWB2
Nr.	77623
V	220 V
VA	50 Hz
W	10. 500 Kg

Fuente: (VEB MLW Labortechnik Ilmenau)

- **Refrigerante**

En la Fig 3-5 se muestra la imagen del equipo que se utilizó, para enfriar el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) luego de salir del pasteurizador, este refrigerador, trabajó a una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, por un tiempo de 15 min, estas variables se mantuvieron constantes en todo el proceso de la parte experimental, en la Tabla III-10 se podrá apreciar las especificaciones técnicas del mismo.

Fig 3-5 Termostato de refrigeración LAUDA Proline RP870



Fuente: (Mercofras, s.f.)

Tabla III-10 Especificaciones técnicas de termostato de refrigeración LAUDA Proline RP870

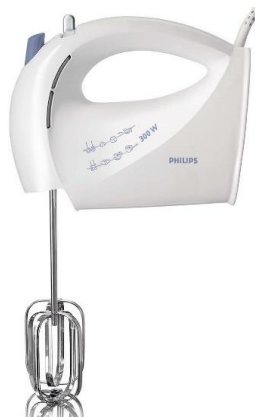
Especificación	Detalle
Rango de temperatura de trabajo	-70 a 200 °C
Estabilidad de temperatura	0.02 ± K
Potencia de calefacción	3.5 kW
Potencia de refrigeración a 20°C	0,38 kW
Presión de la bomba máx.	0.7 bar
Caudal de presión máx.	25 Lts/min
Caudal de aspiración máx.	23 Lts/min
Volumen del baño	5,5 a 8 Lts
Abertura/ profundidad del baño	150x150/200 mm
Referencia 230V, 50Hz	LCK 1895

Fuente: (Características Técnicas del termostato de refrigeración con cabezal de control Master hasta 8 Litros)

- **Agitador de banda helicoidal (Batidora)**

Este tipo de agitador, fue uno de los equipos fundamentales, para poder alcanzar el nivel de gelificación óptimo, debido a que, la forma de las aspas no permitía el ingreso de burbujas de aire en el gel, haciendo que el este tenga un aspecto transparente y una consistencia uniforme, es decir, sin la formación de burbujas de aire, ni la formación de grumos, por parte de los reactivos adicionados. Se utilizó este equipo en el nivel más bajo de potencia que tiene, el cual corresponde al número 1.

Fig 3-6 Batidora HR1566/04



Fuente: (PHILIPS, s.f.)

Tabla III-11 Especificaciones técnicas de Batidora HR1566/04

Especificación	Detalle
Type	HR 1566
Frecuencia	50/60 Hz
Longitud del cable	140 cm
Energía	300 W
Velocidades	5
Voltaje	110 – 240 V
Material de la estructura	PP
Color	Blanco
Material de los accesorios para batir y mezclar	Acero cromado

Fuente: (PHILIPS, s.f.)

3.4.2 Descripción de los instrumentos

Para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se requiere cierto tipo de instrumentos de medición graduados, los cuales serán descritos a continuación:

- **Balanza analítica**

La balanza analítica, es un instrumento de mucha importancia en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), ya que, con ella, se puede realizar el pesaje de la dosificación de antioxidantes, conservantes y gelificantes para el gel, así como también para la determinación de la cantidad obtenida por cada hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) extraída, así como también la cantidad con la ingresa y sale el producto en cada etapa de elaboración. En la Fig 3-7 se muestra la imagen de la balanza utilizada y en la Tabla III-12, presenta las especificaciones de la misma.

Fig 3-7 Balanza analítica KERN ABS 120-4N



Fuente: (GmbH, 2016)

Tabla III-12 Especificaciones técnicas de Balanza analítica KERN ABS 120-4N

Especificación	Detalle
Precisión de lectura (d)	0.1 mg
Rango de pesaje (máx.)	120 g
Reproducibilidad	0.2 mg
Linealidad	± 0.3 mg
Pesa de calibración recomendada (clase)	100 g (E2)
Tiempo de preparación	8 h
Tiempo de crecimiento de la señal	3 seg
Unidades de peso	mg, g, ct
Masa mínima de la pieza para el caso de conteo	1 mg
Número de elementos de referencia durante el conteo de unidades	5, 10, 20, 50, 100
Plato de pesaje de acero inoxidable	Ø 91 mm
Dimensiones de la carcasa (A x P x A) (mm)	210 x 340 x 325
Dimensiones de la carcasa protectora (mm)	174 x 162 x 227 (cámara de pesaje)
Peso neto (kg)	6
Condiciones ambientales admitidas	De +5°C a +40°C

Humedad del aire	Relativa 20 ~ 85% (sin condensación)
Tensión de entrada	AC 100 – 240 V, 400 mA 50/60 Hz
Corriente inducida del transformador	DC 12V, 1.25 A
Nivel de polución	2
Categoría de sobretensión	Categoría II
Lugar de ubicación	Únicamente en lugares cerrados

Fuente: (GmbH, 2016)

- **pH -metro**

En la Fig 3-8 se muestra la imagen del pH-metro que se utilizó, para la etapa de pasteurización y la de obtención del producto final, ya que es un parámetro que se tiene que cuidar bastante. En la Tabla II-13, se podrá observar las especificaciones del mismo.

Fig 3-8 pH-metro Yieryi PH-009 original tipo pluma



Fuente: (YY Tools, s.f.)

Tabla III-13 Especificaciones técnicas de pH-metro Yieryi PH-009 original tipo pluma

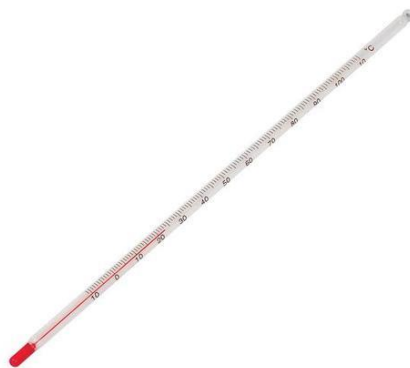
Especificación	Detalle
Rango de medición del pH	0.0 – 14.0 pH
Resolución	pH 0.1
Precisión	± 0 pH ± 0 (20°C) ± 0.2 pH
Temperatura de funcionamiento	0 – 50 °C (32 – 122 °F)
Calibración	Manual, 1 punto
Peso neto del artículo	Aprox. 57 g (después de las baterías instaladas)
Dimensiones	152x30x21mm (5.9x1.2x0.8 pulgadas)
Peso	130 g

Fuente: (YY Tools, s.f.)

- **Termómetro**

Este instrumento, fue empleado para medir la temperatura inicial y final en cada etapa del proceso de elaboración del gel, en la Fig 3-9, se muestra que tipo de termómetro se utilizó, así también, en la Tabla III-14 se tienen las especificaciones técnicas del instrumento.

Fig 3-9 Termómetro de laboratorio



Fuente: (Scheitler, 2019)

Tabla III-14 Especificaciones técnicas de Termómetro de laboratorio

Especificaciones	Detalle
Rango	-10 a 100 °C
Divisiones	1 °C
Diámetro de la varilla	6 -7 mm
Longitud	Aprox. 300 mm
Precisión	1°C

Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Vernier o pie de rey**

Este instrumento de medición, se utilizó para la caracterización física de la materia prima, ya que la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), debe cumplir con ciertas medidas en cuanto a su largo, ancho y espesor. En la Fig 3-10 se puede apreciar el tipo de instrumento utilizado y en la Tabla III-15, se observan las especificaciones técnicas del instrumento.

Fig 3-10 Calibrador Profesional 6" UYUSTOOLS



Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-15 Especificaciones técnicas de Calibrador Profesional 6" UYUSTOOLS

Especificaciones	Detalle
Modelo	CLA006
Largo	6" (150 mm)
Precisión	0.05 mm
Material	Aluminio
Color	Gris
Características	mm / pulgadas

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos en el empaque del instrumento, 2019

- **Balanza digital**

Esta balanza se usó, para el pesaje de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), debido a que el pesaje es uno de los parámetros a determinar para la caracterización física de la materia prima. En la Fig 3-11 se muestra la balanza que se utilizó y en la Tabla III-16, se observan las especificaciones técnicas de la balanza.

Fig 3-11 Balanza digital



Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-16 Especificaciones técnicas de la Balanza digital

Especificaciones	Detalle
Unidad de medición	g/oz
Precisión	0.01 g
Color	Blanco
Material	PP
Display	LCD
Power by	2 x 1.5 AAA

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.4.3 Descripción de los materiales

Para el desarrollo experimental de la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico, se utilizaron los siguientes materiales:

Cuadro III-1 Descripción de los materiales utilizados

Material	Marca	Tipo de material	Especificación
Espátula de madera	-	Madera	Para la extracción de la Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)
Material de corte (pelador de cocina)	-	Acero inoxidable	Tamaño: Mediana
Colador fino	-	Acero inoxidable	Tamaño: Pequeño
Vasos de precipitado	Sanai Lab	Vidrio	Capacidad: 1 000 ml, 250ml
Frasco hermético de vidrio	Sanai Lab	Vidrio	Capacidad: 500 ml
Probetas	Sanai Lab	Vidrio	Capacidad: 100ml, 25ml
Varilla de vidrio	-	Vidrio	-
Embudo	-	Plástico	-
Gotero	-	Plástico	Capacidad: 5 ml

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS REACTIVOS QUÍMICOS UTILIZADOS

Para la elaboración del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico, se emplearon reactivos de origen natural, reconocidos a nivel mundial por la cosmética natural. A continuación, se presentarán las tablas de las cantidades de los reactivos utilizados para cada etapa del proceso.

3.5.1 Reactivos químicos utilizados en la etapa de limpieza de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) recolectadas

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*)

Sustancia	Cantidad utilizada	Estado
Agua destilada	490 ml	Líquido
Hipoclorito de calcio (Ca (ClO) ₂) al 1%	10 g	Sólido

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5.2 Reactivos químicos usados por etapas, para la formulación del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Las tablas que serán presentadas a continuación, presentan la dosificación que se debe añadir de reactivos químicos (ver Anexos 5 al 10), para 200 ml de extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para así poder tener una gelificación y vida útil óptima del mismo.

Tabla III-18 Antioxidantes utilizados para la etapa de desaireación del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Sustancia	Cantidad utilizada	Estado
Ácido Cítrico (C ₆ H ₈ O ₇)	1 g	Sólido
Ácido ascórbico, Vitamina C (C ₆ H ₈ O ₆)	1 g	Sólido
Tocoferol, Vitamina E (C ₂₉ H ₅₀ O ₂)	0.5 g	Líquido

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-19 Conservantes agregados en la etapa de gelificación de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Sustancia	Cantidad utilizada	Estado
Sorbato de potasio (C ₆ H ₇ KO ₂)	2 g	Sólido
Glicerina vegetal USP (C ₃ H ₈ O ₃)	0,5 g	Líquido

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla III-20 Gelificante añadido, en la etapa final del proceso, para obtener el producto final, gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Sustancia	Cantidad utilizada	Estado
Goma Xantana (C ₃₅ H ₄₉ O ₂₉)	2 g	Sólido

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.5.3 Determinación de los tipos de excipientes y cantidades adecuadas para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico

Para la elaboración de un lote de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico, se partió de la formulación mostrada en la Tabla III-21, la cual nos indica las cantidades en porcentaje, adecuadas para elaborar un gel tópico:

Tabla III-21 Formulación utilizada para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico

Excipiente	Cantidad %
Extracto de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	96.5%
Ácido Cítrico (C ₆ H ₈ O ₇)	0.5 %
Ácido ascórbico, Vitamina C (C ₆ H ₈ O ₆)	0.5 %
Tocoferol, Vitamina E (C ₂₉ H ₅₀ O ₂)	0.25 %
Sorbato de potasio (C ₆ H ₇ KO ₂)	1 %
Glicerina vegetal USP (C ₃ H ₈ O ₃)	0,25%
Goma Xantana (C ₃₅ H ₄₉ O ₂₉)	1%

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se puede observar el gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se encuentra con una concentración del 96.5 %, es decir, que el gel elaborado tiene más de un 90% de extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) y el 3.5 % restante, son aditivos que contribuyen a su gelificación, conservación y evitar la oxidación del gel.

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental, es una de las técnicas más utilizadas para los trabajos de investigación aplicada, ya que, tiene como objetivo definir la cantidad de pruebas que se van a realizar, manipulando dos o más variables a ser estudiadas, para así, poder observar los cambios que se producen y dar una variable respuesta, como resultado, haciendo que el investigador obtenga estimaciones con mayor precisión posible.

Algunos de los objetivos específicos que pretende alcanzar un diseño experimental son:

- Determinar cuáles son las variables que tienen mayor influencia en la respuesta Y.
- Determinar el mejor valor de las X que influyen en Y de modo que Y tenga casi siempre un valor cercano al valor nominal deseado.
- Determinar el mejor valor de las X que influyen en Y de modo que la variabilidad de Y sea pequeña.
- Determinar el valor más apto de las X que influyen en modo que se minimicen los efectos de las variables incontrolables.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) se utilizará para determinar las condiciones que maximizan las variables de respuesta elegidas. Para llevar a cabo la MSR se utilizó un diseño factorial, método de Yates de tres variables.

3.7 DISEÑO FACTORIAL

Un diseño factorial es aquél en el que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo. En este caso se dicen que están cruzados, apareciendo el concepto de interacción.

Se supone la existencia de repeticiones del experimento en cada una de las posibles combinaciones de los niveles del factor correspondiente.

El diseño factorial, es ampliamente usado para experimentos en los que intervienen varios factores para ser estudiados, así como también el conjunto de estos sobre una variable respuesta. Se conocen distintos métodos generales para el análisis de diseño factorial, sin embargo, existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque se usan ampliamente en el trabajo de investigación.

Existen varios casos especiales del diseño factorial, pero el más importante de todos ocurre cuando se tienen k factores, cada uno de ellos a dos niveles (2^k es el factorial más pequeño). Debido a que sólo hay dos niveles para cada factor, asumimos que la respuesta es aproximadamente lineal en el rango de los niveles elegidos de los factores. El efecto de un factor se define como el cambio en la respuesta que produce un cambio en el nivel del factor. (Gonzalez, 2015)

Para la realización de la parte experimental del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se utiliza un diseño de 3 factores, cada uno a 2 niveles y consta de 8 combinaciones. Geométricamente el diseño es un cubo, cuyas esquinas son las 8 combinaciones. Este diseño permite estimar los 3 efectos principales (A, B, y C), las tres interacciones de dos factores (AB, AC, BC) y la interacción de los tres factores (ABC). La estimación de cualquier efecto principal o interacción en un diseño 2^k se determina al multiplicar las combinaciones de tratamientos de la 1ª columna de la tabla por los signos del correspondiente efecto principal o columna de interacción, sumando los resultados para obtener un contraste, y dividiendo el contraste por la mitad del número total de réplicas.

3.7.1 Variables y niveles del diseño factorial

3.7.1.1 Variables

Las variables utilizadas en el método de Yates para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) fueron: la temperatura, el tiempo de pasteurización y pH. Los tres niveles en los que fueron estudiadas las variables se muestran en la siguiente tabla:

Tabla III-22 Codificación de las variables estudiadas

Variable	Unidades	Codificación
Temperatura	°C	X ₁
Tiempo	Min	X ₂
pH	-	X ₃

Fuente: Elaboración propia, 2019

Con el objetivo de definir la región de estudio para el proceso de la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se realizó un estudio previo de las variables más influyentes, tomando en cuenta referencias bibliográficas de otras investigaciones científicas ya realizadas, los autores de estas investigaciones evaluaron el efecto de la temperatura (60 - 70 °C), el tiempo (20 - 30 min), este es el método más eficaz para evitar el mal sabor y la pérdida de actividad biológica del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), el pH debe estar entre 3.0 y 3.5, sobre la densidad del gel obtenido, (Rao, 2008) reportaron que el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) presenta una elevada capacidad de retención de agua (30 g de agua/g) así como de hinchamiento (>300 ml/g), determinaron que la aplicación de temperaturas superiores a 60 °C en el proceso de estabilización presenta condiciones más óptimas. Basados en estas premisas, se fijaron los niveles de estudio para las variables temperatura (60 - 70 °C). Sin embargo, para definir los niveles para la variable del tiempo se llevó a cabo un análisis exhaustivo, evaluando el rendimiento de densidad a diferentes tiempos (1, 5, 10, 20, 30, 60 min)

manteniendo la temperatura. En cuanto al pH, se varió con la adición de Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$), teniendo un rango entre 3.0 y 3.5.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) será utilizada para llevar a cabo la optimización del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*). Con el objetivo de adaptar la MSR al proceso, se utilizó un diseño factorial, método de Yates de tres variables.

3.7.1.2 Niveles

Para la determinación de los niveles de los factores, se tomó en cuenta las referencias bibliográficas consultadas a lo largo del trabajo de grado.

A continuación, la Tabla III-23, muestra los niveles decodificados de las variables a utilizar en el diseño experimental para luego representar los experimentos en la Tabla III-18, ya codificados

3.7.1.2.1 Construcción del diseño factorial 2^k

Tabla III-23 Niveles decodificados de las variables

Factores	Dominio experimental	
	Nivel (-)	Nivel (+)
Temperatura (X_1)	- 1	+ 1
Tiempo (X_2)	- 1	+ 1
pH (X_3)	- 1	+ 1

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para conocer los efectos de un factor es suficiente hacerlo variar entre los extremos de su dominio experimental en el nivel -1 y +1. Además, su variación se debe realizar para cada posible combinación de los valores de los demás factores. Esto permitirá descubrir que el efecto depende de qué valor tomen los otros factores. Todas estas combinaciones están contempladas en el diseño factorial completo 2^k de la Tabla III-24. En total, ocho

experimentos correspondientes a 2 niveles temperatura de trabajo x 2 niveles de tiempo de pasteurización x 2 niveles de pH que se somete el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

3.7.1.2.2 Número de combinaciones del diseño factorial

El número de combinaciones de los factores es igual a 8 por tratarse de un diseño factorial 2. Se realiza dos repeticiones de toda la experiencia, por lo tanto, el número total de experimentos a realizar es 16

A continuación, se muestra el diseño experimental planteado en la Tabla II-24:

Tabla III-24 Matriz de diseño experimental codificada (2^3), para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

N° de Exp.	Factores			Variable Respuesta Y _n Densidad
	X ₁ Temperatura	X ₂ Tiempo	X ₃ pH	
1	- 1	- 1	- 1	Y ₁
2	+ 1	- 1	- 1	Y ₂
3	- 1	+ 1	- 1	Y ₃
4	+ 1	+ 1	- 1	Y ₄
5	- 1	- 1	+ 1	Y ₅
6	+ 1	- 1	+ 1	Y ₆
7	- 1	+ 1	+ 1	Y ₇
8	+ 1	+ 1	+ 1	Y ₈

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para conocer los efectos de un factor es suficiente hacerlo variar entre los extremos. En la Tabla III-25, se muestra la matriz de diseño experimental codificada con los parámetros de estudio.

Tabla III-25 Matriz de diseño experimental codificada con los parámetros de estudio (2³), para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

N° de Exp.	Matriz experimental			Plan de experimentación			Variable Respuesta Y _n Densidad
	X ₁ Temperatura	X ₂ Tiempo	X ₃ pH	X ₁ Temperatura (°C)	X ₂ Tiempo (min)	X ₃ pH	
1	- 1	- 1	- 1	60	20	3.0	Y ₁
2	+ 1	- 1	- 1	70	20	3.0	Y ₂
3	- 1	+ 1	- 1	60	30	3.0	Y ₃
4	+ 1	+ 1	- 1	70	30	3.0	Y ₄
5	- 1	- 1	+ 1	60	20	3.5	Y ₅
6	+ 1	- 1	+ 1	70	20	3.5	Y ₆
7	- 1	+ 1	+ 1	60	30	3.5	Y ₇
8	+ 1	+ 1	+ 1	70	30	3.5	Y ₈

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.8 METODOLOGÍA DE ESTUDIO EMPLEADA

3.8.1 Descripción esquemática de la Metodología de Estudio

La metodología de estudio es la parte científica de la investigación, en donde se describirán la aplicación de métodos, técnicas, y procedimientos. Esta investigación es el producto de un trabajo veraz, ordenado y objetivo, para el efecto se utilizó metodología de carácter científico de gran beneficio para la eficiencia de los resultados, primordialmente en la identificación del problema para conocerlo, comprobarlo y discutirlo.

3.8.1.1 Método explicativo

Este trabajo de modalidad de investigación aplicada, es de tipo explicativo, debido a que se realizará un análisis con el objetivo de determinar e interpretar los datos que se vayan a obtener en la parte experimental.

3.8.1.2 Método descriptivo

Es descriptivo concluyente, porque se trata de un trabajo de investigación nuevo con el cual el objetivo es tener información verídica para saber si el resultado final, va a resolver el problema de desarrollo.

3.8.1.3 Método documental

Es de tipo documental debido que las fuentes de información, son en su mayoría fuentes de información secundaria, las cuales son utilizadas para hacer referencia a información de revistas científicas especializadas en industria procesadora de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), así como también libros y documentos relacionados al área.

3.8.1.4 Método experimental

Es una de las metodologías de estudio más importantes del presente trabajo de investigación, ya que, se tendrá una colección de datos que se utilizaran para la manipulación y las pruebas controladas para entender los procesos causales. En general, una o más variables serán manipuladas para determinar su efecto sobre una variable dependiente. Este método se encuentra conformado con diferentes fases que contribuyen a su exitoso proceso, y es por eso que es uno de los métodos más elegidos en los trabajos de investigación aplicada, sus fases son:

- Definición de variables.

Las Variables Independientes y las Variables Dependientes son especificadas a lo largo del trabajo de investigación, se deben definir de tal manera que sean claras y estén exentas de ambigüedades; deben ser definidas operacionalmente.

- Control de variables.

En esta fase del experimento, se debe considerar todas las variables que podrían contaminar el experimento; se debe intentar evaluar las variables que pudieran afectar a la Variable Dependiente, (variables extrañas), y cuyos efectos no desea conocer. Se

debe poder afirmar que el efecto producido sobre la Variable Dependiente es debido sólo a la manipulación de las Variables Independientes. Las variables extrañas deben ser controladas. Trabajar sobre lo que llamamos “control” y las técnicas para alcanzarlo requiere mucha atención puesto que es de extrema importancia en la experimentación.

- Elección de un diseño experimental.

Se escoge el método de Yates para una mejor distinción de resultados.

- Procedimiento y obtención de datos.

El procedimiento para llevar a cabo la fase de obtención de datos de un experimento debe describirse con todo detalle (tratamiento, proceso, registro de respuestas, etc.).

- Tratamiento estadístico de los datos.

Los datos del experimento generalmente son sometidos a análisis estadísticos. Esta fase de la experimentación se ha hecho cada vez más importante. Se han desarrollado técnicas estadísticas muy confiables. De algún modo debe ser evaluada la confiabilidad o significatividad del experimento.

- Replicación.

Repetir el experimento de 2 a 3 veces para corroborar los resultados obtenidos.

3.8.1.5 Método investigación aplicada

Este trabajo es de tipo investigación aplicada, por ello debe:

- Basarse principal y fundamentalmente en un marco teórico, que tiene como finalidad formular nuevas teorías por medio de la parte experimental del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico y recolección de datos.

- Así mismo, la investigación aplicada requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver o satisfacer la demanda insatisfecha que se tenga.
- Por otro lado, la investigación aplicada se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, con especial énfasis en lo social, en este caso, se hará énfasis a la satisfacción de la demanda, por parte de los consumidores de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico.
- Además de nutrir a los avances científicos y aplicar los conocimientos que se adquirieron a lo largo de la carrera universitaria.

Cuadro III-2 Descripción de la metodología del Estudio

<p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN U OBJETIVOS INTERNOS</p>	<p>EXPLORATORIA { Porque con este método se tiene una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una realidad. }</p> <p>DESCRIPTIVA { Los estudios descriptivos, miden de forma independiente las variables, y los objetivos de la investigación, además de relacionar condiciones y conexiones existentes, prácticas que tienen validez, procesos en marcha. }</p> <p>EXPLICATIVA { Porque con ellas se podrá interpretar la realidad, en otras palabras, busca el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto }</p>
<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</p>	<p>DOCUMENTAL { Importante para la investigación, ya que con él, se obtendrá y analizará los datos provenientes de materiales impresos, sitios web, revistas científicas u otro tipo de documentos }</p>

	EXPERIMENTAL { Ya que al someter, diferentes variables independientes a diferentes cambios, se pueda comparar cómo reaccionan las variables dependientes. Este método se caracteriza por poder manipular y controlar las variables }
PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN U OBJETIVOS EXTERNOS	APLICADA { Ya que esta está dirigida a las solución de problemas prácticos, además de la invención o mejora de productos existentes en el mercado }

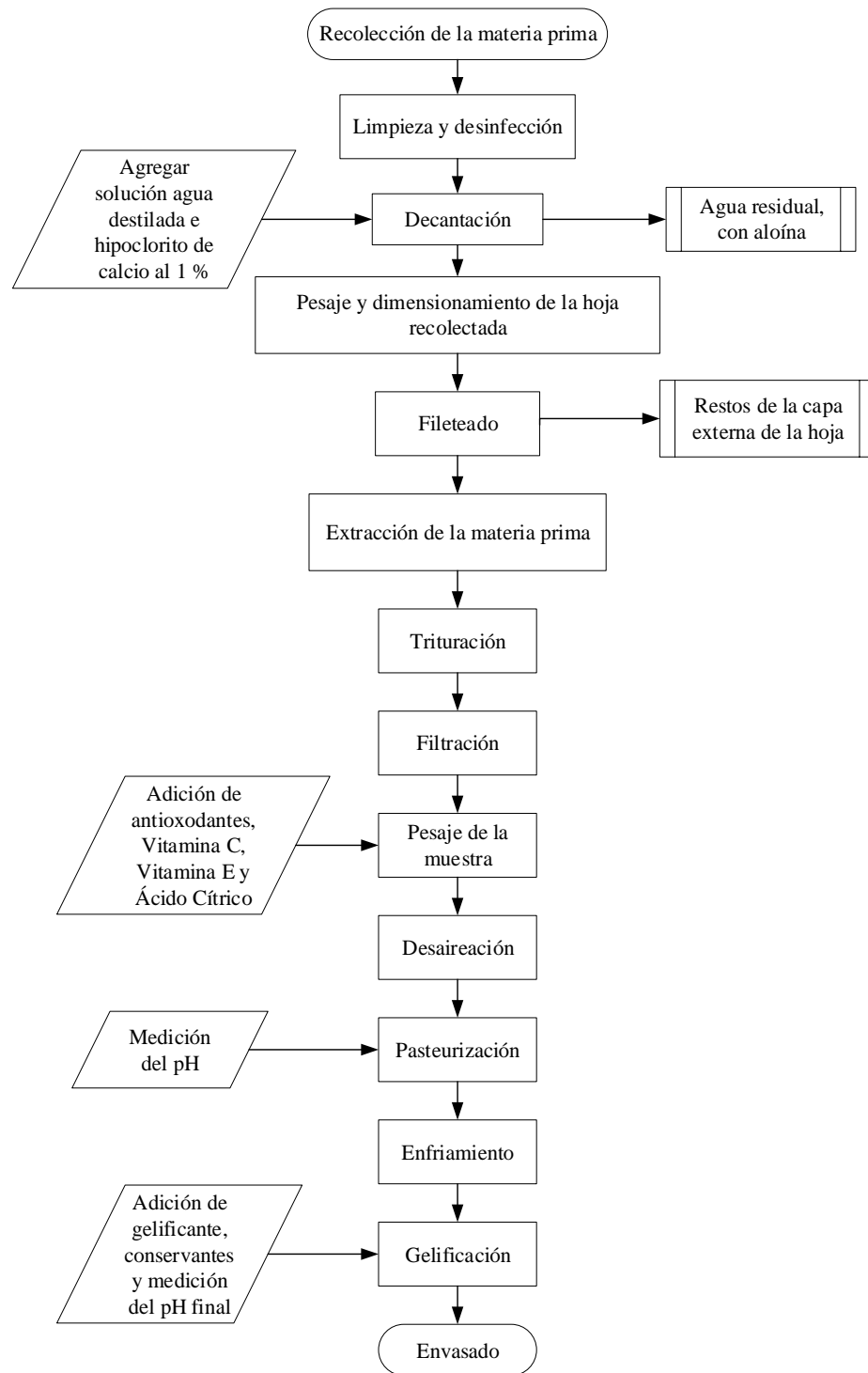
Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*), PARA USO TÓPICO.

Una vez determinados todos los niveles, se procede a la elaboración del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico, de acuerdo al diseño experimental planteado.

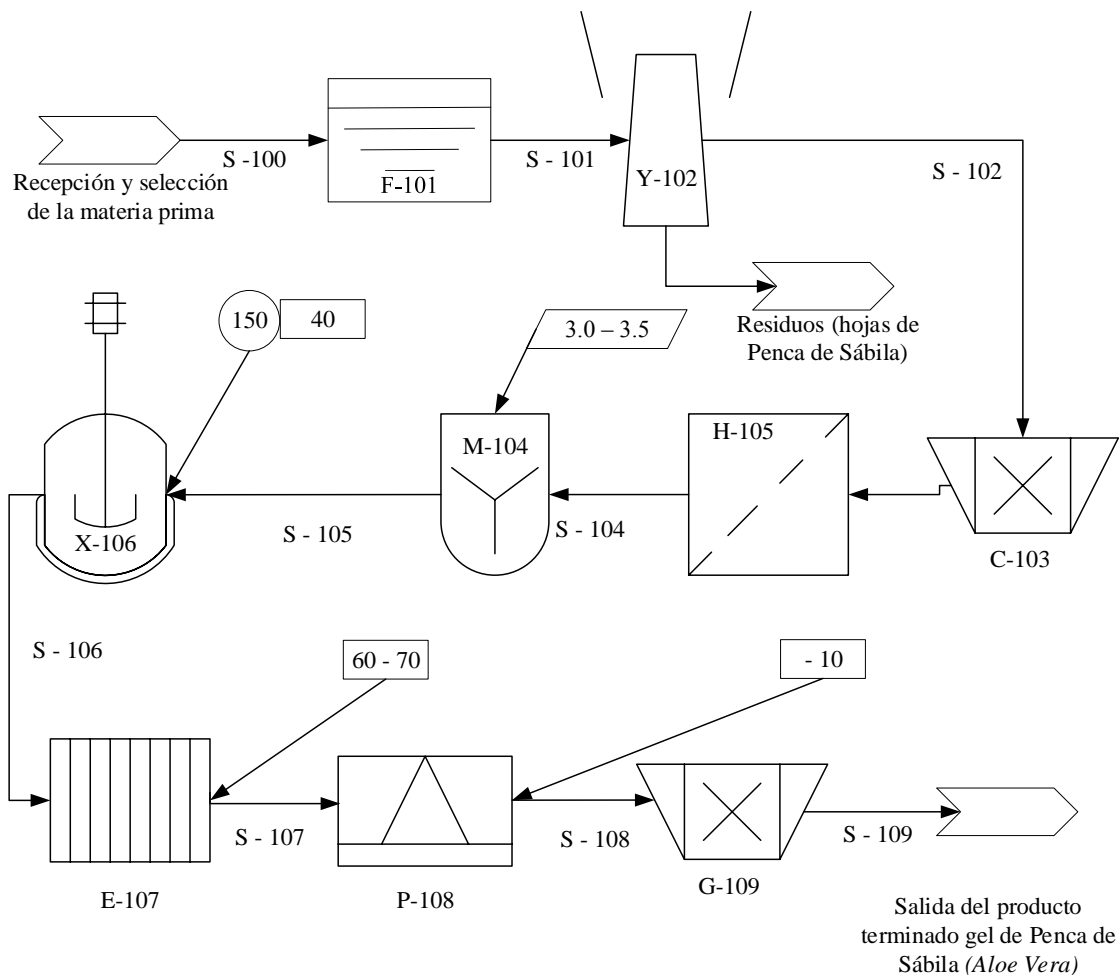
Las etapas de la elaboración de gel, se presentarán a continuación en el diagrama de bloques del Cuadro III-3, así como también en el diagrama de flujo en la Fig 3- 11, estos dos nos describen cada etapa desde la recolección, hasta la obtención del producto final.

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



Fuente: Elaboración propia, 2019

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



Corriente	S - 100	S - 101	S - 102	S - 103	S - 104	S - 105	S - 106	S - 107	S - 108	S - 109
T °C	25	25	25	25	25	25	40	60 - 70	60 - 70	-10
pH	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	3 - 3.5	3 - 3.5	3 - 3.5	3 - 3.5	4 - 7

F - 101	Y - 102	C - 103	M - 104	H - 105
Recipiente de lavado y decantación	Fileteado de la hoja	Trituración del extracto	Estabilización	Filtración
X - 106	E - 107	P - 108	G - 109	
Desaireación	Pasteurización	Enfriamiento	Gelificación	

CLAVE	
	pH
	Temperatura (°C)
	rpm

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.1 Recolección de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)

Las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se recolectan de las plantas que tenga un tamaño de hoja mayor a 40 cm, el corte de la hoja debe realizarse cerca del tallo de la planta, para evitar que la planta entre en proceso de putrefacción, debido a que, si se corta la hoja desde la mitad o más arriba del tallo, la hoja se oxidará y hará que toda la planta se oxide y pierda sus propiedades.

Fig 3-13 Cultivo de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), ubicado en la provincia Mendez, municipio de San Lorenzo en la comunidad Borde Mollar



Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 3-14 Recolección de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 3-13, se puede observar el cultivo de donde se extrajo la materia prima para la realización de la parte experimental, este cultivo tiene más de 4 años de ser cosechada, lo que nos permite poder recolectar las hojas de este cultivo, ya que, para la elaboración de cualquier producto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), las planta deben tener un tiempo de vida de mínimo 2 años de ser cosechada, esto se debe a que, mientras más tiempo de vida tenga, el rendimiento por hoja será mayor, ya que, obtienen un mayor largo, espesor y ancho, lo cual las hacen aptas para la caracterización física de la materia prima.

En la Fig 3-14, se puede observar el tipo de corte correcto que se debe realizar, para obtener la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

3.9.1 Limpieza y desinfección de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)

En esta etapa, luego de recolectar las hojas, se debe lavar la hoja con soluciones bactericidas y abundante agua, sumergiéndolas en un recipiente con agua, la solución bactericida utilizada, se preparó de la siguiente forma:

- El Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), se encuentra en estado sólido al 65 % y se lo diluyó al 1%, realizando el siguiente cálculo

Datos

Densidad (ρ)= 2.35 g/cm³

Cantidad (g) de Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) que hay en 1 litro al 65 %

$$1000 \text{ cm}^3 \times \frac{2.35 \text{ g}}{1 \text{ cm}^3} = 2350 \text{ g}$$

Cantidad (g) de Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) necesario para preparar 1 litro de solución al 1 %

$$2350 \text{ g} \times \frac{1\%}{65\%} = 36.124 \text{ g}$$

- Una vez ya preparada la solución de Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 1%, se vierten 10 ml de la misma, en 500 ml de agua y con esta solución se pasa a realizar el lavado de las hojas, retirando todas las impurezas que esta puede llegar a tener.

Fig 3-15 Limpieza y desinfección de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

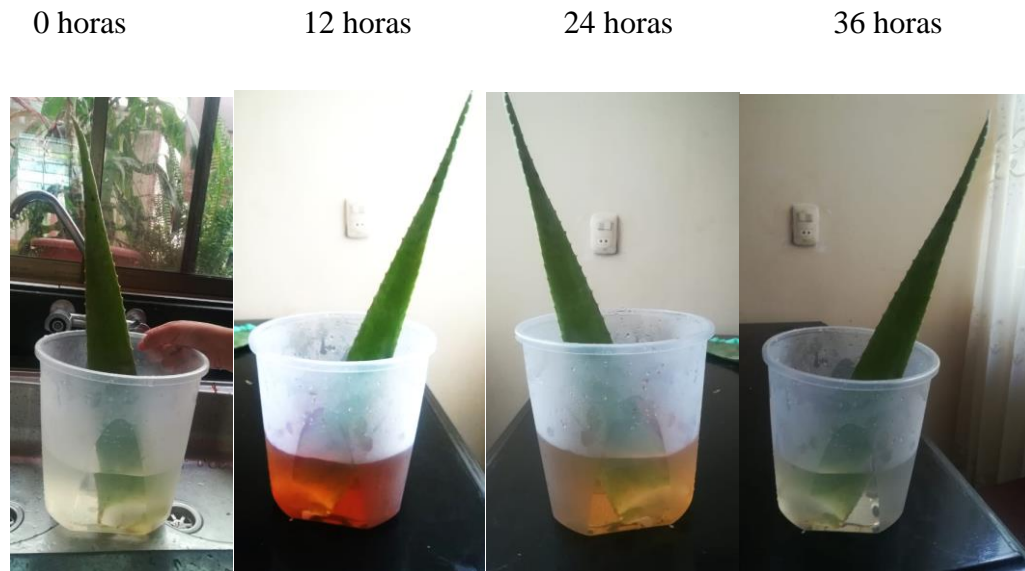
En la Fig 3-15, se muestra el lavado y la desinfección que se realizó para cada hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) recolectada.

3.9.2 Decantación de la aloína

Una vez que se laven y desinfecten las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se pasa a retirar la aloína característica de esta planta, la cual da la sensación de amargor en la hoja y también causa la oxidación de la misma. Para retirar la aloína presente en la hoja, se debe dejar la hoja reposando de forma vertical en una fuente con la solución bactericida, la cual ayuda a retirar la aloína. En un recipiente se debe verter 1 litro de agua y colocar 20 ml de Hipoclorito de calcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) al 1%, anteriormente preparado, la hoja debe quedar en reposo por los menos 48 horas antes de la extracción de la materia prima, se debe cambiar el agua cada 8 o 12 horas, esta etapa es muy importante, ya que si no cumple este mínimo de tiempo, corre riesgo que queden restos de aloína, provocando que el gel se oxide rápidamente y se ocasione irritaciones en la piel.

Para saber si la aloína fue retirada por completo, mediante se va cambiando el agua, se observa que el agua a desechar tiene un color menos opaco que las primeras horas.

Fig 3-16 Decantación de la aloína



Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Fig 3-16 se observa las etapas de coloración de que presenta el agua con solución bactericida que ayuda a la eliminación de la aloína contenida en la hoja.

3.9.3 Pesaje y dimensionamiento de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)

Esta etapa, nos permite realizar la caracterización física de la materia prima, ya que cada hoja recolectada, debe cumplir con los parámetros de peso y medición, para poder tener un rendimiento adecuado. Se utilizó una balanza digital para la determinación del peso y en el dimensionamiento se utilizó un vernier y regla. El tipo de mediciones que se deben realizar en la hoja, se presentan en el punto 3.10 denominado Caracterización física de la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

Fig 3-17 Pesaje y dimensionamiento de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 3-17, muestra la forma adecuada de hacer las mediciones a las diferentes zonas que tiene la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), al igual se puede observar el pesaje que se realizó a la misma.

3.9.4 Fileteado de la materia prima (hojas de Penca de Sábila)

En esta etapa es donde empieza la extracción de materia prima, con un pelador de cocina de acero inoxidable, se debe retirar las espinas que contienen las hojas en sus laterales de la capa externa, seguidamente se pasa a cortar la capa superficial de la hoja, el Fig 3-18 se muestra el tipo de corte que se realizó en la hoja. El tipo de material de corte utilizado en esta etapa, permitió optimizar la obtención de extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), ya que, el fileteado que realiza este tipo de material es fino, en

cambio, si se utiliza un cuchillo para el corte, el retirado de la capa sería más grueso, por lo tanto, se desecharía más extracto, haciendo que el proceso tenga pérdidas.

Fig 3-18 Fileteado de la materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.5 Extracción de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

La extracción de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) se la realizó con una espátula de palo, esto se debe a que el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) es muy susceptible a oxidación, es por eso que no se debe utilizar un material metálico para la extracción.

Para retirar el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se debe sostener de la punta de la hoja, y comenzar a raspar con la espátula de madera, retirando todo el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) posible, como se muestra en la Fig 3-19. Seguidamente se debe pasar a colocar en un vaso de precipitado.

Fig 3-19 Extracción de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.6 Trituración de la muestra

Esta etapa hace referencia a la homogeneización del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se tritura la muestra extraída de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), por un tiempo de 5 min, hasta que no quede ningún tipo de grumos y esté completamente líquida. En la Fig 3-20, se muestra cómo se trituró el extracto y el tipo de equipo que se utilizó para esta etapa.

Fig 3-20 Trituración de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.7 Filtración de la muestra

Una vez homogeneizada la muestra, se pasa a filtrar con dos coladores para retirar las impurezas que se tenga en la muestra, el primer colador que se utilizó es de acero inoxidable, la segunda colación se realizó con un colador de plástico de doble malla, para asegurar, en la Fig 3-21, se observa cómo se hizo la colación de la muestra extraída.

Fig 3-21 Filtración de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.8 Pesaje de la muestra obtenida

Cuando la muestra se encuentra libre de impurezas, se pasa a pesar la cantidad y medir el volumen de extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) final obtenido, el pesaje se realizó con una balanza digital y el volumen se midió con un vaso de precipitado. A continuación, en la Fig 3-22 se muestra cómo se pesó el extracto.

Fig 3-22 Pesaje de la muestra obtenida



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.9 Adición de antioxidantes a la muestra

Una vez conocido el volumen y pesaje del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se pasa a agregar los antioxidantes, las cantidades de antioxidantes a agregar, depende del volumen de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) obtenido, se debe añadir de acuerdo a la formulación que se tiene en la Tabla III-15, luego de añadir los antioxidantes, se debe agitar con una varilla de vidrio y no de material metálico, así como se muestra en la Fig 3-23. El uso de la varilla de vidrio evita la oxidación tanto del extracto de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*) y el Ácido ascórbico, Vitamina C ($C_6H_8O_6$), ya que, si bien es un buen antioxidante para el extracto, tiende a oxidarse con el contacto de materiales metálicos no inoxidables y a la exposición de la luz solar en estado líquido.

Fig 3-23 Adición de antioxidantes a la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.10 Desaireación de la muestra

Esta etapa como se puede observar en la Fig 3-24, se realizó en un rotavapor, debido a que este equipo trabaja al vacío, haciendo que este retire todas las burbujas de aire encontradas en el extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), estas burbujas, se formaron en la etapa de trituración, debido al tipo de aspás que contiene el triturador, además, la etapa de desaireación, ayuda a mejorar la vida útil del extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*). Sólo se deben ingresar 200 a 250 ml de extracto, ya que, si se ingresa más cantidad, no se puede observar si la cantidad de burbujas presentes en el gel se están minimizando. El extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se debe someter al vacío por un tiempo de 20 min a una temperatura de 40 °C y 150 RPM (Revoluciones Por Minuto), para asegurar, la eliminación de las burbujas.

Fig 3-24 Desaireación de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.11 Medición del pH

La medición del pH, la cual se muestra en la Fig 3-25, tiene como fin evitar el pardeamiento del extracto y mejorar el sabor del mismo, este debe estar entre 3.0 a 3.5, así mismo, el control del pH ayuda a la gelificación del extracto, ya que a un pH muy elevado el extracto no gelificará e inclusive puede causar irritación en la piel, es por eso que se debe tener un control adecuado del mismo, para que así al final del proceso se tenga un pH entre 4 a 7, para no causar ninguna afección en la dermis de las personas.

Fig 3-25 Medición del pH



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.12 Pasteurización de la muestra

La pasteurización, como se observa en la Fig 3-26, es una etapa que previene la pérdida de actividad biológica del extracto, el tiempo y la temperatura que se maneja en esta etapa del proceso son muy cruciales para la determinación de la densidad del extracto, debido a que a un mayor tiempo de pasteurización y una temperatura, el extracto se vuelve más líquido y pierde sus propiedades, en cambio a menor temperatura y menor tiempo, mantiene sus propiedades y no se pierde su actividad biológica, los tiempos y temperaturas recomendables para la pasteurización del extracto son:

Tiempo: 20 – 30 min

Temperatura: 60 – 70 °C

Fig 3-26 Pasteurización de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.13 Enfriamiento de la muestra

El proceso de enfriamiento, como se muestra en la Fig 3-27, se debe realizar de manera súbita hasta 5°C durante 15 min, pero el equipo que se utilizó para el enfriamiento del gel, se lo programo a un descenso de temperatura de -10°C, para que así dentro del

recipiente que contiene al extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), alcance la temperatura de 5°C.

Fig 3-27 Enfriamiento de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.14 Gelificación y adición de conservantes de la muestra

La gelificación como se observa en la Fig 3-28, es el proceso mediante el cual se forma un gel. Mediante este proceso lo que se busca es espesar y estabilizar las soluciones líquidas, emulsiones y suspensiones.

El extracto inicial obtenido hasta el proceso de enfriamiento, se lo conoce como geles Mucílago y Fase Líquida, se consideran como geles no móviles moderadamente deformables. Este extracto al ser gelificado, se observa que su durabilidad del sistema, al alcanzar la temperatura ambiente pierde moderadamente la consistencia líquida que presentaba en un inicio, pero sin llegar a tomar un aspecto sólido.

El conservante se debe añadir antes de que el extracto tome una consistencia de gel, este se debe añadir en forma líquida, se debe mezclar con la glicerina antes de agregar al extracto, ya que, si se lo agrega directo al gel, este no podrá gelificar, el conservante

a agregar es uno de los excipientes fundamentales para ayudar a elevar el pH del extracto y este se encuentre en el parámetro aceptable de geles para uso cosmético.

El extracto en esta etapa al mezclarse con dos excipientes, se debe utilizar un mezclador con aspas de tipo helicoidal, debido a que estas ayudaran a que el extracto se gelifique y evitara la formación de burbujas en el gel, para así, dar un aspecto transparente, uniforme y sin la presencia de grumos. Una vez gelificado el gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se debe dejar en reposo por 24 horas, debido a que el agente gelificante añadido debe hidratarse, para tener una consistencia final en forma de gel, estado semisólido.

Fig 3-28 Etapa de gelificación y adición de conservantes



Fuente: Elaboración propia, 2019

3.9.15 Envasado y presentación de la muestra

La muestra final, obtenida luego de las 24 horas de hidratación, pasa por el control de calidad y posteriormente se envasa en botellas de plástico aptas para envasar productos gelificados y se almacena en un lugar a temperatura ambiente, evitando la exposición al sol, para su posterior análisis sensorial.

Fig 3-29 Envasado y etiquetado del producto final



Fuente: Elaboración propia, 2019

Como muestra la Fig 3-29, el producto final fue envasado en un dispensador de gel tipo puff, con una cantidad de almacenamiento de aproximadamente 200 ml, el envase cuenta con un dispositivo en la parte superior, denominado puff que facilita el modo de uso del gel, el cual evita que el producto tenga un contacto directo con el aire y tenga un tiempo de vida más largo.

3.9.16 Evaluación sensorial del producto final

La evaluación sensorial se realizó con la finalidad conocer las propiedades del producto final, además de conocer la aceptación del producto ante el público, en base a estos resultados se determinó, cuál de los geles obtenidos, presentó mejor consistencia, según la aprobación de los sujetos evaluadores. Esta evaluación se basa en la aplicación del producto calificando cada uno de los atributos señalados.

Fig 3-30 Análisis sensorial del producto final, gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico



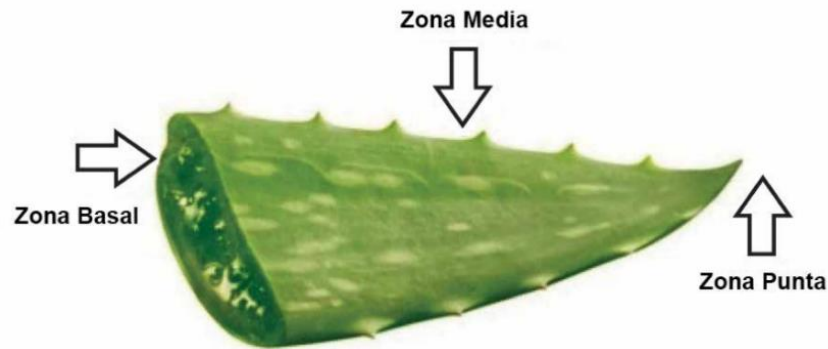
Fuente: Elaboración propia, 2019

Para la evaluación sensorial, se brindó una hoja de evaluación a las personas sometidas a esta prueba, en donde esta explicaba los pasos a seguir para llevar a cabo el análisis de cada muestra. El análisis sensorial se realizó tanto a los 8 experimentos, como a sus réplicas, para luego analizar si existe algún tipo de cambio notable entre el primer experimento y su réplica.

3.10 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA HOJA DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*)

Para la caracterización de la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se debe en tomar en cuenta, las zonas que tiene la hoja, para hacer sus respectivas mediciones. Las zonas deben ser medidas con un vernier, para tener mayor precisión.

Fig 3-31 Identificación de las zonas en hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) para mediciones de las características físicas.



Fuente: (Charry, 2013)

Una vez conocidas las zonas que tiene la hoja, se pasa a dar las medidas ideales que deben tener:

Ancho basal de la hoja de aloe vera (mm): 66 - 91

Espesor Basal de la hoja de aloe vera (mm): 17 - 26

Ancho medio de la hoja de aloe vera (mm): 37 - 64

Espesor medio de la hoja de aloe vera (mm): 11 - 29

Ancho de la punta de la hoja de aloe vera (mm): 5 - 29

Espesor de la punta de la hoja de aloe vera (mm): 1 - 5

Además de las anteriores características, la hoja de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), presenta otras características, las cuales son:

- **Peso de la hoja**

La hoja debe tener un peso de 400 a 550 g. Esto es importante ya que se deben de tomar en cuenta para la conversión de hoja fresca a gel, dado que se reporta que el índice de

conversión debe ser entre 60 a 90 % para que sea redituable su industrialización. En general las características físicas agronómicas como el peso de la hoja de sábila, es donde se debe enfocar un mayor manejo en relación al desarrollo de las hojas, lo cual está muy ligado al volumen de las hojas, que a su vez es un indicador importante para el rendimiento de la planta

- **Longitud de la hoja**

La hoja debe tener una longitud entre 41 a 56 cm o más. La longitud de la hoja dependerá de los años que tenga la planta de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

3.11 CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO, GEL NATURAL DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*), PARA USO TÓPICO

El control de calidad del producto terminado tiene como propósito determinar si una formula farmacéutica y/o cosmética posee las características de calidad establecidas previamente, para que el medicamento cumpla el objeto para el cual fue fabricado de manera segura y eficaz.

3.11.1 Determinación del olor del gel

Con una tira de papel secante se introdujo en un extremo en la muestra de ensayo y se apercibió y se determinó la característica de olor que presentó el producto.

3.11.2 Determinación del color del gel

En un tubo de ensayo limpio y seco se llenó con la muestra hasta las tres cuartas partes del mismo y se observó el color, la transparencia, la presencia de partículas y la separación en sepas.

3.11.3 Determinación de la presencia de grumos del gel

Se tomó una pequeña cantidad del gel con los dedos y se aplicó suavemente en el dorso de la mano y se observó si hay presencia o ausencia de grumos.

3.11.4 Determinación de untuosidad al tacto del gel

Se tomó una pequeña cantidad del gel con los dedos y se aplicó suavemente en el dorso de la mano y se observó si hay presencia o ausencia de grasa por parte del gel. Lo que se busca con la untuosidad si es lipofílica o hidrofílica.

3.11.5 Determinación de la extensibilidad de un gel

Se pesó 0.2 a 0.02 g de muestra a 25 °C se presiona entre dos superficies de vidrio sobre las cuales se adiciona una pesa de 100 g durante 1 minuto. El área originada es la variable respuesta.

3.11.6 Determinación del pH

Se mide en el medidor del pH previamente calibrado con soluciones tampón de pH 4 y 7. Sacar el electrodo del tampón lavar con agua destilada y secar con papel filtro. En otro caso se coloca la muestra (gel) e introducir el electrodo limpio homogenizar y determinar el pH.

3.11.7 Termorresistencia

Se aplica una muestra de gel y se deja por 12 horas o más a una temperatura de 37 °C, no se debe evidenciar cambios físicos ni químicos.

3.12 ENSAYO DE ACTIVIDAD, CUIDADO DE LA PIEL, REDUCCIÓN DEL ACNÉ, PIELES IRRITADAS POR EL SOL Y CICATRIZANTE

3.12.1 Reclutamiento de sujetos voluntarios

Se realizó la selección de los sujetos que participaron en el estudio, tomando en cuenta el riesgo-beneficio, confidencialidad y consentimiento informado. En esta investigación se han tomado en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Que los riesgos a los sujetos sean mínimos.

- Los beneficios deben ser mayores que el riesgo que puedan correr los sujetos participantes.
- Existencia de un consentimiento informado adecuado que garantice la confidencialidad del sujeto voluntario y la privacidad de su identidad.

Los sujetos voluntarios llenaron un formulario de reclutamiento (ver Anexo 11), en el cual se consideraron los siguientes criterios que permitieron incluir o excluir al sujeto de la participación:

- Edad
- Genero
- Ocupación
- Tipo de piel y afecciones cutáneas presentes
- Reacción de la piel luego de exposición solar
- Hábito de tabaquismo
- Hábitos de licor
- Uso de maquillaje
- Tiempo de exposición solar
- Uso de medicamentos tópicos o sistémicos
- Enfermedades

Luego de haber cumplido con estos criterios, se les asignó a los participantes un código.

3.12.2 Consentimiento informado

El consentimiento informado (Anexo 12 y Anexo 13), se explica claramente toda la información necesaria sobre los posibles riesgos, beneficios, derechos y obligaciones relacionadas a la participación en el estudio, en la que estipula la opción de no participar. Se informó el objetivo académico de la investigación, manteniendo la privacidad de las personas y confidencialidad de la información recolectada.

3.12.3 Protocolo de aplicación del producto

Se definió un procedimiento estandarizado de aplicación del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) en los participantes del estudio (Anexo 14), el cual garantiza el

cumplimiento de la correcta aplicación al ser explicado de manera verbal y entregado por escrito.

Para verificar la aplicación diaria del producto se realizaron mediciones del peso inicial y a los 30 días de su aplicación (para los lotes producidos), confirmando su uso al disminuir aproximadamente un gramo a dos por cada día aplicado.

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

Se emplearon 10 personas de diferentes géneros, de edades entre 3 y 63 años, habitantes del departamento de Tarija. Se mantuvieron 30 días a prueba aquellas personas que presentaban afecciones cutáneas, es decir, aplicándose el gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), por lo menos una vez al día, en cambio, aquellos sujetos sin ningún tipo de afecciones cutáneas, estuvieron a prueba por 7 días aplicándose el producto en cinco zonas de su cuerpo, los cuales son: brazos, cuellos, rostro, pies y manos. La aplicación de la primera semana del gel, se debía observar que el producto, no produzca ningún tipo de irritación en la piel.

En los casos del mejoramiento, cuidado de la piel, reducción del acné e irritaciones en la piel a causa del sol se registró la actividad del gel en la piel, con la captura de fotos, las cuales se tomaron al inicio y al final del ensayo, haciendo una comparación de los mismos.

Para la cicatrización, se tuvo que medir la longitud de la herida, tanto al inicio como la finalización del tratamiento, de la misma forma que los anteriores casos, también se tomaron fotografías al inicio y al final del proceso.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y
DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL

La prueba o evaluación sensorial, se realizó, para poder observar la aceptación del producto obtenido, ante los jueces o panelistas escogidos al azar (ver Anexo 17). Los jueces tuvieron que calificar 16 muestras, es decir, calificaron las 8 muestras más sus réplicas, esto se hizo para así, poder verificar que las características sensoriales, dieran resultados similares tanto para la muestra como para la réplica, haciendo que esta sea otra forma de certificación, que la réplica no salió distinta a la primera muestra.

Para llevar a cabo una evaluación sensorial más estratégica, se realizó la evaluación sensorial por el método de pruebas efectivas, ya que los jueces seleccionados, no estaban entrenados para realizar la prueba, eran sujetos al azar que, al momento de realizar las pruebas, se les explicó lo que debían hacer con cada muestra.

4.1.1 Explicación del significado de la evaluación sensorial

La aceptación del producto se evaluó basándose en las características sensoriales como el aroma primario, aroma en la piel, untuosidad, efecto hidratante, efecto refrescante, pegajosidad y textura, utilizando una escala hedónica de 5 puntos lo cual se muestran en el Cuadro IV-1

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

Escala de medición	Puntaje
Excelente	5
Bueno	4
Regular	3
Malo	2
Muy malo	1

Fuente: Elaboración propia, 2019

El análisis sensorial se llevó a cabo en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Los geles naturales de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) elaborados, fueron analizados sensorialmente por un panel no entrenado, conformado por un grupo de 25 personas, entre estudiantes y docentes de los cuales 13 eran del sexo femenino y 12 masculinos, entre edades de 21 y 64 años.

Se estableció reglas para poder realizar las pruebas, se aseguró que los evaluadores no usaran perfume, en caso de usar perfume, se pasó a realizar una limpieza en las zonas (antebrazos) a colocar el producto, con agua y discos de algodón. Se redactaron los formularios para las pruebas con instrucciones claras y precisas que no indujeran al error.

Concluidas las evaluaciones la información se tabuló en forma manual y se determinaron los porcentajes mediante un gráfico, con el fin de hacer un análisis más objetivo de los datos recabados.

4.1.2 Presentación gráfica de los resultados obtenidos en la prueba sensorial

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en la prueba sensorial:

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 (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma primario (al abrir el envase), para la selección de este carácter, en la Tabla IV-1 se denota que la muestra M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 4 y 3.64 puntos, al igual que en sus muestras replicas MR7 (muestra réplica 7) y MR8 (muestra réplica 8), en donde también mantienen los puntajes más altos.

Tabla IV-1 Evaluación Sensorial atributo Aroma Primario

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	4	4	4	3	4	4	5	5
2	3	3	3	4	5	3	5	5
3	4	4	4	5	4	4	4	5
4	4	4	3	3	3	4	4	4
5	4	4	5	5	4	5	5	3
6	2	1	1	3	3	3	5	3
7	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	3	3	3	4	2	3	4
9	3	3	3	3	3	3	2	3
10	3	3	2	4	2	4	4	2
11	3	3	4	3	2	3	3	3
12	3	3	3	4	3	4	4	4
13	4	3	4	5	4	5	5	3
14	4	4	4	4	4	4	4	4
15	1	1	1	3	3	3	5	2
16	3	4	4	3	3	4	4	5
17	2	3	4	4	3	3	5	3
18	4	5	5	3	4	4	2	4
19	1	5	4	3	5	4	4	3
20	2	1	1	3	2	3	4	1
21	3	3	3	2	3	3	4	3
22	3	4	4	3	4	3	3	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	2	3	4	2	1	4	5
25	4	3	4	2	3	4	4	5
PROMEDIO	3.2	3.24	3.36	3.48	3.4	3.52	4	3.64

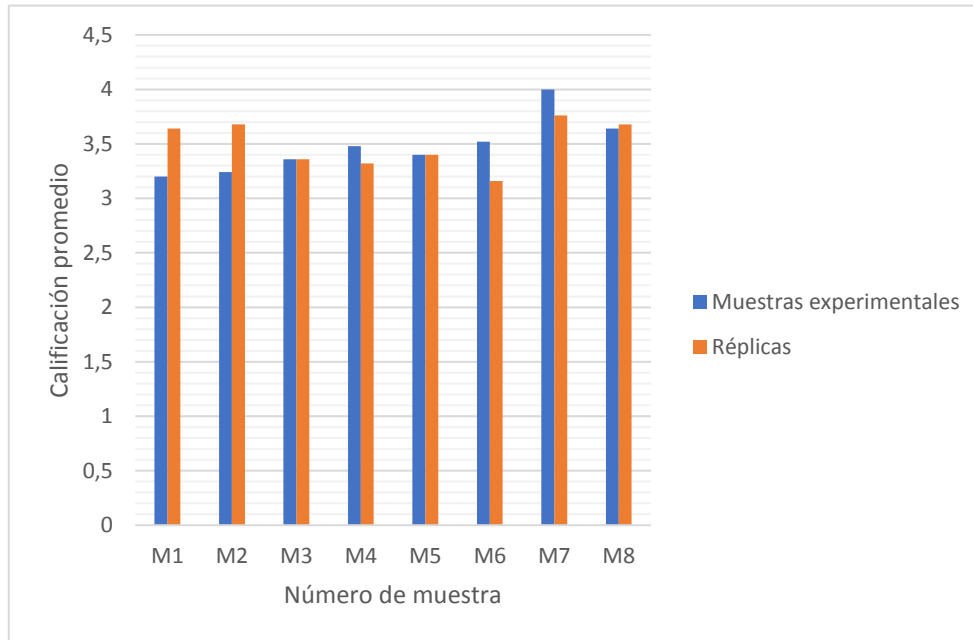
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-2 Evaluación Sensorial atributo Aroma Primario en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	4	5	5	4	3	3	4	5
2	3	4	3	4	4	3	5	3
3	4	4	4	5	4	4	5	4
4	3	4	4	3	2	2	3	3
5	4	4	5	3	5	3	2	5
6	3	3	3	3	4	3	3	3
7	4	4	4	4	4	4	4	4
8	3	4	3	2	3	3	3	2
9	3	3	3	3	3	3	3	5
10	4	2	4	2	1	2	3	3
11	3	3	3	3	3	3	3	3
12	4	4	4	4	3	4	4	4
13	4	4	3	5	5	4	3	2
14	5	4	4	4	4	4	4	4
15	3	2	3	2	4	1	2	3
16	4	5	4	5	4	4	4	3
17	4	3	3	3	4	3	4	5
18	4	5	5	5	4	4	3	2
19	5	4	3	4	2	3	5	4
20	2	3	1	1	3	1	5	4
21	3	4	2	2	2	3	5	4
22	3	3	4	3	3	4	5	3
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	3	1	2	3	4	4	5
25	4	4	2	3	4	3	4	5
PROMEDIO	3.64	3.68	3.36	3.32	3.4	3.16	3.76	3.68

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-1 Promedio de aceptación - Aroma Primario



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-1 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M7 y M8 con sus respectivas réplicas

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 (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-3 se denota que la muestra M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 3.84 y 3.8 puntos, al igual que en la Tabla IV-4 las muestras replicas MR7 (muestra réplica 7) y MR8 (muestra réplica 8), en donde también mantienen los puntajes más altos.

Tabla IV-3 Evaluación Sensorial atributo Aroma en la piel

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	4	4	3	4	5	4	3	5
2	3	3	3	4	3	4	5	5
3	5	4	5	4	4	4	3	3
4	3	4	3	3	4	4	4	3
5	4	5	5	4	3	5	5	4
6	2	1	2	3	4	4	5	3
7	4	4	4	4	5	4	4	4
8	3	3	2	2	3	4	3	4
9	3	3	3	3	3	3	3	5
10	3	2	2	1	2	4	4	2
11	3	4	3	4	2	3	3	3
12	3	3	3	3	3	4	4	4
13	5	3	5	4	2	4	5	4
14	4	4	4	4	4	4	4	4
15	3	3	3	3	3	3	5	4
16	4	4	4	3	3	4	4	5
17	3	3	5	3	4	4	3	5
18	3	4	4	4	5	5	3	5
19	2	3	4	3	5	5	3	2
20	1	2	2	1	2	1	2	3
21	3	3	2	2	3	3	4	2
22	3	4	4	3	4	3	3	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	3	2	4	3	1	2	5	4
25	3	3	4	4	3	5	5	4
PROMEDIO	3.24	3.28	3.48	3.2	3.36	3.76	3.84	3.8

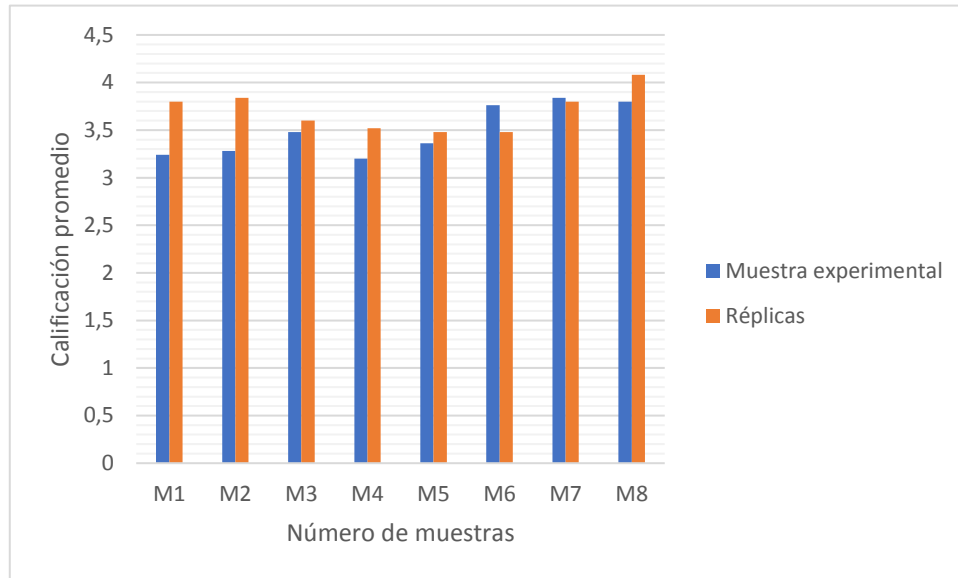
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-4 Evaluación Sensorial atributo Aroma en la piel de las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	4	4	5	3	3	4	4	4
2	5	5	3	3	4	4	4	5
3	5	4	5	5	5	5	4	4
4	4	4	4	3	3	3	4	3
5	5	4	3	2	4	4	4	5
6	3	3	3	4	5	4	3	4
7	4	4	4	4	4	4	3	3
8	3	4	2	3	4	4	4	3
9	3	3	3	3	3	3	3	5
10	3	3	3	3	1	2	3	3
11	4	3	4	3	3	3	3	3
12	4	4	4	4	5	4	4	4
13	3	4	2	5	4	3	3	4
14	5	4	4	4	4	4	4	4
15	3	3	3	4	3	3	3	3
16	4	5	4	4	3	4	4	5
17	4	4	3	3	5	3	4	5
18	4	4	4	4	5	4	3	3
19	5	5	4	5	3	4	4	5
20	4	5	5	3	2	2	5	5
21	3	4	3	2	3	3	5	5
22	3	3	4	3	3	4	3	5
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	2	1	3	4	2	1	5	4
25	4	5	4	3	2	4	5	4
PROMEDIO	3.8	3.84	3.6	3.52	3.48	3.48	3.8	4.08

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-2 Promedio de aceptación - Aroma en la piel



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-2 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M7 y M8 con sus respectivas réplicas

4.1.2.3 Evaluación sensorial del atributo untuosidad para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-5 se denota que la muestra M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 3.84 y 3.8 puntos, al igual que en la Tabla IV-6 las muestras replicas MR7 (muestra réplica 7) y MR8 (muestra réplica 8), en donde también mantienen los puntajes más altos.

Tabla IV-5 Evaluación Sensorial atributo Untuosidad

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	5	4	2	3	4	4	3	5
2	3	4	4	4	4	5	5	5
3	5	5	3	4	5	4	3	5
4	4	5	4	4	3	4	3	4
5	3	4	3	5	4	4	5	5
6	3	3	3	3	4	3	4	5
7	3	4	5	5	4	3	4	5
8	4	3	5	5	4	4	3	3
9	3	3	5	2	3	3	1	2
10	4	5	1	2	2	2	5	2
11	2	5	3	4	2	4	3	4
12	3	3	3	4	5	4	3	3
13	3	5	4	3	5	4	5	5
14	4	4	4	5	4	4	4	5
15	3	3	5	3	3	4	5	3
16	5	5	4	3	4	3	4	4
17	4	3	3	4	2	3	4	5
18	4	5	5	5	4	4	4	2
19	5	2	5	4	3	3	4	2
20	1	4	4	3	2	3	4	4
21	4	4	3	4	4	3	4	2
22	3	4	4	3	4	3	3	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	3	1	2	3	4	5	5	4
25	4	2	4	3	4	4	4	5
PROMEDIO	3.56	3.76	3.68	3.68	3.64	3.64	3.84	3.88

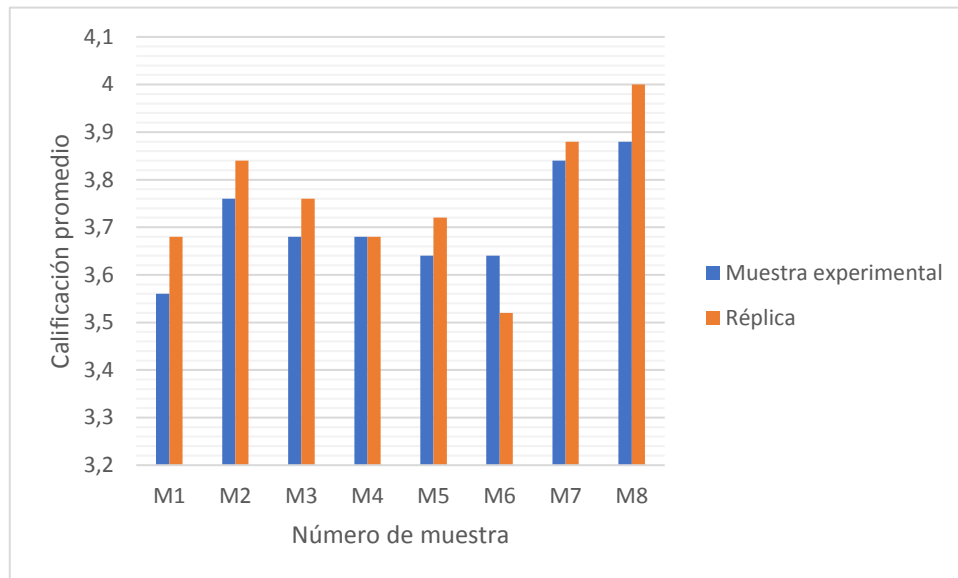
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-6 Evaluación Sensorial atributo Untuosidad en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	5	5	3	3	4	3	3	5
2	4	5	4	3	4	4	4	5
3	5	4	3	4	5	4	4	5
4	4	5	4	4	3	4	5	4
5	4	4	5	4	3	4	4	3
6	3	4	4	5	4	4	4	4
7	3	3	4	3	5	5	5	4
8	4	3	4	3	4	4	5	5
9	4	4	4	4	3	4	3	4
10	4	4	4	4	3	2	1	4
11	3	5	3	3	4	2	3	3
12	4	4	4	4	3	3	3	3
13	4	4	2	4	3	3	4	5
14	3	4	4	4	4	4	4	4
15	3	3	5	3	3	3	5	4
16	4	3	5	4	5	4	4	3
17	3	4	4	4	3	3	5	4
18	4	5	5	4	4	5	4	4
19	5	3	3	4	5	4	4	2
20	4	3	5	4	3	3	2	4
21	4	3	3	3	4	4	3	5
22	3	3	4	3	3	4	5	3
23	4	4	4	4	4	3	4	4
24	1	3	2	3	4	1	5	4
25	3	4	2	4	3	4	4	5
PROMEDIO	3.68	3.84	3.76	3.68	3.72	3.52	3.88	4

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-3 Promedio de aceptación - Untuosidad



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-3 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M7 y M8 con sus respectivas réplicas.

4.1.2.4 Evaluación sensorial del atributo efecto hidratante para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-7 se denota que la muestra M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 4.08 y 4.08 puntos, al igual que en la Tabla IV-8 las muestras replicas MR7 (muestra réplica 7) y MR8 (muestra réplica 8), en donde también mantienen los puntajes más altos.

Tabla IV-7 Evaluación Sensorial atributo Efecto Hidratante

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	5	4	3	4	3	4	5	5
2	4	5	5	4	5	4	4	4
3	4	5	3	4	5	5	3	5
4	4	4	3	3	3	4	4	4
5	4	5	4	3	5	4	5	5
6	3	3	4	4	4	5	5	4
7	4	5	5	5	4	3	4	4
8	3	3	5	3	4	3	4	4
9	3	3	3	3	3	3	4	4
10	4	5	4	4	2	3	3	2
11	4	4	4	5	4	4	4	4
12	3	4	3	4	3	4	4	4
13	3	4	5	4	3	4	5	3
14	4	4	4	5	4	4	4	5
15	5	5	3	3	4	4	3	3
16	3	4	4	5	4	5	4	4
17	3	5	3	4	3	3	3	5
18	3	4	4	4	5	4	5	4
19	4	4	4	5	5	4	5	4
20	4	3	5	2	4	5	4	5
21	5	5	5	4	4	3	4	3
22	5	4	4	3	4	3	3	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	4	1	3	2	2	3	4	5
25	3	2	4	3	5	4	5	4
PROMEDIO	3.8	3.96	3.92	3.76	3.84	3.84	4.08	4.08

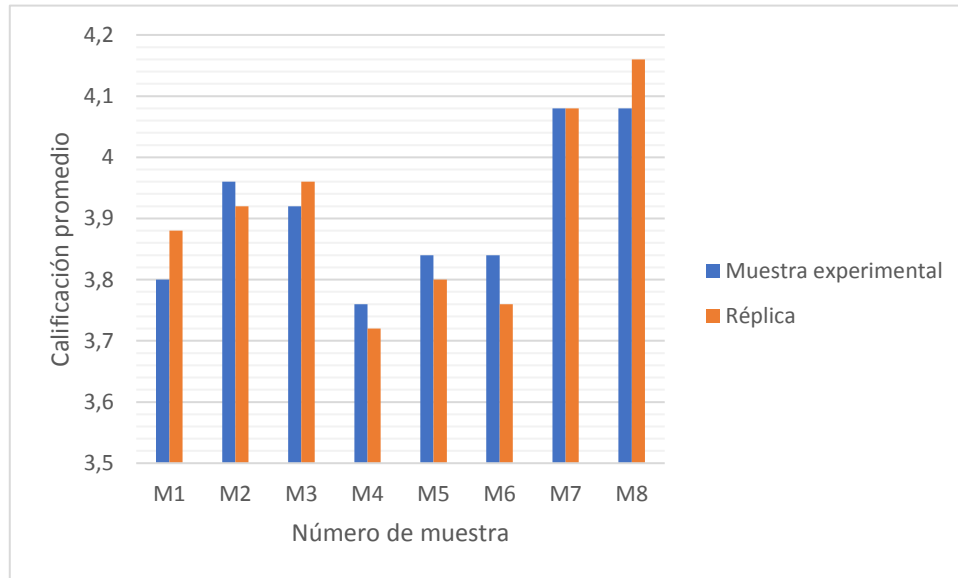
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-8 Evaluación Sensorial atributo Efecto Hidratante en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	5	5	4	4	5	4	4	5
2	4	5	4	4	5	4	4	5
3	5	4	3	3	4	5	3	3
4	3	4	4	2	4	5	4	2
5	4	4	3	5	3	5	4	5
6	5	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4	4	4
8	4	4	3	4	5	5	3	4
9	4	4	4	4	4	4	5	4
10	4	3	4	4	2	3	4	5
11	4	3	4	3	4	3	4	5
12	4	4	4	4	4	4	4	4
13	3	3	4	3	4	4	4	3
14	4	3	4	4	5	4	4	4
15	3	3	4	3	4	3	4	5
16	5	5	5	4	3	4	4	3
17	3	4	4	4	3	3	5	4
18	5	4	4	3	3	3	4	5
19	5	5	5	5	3	5	5	5
20	3	5	4	5	4	4	5	5
21	3	4	3	4	4	3	4	4
22	3	4	4	3	3	4	3	3
23	5	5	5	4	4	4	4	4
24	2	3	4	3	2	1	4	5
25	3	2	4	3	5	2	5	4
PROMEDIO	3.88	3.92	3.96	3.72	3.8	3.76	4.08	4.16

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-4 Promedio de aceptación - Efecto Hidratante



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-4 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M7 y M8 con sus respectivas réplicas.

4.1.2.5 Evaluación sensorial del atributo efecto refrescante para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-9 se denota que la muestra M3 (muestra 3), M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 3.96, 3.96 y 4.08 puntos, al igual que en la Tabla IV-10 las muestras replicas MR3 (muestra réplica 3), MR7 (muestra réplica 7) y MR8 (muestra réplica 8), en donde también mantienen los puntajes más altos.

Tabla IV-9 Evaluación Sensorial atributo Efecto Refrescante

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	4	3	4	3	3	5	4	5
2	5	5	5	4	5	4	4	5
3	4	4	3	3	5	5	4	4
4	4	3	4	4	3	3	3	3
5	5	5	4	4	5	5	5	4
6	4	4	4	4	4	5	4	4
7	5	5	5	5	4	3	4	4
8	5	4	4	4	4	3	4	4
9	2	2	3	3	3	3	3	4
10	5	3	4	3	2	3	3	2
11	4	4	4	4	3	4	4	4
12	3	4	4	4	4	4	4	4
13	4	3	4	5	5	5	4	4
14	4	4	4	5	4	4	4	5
15	4	4	4	4	4	4	4	4
16	4	4	5	4	5	5	5	5
17	4	3	2	3	5	3	5	5
18	4	5	5	4	4	4	4	3
19	5	5	5	4	5	4	3	5
20	4	5	4	4	5	3	5	4
21	3	3	2	4	3	3	4	3
22	5	4	4	3	4	3	3	4
23	3	4	3	3	4	4	4	4
24	1	2	4	1	2	3	4	4
25	4	2	5	2	3	5	4	5
PROMEDIO	3.96	3.76	3.96	3.64	3.92	3.88	3.96	4.08

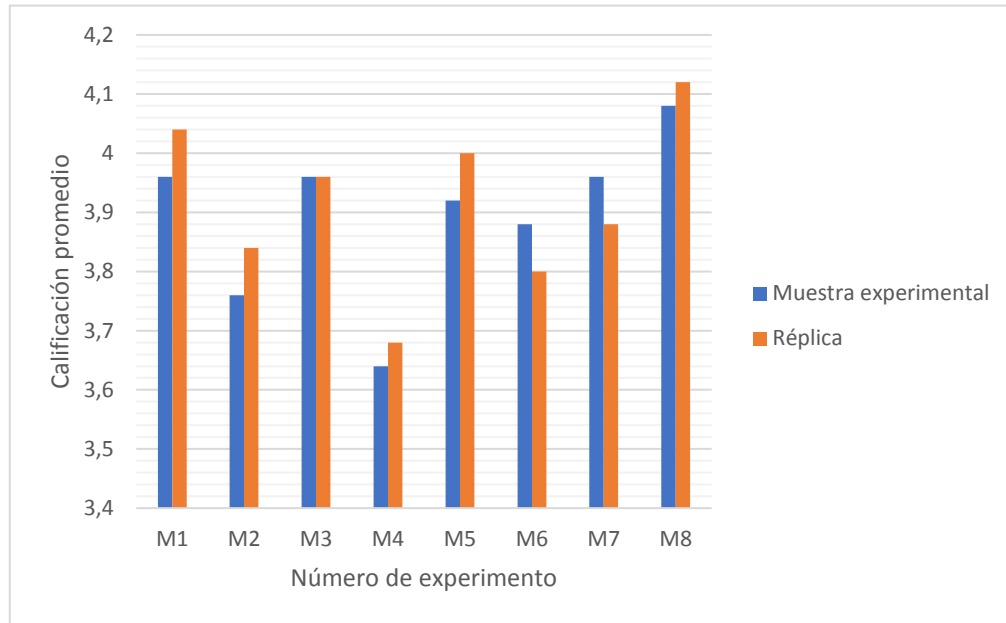
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-10 Evaluación Sensorial atributo Efecto Refrescante en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	4	4	4	3	4	3	4	4
2	4	5	4	4	5	4	4	4
3	4	4	3	4	4	4	4	3
4	4	5	4	3	5	3	3	3
5	4	5	4	4	3	4	4	5
6	4	4	4	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4	4	4	4
8	5	4	4	4	4	4	4	3
9	4	3	4	4	4	3	3	4
10	3	3	4	3	3	3	2	5
11	5	4	4	4	4	3	4	4
12	4	5	5	3	5	5	5	5
13	5	5	3	4	5	4	4	4
14	4	4	4	4	5	4	4	4
15	4	4	4	4	4	4	4	4
16	5	3	5	3	5	5	4	4
17	3	3	3	4	4	3	4	5
18	3	5	5	4	4	4	5	4
19	5	4	5	3	4	5	5	4
20	5	3	3	4	5	5	5	4
21	3	4	3	3	4	3	2	4
22	3	4	4	3	3	4	3	5
23	5	3	5	5	4	4	4	4
24	3	2	3	2	1	4	4	4
25	4	2	4	5	3	2	4	5
PROMEDIO	4.04	3.84	3.96	3.68	4	3.8	3.88	4.12

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-5 Promedio de aceptación - Efecto Refrescante



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-5 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M3 y M8 con sus respectivas réplicas.

4.1.2.6 Evaluación sensorial del atributo pegajosidad para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-11 se denota que la muestra M6 (muestra 6) y M7 (muestra 7) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 3.56 y 3.56 puntos, al igual que en la Tabla IV-12 las muestras replicas MR6 (muestra réplica 6) y MR7 (muestra réplica 7), en donde también mantienen los puntajes elevados.

Tabla IV-11 Evaluación Sensorial atributo Pegajosidad

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	3	3	2	2	3	2	2	3
2	4	4	4	4	5	4	4	5
3	5	4	2	3	5	4	3	2
4	4	4	3	4	3	5	4	4
5	4	4	3	4	2	5	5	4
6	4	4	3	4	4	5	3	4
7	4	5	5	4	4	3	3	5
8	4	4	3	4	3	3	3	3
9	2	2	3	3	4	3	2	3
10	4	1	2	3	2	1	3	2
11	3	2	2	4	2	4	3	4
12	3	3	3	3	3	3	3	3
13	5	4	5	3	3	4	4	4
14	5	4	4	4	5	4	4	4
15	2	2	2	3	4	4	3	4
16	3	3	4	3	3	4	4	4
17	3	4	4	3	5	4	4	4
18	5	4	5	3	4	5	5	2
19	1	2	3	3	2	2	3	1
20	4	3	2	1	3	4	4	3
21	3	2	3	2	4	3	3	3
22	3	4	4	3	4	3	3	4
23	3	4	3	3	4	4	4	4
24	3	2	4	1	3	3	5	5
25	2	3	4	4	2	3	5	4
PROMEDIO	3.44	3.24	3.28	3.12	3.44	3.56	3.56	3.52

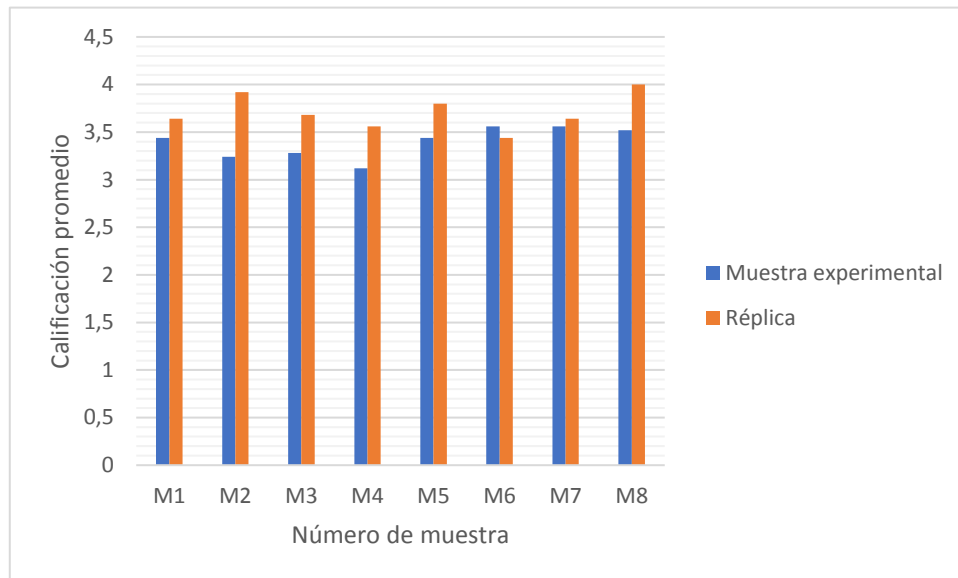
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-12 Evaluación Sensorial atributo Pegajosidad en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	3	4	4	5	4	2	2	3
2	4	4	4	4	4	4	4	4
3	5	4	4	3	5	5	3	4
4	3	4	3	5	3	2	2	5
5	3	3	5	3	5	3	3	3
6	4	4	2	3	3	4	5	4
7	4	4	4	4	4	4	5	4
8	4	5	4	3	3	3	4	5
9	4	4	4	3	4	3	5	5
10	3	3	4	4	2	3	2	3
11	4	5	3	3	5	2	3	3
12	3	3	3	3	3	3	3	3
13	3	4	2	4	3	4	5	4
14	4	4	4	4	5	4	4	4
15	3	3	3	2	3	2	3	4
16	4	5	4	4	4	4	5	4
17	5	3	4	4	5	5	3	4
18	4	4	5	5	4	4	4	5
19	5	5	3	3	5	3	4	5
20	4	4	5	3	2	2	1	5
21	4	4	3	4	3	4	4	3
22	3	3	4	3	3	4	3	3
23	5	5	5	5	4	4	4	4
24	1	4	2	2	4	5	5	5
25	2	3	4	3	5	3	5	4
PROMEDIO	3.64	3.92	3.68	3.56	3.8	3.44	3.64	4

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-6 Promedio de aceptación - Pegajosidad



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-6 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M6, M7 y M8 con sus respectivas réplicas.

4.1.2.7 Evaluación sensorial del atributo textura para la selección de la muestra de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Dentro de la escala hedónica realizada al atributo aroma en la piel para la selección de este carácter, en la Tabla IV-13 se denota que la muestra M7 (muestra 7) y M8 (muestra 8) presenta el mayor grado de aceptación en función a la calificación de los jueces con un promedio de 3.8 y 3.88 puntos, al igual que en la Tabla IV-14 las muestras replicas MR1 (muestra réplica 1), MR2 (muestra réplica 2) y MR8 (muestra réplica 8), en donde estas mantienen los puntajes elevados.

Tabla IV-13 Evaluación Sensorial atributo Textura

EVALUADOR	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
1	2	3	4	3	4	5	3	3
2	4	3	4	4	5	4	4	5
3	5	5	5	4	5	5	3	3
4	4	4	3	5	4	5	5	4
5	5	3	4	5	4	5	5	3
6	3	3	4	4	4	5	4	4
7	4	4	4	4	4	3	4	5
8	3	3	3	4	5	4	4	5
9	4	4	5	3	3	3	3	4
10	3	3	3	3	2	3	3	2
11	3	3	2	3	2	4	3	5
12	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	5	3	3	4	3	5	4
14	5	4	4	4	5	4	4	4
15	4	4	4	4	3	4	4	4
16	3	4	4	3	4	4	4	4
17	3	2	4	5	2	2	3	5
18	4	4	5	3	4	3	4	4
19	2	3	4	2	3	4	4	2
20	5	5	5	2	1	4	3	3
21	5	3	3	4	3	4	3	3
22	5	4	4	3	4	3	3	4
23	4	4	4	4	4	4	4	4
24	5	5	2	4	4	1	5	4
25	3	5	3	5	4	3	4	5
PROMEDIO	3.84	3.76	3.76	3.68	3.64	3.72	3.8	3.88

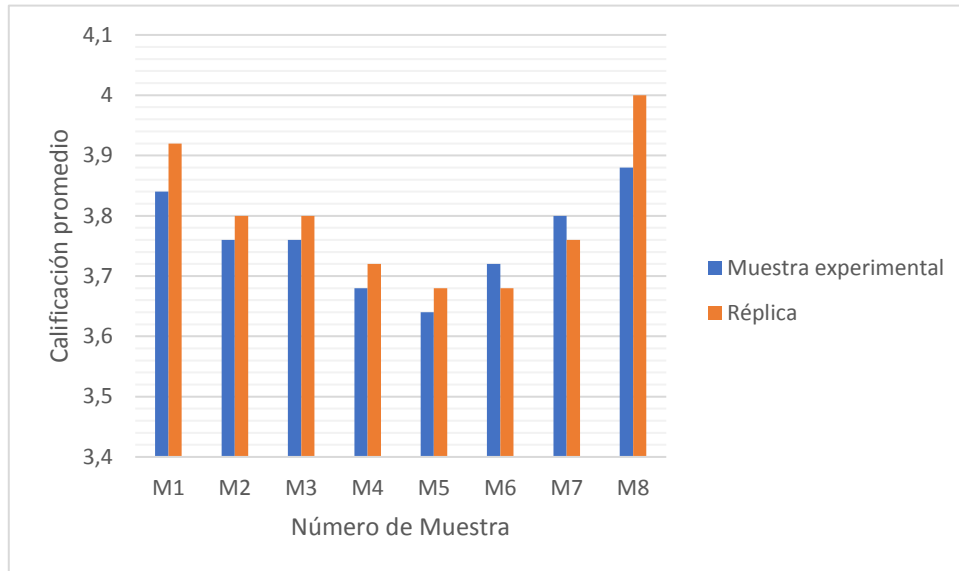
Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla IV-14 Evaluación Sensorial atributo Textura en las muestras réplicas

EVALUADOR	MR1	MR2	MR3	MR4	MR5	MR6	MR7	MR8
1	3	5	4	3	5	5	5	4
2	3	4	4	4	4	3	3	3
3	3	3	4	3	5	5	3	4
4	4	3	5	4	4	2	5	4
5	4	5	4	4	4	5	3	3
6	4	4	4	4	4	2	5	4
7	4	4	4	4	4	4	5	4
8	4	4	5	4	4	3	5	5
9	4	4	4	4	4	3	3	4
10	4	3	4	3	3	3	2	4
11	5	5	3	3	4	2	3	2
12	4	4	4	4	4	4	4	4
13	4	4	3	4	3	5	4	4
14	5	4	4	4	5	4	4	4
15	4	4	4	3	3	5	5	5
16	5	4	4	4	3	5	4	4
17	5	4	5	5	3	4	3	5
18	5	5	3	5	4	5	4	4
19	3	3	3	4	5	5	4	4
20	3	4	3	4	3	2	1	4
21	5	3	3	3	3	3	3	5
22	3	3	4	3	3	4	3	3
23	5	3	5	4	4	4	4	4
24	2	3	3	2	1	1	5	4
25	3	3	2	4	3	4	4	5
PROMEDIO	3.92	3.8	3.8	3.72	3.68	3.68	3.76	4

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-7 Promedio de aceptación - Textura



Fuente: Elaboración propia, 2019

La Fig 4-7 se puede observar la calificación promedio obtenida de la muestra experimental como de su réplica, muestran un nivel de aceptación elevado en esta figura se puede apreciar que la calificación promedio para cada muestra no difiere de la calificación de su muestra réplica, así mismo, se observa que las muestras con mayor calificación son las muestras M1 y M8 con sus respectivas réplicas.

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

4.2.1 Influencia de la temperatura, tiempo y pH, para la elaboración de gel natural de penca de sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico.

Para el análisis estadístico de los datos del diseño factorial tomados en cuenta, se utilizó el programa SPSS STATISTICS 17.0 (Statistical Package for the Social Sciences) para Windows. Mediante el análisis de Varianza Univariante, se determina la influencia de los factores tales como; la Temperatura, Tiempo y pH sobre la variable respuesta Densidad.

En la Tabla IV-15 se muestra los resultados obtenidos del proceso de elaboración a distintas velocidades, que fueron introducidos al SPSS. De acuerdo al diseño factorial elegido 2^3 con dos replicas.

Tabla IV-15 Datos para el análisis de varianza

N Exp.	Temp.	Tiempo	pH	Densidad
1	60	20	3	0.964
2	70	20	3	0.968
3	60	30	3	0.97
4	70	30	3	0.99
5	60	20	3.5	0.96
6	70	20	3.5	0.946
7	60	30	3.5	1.006
8	70	30	3.5	1.02
9	60	20	3	0.96
10	70	20	3	0.972
11	60	30	3	0.975
12	70	30	3	1
13	60	20	3.5	0.97
14	70	20	3.5	0.94
15	60	30	3.5	1
16	70	30	3.5	1.02

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se puede observar en la Tabla IV-15 de los resultados obtenidos, los experimentos que están marcados con verde son aquellos que se ajustan al parámetro de calidad de la densidad a 25°C de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

4.2.2 Análisis de modelo lineal general univariante

A continuación, en la Tabla IV-16 se muestran las variables del diseño experimental y el número de experiencias para cada variable registradas por el programa y realizadas en la parte experimental para un diseño 2^3 con dos repeticiones y un total de 16 experiencias.

Tabla IV-16 Factores Inter sujetos

		N
TEMPERATURA	-1.0	8
	1.0	8
TIEMPO	-1.0	8
	1.0	8
pH	-1.0	8
	1.0	8

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del análisis estadístico, SPSS 17.0, 2019

En la siguiente Tabla IV-17 se detalla el análisis de varianza aplicado, para probar la significancia estadística de cada factor sobre la densidad.

Tabla IV-17 Pruebas de efectos Inter sujetos

Variable dependiente: DENSIDAD					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático o promedio	F	Sig.
Modelo corregido	0.009 ^a	6	0.001	41.409	0.000
Interceptación	15.329	1	15.329	438 585.792	0.000
TEMP	0.000	1	0.000	4.651	0.059
TIEMP	0.006	1	0.006	162.013	0.000
pH	0.000	1	0.000	7.097	0.026
TEMP * TIEMPO	0.001	1	0.001	20.473	0.001
TEMP * pH	0.000	1	0.000	9.014	0.015
TIEMP * pH	0.002	1	0.002	45.207	0.000
Error	0.000	9	3.495E-5	-	-
Total	15.338	16	-	-	-
Total, corregido	0.009	15	-	-	-

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del análisis estadístico, SPSS 17.0, 2019

En el análisis de varianza, un nivel de significancia menor a 0.1 expresa que la variable o factor influye en la respuesta. En la Tabla IV-17 los factores Temperatura, Tiempo y

pH, con sus respectivas combinaciones, tiene un valor de significancia menor al indicado, por lo tanto, son significativos en el proceso con una confianza del 90%

Para encontrar el modelo matemático que mejor representa la experiencia realizada en esta investigación se toman en cuenta los factores e interacciones que si influyen según resultados del análisis de varianza y se introducen al software SPSS

Tabla IV-18 Variables entradas/eliminadas ^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	TIEMPO*pH, TEMP*pH, TEMP*TIEMPO, pH, TIEMP, TEMP ^b	.	Introducir
a. Variable dependiente: DENSIDAD b. Todas las variables solicitadas introducidas.			

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del análisis estadístico, SPSS 17.0, 2019

En consecuencia, la Tabla IV-19 muestra los coeficientes del modelo matemático que genera el software

Tabla IV-19 Coeficientes

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error estándar	Beta		
1	(Constante)	0.979	0.001		662.258	0.000
	TEMP	0.003	0.001	0.134	2.157	0.059
	TIEMPO	0.019	0.001	0.793	12.728	0.000
	pH	0.004	0.001	0.166	2.664	0.026
	TEMP*TIEMPO	0.007	0.001	0.282	4.525	0.001
	TEMP*pH	-0.004	0.001	-0.187	-3.002	0.015
	TIEMPO*pH	0.010	0.001	0.419	6.724	0.000

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del análisis estadístico, SPSS 17.0, 2019

Por lo tanto, el modelo matemático resultante es:

$$\text{Densidad } (\rho) = 0.979 + 0.003 \text{ TEMP} + 0.019 \text{ TIEMPO} + 0.004 \text{ pH} + 0.007 (\text{TEMP} * \text{TIEMPO}) - 0.004 (\text{TEMP} * \text{pH}) + 0.010 (\text{TIEMPO} * \text{pH})$$

Esta ecuación relaciona específicamente los niveles de los factores Temperatura, Tiempo y pH del diseño experimental planteado en esta investigación, de manera que la respuesta densidad sea representativa de los resultados obtenidos en la experiencia.

Al obtener este modelo matemático, podemos determinar que las condiciones óptimas para la elaboración de gel natural son realizando el experimento número 8, ya que sus resultados se ajustan tanto a la norma de calidad, como al modelo matemático.

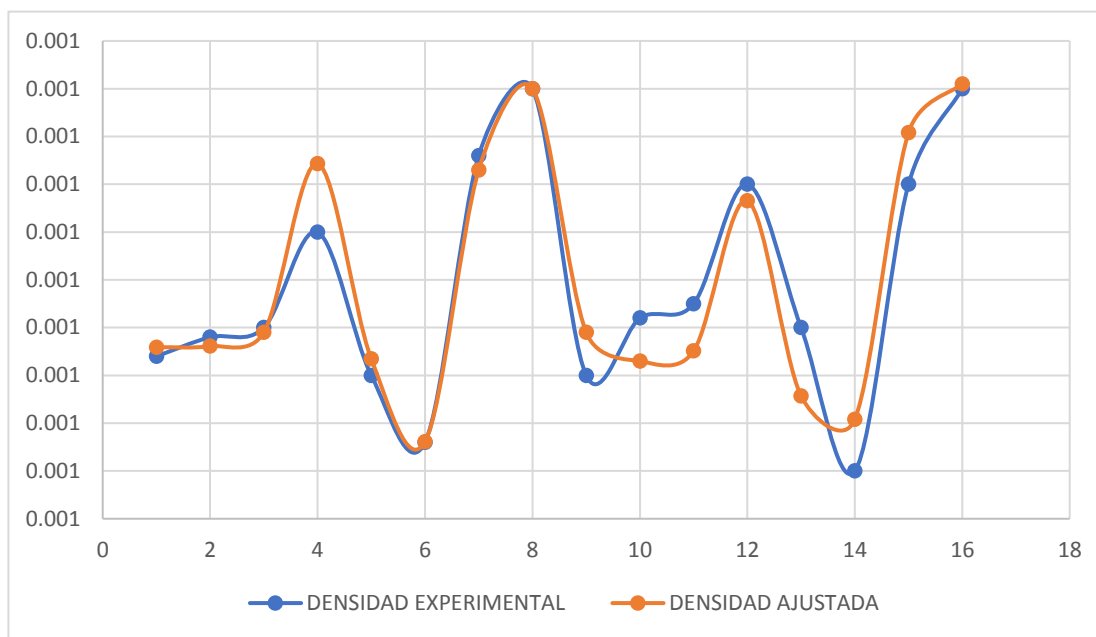
Mediante el modelo estadístico bondad de ajuste obtenido por el programa SPSS, se corrobora que la discrepancia entre los valores obtenidos y los valores esperados no difieren en gran medida en el experimento número 8 y su réplica del mismo, tal como se observa a continuación:

Tabla IV-20 Comparación entre Densidad experimental y la Densidad ajustada

N° Exp.	Densidad Experimental	Densidad Ajustada
1	0.964	0.966
2	0.968	0.966
3	0.970	0.969
4	0.990	1.004
5	0.960	0.963
6	0.946	0.946
7	1.006	1.003
8	1.020	1.020
9	0.960	0.969
10	0.972	0.963
11	0.975	0.965
12	1.000	0.997
13	0.970	0.956
14	0.940	0.951
15	1.000	1.011
16	1.020	1.021

Fuente: Elaboración propia, obtenida a partir del análisis estadístico, SPSS 17.0, 2019

Fig 4-8 Gráfica comparativa de la densidad experimental y la densidad ajustada



Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Fig 4-8, se puede observar que la densidad obtenida en el experimento número 8, no difiere en gran medida, respecto a la densidad ajustada por el modelo bondad de ajuste.

4.3 COMPARACIÓN DE APARICIENCIA DEL EXTRACTO DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*), ESTABILIZADO Y PASTEURIZADO CON UNA MUESTRA SIN ESTABILIZAR NI PASTEURIZAR

Para la evaluación de aspecto del extracto de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se dejaron dos muestras de 300 ml en condiciones atmosféricas durante 2 días, estas presentaron cambios en su aspecto, como ser variaciones de coloración, olor.

Las dos muestras fueron extraídas de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), seguidamente pasaron a ser trituradas, filtradas y finalmente pasaron por la etapa de desaireación. A continuación, a una de ellas se le agregó los antioxidantes y pasó por la etapa de pasteurización en un tiempo de 30 min, con una temperatura de 70 y un pH de 3.5, finalmente se dejó atemperar la muestra.

Las dos muestras se dejaron a temperatura ambiente durante 2 días, al concluir el tiempo de estar expuestas al medio, se pasó a realizar el análisis sensorial, en donde se pudo observar que la muestra estabilizada y pasteurizada, mantuvo el color y olor característico de la Penca de Sábila (*Aloe Vera*), con un sabor ligeramente amargo, es decir no presentó ningún tipo de deterioro. Por otra parte, la muestra sin estabilizar ni pasteurizar, presentó un cambio de color, de verde a un ámbar, esto se debe a la oxidación del extracto, el aroma del mismo era desagradable, ya que, tenía un olor a extracto en estado de putrefacción. En cuanto al sabor, presentaba un sabor amargo, con una consistencia babosa.

A continuación, en la Fig 4-9, se observa el cambio a simple vista de las dos muestras de extracto de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

Fig 4-9 Comparación de un extracto sin estabilizar ni pasteurizar, frente a un extracto estabilizado y pasteurizado



Fuente: Elaboración propia, 2019

En la Fig 4-9, se puede observar que el extracto que se tiene a la izquierda es aquel que no se encuentra estabilizado ni pasteurizado, en cambio el extracto de la derecha, se encuentra estabilizado y pasteurizados, además de ello que cuenta con una mejor apariencia que la otra muestra.

4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS ENSAYOS DEL RECLUTAMIENTO DE LOS SUJETOS VOLUNTARIOS

4.4.1 Análisis de irritabilidad en pieles con afecciones cutáneas (acné, pieles irritadas por el sol y cicatrices)

A continuación, en la Tabla IV-21 se observan los resultados de las pruebas de irritabilidad en sujetos con afecciones cutáneas.

Tabla IV-21 Prueba de irritabilidad en sujetos con afecciones cutáneas

Cod. Sujeto	Días De Prueba																													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
S-01	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S-02	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S-03	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S.04	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
S-05	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

(+) No presentó irritación en el área de prueba.

(-) Presentó irritación en el área de prueba.

Los datos obtenidos en la Tabla IV-21 fueron recopilados, a partir de las pruebas de irritabilidad brindados a cada una de las personas sometidas a estas pruebas, dichas pruebas consistían en que el sujeto debía anotar cada día los resultados de la aplicación del producto, es decir la sensación de la piel al contacto con el producto y si el mismo observaba o sentía algún tipo de molestia en el área de aplicación.

Para poder llevar a cabo la prueba, se reclutó a 5 sujetos de diferentes edades y géneros, con diferentes afecciones cutáneas, para poder determinar la irritabilidad. Entre las afecciones cutáneas del grupo de personas a prueba, se tenían:

Tabla IV-22 Características generales de los sujetos reclutados

Cod. Del Sujeto	Afección Cutánea	Edad	Género
S-01	Piel irritada por el sol	23	Masculino
S-02	Piel irritada por el sol	19	Femenino
S-03	Acné	22	Femenino
S-04	Cicatriz	57	Masculino
S-05	Cicatriz	30	Femenino

Fuente: Elaboración propia, 2019

La Tabla IV-22 indica los datos generales de los sujetos en prueba y las afecciones cutáneas que tienen, se puede observar que las edades de los mismo oscilan entre los 19 a 57 años.

4.4.1.1 Registro fotográfico de los análisis de irritabilidad en pieles con afecciones cutáneas (acné, pieles irritadas por el sol y cicatrices)

En la Tabla IV-23, se podrá observar los cambios existentes en los sujetos con afecciones cutáneas reclutados

Tabla IV-23 Registro fotográfico (antes y después) de los sujetos con afecciones cutáneas

Cod. Del sujeto	Registro fotográfico antes de la aplicación del producto	Registro fotográfico después de la aplicación del producto
S-01		
S-02		
S-03		



Fuente: Elaboración propia, 2019

Los registros fotográficos, fueron publicados con la completa autorización de los sujetos reclutados, dichas fotos fueron tomadas el día 1 de la aplicación del producto, así como al finalizar la prueba (día 30).

Como se puede observar, en los cinco sujetos a prueba se mostró un cambio positivo con el uso del producto, si bien en algunos no fue tan significativo el cambio, pero en su mayoría si se muestran resultados positivos de la evaluación.

4.4.2 Análisis de irritabilidad en pieles sin afecciones cutáneas

Las pruebas de irritabilidad fueron aplicadas a 5 sujetos que no presentaban ningún tipo de afección cutánea en las siguientes zonas de su cuerpo: brazos, rostro, cuello, pies y manos. Dicha prueba se realizó en los sujetos solo por 7 días.

En la siguiente Tabla IV-24, se muestra los resultados de la prueba de irritabilidad

Tabla IV-24 Prueba de irritabilidad en sujetos sin afecciones cutáneas

Cod. Del sujeto	Zona de aplicación	Días de prueba						
		1	2	3	4	5	6	7
S-06	Brazos	+	+	+	+	+	+	+
	Cuello	+	+	+	+	+	+	+
	Mano	+	+	+	+	+	+	+
	Rostro	+	+	+	+	+	+	+
	Pies	+	+	+	+	+	+	+
S-07	Brazos	+	+	+	+	+	+	+
	Cuello	+	+	+	+	+	+	+
	Mano	+	+	+	+	+	+	+
	Rostro	+	+	+	+	+	+	+
	Pies	+	+	+	+	+	+	+
S-08	Brazos	+	+	+	+	+	+	+
	Cuello	+	+	+	+	+	+	+
	Mano	+	+	+	+	+	+	+
	Rostro	+	+	+	+	+	+	+
	Pies	+	+	+	+	+	+	+
S-09	Brazos	+	+	+	+	+	+	+
	Cuello	+	+	+	+	+	+	+
	Mano	+	+	+	+	+	+	+
	Rostro	+	+	+	+	+	+	+
	Pies	+	+	+	+	+	+	+
S-10	Brazos	+	+	+	+	+	+	+
	Cuello	+	+	+	+	+	+	+
	Mano	+	+	+	+	+	+	+
	Rostro	+	+	+	+	+	+	+
	Pies	+	+	+	+	+	+	+

Fuente: Elaboración propia, 2019

Donde:

(+) No presentó irritación en el área de prueba.

(-) Presentó irritación en el área de prueba.

Los datos obtenidos en la Tabla IV-24 fueron recopilados, a partir de las pruebas de irritabilidad brindados a cada una de las personas sometidas a estas pruebas, dichas pruebas consistían en que el sujeto debía anotar cada día los resultados de la aplicación del producto, es decir la sensación de la piel al contacto con el producto y si el mismo observaba o sentía algún tipo de molestia en el área de aplicación.

Como se observa en la Tabla IV-24, los sujetos sin ningún tipo de afecciones cutáneas no presentaron irritabilidad en las zonas de aplicación.

Para poder llevar a cabo la prueba, se reclutó a 5 sujetos de diferentes edades y géneros, sin afecciones cutáneas en las zonas de aplicación, para poder determinar la irritabilidad. A continuación, se presenta la Tabla IV-25, la cual indica la edad y genero de cada sujeto reclutado para la prueba:

Tabla IV-25 Características generales de los sujetos reclutados

Cod. Del sujeto	Edad	Género
S-06	3	Femenino
S-07	34	Femenino
S-08	45	Femenino
S-09	63	Masculino
S-10	27	Masculino

Fuente: Elaboración propia, 2019

4.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

4.5.1 Análisis de la caracterización de la materia prima

4.5.1.1 Caracterización física de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Se determinó la peso, largo y dimensiones de 10 hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) tomadas al azar. La caracterización física de las hojas, se realizó en el Laboratorio de Operaciones Unitarias, con la ayuda de una balanza digital, un vernier y una regla. Para dicha caracterización, se tomó en cuenta los datos obtenidos por otras fuentes

bibliográficas consultadas, como ser cálculos de la resistencia de la penetración de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) del autor Giovanni Charry, estos datos se encuentran entre los rangos de:

Tabla IV-26 Caracterización física de la hoja de Penca de Sábila

PARÁMETRO	VALOR
Peso de la hoja (kg)	0.400 – 0.550
Longitud de las hojas (cm)	41 – 56

Fuente: (Charry, 2013)

Tabla IV-27 Dimensiones para la caracterización física de la hoja de Penca de Sábila

PARÁMETRO	VALOR (mm)
Ancho Basal (AB)	66 – 91
Espesor Basal (EB)	17 – 29
Ancho Medio (AM)	37 – 64
Espesor Medio (EM)	11 – 29
Ancho de la punta (AP)	5 – 29
Espesor de la punta (EP)	1 – 5

Fuente: (Charry, 2013)

A continuación, se presenta la Tabla IV-28 con los datos obtenidos en la caracterización:

Tabla IV-28 Datos obtenidos en la caracterización física de la hoja de Penca de Sábila

N°	Masa (Kg)	Largo (cm)	AB (mm)	EB (mm)	AM (mm)	EM (mm)	AP (mm)	EP (mm)
1	0.410	49.2	74.9	19.5	57.4	19.8	7.9	2.7
2	0.522	58.1	90.5	24.7	63.2	23.8	11.8	4.2
3	0.510	57.3	92.4	25.6	61.5	25.1	12.7	3.8
4	0.450	53.2	75.3	20.4	56.8	20.7	8.7	4
5	0.467	55.5	88.2	23.8	60.8	23.4	12.4	3.9
6	0.353	46.5	68.9	22.9	56.7	21.5	7.6	2.3
7	0.294	44.9	64.5	21.2	59.8	21.7	10.2	3.6
8	0.489	56.7	89.6	25.3	62.7	25.6	15.3	4.1
9	0.288	43.7	66.1	21.7	58.9	22.3	9.3	1.7
10	0.395	47.8	76.3	22.5	58.3	22.6	10.5	2.5
PROMEDIO	0.418	51.290	78.670	22.760	59.610	22.650	10.640	3.280

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se puede apreciar en la Tabla IV-28 los resultados obtenidos, se encuentran en los rangos de caracterización de la bibliografía consultada.

4.5.1.2 Análisis de la caracterización fisicoquímica de la materia prima

En la siguiente Tabla IV-29 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la materia prima, es decir, extracto de Penca de Sábila, comparado con los parámetros de calidad tomado de referencia por fuentes bibliográficas obtenidas en otro país (ver Anexo 4):

Tabla IV-29 Valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de la materia prima, frente a valores en otro país

Parámetros	Valores obtenidos en Tarija	México (Sandoval Aurelio & Gomez Lorence, 2009)
Color	Transparente	Ligeramente ámbar
Olor	Característico	Vegetal
Sabor	Poco Amargo	Vegetal
Turbidez	102.8 UNT	Claro
pH	4.5	3.6 – 4.7
Sólidos totales	0.56%	1% mínimo
Coliformes	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Negativo
Patógenos	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Negativo

(*) No se observa desarrollo de colonias

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los valores obtenidos en el departamento de Tarija, provincia Cercado, fueron realizados por el CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo) (ver Anexo 15), dichos valores reflejados en la Tabla IV-29, a comparación de los valores obtenidos en México, se puede observar que no se encuentra fuera de los rangos permisibles de calidad.

4.5.2 Análisis de la caracterización del producto final obtenidos

De bibliografía consultada (ver Anexo 1,2,3), se conocen los valores estándar, para la caracterización del producto final obtenido, el informe de los resultados del análisis realizado por el CEANID (ver Anexo 16) reporta lo siguiente:

Tabla IV-30 Valores obtenidos en la caracterización del producto final

Parámetros	Gel natural obtenido	Valor estándar
Apariencia	Transparente	Líquido transparente incoloro
Olor	Característico	Característico
Sabor	Poco amargo	Ligeramente amargo
Densidad	0.9939	1.009 – 1.013 (20°C). 0.99 – 1.02 (25°C)
Índice de Refracción	1.3366	1.3320 – 1.3380
Residuo seco	1.02 %	(0.75 – 1.50) %
Sólidos totales	1.02 %	(0.85-1.55) %
Humedad	97.98 %	98.50 %
pH	5.76	3.5 - 6.5
% Nitrógeno	0.012	0.013
Índice de acidez	0.23 %	Máx. 3.0 (mg KOH/g muestra)
Sodio	16.8 mg/100g	4368.1 mg/L
Potasio	19.3 mg/100g	8406.5 mg/L
Calcio	23.7 mg/100g	233- 523 mg/L
Fosforo inorgánico	0.4 mg/100g	140 mg/L
Magnesio	1.7 mg/100g	32 - 47 mg/L
Plomo	0.01 mg/100g	Máx. 10 mg/Kg
Cadmio	9.5×10^{-4} mg/100g	Máx. 0.3 mg/Kg
Aerobios totales	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Máx. 100 UFC/MI
Hongos y levaduras	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Máx. 10 UFC/mL
Salmonella spp	Ausente	Ausente
Staphylococcuspp	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Ausente
Patógenos	$< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g	Ausentes en 1g

(*) No se observa desarrollo de colonias

Fuente: Elaboración propia, 2019

Como se puede observar en su mayoría, los valores obtenidos si tiene similitud con los valores registrados por la norma para productos elaborados con Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

De acuerdo a ensayos sensoriales del producto final, realizados en el mes de noviembre de año 2019, se observó que el producto tiene un tiempo de vida útil aproximadamente de 4 meses, pasado este tiempo el producto empieza a tener un cambio físico, presentando así una decoloración a causa de la oxidación del ácido cítrico, debido a que, si bien este insumo evita la oxidación del gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), este a su vez con el pasar del tiempo al estar en frecuente contacto con el aire se va oxidando, haciendo que el producto decolore.

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 (*Aloe Vera*)

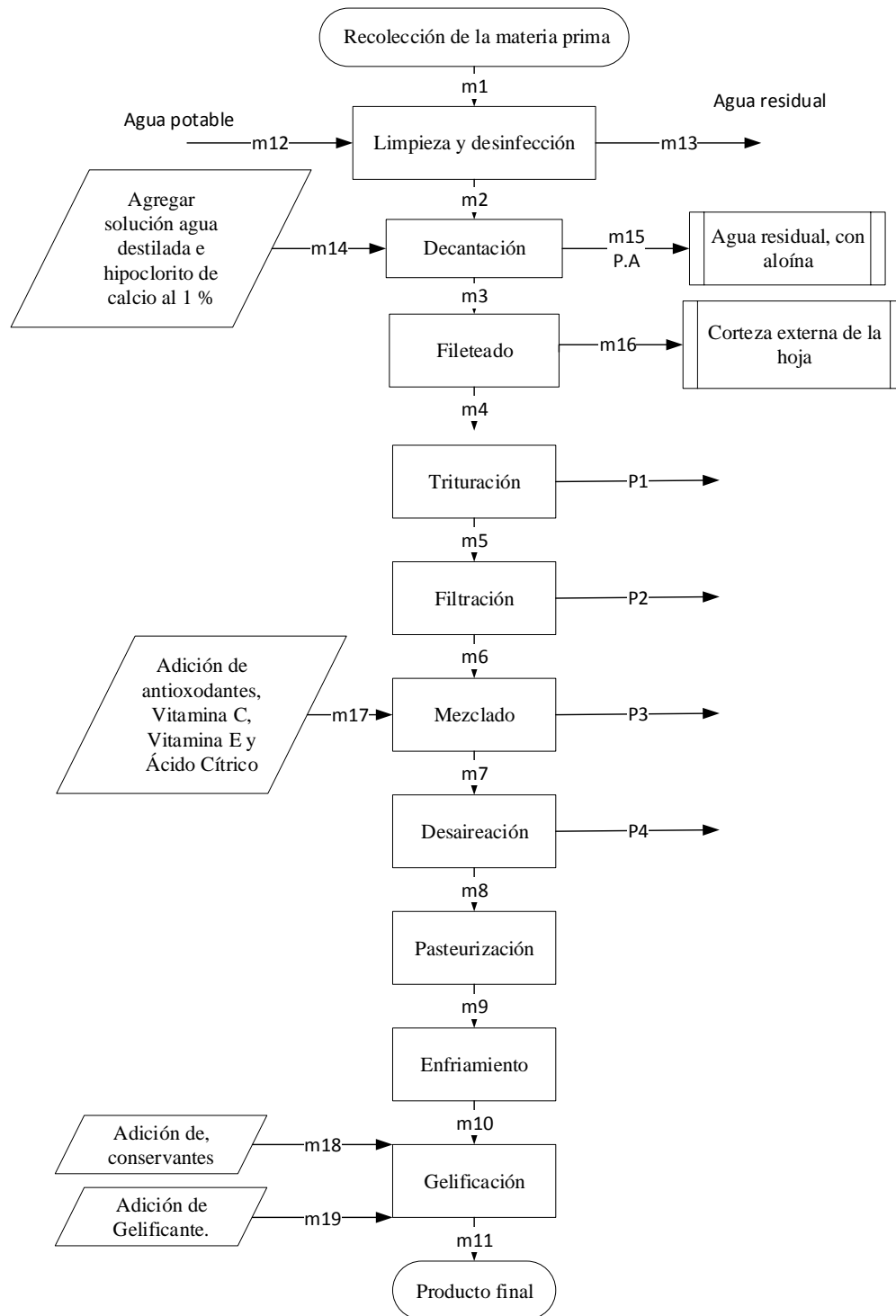
El diagrama de bloques de la Fig 4-10 muestra las corrientes del proceso que intervienen en la elaboración de gel natural y la Tabla IV-31 especifican los nombres de dichas corrientes.

Tabla IV-31 Especificaciones de las corrientes del proceso de elaboración de gel natural

Corriente	Especificaciones
m1	Hojas de Penca de Sábila
m2	Hojas de desinfectadas
m3	Hojas sin aloína
m4	Extracto puro de Penca de Sábila
m5	Masa de extracto triturada
m6	Masa filtrada
m7	Masa con aditivos
m8	Masa des aireada
m9	Masa pasteurizada
m10	Masa enfriada
m11	Masa Gel natural de Penca de Sábila
m12	Agua potable
m13	Agua residual
m14	Solución bactericida
m15	Agua residual con aloína
m16	Corteza externa de la hoja
m17	Aditivos, antioxidantes
m18	Aditivos, conservantes
m19	Adición de Gelificante
P. A	Pérdida de aloína
P1	Masa perdida, etapa de trituración
P2	Masa perdida, etapa de filtración
P3	Masa perdida, etapa de mezclado
P4	Masa perdida, etapa de desaireación

Fuente: Elaboración propia, 2019

Fig 4-10 Diagrama de Bloques, del proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), para uso tópico



Fuente: Elaboración propia, 2019

Para la determinar el rendimiento, se elaboró una tabla de, la cual se obtuvo al realizar la parte experimental. Se estimó además que las pérdidas del extracto por cambiar de un contenedor a otro, es aproximadamente 5 g, así como se muestra en la Tabla IV-32, para una cantidad de 1000 g de alimentación.

Tabla IV-32 Datos de Pérdidas en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Corriente de pérdidas	Datos (g)
P. A	5
P1	5
P2	27.85
P3	5
P4	5

Fuente: Elaboración propia, 2019

A continuación, en la Tabla IV-33, se muestra los cálculos para el proceso de elaboración de gel, a partir de estos datos tabulados, se podrá realizar el cálculo del rendimiento de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).

Tabla IV-33 Datos calculados en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Corriente a calcular	Sumatoria de corrientes	Total (g)
m1	m1	1000
m2	m2 = m1	1000
m3	m3 = m2 + m14 - m15	995
m4	m4 = m3 - m16	657.85
m5	m5 = m4 - P1	652.85
m6	m6 = m5 - P2	625
m7	m7 = m6 + m17 - P3	628.1
m8	m8 = m7 - P4	623.1
m9	m9 = m8 - P5	617.71
m10	m8 = m9	617.71
m11	m11 = m10 + m18 + m19	632.28
m12	m12	2500
m13	m13 = m12	2500
m14	m14	4000
m15	m15 = m14 + P. A	4005

m16	m16 = m3 - m4	337.15
m17	m17	8.1
m18	m18	8.1
m19	m19	6.47

Fuente: Elaboración propia, 2019

Para la determinación del rendimiento del gel, se tomó en cuenta las corrientes m4, m17, m18, m19, como corrientes de alimentación y la corriente m11 como salida del producto final. Las sumatorias de las corrientes de entrada nos permite establecer el valor teórico de producto final obtenida, frente a la corriente m11 la cual es el valor real del producto obtenido, tal como se muestra a continuación.

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{m_{real}}{m_{teórica}} \times 100$$

$$m_{real} = m4 + m17 + m18 + m19$$

$$m_{real} = 657.85 + 8.1 + 8.1 + 6.47 = 680.52 \text{ g}$$

$$m_{teórica} = m11$$

$$m_{teórica} = 632.28 \text{ g}$$

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{632.28}{680.52} \times 100$$

$$\% \text{ rendimiento} = 92.91 \%$$

Con los cálculos realizados se muestra un 92.91% de rendimiento en el proceso de elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), con un 7.09% de pérdida, esto se debe a que el producto queda adherido en las paredes de los recipientes y materiales utilizados en el proceso, la mayor pérdida se da en la etapa de filtración, por que queda una cantidad considerable de pulpa que no pasa por el colador.

4.7 COSTOS DE PRODUCCIÓN – ESCALA LABORATORIO

La determinación de los costos de producción de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se realiza para demostrar si el producto puede competir en el mercado. En la Tabla IV-34 se muestra a continuación el precio de cada uno de los insumos utilizados para la elaboración del producto. Cabe aclarar que el precio de la materia prima (hojas de Penca de Sábila), es un precio que se adquirió en el mercado local de la ciudad de Tarija, ya que, para la realización de la parte experimental se contó con materia prima propia, por lo tanto, el costo de inversión de la materia prima utilizado no pudo ser valorado como tal.

Tabla IV-34 Costo de excipientes para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*)

Excipiente	Cantidad (g)	Costo bs.	Costo por gramo (bs.)
Hoja de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	418 aprox.	3	0.0072
Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$)	500	18.5	0.037
Ácido ascórbico, Vitamina C ($C_6H_8O_6$)	1 000	65	0.065
Tocoferol, Vitamina E ($C_{29}H_{50}O_2$)	0.001	1.29	0.0013
Sorbato de potasio ($C_6H_7KO_2$)	1 000	70	0.07
Glicerina vegetal USP ($C_3H_8O_3$)	500	41	0.082
Goma Xantana ($C_{35}H_{49}O_{29}$)	1 000	60	0.06

Fuente: Elaboración propia, 2019

Así también, en la Tabla IV-35 se ilustra el precio del envase utilizado, energía eléctrica utilizada

Tabla IV-35 Costo de insumos adicionales para la elaboración del gel

Insumo	Cantidad	Costo bs.
Envase de plástico con dispositivo tipo puff	1 unidad	4.5
Energía eléctrica (Kw/h) *	1 Kw/h	0.93

Fuente: Elaboración propia, 2019

(*) Datos obtenidos a partir de (Autoridad de electricidad Bolivia 2019)

A continuación, en la Tabla IV-36 se determina el costo de los insumos en función a la formulación óptima determinada, al tener el costo de la formulación, se debe sumar el costo de los envases y los servicios básicos utilizados, en este caso se realizará un costo aproximado para un envase de 200 ml de capacidad.

Tabla IV-36 Costo para la formulación de gel en una presentación de 200 ml

Excipiente	Cantidad (g) utilizada para elaborar 200 ml de gel	Costo bs.
Hoja de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>)	193	1.385
Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$)	1	0.037
Ácido ascórbico, Vitamina C ($C_6H_8O_6$)	1	0.065
Tocoferol, Vitamina E ($C_{29}H_{50}O_2$)	0.5	0.0006
Sorbato de potasio ($C_6H_7KO_2$)	2	0.14
Glicerina vegetal USP ($C_3H_8O_3$)	0.5	0.41
Goma Xantana ($C_{35}H_{49}O_{29}$)	2	0.12
TOTAL	200	2.16

Fuente: Elaboración propia, 2019

En cuanto al uso de servicios básicos se estimó que, entre todos los equipos e instrumento utilizados, se tiene un gasto energético de 1 kW, en un tiempo aproximado de 1 hora entre todo en proceso de elaboración, por lo tanto, es costo unitario de electricidad 1Kw/h será de 0,93 bs, así como lo indica la Tabla IV-35 ilustrada anteriormente.

A partir de estos datos, se obtiene el costo de producción del producto final envasado

Tabla IV-37 Costo de producción del producto final envasado

	Costo bs.
Gel de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>) 200 ml	2.16
Energía eléctrica utilizada	0.93
Envase de plástico con dispositivo tipo puff	4.5
TOTAL	7.59


Fuente: Elaboración propia, 2019

Se determinó que el costo de producción del producto final tiene un valor de 7.59 bs por envase de 200 ml de gel. Los costos realizados se basan netamente en la etapa de investigación de elaboración del producto.

4.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DE GEL DE PENCA DE SÁBILA (*Aloe Vera*), DE OTROS PRODUCTOS PUESTOS EN EL MERCADO.

Se realizó una comparación de costos de distintos productos de gel de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) comercializados. Para esta comparación se sacó el costo en volumen del producto, debido a que cada producto de diferente marca, viene en diferentes presentaciones de volumen, en la Tabla IV-38 se muestra los valores comparados.

Tabla IV-38 Comparación de costos con productos del mercado

Marca	Volumen (ml)	Costo bs.	Costo por volumen bs.
IMAGES 	220	80	0.36

Marca	Volumen (ml)	Costo bs.	Costo por volumen bs.
<p>Gel Facial Aloe Vera (A&E), Cochabamba</p> 	140	30	0.21
<p>ALOE ESSENCE</p> 	40	50	1.25
<p>Gel natural de Penca de Sábila (<i>Aloe Vera</i>), tomando en cuenta solo el costo de producción</p> 	200	7.59	0.038

Fuente: Elaboración propia, 2019

Los datos mostrados en la Tabla IV-38 fueron recolectados, a partir de las visitas a tiendas de ventas de productos cosméticos, así también a farmacias de la ciudad de Tarija. Con ese análisis superficial, se puede evidenciar que el gel elaborado en el presente trabajo de grado posee un precio competitivo frente a otras marcas puestas en el mercado.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados inicialmente en el presente Proyecto de Grado, se puede concluir lo siguiente:

- Las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivadas en el departamento de Tarija, presentan una forma triangular alargada, siendo la zona basal, la parte más ancha y gruesa de las hojas, haciendo que la misma sea la parte con mayor acumulación de materia prima (gel de Aloe Vera). Luego de comparar con la bibliografía de referencia se concluye que no existe diferencia respecto a las características físicas de las hojas.
- Las características fisicoquímicas de la materia prima extraída (gel de Aloe Vera) empleada, fueron determinadas en el laboratorio CEANID (Centro de Análisis Investigación y Desarrollo), siguiendo las Normas Bolivianas establecidas para la determinación de cada uno de los parámetros, proporcionando así los resultados que no difieren significativamente en cuanto a referencias bibliográficas, llegando a la conclusión que el estado de la materia prima extraída de las hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, se encuentran en condiciones óptimas para su uso en cuanto a la elaboración de cualquier producto derivado del mismo.
- De acuerdo a la revisión y la sistematización de la información existente sobre los distintos métodos (procesos) sobre la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), se concluyó mediante una matriz de selección de procesos tecnológicos que el método (proceso) más óptimo para la ejecución experimental del proyecto de grado fue, elaboración de gel líquido de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) por filtración y ajuste de pH.

- Los ensayos experimentales para elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), fue la base para la determinación de las variables significativas en el proceso de elaboración, así mismo para la determinación de los valores más ventajosos para la elaboración de gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).
- Las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto obtenido fueron realizadas en el laboratorio CEANID, siguiendo las Normas Bolivianas establecidas para la determinación de cada uno de los parámetros, la muestra analizada, presento resultados dentro de los rangos sugeridos por la norma de producción de cualquier producto derivado del Aloe Vera, determinado por el IASC (International Aloe Science Council), lo cual lleva a la conclusión que el producto final obtenido cuenta con las condiciones necesarias para competir con otros del mercado.
- Mediante los cálculos realizados en el proyecto se determinó que, el porcentaje de rendimiento del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija es de 92.91% por cada 1000 g de hojas de Penca de Sábila (*Aloe Vera*).
- De acuerdo a los resultados y datos obtenidos en el proyecto de grado, se realizó la sistematización de la información recolectada, llegando a la conclusión que el gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) cultivada en el departamento de Tarija, tuvo resultados satisfactorios para su aplicación tópica.

5.2 RECOMENDACIONES

- Analizar, en trabajos de investigación próximos, la influencia de la variación de cantidad de conservante a añadir al proceso de elaboración o variar con diferentes tipos de conservantes pertenecientes a la cosmética natural para ampliar el tiempo de durabilidad del producto final.
- A futuras experiencias, se recomienda valorar la posibilidad de implementar aromas naturales, así como también añadir diferentes tipos de propiedades derivados de otras plantas, para así enriquecer el gel natural y presentar un producto final con propiedades favorables para uso tópico.
- El método (proceso) secuencial planteado en el presente Proyecto de Grado está dado para obtener gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*) en las condiciones mostradas, por lo tanto se recomienda aplicar esta secuencia y dosificación adecuada, puesto que si se varían las etapas del proceso de elaboración o se varían las cantidades de dosificación para la elaboración del producto, no se logrará obtener un gel con las características adecuadas, es por ello que se debe seguir la estructura del proceso para conseguir un producto con las propiedades aptas para su uso.
- Se considera importante realizar trabajos de investigación relacionados al aprovechamiento y aplicación del gel natural de Penca de Sábila (*Aloe Vera*), teniendo como base fundamental el estudio de la cosmética natural, para la elaboración de productos amigables con el medio ambiente.