NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL CULTIVO DEL *Aloe vera* Y SU POTENCIAL AGROINDUSTRIAL EN COLOMBIA

MONOGRAFIA

FABIO ANDRES CARRASCAL ORTIZ

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES - U.D.C.A

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONOMICA

2020

NUEVAS TECNOLOGIAS PARA EL CULTIVO DEL *Aloe vera* Y SU POTENCIAL AGROINDUSTRIAL EN COLOMBIA

FABIO ANDRES CARRASCAL ORTIZ

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo

Director:

FERNANDO JAVIER PEÑA BARACALDO

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES - U.D.C.A

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONOMICA

DIRECTOR

_____

JURADO 1

_____

JURADO 2

Tabla de contenido

A. LISTA DE FIGURAS……..……. 6
B. LISTA DE TABLAS…….……...6
C. LISTA DE GRAFICAS……..7
D. LISTA DE FOTOGRAFIAS……..7
I. RESUMEN……...8
II. ABSTRACT……...……9
1. INTRODUCCION ……...10
2. OBJETIVOS ……11
2.1. General……11
2.2. Específicos……...……...11
3. METODOLOGÍA……11
4. REVISION DE LITERATURA ……..12
4.1. Origen ……..12
4.2. Clasificación taxonómica ……..12
4.3. Morfología……13
4.4. Aspectos fisiológicos ……15
4.5. Composición química ……16
5. NUEVAS METODOLOGIAS EN EL CULTIVO DE *Aloe vera* ……..……...…….20
5.1. Densidad de población y material de propagación……..…...20
5.2. Preparación del suelo……..……22
5.3. Siembra……...….23
5.4. Resiembra ……...23
5.5. Manejo de malezas……..…25
5.6. Deshije ……..……26
5.7. Montaje del vivero……..…..26
5.8. Capado de flor……27
5.9. Podas de sanidad ……..27
6. FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCION DEL *Aloe vera* ……29

7. ENFERMEDADES DEL ALOE VERA ……30
7.1. Pudrición de la raíz……30
7.2. Mancha foliar……...……31
7.3. Pudrición blanda en *Aloe vera* ……..……...32
8. FERTILIZACION CON ABONOS NITROGENADOS ……..33
8.1. Abonos orgánicos……...34
8.2. Formula biofertilizante ……..34
8.3. Fermentación y biosíntesis ……..37
8.4. Frecuencia de uso……..38
8.5. Modo de empleo……39
9. USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE *Aloe vera* ……..…..……..40
9.1. Experiencias con productores Nocaima- Cundinamarca ……40
10. POTENCIAL DEL CULTIVO DE *Aloe vera* EN COLOMBIA ……..……47
10.1. Aloe Vera como componente agroindustrial……..47
11. NORMATIVIDAD ……...52
12. ESTABILIZACIÓN ……55
12.1. Proceso de estabilización……56
12.2. Aplicación de conservantes……..56
12.3. Preservación de bebidas funcionales mediante tecnologías emergentes……..59
12.4. Calentamiento óhmico ……..60
CONCLUSIONES……..……..60
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS ……..……..61

A. LISTA DE FIGURAS.

Figura 1: Morfología de la flor y de la hoja del Aloe vera……14

Figura 2: Hábito de crecimiento, Detalle del margen de la hoja, Flor y Flor mostrando androceo y gineceo. - Detalle del estigma y antera……..……..…15

Figura 3: Curva de crecimiento Del cultivo……..19

Figura 4: Densidad de siembra *Aloe vera* recopilada de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca……..……21

Figura 5: Características ideales para material de resiembra……24

Figura 6: Vivero necesario para la obtención de material de buena calidad útil para la siembra del *Aloe vera* bajo sombrío natural……27

Figura 7: Podas en *Aloe vera* para control fitosanitario…….28

Figura 8: Daños causados por *Fusarium oxysporum* en *Aloe vera*……..…30

Figura 9: Daños causados por *Alternaria alternata,*en *Aloe vera*……..……31

Figura 10: Daños causados por *Erwinia chrysanthemy* en *Aloe vera*……..33

Figura 11: Preparación y composición de biofertilizante……..……35

Figura 12: Cultivo de *Aloe vera* tratado con biofertilizantes…….36

Figura 13: Ganancia de peso de la penca del *Aloe vera* por uso de biofertilizantes…….40

Figura 14: Productos procesados a partir del *Aloe vera*……..…43

Figura 15: Principales etapas del proceso industrial para la obtención de jugo de sábila, a partir de hoja entera para la obtención de gel apto para la industria alimentaria, disminuyendo concentraciones de aloína…….……45

Figura 16: Comparación de gel muestras recopiladas de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca……46

Figura 17: Bebida funcional a base de *Aloe vera* y jalapeño preservado en *Aloe vera* muestras recopiladas de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca……..……48

Figura 18: Optimización en el proceso de extracción de Aloína……..…...49

Figura 19: Ilustración sello de calidad IASC……..54

Figura 20: Sellos de certificación orgánica: Ecocert y Mayacert……....54

B. LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Composición química del gel de *Aloe vera*. Fuente: Domínguez, R. Arzate, I.,Chanona, J.,Welti,J.,Alvarado,S.,Calderon,G.,Garibay,V., y Gutiérrez. (2011) ……...……17

Tabla 2: Comparación de peso de penca durante ciclo de cultivo. Experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca……...……..41

Tabla 3: Participación del *Aloe vera* en Colombia (Ministerio de Agricultura, 2017) ……..……..……41

Tabla 4: comparación de concentraciones de micronutrientes del *Aloe vera* y la naranja. Información Obtenida de Domínguez et al 2012……50

Tabla 5: Parámetros para obtención de gel con fines agroindustriales. Vega, G., Amparo, C., Nevenka, D., y Lemus, M. El *Aloe Vera* (Aloe Barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales. Revista chilena de nutrición, 32(3), 3-9. (2012).

……..……..51

I. RESUMEN

La agricultura orgánica y sostenible se ha vuelto en los últimos años un campo importante dentro de la agronomía en Colombia, el cultivo del *Aloe vera* tiene un alto potencial ya que su gel está contenido dentro de las hojas materia prima para la industria alimenticia, farmacéutica y cosmética. Siendo entonces el *Aloe vera* un producto altamente demandable y con buenos ingresos dentro del proceso de comercialización. Ya que no se usa ningún tipo de molécula química durante su producción disminuye costos de producción. Por otra parte, el desarrollo de sustratos y biofertilizantes a la hora de establecer el cultivo garantizan una alta producción de gel por unidad de área. Factores como las densidades de siembra, podas, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades efectuados de manera eficiente y con nuevas técnicas asociadas al cultivo contribuyen a una mayor producción de gel por unidad de área. La industrialización en Colombia del *Aloe vera* ofrece diversas oportunidades para pequeños, medianos y grandes productores, ya que se pueden obtener a partir del gel un sin número de productos altamente benéficos para la salud que van desde bebidas multifuncionales, hasta productos cosméticos y farmacéuticos para diferentes afecciones y gracias a más de 20 compuestos que el *Aloe vera* posee tales como antraquinonas, vitaminas, minerales, carbohidratos, enzimas, aminoácidos, lípidos y compuestos orgánicos, lo que le permite ser un producto muy versátil permitiendo así múltiples opciones en cuanto a su uso y comercialización. Procesos dentro de la post cosecha para la obtención y conservación del gel son necesarios para garantizar alta calidad del producto, la estabilización y aplicación de conservantes son algunos de los más importantes. La industrialización es un componente clave dentro de la expansión del cultivo de *Aloe vera* en Colombia. De esta forma nuevas metodologías para la siembra, cosecha, post cosecha y conservación del gel y normatividad, son aspectos fundamentales que pueden contribuir a generar competitividad en el mercado y ser una alternativa sostenible para los productores en zonas donde predominan monocultivos.

Palabras clave: compuestos, productos, condiciones, producción, industrialización.

II. ABSTRACT

Organic and sustainable agriculture has become in recent years an important field within agronomy in Colombia, the cultivation of aloe vera has a high potential since its gel is contained within the leaves, raw material for the food, pharmaceutical and cosmetics As Aloe will then be a highly demandable product with good income in the innovation process. Since no type of chemical molecule is used during its production, it costs production costs. On the other hand, the development of substrates and biofertilizers when establishing the determined culture in a high gel production per unit area. Factors such as planting densities, pruning, fertilization, irrigation, pest and disease control carried out efficiently and with new techniques associated with the crop affected by higher gel production per unit area. The industrialization in Colombia of *Aloe vera* offers various opportunities for small, medium and large producers, since they can obtain a gel from the number of highly beneficial products for health ranging from multifunctional beverages to cosmetic and pharmaceutical products for different conditions and thanks To more than 20 compounds that *Aloe vera* has stories such as anthraquinones, vitamins, minerals, carbohydrates, enzymes, amino acids, lipids and organic compounds, which allows it to be a very versatile product, as well as multiple options in terms of use and purchase. Processes within the post harvest to obtain and preserve the gel are necessary to obtain high product quality, stabilization and the application of preservatives are some of the most important. Industrialization is a key component within the expansion of *Aloe vera* cultivation in Colombia. In this way, new methodologies for seeding, harvesting, post-harvesting and gel preservation and regulations are fundamental aspects that can contribute to generating competitiveness in the market and being a sustainable alternative for producers in areas where monocultures predominate.

Keywords: compounds, products, conditions, production, industrialization

1. INTRODUCCION

En el cultivo de *Aloe vera* uno de los mayores problemas para los productores es la falta de industrialización y asociación, así mismo la baja obtención de gel por unidad de área. Aunque Colombia posee condiciones favorables para el cultivo de *Aloe vera*, países como; México con 160.500 ton, Costa Rica 52.500 ton, Venezuela 51.000 ton superando al país significativamente en producción. Así mismo China, Alemania y la india como principales países exportadores de gel. En Colombia la mayoría de pequeños y medianos productores venden la penca a bajos costos y sin mayor beneficio del que podrían obtener mediante la extracción del gel, ya que este es el principal producto que se busca dentro del cultivo y la materia prima para la industrialización y comercialización de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos (Domínguez et al., 2011).

El gel como materia prima debe obtenerse de la mejor calidad y con la mayor inocuidad posible con el fin de conservar sus características. (Domínguez et al., 2011) afirma que la bio síntesis del gel podría verse alterada en procesos como: cosecha, estabilización y empaque, ya que muchas de las propiedades y principios activos del *Aloe vera* estarían inactivos. Uno de los factores limitantes en la producción es el rendimiento, específicamente en el cultivo de *Aloe vera* expresado en kilogramos de gel por unidad de área. La densidad de siembra, el nivel de nutrientes en el suelo, la irradiancia, la temperatura y las condiciones hídricas son factores importantes que determinan la magnitud final del dosel y la del sistema radical alcanzado por el cultivo (Hall, A., 1980). Dichos factores junto a problemas asociados con enfermedades afectan significativamente la cantidad producida y la calidad del gel, en conjunto con problemas de asociaciones limitadas y el bajo nivel de industrialización del país da como resultado la creación de subproductos; bebidas, alimentos, farmacéuticos y cosméticos con bajas o nulas concentraciones de principios activos de *Aloe vera.*

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Hacer una revisión de literatura sobre el potencial agroindustrial del *Aloe vera* y nuevas tecnologías adaptadas al cultivo en Colombia para la producción y calidad del gel.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Realizar una revisión de información con relación a la respuesta del *Aloe vera* a la aplicación de biofertilizantes y su incidencia en la producción.

Recopilar información sobre alternativas útiles en estabilización, empaque y normatividad para el gel de *Aloe vera* destinado a la agroindustria en Colombia.

3. METODOLOGÍA

Se realizó una consulta de distintas bases de datos, en internet, libros, artículos y revistas tanto en inglés como en español. Se realizó una búsqueda bibliográfica donde se pudo tener acceso a diferentes artículos científicos publicados recientemente, se tendrán en cuenta tesis, monografías y trabajos de investigación tanto en Colombia como en otros países. Se realizó una consulta en bibliotecas como la de la universidad Nacional y se dio organización a la información para su fácil utilización.

Se hicieron visitas periódicas a un productor de *Aloe vera* en el departamento de Cundinamarca, Municipio Nocaima, vereda San Cayetano, con una población de 5852 plantas conformadas en 4 lotes formados por eras de 1,20m de ancho y las plantas sembradas en bolsa y con una mayor densidad que la cita la literatura, con una distancia entre plantas de 40 cm

Se realizó una lectura de todos los documentos con el fin de generar los principales temas de investigación y de revisión, posteriormente se realizó una organización y estructuración de la información con el fin de analizar y realizar la correcta redacción del documento con el fin de brindar mayor claridad en la información. Guirao-Goris et al. (2008).

4. REVISION DE LITERATURA

4.1. ORIGEN

El *Aloe Vera*, es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las liliáceas, con hojas perennes en forma de roseta, su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50cm (Reynolds, T., 2014). La primera clasificación de los aloes fue hecha por el botánico Miller quien reporta que el *Aloe barbadensis* es originario de la isla de Barbados y fue introducido al mundo como producto del comercio marítimo en el Caribe. Cabe resaltar que la especie más utilizada es el *Aloe barbadensis* de la que se obtiene el acíbar y el gel (pulpa) y el *Aloe ferox* del que básicamente se obtiene el acíbar (Reynolds, T., 2014). Cabe resaltar que el acíbar es el exudado amarillo expulsado por la planta al momento de retirar la hoja manualmente o mediante algún corte con alguna herramienta, mientras que la pulpa o gel es básicamente el tejido parenquimático de la planta.

4.2. CLASIFICACION TAXONÓMICA

Reino: Vegetal

Division: Embriophyta-siphonogama

Subdivision: Angiosperma

Clase: Monocotiledonae

Orden: Liliales

Familia: Liliacea

Subfamilia: Asfondeloideae

Tribu: Aloinaeae

Especie: Vera

Sinonimo: Barbadensis

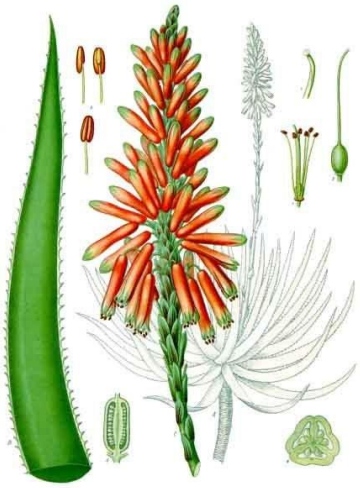
4.3. MORFOLOGÍA

Las principales características del género aloe incluye plantas perennes suculentas, acaules, subarbustivas o arborescentes, simples o ramificadas, con hojas carnosas de margen en general provisto con espinar deltoides, inflorescencia lateral, simple o ramificada, con racimos cilíndricos o capitados, flores actinomorfas hermafroditas, con perigonio vistoso formado por seis tépalos fusionados en la base, seis estambres, ovario supero tricarpelar, fruto generalmente tipo capsula y semillas con alas membranosas estrechas (Jiménez y Malagón, 2016). El *Aloe vera* en el municipio de Cundinamarca se caracteriza por ser una planta suculenta que puede alcanzar una altura de hasta 70 cm, presenta un único tallo principal que no ramifica, cuya yema terminal es la encargada del crecimiento y la producción de nuevas hojas, las cuales pueden llegar a tener un peso de hasta un kilogramo, mientras que las yemas axilares son las que producen las inflorescencias como se parecía en la figura 1. La raíz principal puede llegar a tener una longitud de 25 a 30 cm, con bastantes raíces secundarias que se desarrollan a todo lo largo de la raíz principal, las cuales son más bien gruesas con diámetros de alrededor de 3 mm, la raíz principal desarrolla yemas en una zona muy cercana al tallo, de estas yemas se generan nuevas plantas (hijuelos) como estrategia de propagación, como todas las liliáceas, fanerógama, es decir, posee flores y por lo tanto puede reproducirse mediante semillas. No obstante, al crecer en climas adversos y en condiciones difíciles ha desarrollado la cualidad de producir clones también llamados hijuelos que nacen a partir de la planta madre por el método conocido como vegetativo. La adición de biofertilizantes y el uso adecuado de estimulantes del crecimiento radical como hongos (micorrizas) garantizan un mejor anclaje de la planta, mejor absorción de nutrientes y un desarrollo vigoroso de hijuelos para la propagación. Las hojas son simples, alternas, largas, de consistencia carnosa, sin peciolo, superficies lisas, bordes dentados, unidas al tallo por la vaina abrazándolo parcialmente y con contenido de agua superior al 95,5 % (Ayodele y Llondu, 2008). Las hojas en promedio pueden alcanzar un peso final de entre 600 a 800 gramos, incluso con dosis adecuadas de biofertilizantes y buenas prácticas de cultivo, se pueden llegar a obtener hojas que pueden llegar a superar un kilogramo. Siendo esto un factor importante dentro del aprovechamiento de la pulpa o gel para fines agroindustriales, ya que un aumento en el peso de las hojas asociado a

una adecuada fertilización orgánica, garantiza mayores volúmenes de gel producido por unidad de área. Las flores de color amarillo se ramifican en tres inflorescencias, presentando un patrón de desarrollo y madurez de las flores en forma ascendente. Particularmente, durante los primeros estadios de la flor, los estambres sobresalen de los tépalos, mientras que el pistilo presenta una longitud inferior permaneciendo al interior del perigonio, al avanzar la madurez las anteras se deshidratan y los filamentos disminuyen la longitud, mientras que el pistilo se alarga dejando expuesto el estigma (Jiménez y Malagón, 2016). Dentro de la producción agrícola especialmente en el cultivo del aloe vera la poda floral así como retirar hijuelos, son prácticas agronómicas importantes para evitar gastos energéticos necesarios para el incremento de la producción de gel. La estructura de la hoja está formada por la corteza (exocarpio), representando del 20 al 30 % aproximadamente del peso total de la planta. El cristal (parénquima), también conocido como gel o pulpa Figura 2. se localiza en el centro de la hoja y representa del 65 al 80% del peso de la planta. En la capa intermedia entre la corteza y el gel se encuentran los conductos de aloína, que son una serie de canales longitudinales por donde circula la savia de la planta, conocida como acíbar (Domínguez et al., 2011). Se caracteriza por presentar un color amarillo, fuerte olor y un sabor amargo, usado principalmente como componente en la industria farmacéutica para la fabricación de productos como laxantes entre otros.

Figura 1

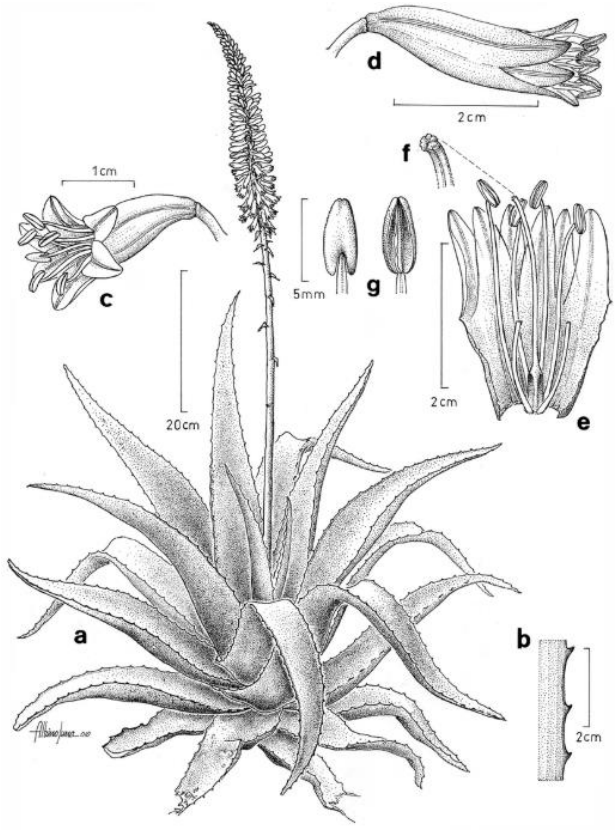
Morfología de la flor y de la hoja del Aloe vera



Nota. Caracterización de la flor y la hoja del *Aloe vera* (ilustración), por Wikipedia enciclopedia libre, 2020 (https://es.wikipedia.org/wiki/Aloe#/media/Archivo:Aloe_succotrina_-_K%C3%B6hler%E2%80%93s_Medizinal-Pflanzen-007.jpg)

Figura 2

a. *Hábito. -b. Detalle del margen de la hoja. -c. y -d. Flor. -e. Flor mostrando androceo y gineceo. -f. Detalle del estigma. -g. Antera*



Nota: Adaptado de "flora del valle de Tehuacán Cuicatlán" (P.4), por J, Sánchez, 2010, *Departamento de Botánica, Instituto de biología, UNAM.*1(79).

4.4. ASPECTOS FISIOLÓGICOS

EL *Aloe vera* se encuentra dentro de la ruta o metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), la cual se diferencia por realizar el proceso de respiración (intercambio gaseoso) y de fotosíntesis de manera aislada, la fijación del CO2 atmosférico la realiza durante la noche en la vacuola, fijándolo en ácido málico, compuesto de cuatro carbonos. Durante

la mayor parte del día las plantas mantienen cerrados los estomas restringiendo el intercambio gaseoso con la atmosfera, liberando el CO2 almacenado en la vacuola, para realizar el proceso de fotosíntesis, al mantener los estomas cerrados durante el día, la eficiencia del uso del agua puede ser cinco a diez veces más alta que las plantas C4 (Geydan y Melgarejo, 2005). aumentando así la eficiencia de la fotosíntesis en climas secos y cálidos, considerando así este tipo de plantas como xerofíticas, es decir, que se adaptan a vivir en áreas de poca disponibilidad de agua como los desiertos; dentro de este grupo de plantas podemos encontrar la sábila, la piña, el fique y los cactus (Jiménez y Malagón, 2016). No obstante, el riego es fundamental para todos los procesos fisiológicos de la planta, un adecuado riego en el cultivo de aloe vera puede ayudar a incrementar procesos metabólicos importantes con el fin aumentar la producción de gel, teniendo en cuenta que el gel del aloe principalmente se compone de agua. Anatómicamente puede generalizarse que el metabolismo CAM ocurre en órganos suculentos, caracterizados por la presencia de células con volúmenes vacuolares considerables que permiten la acumulación del ácido málico sintetizado en el proceso (Medina, E. 1987). Hay que tener en cuenta que el ácido málico además de ser un conservante natural está presente en distintas funciones metabólicas del cuerpo humano. Por otra parte, la supervivencia de las plantas tipo CAM depende de una cubierta exterior impermeable, lo cual impide la perdida notable de agua. Las plantas también tienen un mecanismo de aclimatación que se da como resultado a estrés hídrico, esto da paso a cambios en algunos procesos que inciden directamente sobre el crecimiento (Moreno, L. 2009.) Uno de los más importantes es la limitación de la expansión foliar, por esta razón el riego es fundamental para obtener mayor expansión foliar y por ende mayor cantidad de gel. Otro proceso que se modifica en condiciones de estrés, es el crecimiento radicular, con un adecuado riego la planta puede desarrollar un volumen de raíces mayor.

4.5. COMPOSICION QUIMICA DEL *Aloe vera*

Respecto a la composición química se ha reportado que el *Aloe vera* está constituido por una mezcla compleja de compuestos tales como antraquinonas, vitaminas, minerales, carbohidratos, enzimas, aminoácidos, lípidos y compuestos orgánicos Tabla1. más de

20 de estas sustancias poseen actividades benéficas para la salud (Reynolds, T. 2014). por esta razón este cultivo resulta muy interesante desde el punto de vista farmacéutico ya que es utilizado es una alta gama de productos, químicamente el *Aloe vera* se caracteriza por la presencia de constituyentes fenólicos que son generalmente clasificados en dos principales grupos: las cromonas, como la aloensina y las antraquinonas (libres y glicolisadas) como la barbaloina, isobarbaloina y la aloemodina; estos compuestos se encuentran en la capa interna de las células epidermales, la Aloína es el principal componente del acíbar, que la planta secreta como defensa para alejar posibles depredadores por su olor y sabor desagradable. También interviene en el proceso de control de la transpiración en condiciones de elevada insolación (Domínguez et al., 2011). Es importante tener en cuenta que, en la fabricación de productos alimenticios a base de A*loe vera*, no deben contener aloína por sus propiedades laxantes y alergénicas, un adecuado proceso de cosecha y separación del gel, así como un adecuado lavado del gel posteriormente a su cosecha garantizan la eliminación de residuos de aloínas generadas durante su obtención. Sin embargo, diferentes antraquinonas naturales y compuestos similares contenidos en la aloína, han mostrado efectos antivirales para algunas infecciones tales como el *herpes simplex* tipo 1 y 2, varicela e influenza H1V – 1. Diversos estudios reconocen que las antraquinonas son los principales compuestos químicos que actúan directamente sobre los virus, impidiendo la adsorción del virus y su consecuente replicación (Reynolds, T 2014).

Tabla 1

Composición química del gel de Aloe vera

Antraquinonas	**Elementos**	**Enzimas**
Ácido aloético	Aluminio	Amilasa
Ácido crisofánico	Bario	Carboxipeptidasa
Aloe-emodina	Boro	Catalasa
Aloína	Calcio	ciclooxigenasa
Antranol	Cloro	Fosfatasa Alcalina
Barbaloína	Cobre	Lipasa
Emodina	Cromo	oxidasa

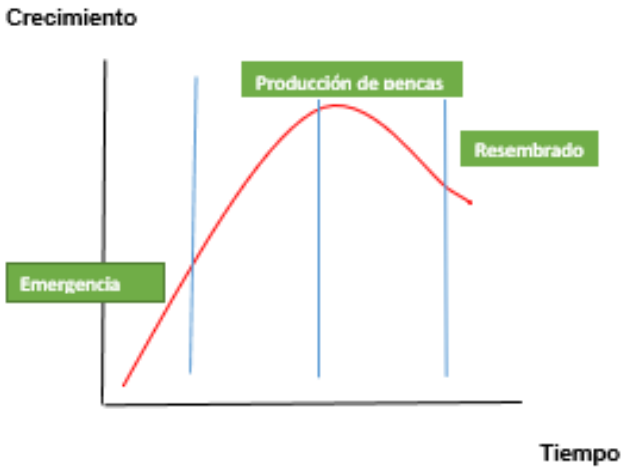
Éster de ácido cinánmico	Estroncio	
Osobarbaloína	Fósforo	Compuestos Miceláneos
Resistanol	Hierro	2 (3H)-Benzotiazolona
	Magnesio	Ácido Araquidónico
Vitaminas	Manganeso	Ácido Deshidroabietico
B1 (Tiamina)	Sodio	Ácido esteárico
B2 (Riboflavina)	Sorbato de Potacio	Ácido Láurico
B6 (Piridoxina)	Zinc	Ácido Linoleico
B7 (Colina)		Ácido Margárico
	Aminoácidos	Ácido
B9 (Ácido Fólico)	**Esenciales**	Metilhexadecanóico
C (Ácido Ascórbico)	Fenilalanina	Ácido Mirístico
E (Alfatocoferol)	Isoleucina	Ácido Octadecanóico
Betacaroteno	Leucina	Ácido Palmítico
	Lisina	Ácido Palmitoléico
Monosacáridos	Metionina	Ácido Pentadecanóico
Aldopentosa	Treonina	Ácido Salicílico
Arabinosa	Valina	Ácido Úrico
Celulosa		Betasitosterol
	Aminoácidos No	
Fucosa	**Esenciales**	Colesterol
Galactosa	Ácido Aspártico	Dioctilftalato
Glucosa	Ácido Glutámico	Esteroides
Manosa (más Común)	Alanina	Giberelinas
Ramnosa	Arginina	Lectinas
Xilosa	Glicina	Ligninas
	Histidina	Monooctilftalato
	Hydroxiprolina	Triglicéridos
	Prolina	
	Tirosina	

Nota: Adaptado de "*El gel Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria*" (P.25), por R, Domínguez et al, 2011, *Revista mexicana de ingeniería química* 11(1).

El gel es el principal compuesto de diferentes productos farmacéuticos, una adecuada cosecha y estabilización del gel garantizaran que se conserven todas sus propiedades físicas y químicas, generando diferentes factores que pueden afectar su composición tales como: temperatura, luz ultra violeta, inadecuada fertilización, excesos de riego, daños mecánicos, uso inadecuado de conservantes, infección por equipos y herramientas, entre otras. El gel del aloe vera o pulpa es una masa gelatinosa e incolora formada por células parenquimáticas, estructuradas en colénquima y células pétreas delgadas. El gel está constituido principalmente de agua, mucilagos y otros carbohidratos, ácidos y sales orgánicas, enzimas, saponinas, taninos, heteroxidos, antracenicos, esteroles, triacilgliceridos, aminoácidos, ARN, trazas de alcaloides, vitaminas y diversos minerales (Domínguez et al., 2011). Por esta razón es de vital importancia determinar el rendimiento del cultivo y de esta forma poder obtener mayor cantidad de gel por unidad de área con fines agroindustriales, durante el ciclo de los cultivos resulta posible distinguir cinco etapas ontogénicas Grafica 1. importantes en la determinación del rendimiento; la formación y fijación de órganos responsables de la fijación de CO_2 y la absorción de agua y nutrientes, la formación de órganos potenciales de cosecha, la determinación efectiva de órganos de cosecha, el llenado de los órganos de cosecha y la perdida de funcionalidad en hojas y raíces.

Figura 3

Curva de crecimiento Del cultivo



Fuente: De autor

Como se mencionó anteriormente, entre la corteza y la pulpa, ocupando toda la superficie interna de la hoja, se encuentran los conductos de aloína, que son una serie de canales longitudinales de pocos milímetros de diámetro por donde circula la savia de la planta, conocida como acíbar. El acíbar se puede obtener dejando fluir el líquido de los conductos de aloína; dicha sustancia tiene usos farmacéuticos como laxante. Por otra parte, se ha reportado que la planta de Aloe vera está constituida por una mezcla compleja de compuestos como se muestra en la Tabla 1 y que más de 20 de estas sustancias poseen actividades benéficas para la salud (Reynolds, T., 2014).

Por otra parte, el gel o pulpa es una masa gelatinosa e incolora formada por células parenquimáticas. La aplicación tópica del gel de sábila estimula la actividad de fibroblastos y la proliferación de colágeno, favoreciendo la cicatrización. Todas estas sustancias aportan al organismo muchos nutrientes necesarios para su función, y aunque de origen vegetal, son reconocidas por el organismo como propias, siendo perfectamente asimiladas sin producir ningún efecto colateral indeseable, También hay evidencia que sugiere que el gel de la sábila contiene diversas sustancias que aisladas o en conjunto presentan efectos terapéuticos (Domínguez et al, 2014). Estas características son útiles en la industria cosmética y médica dando aportes bastante significativos al campo de la investigación en cuanto al desarrollo de productos a base de gel de aloe vera.

5. NUEVAS TECNOLOGIAS EN EL CULTIVO DE *Aloe vera*

5.1 DENSIDAD DE POBLACIÓN Y MATERIAL DE PROPAGACIÓN

Aunque la sábila produce semillas, estas no se emplean para la siembra por la dificultad de germinación y alargamiento del ciclo vegetativo de la planta y por la inseguridad en la producción. La propagación se hace por vía asexual empleando para ello hijuelos provenientes de bancos de germoplasma compuestos por plantas madres en óptimas condiciones. Se recomienda la siembra de los hijuelos con una longitud de 25-35 cm y 4 a 5 pencas formadas, los cuales permiten que al cabo de 8 a 10 meses luego del trasplante se pueda realizar la primera cosecha, resultado lógico que el periodo de cosecha disminuya en la medida en que la semilla aumenta de tamaño o edad (Romero et al., 2010). Otro método es renovar el cultivo que ya esté en estado maduro, en esta metodología de cultivo se corta el tallo principal de plantas maduras que posteriormente,

luego de una desinfección con hipoclorito de sodio y ser sumergidas en una solución de micorrizas, al cabo de 2 meses y medio a tres meses generaran un nuevo sistema radicular y a partir de los 4 meses se pueden realizar las primeras cosechas. Esto reduce significativamente el tiempo de producción y puede ser una alternativa útil para productores con plantaciones viejas y poco productivas. Se debe escoger las plantas más vigorosas y libres de plagas y enfermedades como peca negra y peca roja. La mayor parte de literatura acerca del *Aloe vera* establece una distancia de un metro entre plantas y un metro entre surcos, lo que equivale a 10.000 plantas/ Ha, según las experiencias recolectadas con productores en el municipio de Nocaima, Cundinamarca, una distancia de 45 cm entre plantas y sembradas en el sistema de tres bolillo en bolsas de 40x40x35 calibre número 5, con un espacio entre calles de 1 metro, garantiza mayor número de plantas por unidad de área como se muestra en la Figura 4. facilitando de igual manera todas las labores del cultivo e incrementando la producción con fines de extracción de gel.

Figura 4

Densidad de siembra *Aloe vera* recopilada de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca

Fuente: De autor

5.2. PREPARACION DE SUELO

La agricultura orgánica es una forma de producir sosteniblemente, disminuyendo el uso de fertilizantes y plaguicidas, resulta importante incrementar la eficiencia de utilización de los fertilizantes para evitar la degradación ambiental. Para ello, es necesario implementar tecnologías que permitan la aplicación de estos en el sitio y cultivo especifico con el fin de cumplir la demanda del mismo. En este sentido se ha señalado que el uso eficiente de nutrimentos es un aspecto relevante, debido al incremento en los costos y el impacto asociado con su uso inapropiado (Ramos y Terry, 2014).

Por eso es imprescindible realizar una preparación de suelo óptima para darle a la planta de *aloe vera* todos los nutrientes, propiedades físicas y químicas para crear un ambiente favorable donde la planta pueda cumplir todo su desarrollo de una manera eficiente.

Con el fin de garantizar la mayor calidad estructural y química del gel de aloe vera se debe tener muy en cuenta el aspecto físico y químico del suelo, para brindar a la planta lo necesario para su optima producción. Para la preparación del sustrato es importante tener en cuenta su composición, para el caso específico de los productores del municipio de Nocaima Cundinamarca, se optó por usar un suelo que provenía de la misma finca, mezclado con un viaje de tierra negra solicitado en fincas aledañas, este suelo fue sometido a solarización por al cabo de 20 días, con el fin de llevar a cabo un proceso de desinfección. El sustrato fue fumigado con caldo bordelés (cal + sulfato de Cu), posterior a 25 días, el sustrato fue inoculado con micorrizas y un biofertilizante a base de estiércol equino para el llenado de bolsas donde posteriormente se usó como sitio final para el trasplante del hijuelo o la renovación de una planta adulta.

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola (Ramos y Terry, 2014) y pueden ser usados para una producción orgánica; son bien conocidas sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica (Medina, E., 1987). Se sabe también, que los hongos micorrícicos arbusculares también pueden inducir cambios

en la acumulación de metabolitos secundarios, por ejemplo, fenoles, en las raíces de la planta huésped.

5.3. SIEMBRA

Previamente a la siembra de los hijuelos se realiza el trazado del terreno con el fin de tener claridad sobre la densidad de población, para la siembra los hijuelos deben tener una altura de 25 -35 cm, se colocan en un hoyo de 25x25 cm, tapándose la raíz con suelo, presionando suavemente con el fin de evitar la formación de bolsas de aire que den origen a excesos humedad. La siembra se puede realizar durante cualquier época del año, ya que la planta es resistente a condiciones de sequía, no obstante el riego debe hacer parte de las labores productivas para obtener gel de calidad.

Previo a la siembra los hijuelos deben ser desinfectados en una solución de agua e hipoclorito a razón de $2cm^3$ de hipoclorito por 20 litros de agua. Posteriormente los hijuelos deben ser sumergidos en una solución de 300gr de Micorrizas por 15 litros, con el fin de estimular la actividad y el crecimiento radicular. La asociación micorrizogena presente en las plantas, ofrece múltiples beneficios debido a que tienen la capacidad de mejorar el crecimiento y la superficie de absorción del sistema radical, permitiendo acumular algunos nutrientes, solubilizar minerales, para que las raíces alimentadoras funcionen y sean más resistentes a la infección que ocasionan microorganismos Fito patógenos o plagas (Blandón, D. et al. 2017).

Como se aprecia en investigaciones de Romero, M., Tofiño, A. y Aarón, M (2010); Jiménez, H., Malagón, L. (2016) entre otros autores las densidades de siembra para el cultivo de *Aloe vera* que oscilan de 70 a 140 cm entre plantas, este sistema convencional genera bajas producciones con respecto a la demanda y oferta mundial. Por lo cual se muestran en este trabajo nuevas tecnologías para el cultivo de *Aloe vera*. Centradas específicamente en labores de; siembra, fertilización, cosecha y post cosecha con fines agroindustriales para la producción y aprovechamiento del gel.

5.4. RESIEMBRA

Escoger material optimo, que cumpla con las siguientes características genéticas: pseudotallo (recto), pencas turgentes y de apariencia sana Figura 5, pencas que estén

libres de enfermedades limitantes en el cultivo, material que si es posible provenga de un banco de germoplasma donde se tengan plantas madres que den origen a hijuelos de excelente calidad. La resiembra se debe hacer en lo posible en épocas de lluvia o con riego dirigido ya que la humedad en el suelo ayuda que los procesos de enraizamiento sean más rápidos y por ende el tiempo en tener penca productiva sea menor. Se debe escoger el material que muestre las mejores condiciones para el cultivo, se debe sumergir el material para la resiembra en una solución de Trichoderma harzianum y Micorrizas esto a razón de 40gr por 20 litros de agua, con el fin de estimular los tejidos vegetales para la formación de raíces con la mayor sanidad posible y resistencia en cuanto a enfermedades fungosas se refiere.

Figura 5

Características ideales para material de resiembra

Fuente: De autor

Se debe sumergir el material y llenar la bolsa con la mitad de tierra combinada con cascarilla de arroz y luego introducir la penca a resembrar (si es renovación) y cubrir el

restante de la bolsa con tierra, si es el caso de hijuelos deben ponerse en bolsas más pequeñas hasta que alcancen un tamaño óptimo para su resiembra in situ.

El tiempo promedio desde la resiembra (material sin raíz) hasta la aparición de raíces productivas es de dos a cuatro meses, teniendo en cuenta un riego de dos o tres veces por semana en condiciones de verano, ya que al tener ausencia de agua los procesos metabólicos se detendrán o se demorarán más tiempo de lo indicado. Si se usa material de siembra que este afectado por algún tipo de enfermedad, debe hacerse una desinfección previa del mismo en una solución de Trichoderma harzianum (40gr) con hipoclorito de sodio 3cm^3 por 20 litros de agua, las pencas afectadas deben ser retiradas y proceder a realizar la resiembra del material. Después de los tres primeros meses se puede realizar una primera fertilización ya que la planta posee raíces efectivas que pueden absorber los nutrientes. En lo posible deben usarse abonos de origen natural con altos contenidos de nitrógeno tales como el estiércol de caballo preferiblemente líquido con el fin de garantizar una toma de nutrientes adecuada y una estabilidad en el balance nutricional de la planta

La bolsa para la siembra, tiene una vida útil de más de un año y unas dimensiones de (40cmx40cmx35cm) permitiendo así un mejor manejo del sustrato y distintas labores, hay que tener en cuenta que esa labor genera costos importantes en cuanto a insumos y mano de obra se refiere. Ya que el gel de aloe vera es mayoritariamente empleado en la industria farmacéutica, cosmetológica y alimenticia, la calidad del gel es fundamental. Por esta razón, el uso de agroquímicos no es permitido. Esta especie en particular absorbe con gran facilidad los ingredientes activos, lo cual puede alterar la composición química y estructural del gel y sus subproductos.

5.5. MANEJO DE MALEZAS

Es primordial el control de las malezas en los primeros estadios del cultivo lo que impediría el crecimiento de plantas nocivas. Es aconsejable no usar herramientas filosas ya que esto ocasionara daños mecánicos que posteriormente dañarían la calidad del gel, las malezas se pueden retirar de forma manual mientras la planta tiene mayor porte. La época critica de competencia en el cultivo de *Aloe vera* se dará durante los primeros 6 meses posteriores a la siembra (Romero, M et al. 2010). Después de este periodo la

cercanía entre plantas genera sombreamiento lo que impide el crecimiento de plantas no asociadas al cultivo. Es importante el control de malezas en etapas de vivero, principalmente cuando se obtienen los hijuelos, por lo general se hacen en camas donde se espera mientras alcanzan un tamaño ideal, el manejo en cuanto a las distancias de siembra en vivero y luego in situ determinan la actividad de plantas no asociadas al cultivo, cuando se hace la siembra directamente en suelo debe tenerse mayor énfasis en el control de malezas ya que la planta está expuesta a malezas presentes en suelo lo que se evita con el uso de sustratos enriquecidos y tratados con el fin de tener el mejor ambiente para el desarrollo de la planta. Un resultado positivo que brinda la disminución de distancias convencionales de siembra donde la luz, agua y nutrientes están poco disponibles para las malezas.

5.6. DESHIJE

Esta actividad consiste en retirar los hijuelos de la planta, para que de esta forma se vite la competencia por nutrientes, agua y luz. Esta labor se debe hacer manualmente o empleando una cuchilla previamente desinfectada. En bancos de germoplasma, se debe retirar el hijuelo de la planta madre tratando de conservar el mayor porcentaje radicular posible durante su extracción. Entre menor sea el tamaño del hijuelo más fácil será su extracción.

5.7. MONTAJE DEL VIVERO

Para esta labor se hace necesario el uso de un banco de plantas madre de las cuales se obtendrán los hijuelos necesarios para el montaje del vivero, los hijuelos deben tener una altura de 25 – 30 cm y estar libres de enfermedades, se deben mantener en un lugar fresco antes de su trasplante Figura 6. Simultáneamente con la labor de deshije, se lleva a cabo la implementación de infraestructura de viveros, que puede ser de dos tipos: bajo poli sombra y siembra directa en el suelo o bajo árboles o arbustos nativos dependiendo de la cobertura vegetal (Romero, M et al. 2010). De la buena calidad de los hijuelos depende una buena productividad y producción de gel, en condiciones de campo de deben escoger las pencas más vigorosas y que presenten una tasa mayor en los componentes del rendimiento, tales como numero de hojas por planta, grosor y longitud de la hoja y por último peso promedio de la penca.

Figura 6

Vivero necesario para la obtención de material de buena calidad útil para la siembra del *Aloe vera* bajo sombrío natural

Fuente: De autor

5.8. CAPADO DE FLOR

Esta actividad se hace con el fin de evitar un gasto energético innecesario en la planta ya que en el *aloe vera* las flores no tienen ningún fin comercial, el capado a tiempo es decir cuando la inflorescencia está en sus primeras etapas de desarrollo, otorgara a la planta energía suficiente para crecer y producir más gel.

5.9. PODAS DE SANIDAD

Las podas de sanidad son muy importantes en este cultivo ya que como no se usan moléculas químicas para el control de agentes patógenos, la única forma de realizar controles efectivos de enfermedades y posibles plagas es mediante métodos culturales únicamente, en donde el operario después de los tres meses del proceso de enraizamiento de la planta puede empezar a realizar podas de pencas afectadas por

cualquier enfermedad y hasta la finalización del ciclo productivo o hasta una próxima resiembra si así se requiere Figura7. Las podas preferiblemente deben hacerse en épocas de lluvia o si se cuenta con un sistema de riego para tener húmedo el suelo ya que la planta se estresa cuando recibe algún tipo de corte, las podas de sanidad pueden realizarse con la mano sin ningún tipo de herramienta arrancando la penca suavemente sin maltratar el tallo o mediante una cuchilla bien afilada y desinfectadas que ocasione el menor daño por lesiones en la penca y a la planta madre ya que esto es un foco para la entrada de enfermedades. Solo se usa la cuchilla para hacer dos cortes en los extremos donde nace la penca de esta forma la cosecha más sencilla. Después de cada poda se hace necesario una fertilización de respaldo directamente al suelo ya que esto ayuda a la planta a tener una fuente energética que ayude a que las próximas pencas salgan de un mejor porte y la planta no sufra estrés hídrico ni nutricional que en un futuro afecte la producción.

Figura 7

Podas en *Aloe vera* para control fitosanitario

Fuente: De autor

La distancia de siembra es importante para que los % de plagas y enfermedades disminuyan ya que el microclima de la planta deja de ser óptimo para que haya un ambiente favorable para el desarrollo de un patógeno, como las distancias de siembra que se maneja son mucho más cortas que las que cita la literatura para este cultivo debe hacerse la poda de sanidad con una frecuencia semanal y tratando en lo posible que haya el menor contacto entre penca y penca ya que las propias espinas de las hojas pueden lesionar a otras y por ahí se vuelve un punto favorable para la entrada de patógenos. Para esto se usan técnicas como amarar las pencas para evitar daños mecánicos, una adecuada cosecha impide que se afecte la penca. Después de cada poda se debe hacer una desinfección con yodo ya que por las herramientas e incluso por el mismo contacto con una planta enferma se puede seguir afectando el cultivo y se incrementarían los focos de infección y severidad de la enfermedad.

6. FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCION DE ALOE VERA

Sobre las enfermedades de este cultivo existe poca información, provocadas por manejo agronómico inadecuado. Algunos de los organismos causantes de las enfermedades son hongos, que ocasionan daños en raíz, tallo y hojas. Además, las bacterias de los géneros *Erwinia, pectobacterium y dickeya* son causantes de otras enfermedades en sábila. En una revisión actual se encontró que las principales enfermedades causadas por hongos y bacterias son la pudrición de la raíz, la mancha de la hoja y la putrefacción blanda (Rubio, S et al, 2018).

Una de las labores más importantes para el cultivo de *aloe vera* son las podas, en este caso una buena poda de órganos afectados o que hayan pasado su tiempo de cosecha dará a la planta un estímulo para realizar mejor todas sus funciones fisiológicas, la poda se realiza a mano, con el uso de guantes y camisa de manga larga para evitar algún tipo de daño en la persona que va a realizar la poda. A continuación, se retiran todo el material residuo de la poda que posteriormente se convertirá en compost, útil para la fertilización.

Una adecuada poda en el cultivo de aloe vera mantiene las plantas en su mayor producción sin gastos energéticos significativos. Lo cual es muy útil para garantizar la mayor producción de gel gracias a que la planta puede dar todo su potencial agronómico, que para este cultivo es la producción de gel de buena calidad por unidad de área.

7. ENFERMEDADES DEL ALOE VERA

7.1. Pudrición de la raíz

Esta es una enfermedad limitante ya que está en el suelo, una adecuada solarización y desinfección del suelo garantiza la disminución de esta enfermedad, así como una adecuada fertilización e incorporación de materia orgánica con el fin de enriquecer el suelo. Dentro de los principales causantes de la pudrición radicular se encuentran los hongos Fitopatógenos *Fusarium* y *Rhizoctonia*. causantes de enfermedades en más de 100 especies de plantas, incluyendo la sábila (Rubio, S et al, 2018). Este tipo de hongos puede estar en el suelo y soportar una gran gama de condiciones climáticas, es un hongo muy adaptativo y resistente. La especie *Fusarium oxysporum* causa la podredumbre de la base, el amarillamiento y el marchitamiento de las hojas y es el principal Fitopatógeno de *Aloe barbadensis* Figura 8.

Figura 8

Daños causados por *Fusarium oxysporum* en *Aloe vera*

Fuente: De autor

7.2. Mancha foliar

Esta enfermedad es una de las más limitantes en el cultivo del aloe vera que si no se controla adecuadamente puede generar grandes pérdidas. Esta enfermedad es causada principalmente por *Alternaria alternata,* que se manifiesta en cualquier parte de la superficie de la hoja, como manchas necróticas de color marrón oscuro y centro marrón o grisáceo, con una forma circular u ovalada, una vez que la hoja se infecta, empieza a secarse y entorcharse desde la punta Figura 9. esto trae como consecuencia la reducción del contenido de gel mucilaginosos en la hoja (Ghosh et al., 2016). Una adecuada escogencia de hijuelos vigorosos al momento de la siembra así como una preparación y desinfección del suelo garantizan la ausencia o disminución de la enfermedad en el cultivo, en la actualidad existen diferentes formas de preparación de suelos y específicamente para este cultivo adiciones de biofertilizante al suelo garantizan una mayor absorción de las plantas y mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades. Una poda de material vegetal enfermo así como la eliminación de plantas altamente afectadas garantizan el control de la enfermedad. Los residuos deben ubicarse lo más lejos posible de la zona de cultivo, enterrarse, aplicar cal y solarizar con plástico negro o a la intemperie por más de 6 meses.

Figura 9

Daños causados por *Alternaria alternata,*en *Aloe vera*

Fuente: De autor

En el cultivo del *Aloe vera* las enfermedades expresadas en manchas foliares son altamente limitantes, ya que reducen la cantidad y la calidad del de gel. El cultivo de aloe vera resiste muy bien las podas de sanidad, lo aconsejable es hacer este tipo de podas lo más temprano posible, retirando cualquier órgano afectado (pencas) y también hojas caídas, tanto en el suelo como dentro de las bolsas. Durante la poda se debe hacer uso de una cuchilla, desinfectada, con yodo o hipoclorito. Si en necesario debe arrancarse toda la penca con el fin de evitar gasto energético y propagación de la enfermedad, si la enfermedad esta e sus primeros estadios lo aconsejable es retirar las puntas manualmente y si es necesario cortar solo parte de la penca con el fin de no desperdiciar el gel que aún se encuentra dentro de la penca, esto estimula a la planta a la producción de aloínas y hormonas las cuales actúan como cicatrizante dentro de la propia planta, lo cual es muy útil ya que la planta re regenerara y el gel aun contenido en la penca puede ser útil. El uso de gel como bioprotector después de la poda en diferentes cultivos garantiza rápida cicatrización y por su contenido de aloínas actúa también como repelente y su consistencia gelatinosa le permite adherirse a la superficie de la zona.

7.3. Pudrición blanda

Uno de los causales de la pudrición blanda de la sábila es una bacteria llamada *Erwinia chrysanthemy.* este género bacteriano causa importantes pérdidas económicas debido a la gran actividad pectofilica que macera los tejidos, degradando la pared celular de las plantas, produciendo múltiples enzimas hidrolíticas que le permiten liberar los nutrientes que permitirán el crecimiento bacteriano (Rubio, S et al, 2018). Esta enfermedad produce pudrición acuosa en hojas y tallo Figura 10. cuenta con altos periodos de latencia en el suelo y residuos vegetales. Esta enfermedad se manifiesta en el cultivo de aloe vera con heridas en la base de las hojas y a partir de ahí comienza a degradarse la pared vegetal causando un putrefacción de rápido avance provocado, dentro de la epidermis una formación de gas, que hacen que se infle posteriormente liberando una masa acuosa, los síntomas de la enfermedad consisten en lesiones necróticas que presentan una consistencia acuosa, al comienzo de la infección y que posteriormente se torna seca del tercio superior de las hojas tiernas del cogollo, una vez que la enfermedad está avanzada

el tercio superior se desprende, determinando así el avance del daño, esta enfermedad no tiene control conocido, lo más aconsejable es retirar el material vegetal , es decir la planta completa afectada en los primeros estadios de la enfermedad, una vez las manchas acuosas se expanden su control es casi imposible y se disemina fácilmente por el suelo y en equipos de trabajo.

Figura 10

Daños causados por *Erwinia chrysanthemy* en *Aloe vera*

Fuente: De autor

8. FERTILIZACION CON ABONOS NITROGENADOS

La aplicación de biofertilizantes foliares puede ser útil para varios propósitos, en el cultivo de la sábila puede brindar mayor producción de gel por unidad de área, así como una mejor calidad de características deseables en la industria, la aplicación biofertilizantes vía foliar es útil tomando en consideración que es una práctica que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales de los metabolitos que se están generando el proceso de fotosíntesis. Algunos de estos propósitos se indican a continuación: corregir las deficiencias nutricionales que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta, corregir requerimientos nutricionales que no se logran cubrir con fertilización edáfica, abastecer de nutrientes a la planta que se retienen o se fijan en el suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa

fisiológica de la planta, hace eficiente el aprovecho de nutrientes de los fertilizantes, corregir problemas fitopatológicos de los cultivos al aplicar cobre y azufre (Trinidad y Aguilar, 1999).

8.1. ABONOS ORGANICOS

El empleo de abonos orgánicos se ha intensificado en los últimos años debido a que son de bajo impacto ambiental, ayuda a nutrir a las plantas para su óptimo crecimiento y le devuelve al suelo los elementos extraídos durante la producción (Cabrera, D., López, M, y Reyes, E. 2013). Hay dos formas de preparar los abonos necesarios para el cultivo de la sábila, una es a partir de estiércoles animales los cuales luego de ser compostados pueden ser agregados a la planta en razón de un kilo por planta, uno de los estiércoles más usados esta la equinasa por su alto contenido de nitrógeno y el lombricompost. La característica principal del estiércol usado como abono es que contiene altas concentraciones de nitrógeno total. La fertilización es un aspecto muy importante en el mantenimiento del cultivo ya que le brinda a la planta un soporte nutricional y estructural donde se puede incrementar notablemente el aumento del tamaño, la vigorosidad y la calidad de la penca. Para este cultivo en específico se requiere de una fertilización nitrogenada, sin embargo, se debe tener en cuenta todos los demás elementos que necesita la planta para su desarrollo con el fin de no crear desbalances nutricionales que puedan afectar la producción (Restrepo, J. 2001).

Según experiencias con productores de Nocaima la forma más efectiva de fertilizar el cultivo de *Aloe vera* es con aplicaciones liquidas, obtenidas a través de la fermentación de estiércol de caballo y con la adición de diferentes componentes de elementos mayores y menores, para tener como resultado un caldo microbiano con altos contenidos nutricionales para cada una de las etapas del cultivo; desde incremento de raíces hasta el control de plagas y enfermedades limitantes.

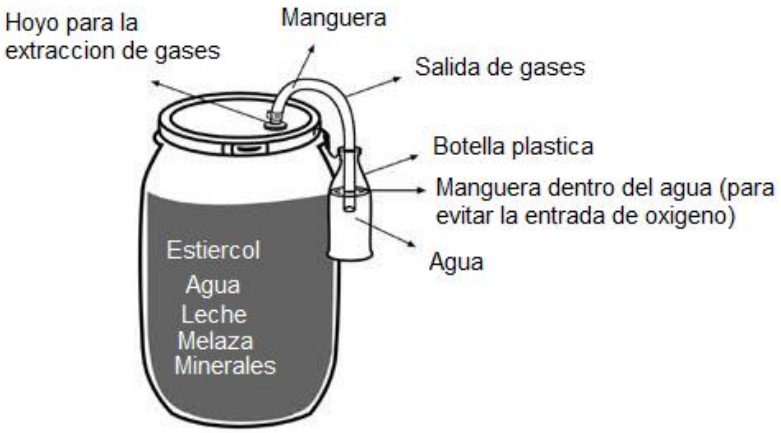
8.2. FORMULA BIOFERTILIZANTE

Para preparar 200 L. de este fertilizante se necesitan los siguientes elementos; estiércol (seco) caballo 40Kg, leche pura de vaca 9 L, melaza 9 L, sulfato de zinc 3 Kg, sulfato de Mg, 1 Kg, sulfato de Mn 300 gr, sulfato de Cu 300gr, cloruro de Ca 2 Kg, ácido bórico 1

Kg, trióxido de Mo 50 gr, sulfato de Co y sulfato de Fe. Se inicia la preparación con la mitad de agua, todo el estiércol, un litro de leche y un litro de melaza, posteriormente cada tercer día se agregará un elemento diferente adicionando a su vez un litro de leche y un litro de melaza respectivamente Figura 11. Luego de adicionar todos los elementos se dejará fermentar por aproximadamente 25 días. Después de este tiempo el caldo puede ser usado a razón de 1L por bomba de 25L lo cual genera conductividades eléctricas que van desde 400 a 500 ppm (Restrepo, J. 2001). En la actualidad la calidad y el desarrollo de biopreparados dependerán de condiciones propias de la zona como clima, microfauna y condiciones específicas de requerimientos de los cultivos. El uso de biofertilizantes promueve un manejo ecológico donde se reduce la aplicación de moléculas de síntesis química que puedan generar impactos ambientales o una disminución de la calidad del gel. Gran cantidad de cultivos están adoptando modelos de producción orgánica ya que permiten tener un mejor control de costos de producción asociados a productos químicos, así mismo promueven una regeneración de biodiversidad del ecosistema lo cual favorece la aparición de microorganismos benéficos mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo y condiciones favorables dentro del metabolismo de la planta.

Figura 11

Preparación y composición de biofertilizante



Fuente: De autor

Cabe resaltar que para cada etapa fenología del cultivo la creación de biopreparados será diferente, por ejemplo cuando se va a sembrar ya sea por método de hijuelo o renovación de cultivo lo más aconsejable es tener biopreparados enriquecidos con micorrizas los cuales brindan un excelente desarrollo radicular, en etapas de desarrollo es necesario usar mezclas que contengan todos los nutrientes necesarios así como la aplicación y estimulación de la actividad microbiana como por ejemplo biopreparados obtenidos a partir de estiércol animal, con el fin de enriquecer y reponer la materia orgánica requerida para el cultivo. Figura 12

Figura 12

Cultivo de *Aloe vera* tratado con biofertilizantes

Fuente: De autor

Para la preparación del biofertilizante se necesita un recipiente de 200 litros con tapa, para acondicionar el recipiente y convertirlo en un biodigestor, se requiere que la tapa

este provisto con un precinto de seguridad metálico, además tener una botella de plástico de un litro de capacidad, dos metros de manguera y un adaptador para la tapa.

Se debe esperar un tiempo de 20 a 30 días para abrirlo y verificar el olor a fermento y el color café azulado indicativos de la calidad del biofermento. En climas fríos el proceso puede tomar de 75 a 90 días. Al abrir el tanque fermentador el biofermento presenta la formación de una nata verde, blanca en la superficie y debajo de esta el fermento de color marrón rojizo. El olor a putrefacción el color azul o rojo son sinónimos de procesos incorrectos.

8.3. FERMENTACIÓN Y BIOSINTESIS

Los abonos líquidos fermentados se originan a partir de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos como estiércol, plantas verdes, frutos, sales minerales. Comúnmente se les llama biol, biofermentos o biofertilizantes; popularmente se cree que los mismos contienen sustancias que favorecen el crecimiento vegetal a la vez que contribuyen a mejorar la vida microbiana del suelo (Chilon y Chilon, 2015).

La tendencia cuando se prepara un bioferttilizante es que entre más tiempo se prolongue el proceso de fermentación este será de mejor calidad. Los abonos orgánicos son el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microrganismos presentes en el medio, los cuales dijeren los materiales, transformándolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto, a las plantas que crecen en él. Es un proceso controlado y acelerado de descomposición de los residuos, que puede ser aeróbico o anaeróbico, dando lugar a un producto estable de alto valor como mejorador del suelo (Ramos y Terry, 2014).

Este proceso es muy importante ya que dé él depende que caldo microbiano este en buenas condiciones al momento de usarse, cuando el caldo tiene olores muy fuertes como a descomposición, después de pasado dos meses el caldo será inútil, así mismo si el caldo presenta coloraciones rojizas no será posible usarlo ya que alguno de sus ingredientes fue aplicado mal o en las dosis inadecuadas.

La biosíntesis de sustancias enzimáticas, hormonas, vitaminas, ácidos orgánicos, fenoles y alcoholes sintetizadas por numerosos microorganismos, algunos todavía

desconocidos, que favorecen la transformación de sustancias orgánicas, a la fijación biológica de nutrientes como nitrógeno y azufre; la síntesis del ácido indolacético y triptófano que son hormonas que favorecen la división celular de las raíces y el crecimiento de las plantas. Según la recopilación de información a partir de las experiencias obtenidas con agricultores del municipio de Nocaima Cundinamarca, se evidencio un crecimiento favorable el cual se vio reflejado en pencas de más 800gr llegando a pesar pencas de 930gr, esto con aplicaciones consecutivas del biofertilizante lo que demuestra fu efectividad. Es importante nombrar que las aplicaciones del biofertilizante continuamente propician la biosíntesis de ácidos orgánicos y enzimas que desintegran compuestos orgánicos y complejos minerales, liberando nutrientes como K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn y Bo, volviéndolos disponibles para las plantas; la enzima fosfatasa solubiliza el fosforo inorgánico, y es sintetizada por bacterias y hongos *Pesudomas, Mycobatrium, Micrococcus, Bacillus, Flavobaceterium, Pennicillum, Rusarium.* (Chilon y Chilon, 2015)

Los abonos orgánicos tienen altos contenidos de nitrógeno mineral y cantidades significativas de otros elementos nutritivos para las plantas. Dependiendo del nivel aplicado, originan un aumento de los contenidos de materia orgánica del suelo, en la capacidad de retención de humedad y en el pH, también aumentan el potasio disponible, el calcio y el magnesio. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad eléctrica; disminuyen la densidad aparente y la tasa de evaporación, así como promueven un mejor estado fitosanitario de las plantas (Ramos y Terry, 2014).

8.4. FRECUENCIA DE USO

El uso eficiente y continuo de caldos microbianos en el ciclo de cultivo favorecerá la producción, la frecuencia de este tipo de abonos se puede realizar semanalmente (suelo y foliar), al momento de podas o cosecha de penca con el fin de garantizarle siempre a la planta un ambiente favorable para que pueda realizar todas sus funciones metabólicas sin sufrir algún tipo de estrés o afectar las siguientes cosechas.

Según Restrepo, J (2001), las cantidades de biofertilizantes que se pueden aplicar en los cultivos están relacionadas directamente con las necesidades específicas de nutrimentos

que cada cultivo exige según la curva de crecimiento individual o etapa de desarrollo y si es en vivero o en campo. Los biofertilizantes a una concentración de 3 a 7% disuelto en agua cuando es aplicado vía foliar. En el caso de utilizarse en fertirriego se habla de 5 al 30% de concentración. Según la información recopilada en las experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca dosis de 1 litro de biofertilizante x 24 litros de agua para aplicaciones foliares y Para aplicaciones edáficas de 1,5 a 2 litros de biofertilizante por 24 litros mostraron un incremento en la producción. Llegando a obtener pencas de hasta 930gr.

8.5. MODO DE EMPLEO

El caldo se puede emplear en cualquier etapa de cultivo ya que al ser de origen orgánico y con un alto contenido no es toxico. No afecta ninguna de las etapas fenológicas de la planta por lo cual puede usarse sin ningún problema como: fungicida, bactericida, insecticida y fertilizante.

Mazariegos, S y Colindres, C (2002). Estudiaron a nivel de campo el efecto de un biofermento aplicado foliarmente en diferentes concentraciones en plantas de chile picante (*Capsicum frutescens*) con y sin presencia de arvenses. Todos los tratamientos contaron con fertilización mensual la cual consistió en fertilizantes orgánicos solidos (mezcla de bokashi y compost). Los tratamientos con 4 y 32% de concentración mostraron una reducción del rendimiento (33%) con respecto a los tratamientos 0,8 y 16 %. Los tratamientos aplicados a la concentración de 16% obtuvieron los mejores rendimientos de producción.

Delgado, V., (2006) evaluó en piña (*Ananas comosus*), dos biofertilizantes anaeróbicos al 8 y 12%, dos fertilizantes aeróbicos al 6 y 9%, humus de lombriz al 9% y un testigo. El peso seco fue mayor para los tratamientos con mayor concentración, el tratamiento testigo y el biofermento aeróbico al 6% mostraron el menor peso seco de hojas. El biofermento al 1% mostro la más ancha y de mayor grosor. A los 8 meses solo los tratamientos anaeróbicos 12% y humus 9% alcanzaron el peso de planta deseado (3 a 3,5 kg) para la inducción de la floración. El biofermento anaeróbico al 8% fuel el que mostro los mejores resultados en acumulación de materia seca en las hojas.

Gonzales, P y Valiente, F., (2001) estudiaron el efecto de la aplicación foliar de diferentes concentraciones de biofermentos sobre el cultivo de lechuga (*Lactuca sativacv.* Emperador) en invernadero. Los tratamientos a los que se aplicaron concentraciones de 4, 8 y 16%, mostraron el mayor peso fresco y seco foliar mientras que el tratamiento con 4% de concentración presento, un mayor peso fresco de raíces que el testigo y el tratamiento de 16%. A su vez, el mayor peso seco de raíces se encontró en los tratamientos 2, 4 y 8% y menor en el tratamiento testigo y 16%. Estos resultados indican un efecto positivo en las menores concentraciones de biofermentos superando el crecimiento mostrado en el tratamiento testigo.

9. USO DE BIOFERTILIZANTES EN EL CULTIVO DE ALOE VERA

9.1. Experiencias con productores (Nocaima –Cundinamarca)

El uso de abonos líquidos fermentados fue exitoso ya que se logró incrementar la biomasa de la planta pasando de un peso promedio de entre 450 a 480gr a llegar a pesar pencas de más 850gr (ver tabla 2). La ganancia en peso y contenido de gel fue significativa, al igual que en su calidad Figura 13. Por lo cual un uso adecuado y efectivo de los caldos logra un aumento productivo bastante considerable. El uso de estos caldos mejoro la resistencia y el ataque a plagas y enfermedades, ya que, por sus contenidos ricos en sulfato de cobre, su acción fungicida previene y controla diferentes enfermedades limitantes en el cultivo.

Figura 13

Ganancia de peso de la penca del *Aloe vera* por uso de biofertilizantes

Fuente: De autor

En la tabla 2. se observa el incremento de peso de las pencas a través del tiempo con el uso de aplicaciones consecutivas de biofertilizante y el desarrollo de las diferentes actividades culturales, como todos los diferentes sistemas de podas, así mismo labores agronómicas como fertilización control de plagas y enfermedades y rendimientos y producción, nuevas tecnologías y metodologías pueden dar resultados eficientes para la producción y obtención de gel con fines agroindustriales, ya sea para cosméticos, alimentos, productos farmacéuticos o como materia prima para la elaboración de subproductos.

Tabla 2

Comparación de peso x penca en respuesta a la aplicación de biofertilizantes durante ciclo de cultivo.

Mes	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Ene**	**Feb**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**
Peso Promedio gr	530	530	540	560	600	620	700	700	720	730	750	780	800	820	850
Mayor Peso gr	650	680	680	700	720	730	700	750	740	750	780	800	820	850	930
Menor Peso gr	375	420	450	480	470	415	450	500	480	520	500	480	520	550	580

10. POTENCIAL DEL CULTIVO DE ALOE VERA EN COLOMBIA

Tabla 3

Participación del *Aloe vera* en Colombia

Zonas productoras	**Departamentos**	**Área sembrada**	**Rendimiento**
Zona occidente	Valle del cauca, caldas, Risaralda, Quindío.	894 hectáreas	57 Tn/Ha
Zona centro	Tolima, Huila, Cundinamarca	359 hectáreas	65 Tn/Ha
Zona Santanderes	Santander, Boyacá	177 hectáreas	62 Tn/Ha

Fuente (Ministerio de Agricultura, 2017).

En Colombia existe un excelente potencial para producir grandes volúmenes de *Aloe vera* con el fin de cubrir el déficit en la oferta de acíbar, pasta de aloe, gel fresco y gel liofilizado en el mercado nacional e internacional, retribuyéndose en beneficios laborales, económicos, tecnológicos y comerciales para todos los actores que intervienen en esta cadena productiva. El cultivo de la sábila en Colombia lo realizan en su mayoría pequeños productores, grupos de mujeres y productores independientes, los cuales se han dedicado a cultivar la sábila como una opción económica pero que atraviesa dificultades en su comercialización, por lo que reviste especial importancia el análisis y diseño de políticas para este subsector que lo preparen para insertarse en el creciente mercado nacional e internacional (Colombialoe, 2007).

La mayoría de las industrias de transformación de sábila comparten el diagrama de flujo básico del procesamiento y aprovechamiento de la de sábila Figura 15. Si bien los pasos iniciales prácticamente no difieren entre una y otra empresa, el diseño de variantes para la obtención de e productos con *Aloe vera* es muy diverso, se pueden encontrar en el supermercado desde hojas de sábila completas hasta concentradas, jugos, polvos y formulaciones alimenticias, cosmetológicas y farmacéuticas. Puesto que los métodos de proceso industrial de la hoja de sábila varían enormemente dependiendo del fin agroindustrial, las preparaciones finales poseen composición química diferente (Pedroza, A., *et al.* 2013). Uno de los principales problemas para la comercialización es la falta de asociaciones eficientes, el *Aloe vera* puede brindar infinidad de caminos comerciales por la gran variedad de productos que se pueden obtener a partir del gel. La mala calidad en las semillas, y los bajos niveles de rentabilidad dentro del cultivo, así como la falta de industrialización y asociaciones hacen deficiente la comercialización del producto en el país y su crecimiento tanto en área sembrada como en producción y demanda del producto (Ministerio de Agricultura, 2017).

En los últimos años los gremios de sector agrícola en Colombia han venido haciendo grandes esfuerzos con el fin de obtener certificaciones a nivel internacional sobre los cultivos y productos derivados del aloe vera, que permitan cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado industrial y también el consumidor final; pues se entiende,

cada vez mejor, las bondades que este producto ofrece para su bienestar (Hincapie, R., Cifuentes, J., y Jimenez, A. 2014).

Es importante mencionar que el desarrollo del cultivo de penca de sábila, su industrialización, procesamiento y comercialización no ha sido homogéneo en el país. Lo anterior encuentra soporte en que la penca de sábila y sus subproductos participan en al menos tres industrias bien diferenciadas, estas son, cosméticos, alimentos y fármacos, esto se traduce en que existe más de un modelo de cultivo, así como también de industrialización, procesamiento y comercialización de *Aloe vera.*

Figura 14

Productos procesados a partir del *Aloe vera*

Fuente: De autor

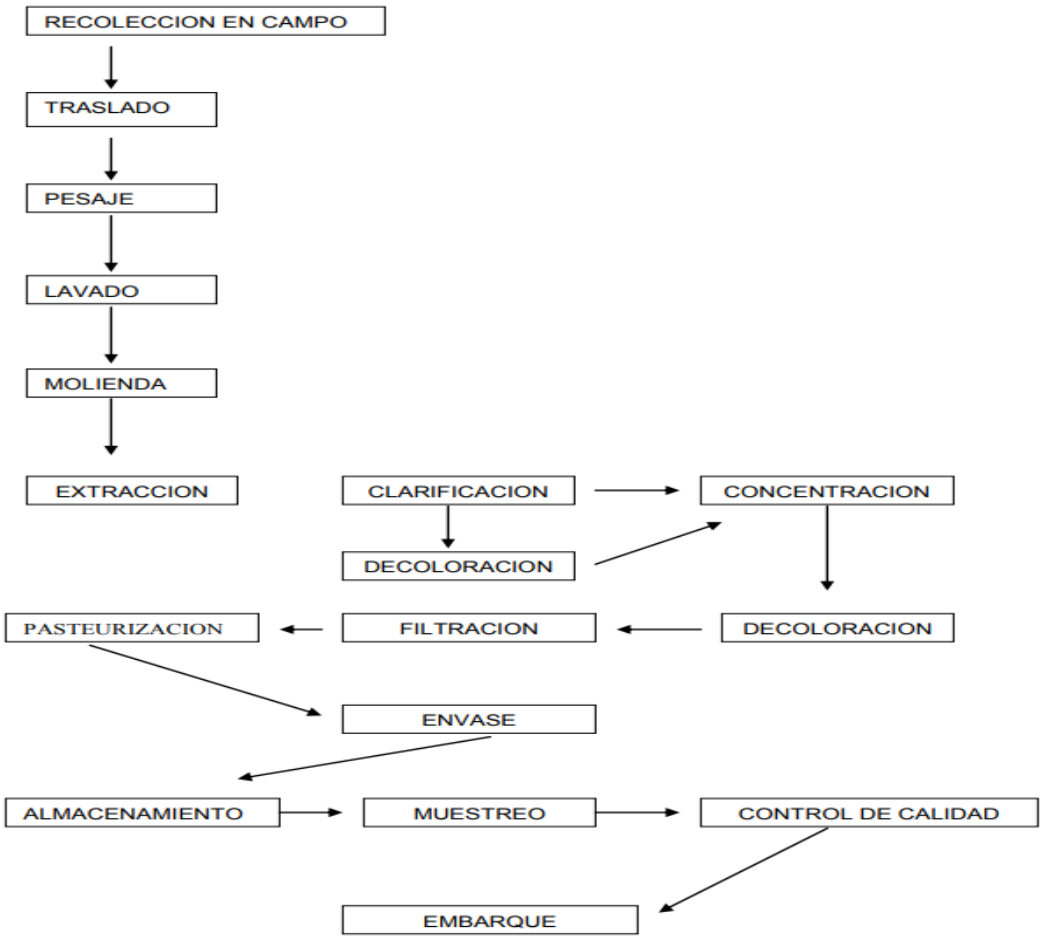
Jugo de hoja entera. Es el producto donde el proceso es más sencillo y relativamente más simple. Aunque dicho producto fue de alta demanda en la época de los 80`s, actualmente ha bajado considerablemente, principalmente cuando se trata de los mercados europeos y asiáticos. Lo anterior debido a que por la naturaleza del proceso,

implica la obtención del jugo con mezcla de acíbar, debido al prensado de que es objeto la hoja para extracción del producto. La naturaleza del proceso y la presencia de acíbar en el jugo es causa de perdida de algunas propiedades benéficas para la salud que le son atribuidas a la planta de sábila (Pedroza, A., *et al.* 2013).

Dentro de la industria se hace uso del gel tanto en diferentes tipos de bebidas, así como para productos cosméticos, farmacéuticos. Las aplicaciones terapéuticas a las que puede ser destinado el *Aloe vera* son, entre otras, las siguientes: Abscesos (efecto antibiótico), acidez estomacal (efecto gastro protector), acné (ácidos crisofanico, cinámico y del acemanano), actinomicosis, aerofagia (propiedades anti fermentativas), agotamiento nervioso, alergias (acemanano, la enzima bradiquinasa y algunas antraquinonas), alopecia (ph de 6), amigdalitis, ampollas, anemia, angina de pecho (ácido fólico, magnesio y vitamina E), apetito, arritmia cardiaca, arrugas, arterioesclerosis, artritis reumatoide, artrosis, asma, inflamaciones en la boca, bronquitis, cáncer, cándida vaginal, cardiopatías Coronarias, carencia de ácidos gástricos, caspa, cataratas, catarro, cicatrización de heridas, cistitis, colesterol, colitis, complejo vitamínicos, congelación, conjuntivitis, cuero cabelludo, cuidado de la piel, cuidado del cabello, dermatomicosis, diabetes, diarrea, dientes, dolor de muelas, edema, encías, enteritis, erisipela, eritema nodoso, esclerodermia, esclerosis múltiple, esofagitis, estreñimiento, estrías, forúnculos, fractura de huesos, gastritis, gota, grietas, halitosis, hematoma, hemorragias, hemorroides, hepatitis A y B, heridas, herpes de afeitado, herpes simple, hipertensión, impotencia, insomnio, insuficiencia hepática, isquialgia, laringitis, lupus, llagas, mastitis, menopausia, migrañas, onoicosis, orzuelos, picaduras de insecto, piel, quemaduras, queratitis, regeneración celular, respuesta inmunológica, rinitis, S.I.D.A, ulcera, urticaria, varicela, venas varicosas (Pedroza, A., *et al.* 2013).

Figura 15

Principales etapas del proceso industrial para la obtención de jugo de sábila, a partir de hoja entera para la obtención de gel apto para la industria alimentaria, disminuyendo concentraciones de aloína.



Nota: Adaptado de "*El gel Aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria*" (P.29), por R, Domínguez et al, 2011, *Revista mexicana de ingeniería química* 11(1).

Otra forma de presentación para la agroindustria consiste en el jugo concentrado a partir de gel. La obtención de este producto, implica un proceso de fileteado. Previo a esto, puede incluirse un punto de inspección. El fileteado consiste en extraer, manual o mecánicamente, el gel contenido en la hoja. Debido a la forma que adquiere esta porción de gel separado del resto de la hoja, a esta parte de gel se le denomina "filete". (Pedroza, A., *et al.* 2013).

El fileteado se puede hacer manual o mecánicamente. Para realizar el fileteado de forma manual se hacen cortes laterales en la penca con un cuchillo para retirar las espinas, luego se hace un corte retirando la epidermis en la parte más plana de la hoja, luego con el cuchillo se retira la totalidad del filete, este proceso debe hacerse en lo posible en

cuartos especializados inocuos, y personal capacitado para que el gel no sufra ningún tipo de contaminación, ya que el gel puede ser sensible a factores como los rayos uv, el ambiente y la temperatura lo que hace perder sus propiedades fisicoquímicas rápidamente impidiendo su uso. Algunas reacciones de deterioro en el gel pueden ser causadas cuando el gel se expone al aire, este se oxida rápidamente y se descompone, perdiendo gran parte de su actividad biológica.

El gel sufre una descomposición provocada por reacciones enzimáticas, así como el crecimiento de bacterias, debido a la presencia de oxígeno, elevada actividad de agua y alto contenido de azúcar (Agudelo y Cardona, 2016). En la figura 16. Se puede observar la comparación del gel debidamente estabilizado y empacado frente a un gel oxidado que ha perdido sus características.

Figura 16

Comparación de gel muestras recopiladas de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca.

Fuente: De autor

Lo indicado es inmediatamente se hace el fileteado es someter a el filete a un lavado para retirar la mayor concentración de aloína posible, esto con el fin de obtener un gel de alta calidad.

En el proceso de industrialización se busca hacer de forma mecánica procesos como el fileteado lavado, estabilización y empaque con el fin de garantizar un gel de mejor calidad. En la actualidad existen diferentes modelos de máquinas despulpadoras las cuales logran una gran eficiencia, el problema con estas máquinas es que no realizan cortes completos simplemente quitan las capas de epidermis más gruesas.

10.1. *Aloe vera* COMO COMPONENTE AGROINDUSTRIAL

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, en la industria alimentaria la sábila se ha usado en productos como, leche, helados, yogurts y confitería (Domínguez, R. *et al.* 2011). En experiencias con recopiladas con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca se desarrolló una bebida a partir del gel de alore vera la cual tenía un contenido de 70% de aloe vera y sin adiciones de sorbato de potasio, esto con el fin de garantizar una bebida funcional (Foto 4) y teniendo en cuenta las propiedades del gel ya que esté en condiciones controladas, puede absorber distintos sabores y aromas de los productos con los cuales se mezcle, ya sean ; cítricos, aromáticas, ajíes y encurtidos. Las recopilaciones con los productores muestran diferentes preparados a partir de gel completamente estabilizado y de alta calidad, por lo cual se pueden obtener preparados tales como encurtidos y curíes tipo coctel o para el sector Aero, con el fin de suplir las demandas, cabe resaltar la capacidad del aloe vera como conservante lo cual se vuelve una alternativa muy útil para la industria de alimentos.

El uso potencial de los productos de sábila con frecuencia, implica algún tipo de tratamiento, por ejemplo, calefacción, deshidratación o molienda. Desafortunadamente y debido a los procesamientos inadecuados que llevan a cabo durante la preparación y estabilización del gel, causan modificaciones irreversibles en componentes bioactivos como polisacáridos y compuestos antioxidantes. En la técnica de procesado con calor, el líquido obtenido del tratamiento con carbón activado es esterilizado por medio de una

pasteurización a alta temperatura con tiempos de exposición cortos, Se ha reportado que la actividad biológica del gel permanece esencialmente intacta cuando el gel es calentado a 65ºC por periodos menores a 15 minutos. Periodos extendidos o altanas temperaturas han resultado en alta reducción de los niveles de actividad biológica (Domínguez, R. *et al.* 2011).

Figura 17

Bebida funcional a base de *Aloe vera* y jalapeño preservado en *Aloe vera* muestras recopiladas de experiencias con productores del municipio de Nocaima Cundinamarca.

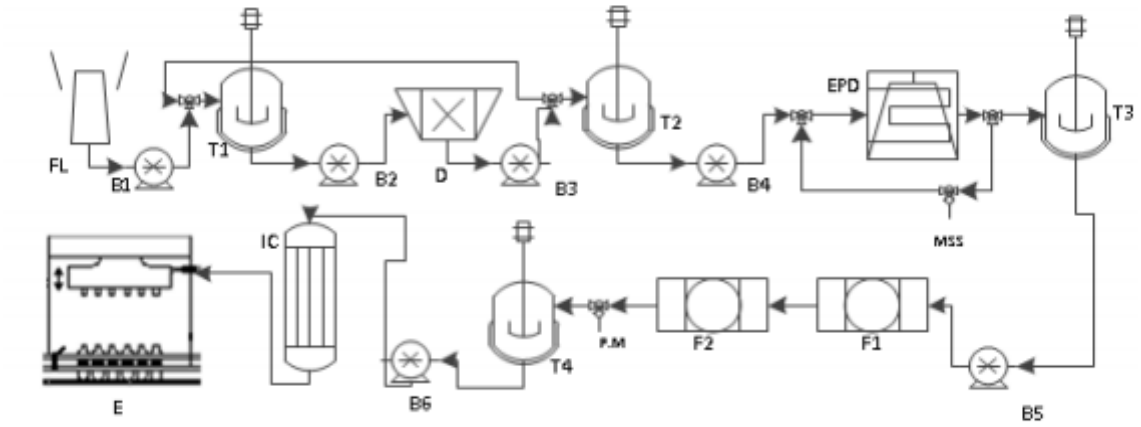
Fuente: De autor

En la actualidad la investigación en nutrición humana está centrada en los componentes de los alimentos que además de ser nutritivos favorecen y contribuyen a mejorar el estado de salud del ser humano. El centro de mayor interés se ubica en la relación entre alimentación y las enfermedades crónicas o trasmisibles y los efectos de la nutrición sobre las funciones cognitivas, inmunitarias, capacidad de trabajo y rendimiento deportivo. Para la industria alimentaria, esta situación representa una gran oportunidad de abrir nuevas líneas de productos, con importante valor agregado y de gran aceptación

de los consumidores (Vega, G. et al., 2012). Actualmente diferentes empresas trabajan con el fin de obtener gel de mejor calidad para la industria de alimentos generando un producto con bajas concentraciones de aloína que pueda ser altamente competitivo en los diferentes mercados Figura 18.

Figura 18

Optimización en el proceso de extracción de Aloína



FL	Fileteadora	**D**	Despulpadora	**$F_{1,2}$**	Filtros prensa	**E**	Envasadora
$B_{1..6}$	Bombas de desplazamiento positivo	**$T_{1,2,3,4}$**	Tanques de agitación	**EPD**	Evaporador de pelicula descendente	**IC**	Intercambiador de calor
PM	Punto muestreo			**MSS**	Monitoreo Sólidos Solubles		

Nota: Adaptado de "*Optimización del proceso de eliminación de aloína del gel fileteado mecánico de Aloe vera concentrado 10X"* (P.12), por W, Martínez, et al, 2017, *Revista cumbres* (3)2.

Cabe resaltar que el *Aloe vera* puede ser usado como conservante de alimentos de hecho tiene muy buenos resultados como recubrimientos para conservar diferentes frutas en investigaciones hechas por (Garcia, D., Ramírez, R y Cruz, J., 2019) describen que el extracto de sábila ha demostrado tener características químicas y físicas compatibles con la conservación de los frutos frescos extendiendo su tiempo de vida, en frutos de la guayaba retardo su maduración conservándola en buen estado. El *Aloe Vera* en el intermedio de sus hojas contiene un tejido denominado mucilago, está compuesto principalmente por polisacáridos y actúa como una barrera natural contra la humedad y

el oxígeno, que son los principales agentes de deterioro de las frutas y las verduras. El efecto antioxidante que se le confiere a la planta, se ha justificado por su alto aporte de micronutrientes esenciales, la comparación de la concentración de micronutrientes presentes en el extracto acuoso de *Aloe vera* y la naranja, la cual es conocida por el aporte que hace de los mismos se detalla en la tabla 4.

Tabla 4

comparación de concentraciones de micronutrientes del *Aloe vera* y la naranja.

Comparación de concentraciones de micronutrientes		
Micronutriente	**Concentración en el Aloe Vera (mg/100g)**	**Concentración en la naranja (mg/100g)**
Sodio	3660	1
Calcio	3319	46
Potasio	4060	200

Nota: Adaptado de "*Potencial industrial del Aloe vera"* (P.143). por M, Bonilla y L, Jiménez, 2016, *Revista cubana de farmacia* (50)1.

Uno de los procesos más importantes para poder conservar las características del gel es la estabilización, este proceso permite desinfectar y homogenizar el gel para su posterior comercialización dependiendo los requerimientos del consumidor.

Según la organización mundial de la salud se deben cumplir con ciertos requisitos a la hora de obtener gel para agroindustria

Dentro de los parámetros fisicoquímicos de calidad de gel de *Aloe vera* se encuentran los siguientes: olor, sabor, humedad densidad entro otros los cuales se pueden observar en la Tabla 5.

Tabla 5

Parámetros para obtención de gel con fines agroindustriales para industria de alimentos y bebidas multifuncionales.

PARAMETRO	VALOR
Apariencia	Liquido 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)%
Solidos Totales	(0,85-1,55)%
Humedad	98,50%
Ph	3,5-6,5
Índice de acidez	Max. 3,0 (mg KOH/g muestra)
Calcio	(23,3-52,3) mg/DI
Magnesio	(3,2-4,7) mg/DI
Plomo	Max. 10mg/kg
Cadmio	Max. 0,3 mg/kg

Nota: Adaptado de "El *Aloe Vera* (*Aloe Barbadensis Miller*) *como componente de alimentos funcionales*" (P.9). por G, Vega, et al, 2012, *Revista chilena de nutrición* (32)3.

Se identificaron diferentes formas de presentación comercial de los productos derivados de la hoja de sábila, principalmente a partir de extracto o jugo natural. Este producto procesado tiene usos diversos y es obtenido directamente de la extracción mecánica de la hoja de la sábila, de la hoja entera o a partir de gel, sin otros procesos adicionales y es la base para otros productos. Desde esta fase, es posible iniciar su comercialización, en diferentes formas comerciales (Pedroza, A., *et al.* 2013).

Gel de grado alimenticio. Se conoce a nivel comercial como “jugo estabilizado” y se comercializa bajo formulas patentadas, por lo cual su elaboración implica un proceso en el que se utilizan formulas exclusivas y confidenciales. Sin embargo la investigación científica demuestra que el aloe vera puede ser el componente de un sin número de productos alimenticios, el papel que juegan ciertos componente químicos- nutricionales en la prevención y tratamiento de muchas enfermedades, esta situación ha provocado un cambio del simple concepto de alimento como fuente de nutrientes a uno más integral que traduce la potencialidad que los alimentos pueden tener, no solo de nutrir sino también de prevenir y curar enfermedades, aquí entran a jugar un rol importante, en la nueva focalización de la industria alimentaria, los denominados alimentos funcionales, los cuales según la Academia Nacional de Ciencias (EEUU) ha definido como “alimentos modificados” o que tengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riegos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene. Para la comunidad europea se define como alimento funcional como alimento que contiene un componente nutriente o no nutriente que posea un efecto selectivo sobre una o varias funciones del organismo, cuyos efectos positivos justifican que pueda reivindicarse que es funcional (fisiológico) o incluso saludable.

11. NORMATIVIDAD

Dentro de la reglamentación nacional del control de calidad de productos con aloe vera, el instituto nacional para la vigilancia de medicamentos y alimentos (INVIMA) es una institución gubernamental que busca garantizar la salud pública en Colombia, ejerciendo inspección, vigilancia y control sanitario de carácter técnico-científico sobre los asuntos de su competencia. Respecto a la normatividad sobre el contenido de aloína en los productos a base de aloe vera solo se conoce un documento la norma técnica colombiana NTC 5468 en donde sugiere adoptar la norma estipulada en Europa y se recomienda el uso de la técnica espectrofotométrica UV-VIS registrada en la farmacopea británica para la cuantificación de aloína.

Las certificaciones son sin lugar a dudas una ventaja competitiva para el productor en la oferta de *Aloe vera* en el mercado, estos registros garantizan las buenas prácticas y

manejos óptimos del cultivo, sin embargo, es necesario establecer según el mercado y el comprador cual certificado se ajusta as a sus necesidades comerciales, debido a que existen en el mercado varias opciones de registro en diferentes programas internacionales como son:

La certificación en BPA es un reconocimiento que el ICA hace a los agricultores que implementan en sus fincas una seria de medidas preventivas que buscan garantizar la producción inocua de frutas, hortalizas, nueces, café, cacao y Aloe vera. El productor agropecuario que esté interesado en certificar su predio en BPA debe cumplir con los parámetros establecidos en la resolución 20009 del 2016 (ICA 2016), los cuales tienen que ver, principalmente, con el bienestar y capacitación del productor, la adecuación de áreas e instalaciones dentro de la unidad productiva y el adecuado uso de equipos, utensilios y herramientas. Es de destacar que esta norma es de carácter voluntaria, gratuita y única en temas de certificación a nivel gubernamental en BPA, tanto en la implementación como en la certificación. El programa de certificación del concejo internacional de Consejo Internacional de Ciencia de la Sábila nació en la década de los 80. Debido al abuso en la representación de la verdadera cantidad de aloe en productos de aloe, ya sean materias primas o de productos de consumo, este programa permite a los productores de aloe, procesadores de aloe, fabricantes e aloe y las empresas de comercialización de aloe, sean certificadas por el consejo (The international Aloe Science Council, 2014). Las empresas que utilizan el sello del IASC de certificación en sus productos y en su literatura están asegurando a sus clientes:

Que la Sociedad representa la verdad en etiquetado.

Que la Sociedad representa la cantidad de contenido de aloe.

Que la Sociedad representa la calidad de aloe cumpla con los entandares actuales del IASC.

Que la Sociedad representa que el aloe utilizado en los productos proviene de una fuente certificada.

Figura 19

Ilustración sello de calidad IASC

Nota: sello certificación (IASC, 2014)

A continuación, se mencionan los organismos de certificación acreditados por el organismo nacional de acreditación (ONAC) en Colombia son; Ecocert, Mayacert, BSC, Ceres y Control unión, las cuales realizan los procesos de certificación de los diferentes sellos exigidos por los clientes en los diferentes países de destino.

Figura 20

Sellos de certificación orgánica: Ecocert y Mayacert

Nota: Sellos de certificacion organica y producción de alimentos (Ecocert y Mayacert, 2020).

12. ESTABILIZACION

El gel blanqueció y translucido de la pulpa del aloe es muy inestable. Si se deja al aire libre se oxida muy a prisa y este proceso destruye la mayoría de sus propiedades terapéuticas. Incluso puesto en el refrigerador, se altera rápidamente. Se entiende pues de esta manera que el verdadero problema expuesto en su comercialización fuera la estabilización.

Además de procesos de desinfección del gel, el empaque es muy importante dentro de procesos de conservación, por lo general se empaca al vacío y en bolsas tetra pack con doble sello y selladas luego al calor, estas bolsas deben ser inmediatamente refrigeradas para no alterar su composición. En la industria hay muchas empresas las cuales brindan alternativas de empaque para las diferentes necesidades del productor.

Los investigadores que se han preocupado por este problema han intentado primero exponer el gel a los rayos ultravioleta. Este proceso fue rápidamente abandonado puesto que modificaba su composición química. Se intentó también sin mucho éxito la pasteurización, sometiendo al gel a temperaturas superiores a los 60º, después de haber añadido peróxido de hidrogeno, algunos adoptaron esta metodología, pero ninguna de las anteriores ha funcionado con éxito.

El proceso de estabilización es uno de los más importantes ya que con este proceso se puede dar uso a los residuos generados por cortes y podas de sanidad, aparte el mercado en fresco es menos rentable por unidad, peso y cantidad ya que no tiene un mercado como el del gel de aloe. Este gel conserva sus propiedades y no se ve afectado por plagas o enfermedades, ni por cambios climáticos drásticos. Para la correcta estabilización del gel se debe contar con unas medidas mínimas de inocuidad en procesos y desarrollo de infraestructuras favorables para la implementación de las BPM y lograr así una alta calidad del producto.

Actualmente en la finca se llevó a cabo el proceso de estabilización de manera artesanal, donde se probaron varias fórmulas y se determinó la metodología adecuada para estabilizar gel en procesos de agroindustria con el fin de comercialización.

12.1. PROCESO DE ESTABILIZACION

El lugar donde se realiza la estabilización debe ser un lugar inocuo libre de agentes contaminantes, así sea a pequeña escala debe contarse con un lugar que cumpla las condiciones mínimas para realizar procesos de esta índole, de lo contrario el producto tendrá inconvenientes y probablemente será mucho más susceptible a posibles contaminaciones de cualquier tipo.

Esta es la metodología usada para lograr una dosis adecuada en la estabilización:

- Lavada de utensilios: cuchillos, pinzas, vasos, grameras, mesones, etc. Y equipo de laboratorio como: bata guantes, tapabocas, gorro para la cabeza, etc.
- Acondicionamiento del lugar de trabajo: infraestructura adecuada para la adecuada implementación de normas BPM.
- Despulpado y lavado de las pencas de sábila; la penca es despulpada con un cuchillo, para luego ser sumergida en un balde con agua e hipoclorito de sodio donde se deja hasta quitar todos los restos de aloína (liquido amarillo).
- Después del lavado el gel se deposita en una marmita o recipiente donde se lleva a baño de maría por n menos de 15 minutos.
- Cuando ya se ha terminado el proceso de pasterización (baño maría) se procede a la aplicación de los conservantes.

12.2. APLICACIÓN DE CONSERVANTES

En la industria existen una alta gama de productos con los cuales se pueden conservar los alimentos, la mayoría de productos conservantes usados en el mercado tienen un alto nivel cancerígeno y son productos que no son eliminados por el cuerpo, si no que más bien se alojan y empiezan a producir radicales libres causantes de afecciones de tipo cancerígeno. Es por esta razón que se decide usar conservantes de índole natural que no afecten la funcionalidad del organismo, la formula actual de conservación de gel de sábila incluye sorbato de potasio, molécula cancerígena. Todos los productos y formulaciones serán descritos a continuación:

La primera formulación que se uso es la que cita toda la literatura; 5 gr sorbato de potasio, 5 gr vitamina C y 5 gr de ácido cítrico por kilogramo de gel. Con esta formulación se

presentaron varios problemas, ya que esta formulación se hacía sin choque de calor tenía una gran susceptibilidad a contaminaciones y el uso del sorbato de potasio no garantizaba un producto natural, por esta razón esta primera formulación se descartó y se empezó a trabajar con nuevas formulaciones para mejorar la calidad y el sabor del gel, con esta formulación el sabor del gel era muy ácido y lo que se busca es que quede lo más neutro posible.

La segunda formulación a usar fue sustituyendo el sorbato de potasio por vitamina E inicialmente liquida, pero lo ensayos mostraron que la dosis de 5gr de vitamina E, 5gr ácido cítrico y 5gr de vitamina c no eran los indicados, los resultados mostraron coloraciones fuertes pero un alto grado de conservación, además la vitamina E creaba grumos y no daba un buen aspecto al producto por esta razón esta formulación también fue descartada ya que no es viable a la hora de estabilizar.

Con estas dos experiencias más la ayuda de otros especialistas en el área se llegó a esta conclusión: usar primero baño de maría como media es esterilización del gel y aplicación en dosis menores a 5gr para llegar a dosificación ideal, además de usar vitamina E en polvo para garantizar una mejor compatibilidad entre los productos.

Dentro de la información recopilada en experiencias con productores del municipio de Nocaima se obtuvo la siguiente información respeto a las diferentes pruebas para la adecuada estabilización del producto sin necesidad de usar sorbato de k. Se llevaron a cabo las siguientes formulaciones:

Partiendo del baño de maría que con el tiempo se determinó que se debe hacer por un tiempo de no menos de 15 minutos o hasta que el producto alance una temperatura no mayor a 80ºC para favorecer la pureza de producto, se procede a aplicar las siguientes formulaciones:

Primera formulación. Luego del baño de maría con adición de 5gr de vitamina E en polvo, 5gr de vitamina C, 5gr de ácido cítrico por kilo de gel. Con esta formulación aún no se tenía un producto estable, las bolsas se inflaban y se salía el líquido permitiendo la entrada de oxigeno por lo cual se decidió mirar la bolsa y hacer unas nuevas y también realizar muestras en envases de vidrio para evitar contaminaciones, aun así, no se

lograba la meta del producto por contaminaciones de todo tipo. Al determinar que las bolsas que se iban a implementar eran de una mejor calidad se decidió empacar en caliente y posteriormente dar un choque de frio, a partir de ahí se empezaron nuevas formulaciones y se llevó a cabo de la siguiente manera:

Primero se quiso llegar a la formulación de vitaminas y conservantes más óptimos para el gel de aloe donde toda sus características organolépticas y fisicoquímicas permanecieran lo más intactas posible. Pruebas de estabilización con el uso de baño de maría por no más de 15 minutos y uso de vitamina E en polvo con el uso de bolsas tipo zipper y luego selladas al calor para evitar fugas, empaque en caliente y choque de frio. Esto dio como resultado un mes de duración de la muestra en perfectas condiciones a temperatura ambiente. El gel es susceptible a temperaturas altas ya que es su mayoría está compuesto por agua, altas temperaturas ocasionan perdida de consistencia en el gel lo que da como resultado un producto demasiado acuso y en donde las características terapéuticas deseadas ya se han perdido.

A partir de esta experiencia se decide usar dosis de menos de 5 gr de todas las vitaminas y conservantes y añadir a la mezcla citrato de sodio como regulador de acidez, esto con el fin de que el sabor del gel quedara intacto, además se decide guardar las muestras en un sitio refrigerado para prolongar su durabilidad y características.

Se empezó a usar pruebas de estabilización con una formulación de; vitamina E 3gr, vitamina C 1gr, ácido cítrico 3gr, citrato de sodio 1 gramo por kilogramo de gel. Y un baño maría de no menos de 15 minutos. Con estas pruebas se ve mejor resultado del producto en color y sabor, además el producto presenta una buena durabilidad y una buena consistencia en espacios refrigerados.

Para garantizar estas pruebas debe contarse con una instalación que cumpla con los parámetros mínimos para el manejo de materias primas para alimentos, se determina que el número o de unidades de 250 gr con tres operarios en las diferentes labores, despulpado lavado, pasterización y adición de conservantes es de 100 unidades/día x operario, sin ningún tipo de equipo mecánico. Con el uso de maquinaria adecuada y espacios donde se pueda manipular de forma adecuada el gel se pueden obtener volúmenes mucho mayores de gel de alta calidad para proceso de agroindustria ya sea

alimenticias, cosmética o farmacéutica. El gel de sábila tiene muchos usos y se empezó a estudiar la combinación del gel con otros productos para tener bebidas y aderezos a base de sabores como: limón, mandarina, noni, limonaria, orégano, ají entre otros.

La normatividad más severa en cuanto a la obtención de gel para procesos agroindustriales es en la industria alimenticia ya que para la creación de productos alimenticios la normatividad y el control es más riguroso, en la actualidad la mayoría de los productos están elaborados a base de sorbato de k, diferentes tipos de agentes para suspensión de partículas y en diversos casos las empresas optan por cambiar o mezclar las materias primas con productos como gelatina sin sabor entre otros.

Se siguió elaborando dosificaciones con la formulación anterior y disminuyendo su contenido, vitamina E 3gr, vitamina C 1gr, ácido cítrico 3gr, citrato de sodio 1 gramo por kilogramo de gel. Y un baño maría de no menos de 15 minutos. Es indispensable el uso de cintas de medición de pH, así como un laboratorio especializado para llevar un control más riguroso frente a pruebas y mediciones. La viabilidad del producto es buena tiene más tres meses de duración refrigerado y sus características organolépticas son las mejores. Se empieza a trabajar en el desarrollo de bebidas de *aloe vera* con sabores de frutas naturales para su posible comercialización.se ha logrado una estabilización normal y se empieza a mezclar con sabores de la finca achiote, orégano entre otros. El gel presenta muy buenas características y es durable en el tiempo.

12.3. Preservación de bebidas funcionales mediante tecnologías emergentes

El hombre siempre ha buscado la forma de conservar sus alimentos por más tiempo, aplicando diversos factores de conservación, como la temperatura, pH, o la adicción de conservantes, sin embargo, al emplearlos en diferentes magnitudes se ha visto un cambio considerable en la calidad del producto, perdiendo parte de sus propiedades sensoriales, nutrimentales y calidad. Dentro de los factores que se utilizan comúnmente para la conservación de alimentos se encuentran las altas temperaturas, como la pasteurización y tratamiento térmico, temperaturas bajas en refrigeración y congelación. Sin embargo, estos métodos a pesar de ser efectivos y permitir una vida de anaquel suficiente, modifican las características del alimento, es decir, al someter al alimento a temperaturas de 60 a 100 ºC por algunos segundos, su valor nutricional disminuye al

perderse compuestos sensibles como vitaminas, textura y sabor (Izaguirre, J., Belmares, R, y Cruz, M. 2013). El lado benéfico del uso de calor es la inactivación de enzimas, reducción de microorganismos y desarrollo de ciertas características del producto.

Por esta razón se investigan nuevos procesos que permitan una adecuada estabilización del gel sin alterar sus propiedades benéficas y conservando la calidad del producto sin que se vea alterado de ninguna manera, dentro de estas nuevas tecnologías podemos encontrar las siguientes:

12.4. Calentamiento óhmico

Este se basa en la conducción de corriente eléctrica a través de un producto alimenticio que tiene resistencia eléctrica. La energía eléctrica es convertida en calor. El calentamiento instantáneo dependerá de la corriente pasada a través del material. Este calentamiento ha sido efectivo para inactivar lipooxigenasa (Castro, I., et al., 2004). El calentamiento óhmico es usado en un amplio rango de aplicaciones, como precalentamiento, escaldado, pasterización, esterilización y extracción en productos alimenticios (Izaguirre, J., Belmares, R, y Cruz, M. 2013). Dentro de las ventajas comparadas con el calentamiento convencional se encuentran el mantenimiento del color y el valor nutricional del alimento, tiempos de procesamiento más cortos y un mayor rendimiento.

El procesamiento de *Aloe vera*, se ha convertido en un gran comercio en todo el mundo debido a las diversas aplicaciones que se le ha dado. De manera artesanal el gel se seca al sol como método económico y alternativo, el secado convectivo del gel bajo condiciones controladas, y el secado o aspersión y la liofilización son los principales métodos empleados para la conservación de la sábila y a través de estos procesos obtener diferentes productos.

CONCLUSIONES

La implementación de nuevas metodologías para el mejoramiento de la calidad y la cantidad del gel de Aloe Vera proporciona a los productores ventajas, las cuales, combinadas con buenas prácticas de cultivo, permiten un desarrollo agroindustrial para

brindar el gel en diferentes presentaciones como son bebidas que contengan altos contenidos de gel y puedan ser preservadas de modo más saludable.

Incorporar dentro del plan de manejo de cultivo de Aloe Vera el uso de biofertilizantes aplicados al tejido foliar y al suelo, promueve un mejor desarrollo metabólico el cual se ve expresado en ganancia de peso x penca y una mayor obtención de gel por unidad de área. En Colombia el desarrollo de bebidas y productos a base de gel de Aloe Vera es una alternativa para zonas donde predomine el monocultivo, ya que la planta se adapta fácilmente a diversas condiciones agroclimáticas y permite al productor elegir diferentes formas de comercialización del gel ya que puede ser comercializado en un sin número de presentaciones.

El efecto de buenas prácticas asociadas al cultivo de Aloe Vera combinado con buenas prácticas de manufactura, resulta en una alternativa interesante para pequeños, medianos y grandes productores con fines de comercialización en mercados nacionales e internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Agudelo, C., y Cardona, F. Desarrollo de una bebida completamente natural y nutritiva utilizando como materia prima *Aloe vera* variedad barbadensis Miller cultivada bajo los principios de producción limpia en el municipio de santa rosa de cabal en Risaralda Colombia. Monografía. (2016).
2. Blandón, D., López, M., Ocampo, T., y López, R. (2017). *Aislamiento e identificación de micorrizas asociadas a Aloe vera (Aloaceae) colectadas en la ciudad de Pereira.* (Trabajo de investigación).
3. Buckau, G., Hooker, P., y Moulin, V. Versatile components of plants, soils and water. Humic substances, RSC, Cambridge. (2000).
4. Cabrera, D., López, M, y Reyes, E. (2013). ABONOS ORGANICOS PARA LA producción de sábila en suelos pedregosos en el estado de quintana roo. *Centro regional sureste campo experimental mococha, merida Yucatán, México.*

5. Castro, I., Teixeira, J., Salengke, S., y Vicente, A. (2004). Ohmic heating of strawberry products: Electrical conductivity measurement and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.*
6. Chilon, E., y Chlion, J. Potencialidades para la agricultura y la preservación del medio ambiente del abono orgánico liquido aeróbico (AOLA). (2015).
7. Colombialoe (2007), *Cadena productiva Sábila.* Recuperado el 15 noviembre de 2019 de https://sioc.minagricultura.gov.co/Sabila/Normatividad/D.C.%202007%20Febrero%20-%20Caracterizacion%20del%20Gremio%20Sabilero.pdf.
8. Delgado, V. Evaluación de eficacia del uso de biofermentos como bioestimulantes radiculares en el cultivo orgánico de piña *Ananas comosus* Linnaeus (Forinoseae: Bromeliaceae). Tesis de grado. (2006).
9. Domínguez, R. Arzate, I.,Chanona, J.,Welti,J.,Alvarado,S.,Calderon,G.,Garibay,V., y Gutiérrez. (2011). El gel *Aloe vera*: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria. *Revista mexicana de ingeniería química,* 11(1), 24-35.
10. Geydan, W. y Melgarejo, L., (2005). Metabolismo acido de las crasuláceas. *Acta Biología Colombiana,* 10(2), P. 3-14.
11. Ghosh, R., Barman, S., Khatun, J., Narayan, C. (2016). Biological control of *Alternaria alternata* causing leaf spot disease of *Aloe vera* using two strains of rhizobacteria. *Mycology and plant Pathology Laboratoy, Deparment of Botany, Visa-Bharati, Santiniketan 731235, West Bengal, India.* 97, p. 102-108.
12. Gonzales, P., y Valiente, F. evaluación y validación del efecto de un abono orgánico liquido fermentado sobre el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* CV. Emperador) en una finca integrada orgánica de EARTH, Costa Rica. Trabajo de grado. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (Earth) Guacimo, Costa Rica. (2001).
13. Hall, A. (1980). Los componentes fisiológicos del rendimiento de los cultivos. *Facultad de agronomía,* 1(1), p. 74-82.

14. Hincapié, W., Cifuentes, J., y Jiménez, A. Evaluación agronómica de algunos modelos de siembra de la sábila (*Aloe vera* Barbadensis Miller) en distintas altitudes (2014).
15. Jiménez, H y Malagón, L. (2016). *Aloe vera investigación fitopatológica del cultivo.* (trabajo de investigación). Centro de la tecnología del diseño y la productividad empresarial Girardot, regional Cundinamarca.
16. Mazariegos, S., y Colindres, C. Producción de chile picante (*Capsicum frutescens L*) con y sin presencia de arvenses y bajo cinco concentraciones de abono liquido orgánico fermentado en las Mercedes de Guacimo, Costa Rica. (2002).
17. Ministerio de agricultura (2017). *Cadena de la sábila indicadores e instrumentos.* Recuperado el 11 de diciembre de 2019 de https://sioc.minagricultura.gov.co/Sabila/Documentos/2018-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf .
18. Pedroza, A., Samaniego- Gaxiola, J., Ruiz, J, y Trejo, R. (2013) *Industrialización de la hoja de sábila.* Universidad autónoma Chapingo unidad regional universitaria de zonas áridas I congreso internacional sobre recursos bióticos de zonas áridas y VI reunión nacional de orégano y otras aromáticas, 5(9), P. 1-4.
19. Ramos, D., y Terry, E. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos planas (2014).
20. Restrepo, J. Elaboración de abobos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José Costa Rica. (2001)
21. Romero, M., Tofiño, A. y Aarón, M. (2010). Generalidades sobre el manejo del cultivo de la sábila en la guajira colombiana.600 (1), p. 4-17.
22. Rubio, S., Osorio, E., Rodríguez, M., López, J, y Estrada, B. (2018) *Principales enfermedades del cultivo de la sábila* (*Aloe vera*). (Trabajo de investigación).
23. Trinidad, A, y Aguilar, M. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamérica,* sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. 17(3), p. 247-252.

24. Vega, G., Amparo, C., Nevenka, D., y Lemus, M. El *Aloe Vera* (Aloe Barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales. Revista chilena de nutrición, 32(3), 3-9. (2012).
25. Reynolds, T. Aloes: The Genus Aloe. Medicinal and aromatic plants- industrial profiles Editorial CPR Press LLC, Boca Raton, Florida (2014).
26. Medina, E. *Aspectos fisiológicos de las plantas CAM en los trópicos*. Centro de ecología, instituto venezolano de la investigación científica. 35(1), 55-79. Caracas. Venezuela. (1987).
27. Guirao-Goris, J., Olmedo, A., y Ferrer, E. *El articulo de revision.* Revista Iberoamericana de Enfermeria Comunitaria. 1(1), 4-5 (2008).
28. Izaguirre, J., Belmares, R., y Cruz, M. Uso de Tecnologías Emergentes para la Elaboración de Bebidas Funcionales (*Aloe vera*). Revista Científica. 5(9). México (2013).
29. Ayodele, S. y Llondu, E. Fungi associated whit base rot disease of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis*). *African journal of biotechnology,* 7(24), p. 4471-4474. (2008).
30. Moreno, L. *respuesta de las plantas al estrés por deficit hídrico*. Agronomía colombiana, 27(2), 179-191. Colombia (2009).
31. Garcia, E., Ramirez, R., y Cruz, J. *Recubrimiento natural de Aloe vera sobre la manzana (Mulus domestica) para su conservation.* Avances de investigación en inocuidad de Alimentos (2), Mexico (2019).