

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DEL GÉNERO ALOE EN
COLOMBIA**

LILIANA MARGARITA CORTINA PEÑARANDA

**Maestría en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento Genético de
Plantas**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE PALMIRA
2009**

**ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD DEL GENERO ALOE EN
COLOMBIA**



LILIANA MARGARITA CORTINA PEÑARANDA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Magister
en Ciencias Agrarias con énfasis en Mejoramiento genético de plantas

Directores

MARIO AUGUSTO GARCIA DÁVILA. Ph. D.

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira

JAIME EDUARDO MUÑOZ I.A, Especialista

Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

2009

DEDICATORIA

A Dios por ofrecerme siempre oportunidades maravillosas, a mi amado esposo y a mis hijas Natalia y Victoria, quienes han sacrificado su tiempo y su espacio para hacerme feliz, a mis padres Nelson y Mary mi soporte en todo momento, a Lucho, Lily y Samy y a toda mi familia porque han apoyado todas mis decisiones, y me permitieron construir mis sueños, a mis estudiantes en los que espero depositar lo aprendido, a mi grupo de investigación, a todos dedico este trabajo y ¡doy muchas gracias!

Liliana Margarita

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a todas las personas e instituciones que con su apoyo hicieron posible la realización de su sueño, como son:

Al Doctor Mario Augusto García Dávila, Director de la Tesis por su dedicación y recomendaciones.

Al Profesor Jaime Eduardo Muñoz, Director de la Tesis, por su colaboración.

A mi familia, que soportó las reiteradas ausencias del hogar mostrando su constante sacrificio para sacar este proyecto adelante.

A mis amigos Irma Quintero, Dalgüis Sossa, Gonzalo Calderón, Manuel Fernández, Pedro Salcedo, por ayudarme, en la construcción de este sueño.

A la Universidad del Magdalena y a la Universidad Nacional De Colombia Sede Palmira, por haber propiciado este espacio.

Al laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por su apoyo financiero, a los miembros de las asociaciones ALOTAY y ALOECARIBE, por sus orientaciones.

A los productores que con el aporte de sus materiales hicieron posible este trabajo.

A los estudiantes de Agronomía Marlon Yacomelo y Miguel Lobato, por sus aportes al trabajo y las labores de campo. A Cathy por su enorme colaboración.

Agradezco a todos mis profesores por sus conocimientos ofrecidos por que con ellos pude alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación.

Con todo el corazón Muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	15
2. OBJETIVOS	18
OBJETIVO GENERAL	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. MARCO CONCEPTUAL	19
3.1 Mercado y distribución de la sábila en el mundo.	19
3.2 Distribución del cultivo de penca de sábila en Colombia.	19
3.2.1 Importancia económica de la producción	21
3.3 Importancia de la caracterización de los recursos Fitogenéticos.	22
3.4 Marcadores moleculares tipo RAM	23
3.5. EL GÉNERO Aloe	25
3.5.1 Clasificación Taxonómica	25
3.5.2 Origen y distribución del género Aloe	25
3.5.3 Características botánicas del género	26
3.5.4 Citogenética del genero Aloe	28
3.5.5 Especies colectadas	29
4. METODOLOGIA	33

4.1	Colectar de cultivares de Aloe	33
4.2	Caracterización morfológica	33
4.3	Caracterización molecular	35
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
5.1	Colecta de cultivares de Aloe.	38
5.1.1	Fuente de colecta	42
5.2	Caracterización morfológica de cultivares del género Aloe	43
5.2.1	Descriptores propuestos para el género Aloe	43
5.2.2	Descriptores cualitativos	51
5.2.3	Descriptores cuantitativos	62
5.3	Caracterización molecular de cultivares del género aloe	69
6.	CONCLUSIONES	76
7.	RECOMENDACIONES	77
8.	BIBLIOGRAFÍA	78
9.	ANEXOS	84

TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Distribución de la sábila en Colombia.....	21
Figura 2 Corte transversal de una sección de hoja de Aloe vera	26
Figura 3 A. barbarensis Miller Accesoión 8	27
Figura 4 Características botánicas de la especie Aloe succotrina.....	28
Figura 5 A saponaria Accesoión 7	29
Figura 6 A. arborescens Accesoión 10.....	30
Figura 7 A. Aristata var. Distans Accesoión 15.....	31
Figura 8 Kalanchoe sp Accesoión 57.....	31
Figura 9 Sansevieria cilíndrica Accesoión 2	32
Figura 10 Aloe barbarensis Miller cultivado en fincas de productores del Departamento del Atlántico	39
Figura 11 Haworthia fasciata Accesoión 82	39
Figura 12 Aloe sp Accesoión 9.....	40
Figura 13 Aloe sp. Accesoión 103.....	40
Figura 14 materiales silvestres Ranchería Ishipa (Guajira)	41
Figura 15 Plaza de mercado. Medellín	42
Figura 16 A. Barbarensis Miller Accesoión 33	52
Figura 17 A. arborescens Accesoión 13.....	52
Figura 18 A saponaria Accesoión 49.....	52
Figura 19 Planta de A. arborescens con apariencia abierta Accesoión 1.....	54
Figura 20 Planta de Barbarensis Miller con apariencia cerrada Accesoión 34.....	54
Figura 21 Material de A. sp con apariencia ascendente	55
Figura 22 Material de Sanseviera cilíndrica con apariencia decumbente.....	55
Figura 23 Dendrograma para 72 accesiones del banco de germoplasma de Aloe de la Universidad del Magdalena utilizando caracteres morfológicos cuantitativos.....	1

Figura 24 Dendrograma de la estructura genética de las accesiones de Aloe vera, basado en el coeficiente de similaridad Nei-Li.....	70
Figura 25 Hawartia sp Accesoión 116	71
Figura 26 Hawartia sp Accesoión 117	71
Figura 27 Aloe barbadensis Miller Accesoión 47	72
Figura 28 Híbrido con progenitor Aloe saponaria Accesoión 7	72

TABLA DE CUADROS

Pág.

CUADRO 1 DEPARTAMENTOS DE COLOMBIA REPORTADOS COMO PRODUCTORES DE SÁBILA Y SU ÁREA SEMBRADA.	20
CUADRO 2 DESCRIPTORES CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS PARA EL GÉNERO ALOE	34
CUADRO 3 PREPARACIÓN DEL BUFFER DE EXTRACCIÓN DE ADN DE ALOE	36
CUADRO 4 PRIMERS UTILIZADOS EN LA TÉCNICA MICROSATÉLITES RAMS.	36
CUADRO 5 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS INTRODUCCIONES DE ALOE.	38
CUADRO 6 USO DE 72 INTRODUCCIONES COLOMBIANAS DE ALOE	41
CUADRO 7 FUENTE DE COLECTA DE 72 INTRODUCCIONES COLOMBIANAS DE ALOE.	43
CUADRO 8 DESCRIPTORES CUALITATIVOS EMPLEADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE 72 INTRODUCCIONES DEL GÉNERO ALOE	53
CUADRO 9 DESCRIPTORES CUANTITATIVOS PARA LAS 72 INTRODUCCIONES DE ALOE.	62
CUADRO 10 VARIABILIDAD DE LAS PRINCIPALES VARIABLES SINTÉTICAS EN 72 INTRODUCCIONES DE ALOE.	63
CUADRO 11 ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE 72 INTRODUCCIONES COLOMBIANAS DE ALOE.	64
CUADRO 12 CORRELACIÓN ENTRE 20 DESCRIPTORES DEL GÉNERO ALOE	67
CUADRO 13 DISTANCIA GENÉTICA CUADRADA ENTRE ESPECIES DEL GÉNERO ALOE.	69
CUADRO 14 MEDIDAS IMPARCIALES DE IDENTIDAD GENÉTICA Y DISTANCIA GENÉTICA ENTRE 8 GRUPOS DE ESPECIES DEL GENERO ALOE A TRAVÉS DE MARCADORES TIPO RAM'S.	73

RESUMEN

Caracterizar es describir las variedades y especies que existen en una colección de germoplasma en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad. Al caracterizar una especie se está estimando la variabilidad existente en el genoma vegetal de la población de individuos que la conforman, así toda la información codificada por los genes establece una identidad morfológica.

Para el presente trabajo, se colectaron 72 accesiones del género Aloe, en 14 localidades o departamentos de Colombia pertenecientes a 4 regiones geográficas (Costa Atlántica, Región pacífica, Región andina y Llanos orientales), que fueron caracterizadas morfológica y molecularmente.

Para el género Aloe no existen descriptores morfológicos que permitan identificar las especies, por tal razón se propusieron 34 descriptores para el estado vegetativo de la planta, producto del estudio de los rasgos morfológicos y la revisión de literatura existente, 8 relacionados con arquitectura de la planta, 8 para tallo, 9 para hoja y 10 para espinas. De los 34 descriptores para el análisis morfológicos 13 fueron de tipo cualitativo y 21 fueron de tipo cuantitativo.

Con base a la información generada por los descriptores cualitativos, las accesiones se integraron en cinco grupos que se diferenciaron principalmente por las características asociadas a las hojas, tales como largo, ancho y grosor. Todos los descriptores morfológicos cualitativos presentaron coeficientes de variación por

encima del 40%. El 79% de la variación total de los descriptores cualitativos, fue explicado mediante cuatro componentes principales, que permitieron discriminar para las variables de hoja, arquitectura de la planta, espinas y rizomas.

Para estimar la diversidad y estructura genética que posee la población de aloe se utilizaron marcadores microsatelitales aleatorios RAM's. Los seis cebadores o primers utilizados generaron 5 grupos que discriminaron las especies que no pertenecen al género *Aloe* pero que morfológicamente comparten rasgos comunes con la planta de sábila.

Los análisis tanto morfológicos como moleculares indicaron que las especies del género *Aloe* son *A. saponaria*, *A. barbarendis* Miller, *A. sp* y *A. arborescens*. *A. aristata* se aleja molecularmente de ellas. Las especies *Kalanchoe sp.*, *Dracaceae*, y *Haworthia* no pertenecen al género *Aloe*.

ABSTRACT

For this work, we collected 72 accessions of the genus *Aloe*, in 14 localities or departments of Colombia from 4 geographic regions (Atlantic Coast, Pacific Region, Andean Region and eastern plains), which were characterized morphologically and molecularly.

For the genus *Aloe*, there are no morphological descriptors to identify the species, for that reason proposed for the 34 descriptors of the plant vegetative state resulting from the study of morphological features and review of existing literature, 8 related to plant architecture, 8 stem, leaf and 9 to 10 spines. Of the 34 morphological descriptors for the analysis were 13 qualitative and 21 were quantitative.

Based on the information generated by qualitative descriptors, accessions were integrated into five groups that differed primarily by the characteristics associated with the leaves, such as length, width and thickness. All morphological qualitative descriptors showed coefficients of variation above 40%. 79% of the total variation of qualitative descriptors, was explained by four main components, which makes it possible for the variables of leaf, plant architecture, spines and rhizomes.

To estimate the genetic diversity and population that has been used *aloe d* microsateles random RAM's markers. The six primers generated 5 or primers used to discriminate the groups species not belong to the genus *Aloe* morphologically but share common features with the *aloe plant*.

Both the morphological and molecular analysis indicated that species of Aloe are *A. saponaria*, *A. barbarensis* Miller, *A.* and *A. sp arborescens*. *A. aristata* molecularly away from them. Species *Kalanchoe sp.* *Dracanaceae* and *Haworthia* not belong to the genus *Aloe*.

1. INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos son las diversas formas de vida vegetal que hay en la biosfera y que poseen valor. La FAO (1996) se refiere a ellos como la clave para la seguridad alimentaria, el desarrollo agrícola y la sostenibilidad. El país cuenta con una gran diversidad de flora compuesta por numerosas especies de uso tradicional que presentan amplias perspectivas respecto a su aprovechamiento económico.

Dentro de estas especies, está la sábila, cultivo conocido a nivel mundial por sus múltiples aplicaciones en la industria cosmetológica, farmacéutica y alimenticia, lo que incrementa su valor integral en el mercado internacional. De éste cultivo se hace uso de las hojas o pencas, del cual se desprende el líquido vascular acíbar y también la pulpa que contiene los cristales de sábila. Estos productos, tienen bastante demanda en los mercados nacionales e internacionales. Según estadísticas del IASC - International Aloe Science Council (2008), hay cultivadas 24.000 hectáreas de sábila a nivel mundial, de las cuales 19.119 hectáreas se encuentran ubicadas en América. Cada hectárea produce aproximadamente 10.000 kilogramos/ año; según la misma fuente, se comercializa en el mundo aproximadamente 100 millones de kilogramos de gel de sábila al año, por un valor de 124 millones de dólares.

En Colombia existe un gran potencial para producir grandes volúmenes de aloe, para cubrir en el mercado internacional el déficit en la oferta de acíbar, gel fresco, gel liofilizado y Aloína.

El último censo de la Cadena Nacional Productiva de la Sábila (2007), reportó 406,31 hectáreas, dispersas en todo el país, con capacidad de generar valor, en términos de kilos de penca de sábila, a 29.254,32 toneladas al año, y el precio promedio de mercado de \$ 400 el kilo.

El desempeño agrícola del cultivo en Colombia es lento, difícil con bajos volúmenes de producción y poca continuidad en la siembra, insuficiente para posicionar al país y lograr el desarrollo de exportación del sector. Su inserción en los mercados internacionales presenta obstáculos debido a que no se cuenta con una oferta permanente y significativa, además de una escasa tecnología para el mejor aprovechamiento del cultivo, debido a los problemas de calidad que presenta las hojas en postcosecha y falta de métodos estandarizados en los procesos de extracción, estabilización y conservación del gel de sábila.

Tanto el productor de sábila, como el comercializador, necesitan buena semilla para surtir la demanda. El país no cuenta con semilla de Aloe suficiente y de óptima calidad para realizar siembras a gran escala del cultivo, así como tampoco cuenta con tecnologías eficientes, ni personal cualificado que permitan a corto plazo lograr una incursión en el mercado. (Conversación personal con productores asociados a la Cadena Nacional de Sábila, 2008).

Frente a la comercialización de semilla se identifican tres problemas: La introducción de semilla desde Venezuela, de la provincia de Falcón; segundo, la erosión genética de materiales nativos de Aloe, localizados en rancherías indígenas al norte del departamento de la Guajira. Es necesario enseñar al indígena a conservar el recurso genético y a comercializar la semilla.

(Conversación personal con indígenas ubicados en el departamento de la Guajira - Colombia, 2008).

En Colombia, existe poca información sobre variabilidad genética para las especies del género aloe. Entonces, es importante identificar la variabilidad genética de la sábila en Colombia, de tal manera que se puedan iniciar programas de conservación In Situ de este recurso, así como su utilización en programas de mejoramiento genético. Se presenta un reto importante en la obtención e identificación de plantas del género que contengan genes de interés agronómico, así como el aprovechamiento del potencial genético fundamentado en la base genética, en donde las colecciones de germoplasma juegan un papel importante en la conservación de la variabilidad y en la selección de materiales elites.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar morfológica y molecularmente especies del genero Aloe en Colombia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1. Colectar cultivares de Aloe en la Región Caribe, Andina, Pacifico y Llanos orientales.

2.2. Caracterizar morfológicamente los cultivares del género Aloe colectados.

2.3. Caracterizar molecularmente los cultivares del género Aloe colectados.

3. MARCO CONCEPTUAL

3.1 Mercado y distribución de la sábila en el mundo.

La comercialización de la sábila y los subproductos generados a partir de ella, dependerá de la calidad y de las estrategias de comercialización. Estados Unidos cultiva el 9% de la producción mundial y consume el 33%, importa el 24%. No se tienen estimaciones de los cambios de la demanda de Aloe vera en el comercio internacional. El consumo de la Sábila es creciente cada día por los descubrimientos de las propiedades bioactivas, se utiliza en máquina de afeitar, hojas de papel, pañales, detergentes, pinturas, hasta en jugo, el cual resulta apto para el consumo humano (Cadena Productiva de Sábila, 2007).

Los mayores productores de sábila se encuentran en: África (Kenia, Nigeria, otros), país de origen de la planta. (40%), Corea, Taiwán (25%), Estados Unidos (9%), México (8%), Otros Países de Centroamérica (República Dominicana, Honduras, otros). (10%), Venezuela (3%). Los mayores importadores de sábila son: Estados Unidos, Canadá, Comunidad Europea, Japón, Hong Kong y Singapur (Cadena Productiva de Sábila, 2007).

3.2 Distribución del cultivo de penca de sábila en Colombia.

Los registros de antecedentes del cultivo de sábila en Colombia datan de hace 20 años. La mayor parte de las siembras se encuentran en los departamentos de Atlántico, Magdalena, Santander, Antioquia. Atlántico y Magdalena son los departamentos que aglutinan más de la mitad de la oferta sabilera nacional,

sumando ambos el 57,02% de los cultivos, seguidos por Santander 8%, Antioquia 7%, y Cundinamarca 6% (Cuadro 1). El resto de departamentos no supera el 5% de participación, Meta y Casanare tienen menos del 1% cada uno (Cadena Productiva de Sábila, 2007).

Cuadro 1 Departamentos de Colombia reportados como productores de sábila y su área sembrada.

Departamento	HA	%
Atlántico	150,50	37,04%
Magdalena	96,20	23,68%
Cundinamarca	22,10	5,44%
Boyacá	7,30	1,80%
Antioquia	26,00	6,40%
Tolima	4,80	1,18%
Santander	36,00	8,86%
Valle de Cauca y Cauca	16,50	4,06%
Guajira	10,00	2,46%
Eje Cafetero	7,91	1,95%
Cesar	7,00	1,72%
Putumayo	4,00	0,98%
Nariño	4,00	0,98%
Meta	2,00	0,49%
Casanare	2,00	0,49%
Sucre	4,00	0,98%
Bolívar	6,00	1,48%
Total	406,31	100,00%

Tomado de Estudio de caracterización del cultivo de sábila. Cadena productora de sábila (2007)

El cultivo de sábila en Colombia, lo realizan en su mayoría pequeños productores, grupos de mujeres, y productores independientes, pero tienen dificultades con su comercialización (Figura 1).

Figura 1 Distribución de la sábila en Colombia



3.2.1 Importancia económica de la producción

Talmadge J, *et al.* (2004), consideran el gel como principal producto derivado del *Aloe vera*, el cual es usado por sus propiedades medicinales y clínicas, de origen natural, que favorece la regeneración de células del plasma sanguíneo.

Los principales productos cosméticos exportados son: Preparaciones de maquillaje incluidas las preparaciones antisolares y bronceadoras con un 20%, jabones de tocador con un 14%, champúes con un 13%, demás preparaciones capilares con un 13%, dentífricos con un 9%, perfumes con un 7%, polvos incluidos los compactos y maquillaje para labios con un 5% cada uno. Los principales mercados de destino son Venezuela con el 31%, Ecuador y Perú con el 17% cada uno,

México con el 10% y Guatemala con el 4% (Cadena Productiva de Sábila, 2007).

3.3 Importancia de la caracterización de los recursos Fitogenéticos.

Los recursos fitogenéticos comprenden la variación genética presente y potencialmente útil para el futuro de la humanidad. Estos recursos incluyen las variedades tradicionales y las razas locales; los cultivares comerciales, los híbridos y otros materiales desarrollados mediante el fitomejoramiento; los parientes silvestres de las especies cultivadas; y otros materiales que podrían usarse en el futuro para la agricultura o en beneficio del ambiente. En consecuencia, los recursos fitogenéticos deben conservarse, siendo el motivo fundamental, su utilización como fuente de variación genética útil (Franco e Hidalgo, 2003).

Se presenta como respuesta evolutiva al interaccionar con diferentes ambientes y afecta la variación de nucleótidos dentro del genoma, provocando cambios en las proteínas. Esta variación puede ocurrir en varios loci de un cromosoma (De Vicente y Lopez, 2004).

Según lo expresado por Franco e Hidalgo (2003), al caracterizar una especie se está estimando la variabilidad existente en el genoma vegetal de la población de individuos que la conforman, así toda la información codificada por los genes establece su identidad morfológica.

Para poder conservar y usar la variación genética, primero hay que evaluarla, es preciso determinar su extensión y distribución. La variación puede evaluarse tanto fenotípico como genotípico. La evaluación de la variación fenotípica se concentra

en los rasgos morfológicos, o sea, en aquellas características que definen la forma y la apariencia de un conjunto de individuos (Franco e Hidalgo, 2003).

Según Franco e Hidalgo (2003), un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones por que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos. Estos descriptores han sido definidos para un gran número de especies cultivadas. En sábila, no se han agrupado y reportado descriptores ante el IPGRI, entidad oficial que registra los descriptores de las especies.

3.4 Marcadores moleculares tipo RAM

En los últimos años, la clasificación taxonómica así como la descripción morfológica y agronómica están siendo acompañadas de estudios directos del genoma por medio de análisis de marcadores moleculares (De Vicente y López, 2004).

El uso de estas herramientas obtiene medidas genóticas de variación y permite hacer un muestreo amplio de diversidad, incrementando la resolución generada por los métodos tradicionales. La revisión bibliográfica de los últimos años apoya la decisión de incluir la caracterización molecular en el estudio de colecciones de germoplasma (Lefebvre *et al* 1993; Rodríguez *et al.*,1999; Sanwen *et al.*, 2000).

La caracterización y documentación de las introducciones de un banco de germoplasma permite evitar duplicados e identificar accesiones promisorias para procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Fisher, *et al* 2000).

Entre los marcadores moleculares conocidos los RAMs (Random Amplified Microsatellite o Microsatélites Amplificados al Azar) son muy útiles para medir la diversidad genética en plantas y animales, muestran la base misma de la variación de los individuos, permiten seleccionar regiones concretas dentro de la molécula de ADN para estudios determinados, el número de polimorfismos detectables es teóricamente ilimitado y permiten analizar tanto la información que se expresa como la que no se expresa (Henríquez, 2000).

Estudios de diversidad genética realizados en especies vegetales (Morillo *et al.*, 2005), Bonilla *et al.*, (2008) en el laboratorio de biología molecular de la Universidad Nacional sede Palmira demuestran que es una técnica eficiente para este tipo de estudio. Muñoz *et al* (2007), señala las ventajas de esta al no necesitar información previa, haciéndose reproducible debido a la longitud del cebador, es sencilla y de bajo costo, se puede obtener un gran número de bandas utilizando geles de alta resolución.

3.5. EL GÉNERO Aloe

3.5.1 Clasificación Taxonómica

Reino: Plantae.
División: Magnoliophyta.
Clase: Liliopsida.
Orden: Asparagales
Familia: Asphodelaceae
Género: Aloe.
Especie: *Aloe Vera* o *Aloe Barbadosis*. Miller
Tomado de <http://www.aloetrade.com.ar/aloe-clasificacion-botanica>

3.5.2 Origen y distribución del género Aloe

La especie vegetal es conocida en castellano como sábila. Es una planta perenne, originaria del sur de África y cultivada actualmente en países tropicales y subtropicales. Imery y Caldera (2002), consideran el origen del género Aloe en Cabo de oriente en Sur África; el antecesor tuvo su origen en las tierras altas de esa región africana, tiempo antes de la invasión del mar al canal de Mozambique; hay evidencia de plantas del género Aloe con 15 centímetros de altura, de aquí deriva que algunos autores consideren a las plantas de menor altura como las ancestrales de sus congéneres más altos.

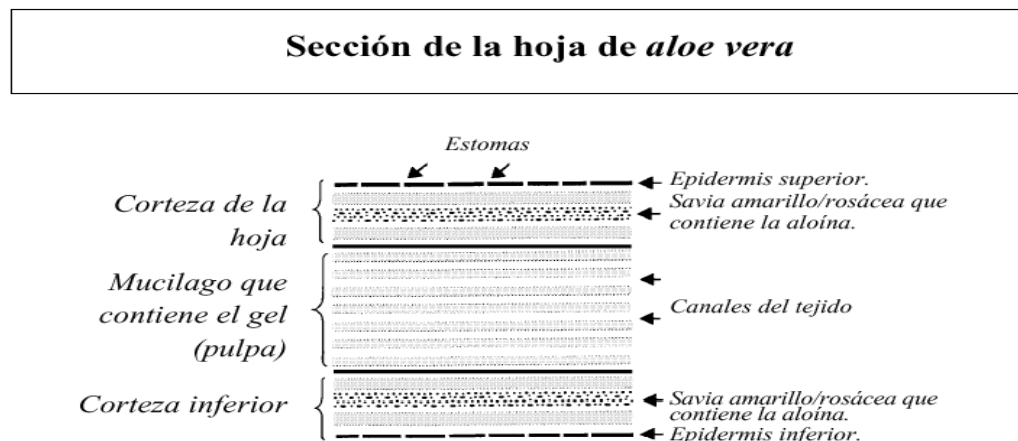
Granados D y A castañeda, (2000) reportan un gran número de especies de Aloe, siendo importantes *Aloe vera* y *Aloe ferox*. Muchas otras especies de Aloe son usadas en medicina tradicional.

3.5.3 Características botánicas del género

El género Aloe cuenta con 350 especies, son plantas monocotiledóneas, de reproducción preferentemente asexual, pueden medir de 50 a 90 cm de altura, según las condiciones agroecológicas donde se encuentre. Plantas herbáceas de aproximadamente 20 cm de altura (*Aloe miriaca*), o arborescente de alrededor de 15 m de altura (*A. eminens*), pueden ser sin tallo o caulescentes; el tallo puede ser simple o ramificado (Contreras, 1990 y Genet, 1992).

La planta acaulea o casi acaulea poseen un tallo corto (máximo 10cm) y grueso, del que emerge una roseta basal de 13 a 25 hojas simples, triangulares, suculentas, gruesas y lanceoladas de 30 a 60 cm de largo, el ancho en su parte inferior es de 5 a 8 cm y de 0,8 a 3,0 cm de espesor, el cual está fuertemente vinculado con las condiciones de humedad. El color de las hojas varía desde amarillo-verdoso opaco, verde, hasta marrón, cuando jóvenes presentan manchas incoloras de aproximadamente 0,4 cm de diámetro. La gran mayoría de las especies poseen hojas típicas de plantas suculentas, es decir duras y gruesas (Grafico 2), dispuestas en pisos sucesivos, en forma alternada dos a dos (Manna.y Analley, 1993).

Figura 2 Corte transversal de una sección de hoja de *Aloe vera*



Los márgenes de las hojas están provistos de dientes triangulares agudos y espinuliformes de alrededor de 0,2 cm y de 1 cm de separación entre uno y otro, bordes de las hojas poseen fuertes espinas, cónicas o triangulares, a veces curvas, generalmente de color amarillento; sólo en algunas especies, las espinas se han modificado, formando un borde coriáceo, continuo, que protege la planta de los depredadores naturales. El sistema radical, consiste de una raíz principal de 5 a 10 cm de largo y 4 a 5 cm de diámetro (Figura 3). La raíz principal, contiene de 5 a 15 raíces secundarias y de ellas, se originan raíces terciarias con una longitud de hasta 5 cm. Normalmente, la mayor parte del sistema radical se encuentra en los primeros 15 cm del perfil del suelo (Crea, 2003).

Figura 3 *A. barbarensis* Miller *Accesión 8*



Flores: Las variedades de Aloe, poseen flores de forma tubular, dispuestas en racimos, pueden ser verticales en espigas o colgantes en umbelas, como se muestra en la Figura 4, donde se presentan la principales características de *Aloe succotrina*. Las corolas se componen de 4 o 6 pétalos de color blanco, amarillo, rosa, naranja o rojo, adherido entre sí hasta formar un único tubo recto o ligeramente curvo, en ocasiones con un leve ensanchamiento en la parte de sujeción, donde se alojan los órganos sexuales de la flor, (Crea, 2003).

Semillas: se encuentran ubicadas al interior de los frutos secos, en forma de cápsulas dehiscentes, alargadas, son viables; aunque es importante aclarar que los principales métodos reproductivos son hijuelos y acodos (Crea, 2003).

Figura 4 Características botánicas de la especie *Aloe succotrina*.



Tomado de Richardson J, Smith JE, McIntyre M, Thomas R, Pilkington K (2005). "Aloe vera for preventing radiation-induced skin reactions: a systematic literature review". *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 17 (6): 478–84.

3.5.4 Citogenética del género *Aloe*

La mayoría de las especies del género *Aloe*, son diploides $2n = 14$, con una poliploidia limitada al 7% (Imery y Caldera, 2002). Las mutaciones cromosómicas no forman parte de los fenómenos evolutivos (Granados y Castañeda, 2000).

El cariotipo básico es constante a través del género. Pocas plantas tienen cromosomas heteromórficos como resultado de la translocación, y algunas muestran el tipo de fusión céntrica de intercambio de segmentos, pero estas desviaciones no aparecen en el estado homocigoto y es perpetuado sólo en los clones que se reproducen vegetativamente. Aún el tipo de fusión céntrica

Robertsoniana de translocación no produce cambio en el número cromosómico como sucede en otras especies (Granados y Castañeda, 2000).

Stuart *et al* (2000), reporta para el género Aloe cromosomas con formas submetacéntricas y acrocéntricas y comparando el DNA ribosomal de 28 especies usando la técnica de hibridación fluorescente in situ (FISH) se construyó la secuencia 18S – 5.8S la cual presentó una alta variabilidad en el género Aloe.

3.5.5 Especies colectadas

El *Aloe saponaria*, Hawt (Figura 5) se caracteriza por que sus plantas adultas presentan entre 10 y 20 hojas formadas en rosetas, de 15 a 30 cm de largo por 4 a 7 cm de ancho, con cara superior cóncava y la inferior convexa. Son de color verde grisáceo oscuro, profusamente manchadas con bandas transversales de un verde más claro o blanco por ambas caras, a veces con tonalidades rojizas en los bordes. Las flores tienen una umbella larga de 40 a 60 cm, flores cilíndricas pediculares, de color púrpura o amarillo pasando por naranja y rojo. Son plantas de jardín (Crea, 2003).

Figura 5 *A saponaria* Accesoión 7



El Aloe arborescens, (Figura 6) también llamada por los agricultores como Áloe candelabro, Zabilón o sábila macho, es un arbusto con la base leñosa y muy ramificado, de hojas suculentas, los ejemplares con tallo único predominante alcanzan de 1 a 4 m de altura, sus hojas están dispuestas en roseta, de color verde glauco, lanceoladas, carnosas y con dientes en los bordes, las flores naranjas escarlata en inflorescencia. Dicha inflorescencia es simple, de unos 60 cm, que contiene un racimo de 20-30 cm, donde se hallan las flores, que permanecen erectas antes de su apertura, inclinándose hacia abajo más tarde (Crea 2003).

Figura 6 *A. arborescens* Accesoión 10



En cuanto a *A. Aristata var. Distans* (Figura 7) ésta presenta un tallo modificado como especie de rizoma o acodo múltiple, que se extiende en forma rastrera, con una longitud de 3 a 4 m, sus hojas son de 10 a 12 cm de largo, la cara superior es cóncava y la inferior es convexa, posee una inflorescencia de 30 a 40 cm de altura, con flores rojas asentadas en espigas, se le atribuyen propiedades medicinales, cosméticas y veterinarias.

Figura 7 *A. Aristata* var. *Distans* Accesoión 15



Kalanchoe sp (Figura 8) es un género de plantas de la familia de las Crasuláceas, originaria de Madagascar. Es perenne, frecuentemente utilizadas como plantas de interior o jardín rocoso. Tiene hojas crasas, verdes, carnosas con cubierta cérea. Las flores son grandes umbelas de colores: rosas, rojos, purpúreas, amarillas, blancas, según la especie o la variedad. Florece desde comienzos del invierno hasta la primavera. Para florecer requiere de 8 a 10 horas durante 4 semanas (Pérez, 2008).

Figura 8 *Kalanchoe* sp Accesoión 57



Sansevieria cilíndrica (Figura 9) se caracteriza porque las hojas son de color gris verdoso y a veces tienen largas ranuras longitudinales de color verde oscuro y estrías horizontales del mismo color. Las hojas están dispuestas en forma de abanico y crecen rectas hacia arriba. Cada hoja tiene un grosor de 3 centímetros. Las 130 especies que comprende *Sansevieria* son originarias de África y de Asia. Se las conoce por varios nombres comunes que aluden a las típicas hojas duras y punzantes de muchas de sus especies, tales como "espada de San Jorge", "cola de lagarto" y culebrilla. Thongthiraj (2008).

Figura 9 *Sansevieria cilíndrica* Accesoión 2



4. METODOLOGIA

4.1 Colectar de cultivares de Aloe

Para la colecta de las especies de Aloe, se identificaron las zonas comerciales de sábila, fincas de agricultores, materiales silvestres; se colectaron materiales en jardines botánicos, jardines caseros y, de 13 departamentos de Colombia. En cada sitio se colectaron entre tres y seis plantas por cultivar, realizando un muestreo sistemático. Se tomaron los datos de pasaporte, (Anexo 1).

Las muestras se distribuyeron en parcelas en un lote de la Universidad del Magdalena para formar un banco de germoplasma en vivo, situado en las coordenadas 74° 7' de longitud oeste y 11° 11' de latitud norte a 7 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación promedio anual de 674 mm, temperatura promedio de 28.6°C, humedad relativa del 25%, el clima según Holdrige se clasifica como estepario tropical cálido y se cataloga como bosque seco tropical vegetación xerofítica. Existen dos periodos de lluvia, con mucha variación entre abril – junio / septiembre-noviembre (IDEAN 2001).

4.2 Caracterización morfológica

Los datos que contiene la ficha de pasaporte y que hacen parte de la caracterización de los materiales, se realizó en el sitio de la colecta mediante la utilización de una ficha de pasaporte desarrollada como parte de este trabajo, (Anexo 1). El pasaporte, contiene los datos básicos de ubicación de los materiales,

así como referencias etnobotánicas y la condición y estado geográfico – ambiental del sitio de colecta.

Para la caracterización morfológica se desarrollaron descriptores (Cuadro 2), para la especie. Los descriptores se generaron con base en la revisión de literatura relacionada con los descriptores que produce el IPGRI para el cultivo de la piña, muestras de herbario y observación de material vivo.

Cuadro 2 Descriptores cualitativos y cuantitativos para el género *Aloe*

	Cualitativos	Cuantitativos
1	Apariencia de la planta	Altura de la planta
2	Forma de la roseta	Cobertura ecuatorial
3	Angulo de inserción de la planta	Cobertura Meridional
4	Disposición de la superficie de la hoja	Longitud del tallo
5	Forma de la Margen foliar	Diámetro del tallo
6	Forma de la base de la hoja	Largo del rizoma
7	Forma del ápice de la hoja	Diámetro del rizoma
8	Presencia de pigmentos	No de entrenudos
9	Cobertura de la hoja	Ancho del entrenudo
10	Presencia de espinas	Largo de la vaina
11	Presencia de dientes	Ancho de la vaina
12	Posición de las espinas	No de hojas
13	Orientación de las espinas	Longitud de la hoja
14		Ancho de la hoja
15		Grosor de la penca
16		No de espinas margen derecha de la hoja
17		No de espinas margen izquierda de la hoja
18		Longitud de la espina
19		Ancho de la espina
20		Distancia en milímetros entre espina
21		No de hijos presentes en el suelo

Para el análisis de la información se generó una matriz de filas y columnas. En las filas se localizaron las 72 introducciones y en las columnas los 34 descriptores. Se realizaron análisis para descriptores cualitativos y cuantitativos. Para los

descriptores cualitativos se realizó un análisis de frecuencia por categoría del descriptor, con el fin de determinar las variables mas frecuentes en las accesiones colectadas. Luego se efectuó un análisis de correspondencia para hacer el agrupamiento de los individuos.

Con los descriptores cuantitativos se efectuó un análisis descriptivo (media, desviación estándar, valor mínimo, valor máximo y coeficiente de variación) a partir de las cuales se hizo la selección de las características con más alta variabilidad, para realizar el análisis multivariado de componentes principales que tiene la finalidad de reducir la dimensión del problema y permite además eliminar ciertas variables que aportan poca información y generar nuevas variables (Nakos y Joyner, 1999).

4.3 Caracterización molecular

La técnica empleada en este trabajo fue RAMs (Random Amplified Microsatellite o Microsatélites Amplificados al Azar), la caracterización molecular se llevó a cabo en el Laboratorio Integrado de Investigaciones en Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Se extrajo ADN macerando hojas jóvenes de cada una de las accesiones de aloe, se almacenaron a -80°C en nitrógeno líquido, para ser utilizado en la extracción de ADN, siguiendo el protocolo para la microextracción de ADN sugerido por Dellaporta *et al* (1983) (Anexo 3). Se utilizó un kit de extracción DNeasy plant, Para evaluar la diversidad genética, las muestras se probaron con seis “primer” o cebadores sintetizados. Los ADN totales se visualizaron en geles de agarosa 0.8%, teñidos con bromuro de etidio, para constatar la calidad.

Se ajustó el volumen con agua desionizada, se esterilizó por 15 minutos, se adicionó 1% (p/v) de PVP (PM 40.000), se disolvió (0.5, 1 y 2.5 gr respectivamente), y finalmente se adicionó 2 % (v/v) de β -mercaptoetanol 1, 2 y 5 ml respectivamente (Cuadro 3).

Cuadro 3 Preparación del buffer de extracción de ADN de Aloe

REACTIVO	STOCK	50 ml	100 ml	250 ml
Tris HCl 100 Mm	1M	5 ml	10 ml	25 ml
EDTA 50 mM	0.5 M	5 ml	10 ml	25 ml
NaCl 500 mM	5 M	5 ml	10ml	25 ml

Se utilizaron primers de secuencias cortas repetidas y conocidas, de una longitud de 18 bases incluyendo un extremo 5' degenerado, el cual sirve de anclaje para asegurar la unión del primer al inicio del microsatélite (Cuadro 4).

Cuadro 4 Primers utilizados en la técnica Microsatélites RAMS.

Primer	Secuencia (5'a 3')	Tº hibridación
CCA	DDB(CCA) ₅	55°C
CGA	DHB(CGA) ₅	61°C
GT	VHV(GT) ₅ G	58°C
AG	HBH(AG) ₇ A	50°C
CT	DYD(CT) ₇ C	41°C
TG	HVH(TG) ₇ T	55°C
CA	DVDA(CA) ₇	41°C

Las siguientes designaciones se usaron para los sitios degenerados: H (A ó T ó C); B (G ó T ó C); V (G ó A ó C) y D (G ó A ó T).

El cóctel de amplificación para la reacción de Microsatélites RAMs se preparó en un volumen final de 25 μ l conteniendo dNTPs (0.2 mM), 1X PCR Buffer, 1 unidad

de Taq Polimerasa, 2 μ M de Primer, 10 ng de ADN total y 1.5 mM de MgCl₂ y se llevó a volumen con agua HPLC.

El perfil de amplificación se realizó en un termociclador (PTC-100 Programmable Thermal Controller de M.J Research nc). La desnaturalización inicial fue de 95° C durante 5 minutos; 37 ciclos de desnaturalización a 95° C por 30 segundos, la hibridación dependió del primer que se utilizó (Cuadro 4). Con una extensión de 72° C por 2 minutos y la extensión final a 72° C durante 7 minutos.

Los productos de amplificación se separaron por electroforesis en geles de agarosa al 1.2% a 90 voltios durante 3 horas visualizándose en un transiluminador, o también en geles de poliacrilamida 19:1 (acrilamida: bisacrilamida) al 8%, teñidos con sales de plata, posteriormente se fotografió. En cada grupo de muestras se incluyó un control negativo para detectar posible contaminación (Hantula *et al*, 1997).

Para analizar la información, se generó una matriz binaria de ausencia (cero) y presencia (uno). Las estimaciones de similitud, se calcularon con el método de Nei y Li (1978) en el programa NTSYS -pc versión 2.0. Los análisis de distancia mínima y un análisis UPGMA cluster se usó la distancia original de Nei en el programa TFPGA, (Tools for population genetics analices, versión 1.3).

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Colecta de cultivares de Aloe.

La introducción del germoplasma de sábila quedó conformada por 72 accesiones (Anexo 2) procedentes de 13 departamentos de Colombia y 2 accesiones de Venezuela. (Cuadro 5) La especie más representativa de este género fue *A. barbarentis* Miller, (Figura 3), con 55 accesiones (75%) ubicada a todo lo largo y ancho del territorio colombiano, reportado en diferentes pisos térmicos, desde la ranchería Isihipa en el departamento de la Guajira a 7 msnm, donde se encuentra la sábila en callos aislados y habitat silvestre, hasta el municipio de Pacho en Cundinamarca a 2.200 msnm. Se colectaron algunas especies que no pertenecen al género *Aloe*.

Cuadro 5 Distribución geográfica de las introducciones de Aloe.

Departamento	<i>A. arborescens</i>	<i>A. aristata</i>	<i>A. saponaria</i>	<i>Haworthia Fascinata</i>	<i>A. barbarentis</i>	<i>A. sp.</i>	Agavaceae	<i>Kalanchoe</i>	Dracanaceae	Total
Antioquia					2					2
Atlántico					5	1				6
Boyacá					2					2
Cesar					2					2
Córdoba					1					1
Cundinamarca		1		1	2	1				5
Guajira					10					10
Magdalena	2		3	1	12		1	1		20
Meta					2					2
Santander			1							1
Tolima					13					13
Valle del Cauca	1				1				1	3
Venezuela*						2				2
Caldas					3					3
Total	3	1	4	2	55	4	1	1	1	72

Rodríguez (1999) afirma que la especie fue introducida por los españoles, y es originaria de África (Figura 10). Tres de las accesiones de *A. saponaria* fueron colectadas de Santa Marta (Magdalena) y en Santander (Figura 5); de las tres acciones de *A. arborences* dos fueron colectadas en el departamento del Magdalena y una del Valle del Cauca (Figura 6), se tiene una accesión de *A. aristata* (Figura 7) y dos de *haworthia* (Figura 11). Una accesión de *Dracanaceae* especie *Sansevieria cilindrica*, y una de *kalanchoe sp*; estas cuatro últimas especies son morfológicamente similares a aloe, pero no pertenecen al género, se utilizaron como testigos. Se colectaron 4 especies sobre las que se tiene la duda sobre su clasificación debido a que no han mostrado flores y se encontraron en estado juvenil (Figuras 12 y 13).

Figura 10 *Aloe barbarendis* Miller cultivado en fincas de productores del Departamento del Atlántico



Figura 11 *Haworthia fasciata* Accesión 82



Figura 12 *Aloe sp* *Accesión 9*



Figura 13 *Aloe sp.* *Accesión 103*



Los departamentos donde se colectaron un mayor número de introducciones fueron Magdalena, Guajira y Tolima (Cuadro 5), debido a la colaboración prestada por los productores de las zonas.

Se consideraron materiales silvestres los que no tienen un referente histórico de su siembra, no son asistidos y forman grupos o montículos de plantas llamados por los agricultores “callos”. Estas especies poseen alto contenido de antocianina, la apariencia es flácida y las hojas son delgadas, y etioladas, Estas plantas son altamente productoras de ácibar. (Figura 14).

Figura 14 *materiales silvestres* Ranchería Ishipa (Guajira)



En el presente estudio, la especie *Aloe barabarensis* Miller (Cuadro 6), fue reportada para un uso industrial. Otras especies reportaron un uso ornamental por el atractivo, resistencia y rusticidad como fue *Haworthia fasciata*. (Figura 11).

Cuadro 6 Uso de 72 introducciones colombianas de *Aloe*

Uso	A. <i>Arborescens</i>	A. <i>Aristata</i>	A. <i>saponaria</i>	<i>Haworthia</i>	A. <i>barbarensis</i>	A. <i>sp.</i>	<i>Kalanchoe</i>	<i>Dracanaceae</i>	Total
Industria					38			1	39
Medicinal ó Exotérico			4						4
Ornamental	3	1		1	3	5	1		14
Material silvestre sin uso reportado					12	3			15
Total									72

El uso de la planta en cultos y en medicina son parte del acervo cultural de Colombia y algunos países de América latina, por lo tanto debe ser tenido en cuenta desde el punto de vista etnobotánico, como por ejemplo el uso reportado fue el medicinal o exotérico debido a las propiedades “energéticas” empleadas en rituales religiosos, se coloca la sábila detrás de las puertas de las casas y negocios, (Figura 15) con el fin de “alejar los malos espíritus”, para detener las energías contrarias y mantener la prosperidad, la planta se cuelga acompañada de

accesorios tales como herraduras, lazos de colores blanco y rojo, oraciones, panes, etc.

Se reporta al sacerdote franciscano brasileño Fray Romano, sanando a personas que padecen de cáncer utilizando la siguiente receta: 1/2 Kg. de miel pura de abeja, 2 hojas grandes o 3 pequeñas de sábila, 3 cucharadas de coñac, whisky, tequila o aguardiente.

Figura 15 Plaza de mercado. Medellín



Se recomienda hacer un estudio de las propiedades y usos de la sábila en todos los materiales colectados para identificar el uso potencial. Se recomienda evaluar también los usos no tradicionales que se le está dando a la sábila y determinar si son tendencias nacientes, crecientes o que por el contrario parecen no garantizar un crecimiento futuro.

5.1.1 Fuente de colecta

Las fuentes de colecta fueron plantaciones comerciales, jardines de las casas. Se

colectaron accesiones de viveros comerciales, plazas de mercados o tiendas, y en colecciones procedentes de centros de investigación en el Valle del Cauca (Cuadro 7). En Colombia, se cultiva comercialmente la especie *Aloe barbarensis* Miller por contener pulpa y acíbar, productos derivados de la sábila, y apetecidos por los mercados nacionales e internacionales (Cadena Productiva de Sábila, 2007). Las 25 introducciones de *Aloe barbarensis* Miller incluidas en este trabajo fueron colectadas en campos cultivados.

Cuadro 7 Fuente de colecta de 72 introducciones colombianas de Aloe.

Fuente de Colecta	A. <i>arborescens</i>	A. <i>distans</i>	A. <i>saponaria</i>	<i>Haworthia</i>	A. <i>barbarensis</i>	A. <i>sp.</i>	<i>Kalanchoe</i>	<i>Dracanaceae</i>	Total
Comercial					25				25
Colección de trabajo					1				1
Jardín	3		4	1	15	4	1		28
Ruderal		1			13	2			16
Vivero				1					1
Mercado o tienda								1	1
Total									72

5.2 Caracterización morfológica de cultivares del género Aloe

Para la especie sábila no existen descriptores morfológicos que permitan identificarla, por tal razón se propusieron los siguientes descriptores, producto del estudio de la revisión de literatura, lo cual permitió recoger 34 descriptores para el estado vegetativo del género Aloe, 8 relacionados con arquitectura de la planta, 8 para tallo, 9 para hoja y 10 para espinas. De los 34 descriptores para el análisis morfológicos 13 fueron de tipo cualitativo y 21 fueron de tipo cuantitativo.

5.2.1 Descriptores propuestos para el género Aloe

A continuación se describen los descriptores propuestos para el género

1. Altura de la Planta (cm): medida tomada en centímetros mediante la utilización de un metro y se determinó colocando el cero en la superficie del suelo hasta el ápice de la hoja más alta.

1. Baja <25
2. Medio 26-50
3. Alta >50

2. Cobertura de la Planta: medida que hay entre el ápice de las hojas opuestas, existen dos tipos de medida, la ecuatorial (cara de mayor longitud) y la meridional (cara de menor longitud).

3.1. Cobertura ecuatorial (cm)

1. Baja <20
2. Media 20-40
3. Alto >40

3.2. Cobertura meridional (cm)

1. Baja < 15
2. Media 15-30
3. Alta >30

4. Apariencia de la planta: este descriptor determina la forma de la roseta de cada accesión y permite describir si la roseta presenta una filotaxia abierta o

cerrado, y su medida es visual.

1. Abierta
2. Cerrada

5. Forma de la roseta: esta variable es tomada dependiendo de la filotaxia de las hojas y su disposición en el tallo

1. Ascendente
2. Compacta
3. Decumbente
4. Arborescente

6. Angulo de inserción de las hojas en el tallo principal: es tomado según la disposición de las hojas en la base del tallo, con respecto a una línea imaginaria que se proyecta verticalmente sobre el eje de la planta.

1. 90°
2. 45°
3. Menor de 45°
4. Mayor de 90°

7. Número de hijos presentes en el suelo: se procede a contar el número de hijuelos al pie de la planta.

8. Longitud del tallo (cm): esta variable es tomada en centímetros, partiendo del extremo inferior al superior del tallo, y se realiza con la ayuda de un metro o una

regla.

1. Corto < 5
2. Medio 5-10
3. Largo > 10

9. Diámetro del tallo (cm): variable medida con un nonio, tomado en la parte media del tallo, cuyo valor será expresado en centímetros.

1. Angosto < 2
2. Medio 2-3
3. Grueso > 3

10. Largo del rizoma (cm): es tomado desde la parte inferior hasta la parte superior de la misma.

1. Corto < 2
2. Medio 2-4
3. Largo > 4

11. Diámetro del rizoma (cm): variable medida con un nonio, tomado en la parte media del rizoma.

1. Angosto < 1,5
2. Medio 1,5-2,5
3. Grueso > 2.5

12. Número de entrenudos en el tallo: es la suma de nudos presentes en el tallo.

13. Ancho del entrenudo: Distancia comprendida entre un nudo y otro.

14. Largo de la vaina (cm): Es la longitud medida desde la base de la hoja envainadora hasta el ápice de esta.

1. Corto < 15
2. Medio 15-30
3. Largo > 30

15. Ancho de la vaina (cm): Tomado con un nonio en la parte media de la hoja envainadora.

- 1 Angosta < 2
- 2 Medio 2-4
- 3 Ancha > 2

16. Disposición de la superficie de la hoja: es el grado de ondulación que presenta la superficie de la hoja, siendo el más protuberante el convexo, el más ondulado el cóncavo, y plana cuando se encuentra en un grado intermedio.

1. Cóncava
2. Convexa
3. Plana

17. Numero de hojas

18. Longitud de la hoja (cm): Promedio de 3 o más hojas preferiblemente maduras

1. Corta < 20
2. Medio 20-40
3. Larga > 40

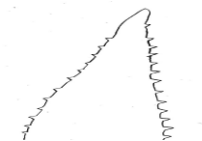
19. Ancho de la hoja (cm): Promedio de 3 o más hojas, medido en el punto más ancho de la hoja

1. Delgada < 2
2. Media 2-4
3. Ancha > 4

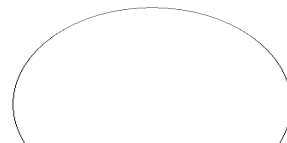
20. Grosor de la penca (cm): se mide en la parte media de la hoja

1. Delgada < 1
2. Media 1-2
3. Gruesa > 2

21. Forma de la margen foliar

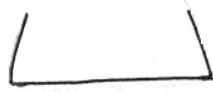


1 Lanceolada

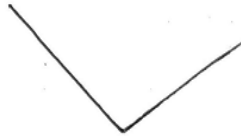


2 Ovalada

22. Forma de la base de la hoja



1 Truncada



2 Aguda



3 Cuneada

23. Forma de ápice de la hoja



1 Acuminado

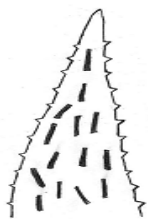


2 Agudo

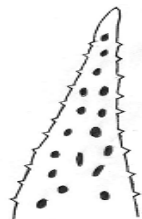


3 Obtuso

24. Presencia de pigmentos: es la existencia o no de coloración diferente al color general de la hoja pueden ser:



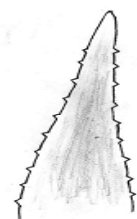
1 Rayado



2 Moteado



3 Ceras

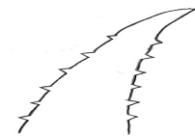


4 Polvillo

25. Presencia de espinas



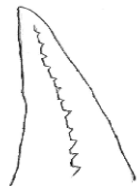
0 Ausente



1 Presente

26. Presencia de dientes: es la existencia o no de espinas modificadas duras y fuertes

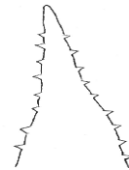
27. Posición de las espinas



1 Dorsales



2 Ventrales



3 Laterales



4 Terminales

28. Número de espinas en la margen derecha de la hoja: es la cantidad de espinas presentes en el margen derecho de las hojas.

29. Número de espinas en la margen izquierda de la hoja: es la cantidad de espinas presentes en el margen izquierdo de las hojas.

30. Orientación de las espinas



1 Antrorsa



2 Retrorsa



3 Recta

31. Longitud de las espinas (mm)

- 1. < 1 Cortas
- 2. 1-2 Medio

3 > 2 Largas

32. Ancho de las espinas (mm)

1. < 1 Delgadas
2. 1-2 Medio
3. >2 Anchas

33. Distancia entre espinas (mm) Se mide con un nonio la distancia promedio entre una espina y otra.

34. Angulo que forman las espinas con el borde la hoja: Es tomado según la disposición de las espinas en las hojas, con respecto a una línea imaginaria que se proyecta verticalmente sobre el eje de la planta.

1. 90°
2. 45°
3. 60°

5.2.2 Descriptores cualitativos

Las especies del género *Aloe* comparten rasgos comunes; a la vez hay características propias de cada especie esto se presenta por el nivel de especiación que se da en el proceso de domesticación del género. Crea (2003) afirma que al comenzar a cultivarse las plantas en lugares distintos a los de su origen y debido a las correspondientes hibridaciones y mutaciones provocadas por las diferencias de su entorno, fueron bautizadas especies con nombres diferentes.

Entre las características propias se encuentra la forma de las hojas *Aloe barbarensis* Miller (Figura 16) en *A. arborescens* la presencia de tallo (Figura 17). En *A. saponaria* (Figura 18) la disposición de sus hojas (Cuadro 8).

Figura 16 *A. Barbarensis* Miller Accesoión 33



Figura 17 *A. arborescens* Accesoión 13



Figura 18 *A saponaria* Accesoión 49



Cuadro 8 Descriptores cualitativos empleados para la caracterización de 72 introducciones del *género Aloe*

Descriptor	Categoría	A. arborescens	A. Aristata	A. saponaria	A. haworthia	A. Barbarensis	Kalanchoe	A. sp.	Dracaceae	Total	%
Apariencia de la planta	(1) Abierta	3	1	4	1	51	1	6	1	69	95%
	(2) Cerrada					3				3	4%
Forma de la roseta	(1) Ascendente	3	1	4	1	54	1	8		71	98%
	(3) Decumbente								1	1	1%
Angulo de inserción	(1) 90°	1	1	1						3	4%
	(2) 45°	2				4		1		7	10%
	(5) No específico			3	1	50	1	6	1	62	86%
Disposición de la superficie de la hoja	(1) Cóncava	2		2	1	19	1	1		26	36%
	(2) Convexa	1	2			2				5	7%
	(3) plana			2		33		6		42	57%
	(4) Cilíndrica								1	1	1%
Forma de la margen foliar	(1) Lanceolada	3	1	4	1	54	1	7		71	98%
	(3) Circular								1	1	1%
Forma de la base	(1) Truncada	3	1	4	1	53	1	7		70	97%
	(2) Aguda								1	1	1%
	(3) Cuneada							1		1	1%
Forma del ápice de la hoja	(1) Acuminada	3	1	4	1	52	1	7		69	98%
	(2) Aguda								1	1	1%
	(3) Obtuso					1				1	1%
Presencia de antocianina	(1) Presente					3				3	3%
	(2) Ausente	3	1	4	1	51	1	7	1	69	96%
Presencia de manchas	(0) Ausente	3	1			10	1	4		19	26%
	(1) Moteado			4	1	44		3		52	73%
	(2) Rayado								1	1	1%
Cobertura de la hoja de polvillo	(1) Presente	3		4		54		7		69	97%
	(2) Ausente		1		1		1		1	3	3%
Presencia de espinas	(1) Presente	3	4		1	54	1	4		70	97%
	(2) Ausente			1					1	2	3%

La Apariencia de la planta es preferentemente abierta. Un 95% de los materiales presentó la forma abierta (Figura 19) y sólo el 4% presentó una forma cerrada (Figura 20). La forma cerrada se debe a la edad de la planta al momento de la colecta, plantas más jóvenes pueden estar más cerradas, por la posición que tienen al pie de la madre y por la competencia por espacio generada por los

hijuelos.

Figura 19 *Planta de A. arborescens con apariencia abierta* *Accesión 1*



Figura 20 *Planta de Barbarensis Miller con apariencia cerrada* *Accesión 34*



La planta cuando se colecta y no se siembra inmediatamente, sufre estrés, caracterizado por marchitez y flacidez de la hoja, debido a la pérdida por deshidratación, cerrándose o recogándose, para evitar mayor evapotranspiración.

La forma de la roseta se presentó en un 98% de los materiales con la forma ascendente (Figura 21) y sólo el 1% fue decumbente (Figura 22), con hojas

flácidas y geotropismos invertidos. Para el ángulo de inserción de la planta 3% presentaron ángulos de 90°, el 10% de 45° y un 62% no mostraron ángulos específicos que los coloquen en una categoría.

Figura 21 Material de *A. sp* con apariencia ascendente



Figura 22 Material de *Sansevieria cilíndrica* con apariencia decumbente



Para la disposición de la superficie de la hoja, el 57% de los materiales presenta hojas con superficie plana, 36% cóncavas, 6% convexas y sólo el 1% cilíndricas. El 98% de los materiales presentan la margen de la hoja lanceolada y el 1% circular. En cuanto a la base de la hoja 97% de las accesiones presentan base truncada, 1% aguda y 1% cuneada. Para el ápice de la hoja el 95% de las

accesiones muestran ápices acuminados 2% agudos y 2% obtuso.

La presencia de antocianina estuvo ausente en el 98% de las accesiones y presente sólo en el 2%, en ese sentido es importante anotar que los colores morados en plantas y en fruto son indicativos de presencia de antocianinas. Las antocianinas son catalogadas como agentes nutracéuticos, Varios trabajos reportan sus efectos benéficos al prevenir la proliferación de células cancerígenas, protección contra enfermedades del corazón y prevención del deterioro causado por los lípidos en alimentos (Nia, *et al*, 2004).

Los descriptores de color en las hojas, no se tomaron para este trabajo, sin embargo, para evaluar el color de la hoja madura y la presencia o no de antocianina se debe tener en cuenta que los materiales que están sometidos a fuertes condiciones de estrés por sequías pueden presentar en las hojas tonalidades rojas, rojizas y muchas veces moradas. Entonces para tomar en cuenta este descriptor es necesario verificar las condiciones antes citadas de manera que no se vuelva subjetivo al evaluador por que pierde veracidad y soporte estadístico.

El 73% de las hojas presentó un moteado a manera de manchas en las hojas y el 1% presentó un rayado y 26% no presentó manchas, Así mismo, el 97% de las plantas reportó un polvillo de color blanco cubriendo la superficie de la hoja, y el 3% de los materiales no lo presentó. La presencia de manchas y de polvillo también se debe a la edad de la planta, las plantas más jóvenes presentan manchas a manera de pecas que van desapareciendo a medida que la planta se hace adulta y abundante polvillo que puede o no desaparecer.

En ese sentido, Imery y Caldera (2002), plantean que taxonómicamente y morfológicamente, las plantas del género *Aloe* sufren cambios, debido a que en su ciclo de vida se presentan diferencias foliares marcadas entre el estado juvenil y el adulto. Por otra parte, factores ambientales como luz, temperatura, humedad y fertilidad del suelo tienen efectos directos sobre la fase vegetativa.

La presencia de espinas, se presentó en un 97% de los materiales, y es un descriptor que discrimina la especie. Hernández *et al* (1998) Considera en piña la espina como un carácter polimórfico en el cual se presentan rasgos puntuales como la presencia de espinas en las hojas en una sola margen, y bordes dispuestos irregularmente a lo largo de las hojas. Por lo anterior, siendo piña una de las plantas que se tomó como referencia para la realización de los descriptores, es importante tomar la espina en aloe, como un descriptor que en su conjunto es altamente polimórfico y puede ayudar a discriminar la especie.

Dentro de los resultados que presenta el análisis cualitativo es importante anotar la similitud que existe entre las especies *A. saponaria*, *A. arborescent*, *A. sp* y *A. barbarentis M.*; así mismo las especie *A. aristata* es fenotípicamente parecida a *A. arborencens* por la presencia de tallo. *Kalanchoe sp*, *Sanceviera cilíndrica* y *Haworthia* se diferencia de las anteriores principalmente en la forma de las hojas y la ausencia de espinas.

Agrupamiento

En el fenograma cualitativo, construido a partir de la matriz de similitudes con el coeficiente de DICE, se formaron 4 grupos a nivel de 0.15 (Figura 23). El nivel

mínimo de similitud entre los materiales fue del orden del 39%, demuestra un bajo nivel de polimorfismo entre los individuos. Los agrupamientos permitieron reunir introducciones que compartieron rasgos, asociadas con la hoja porque la selección en el proceso de domesticación de la especie enfatizó hacia éste órgano.

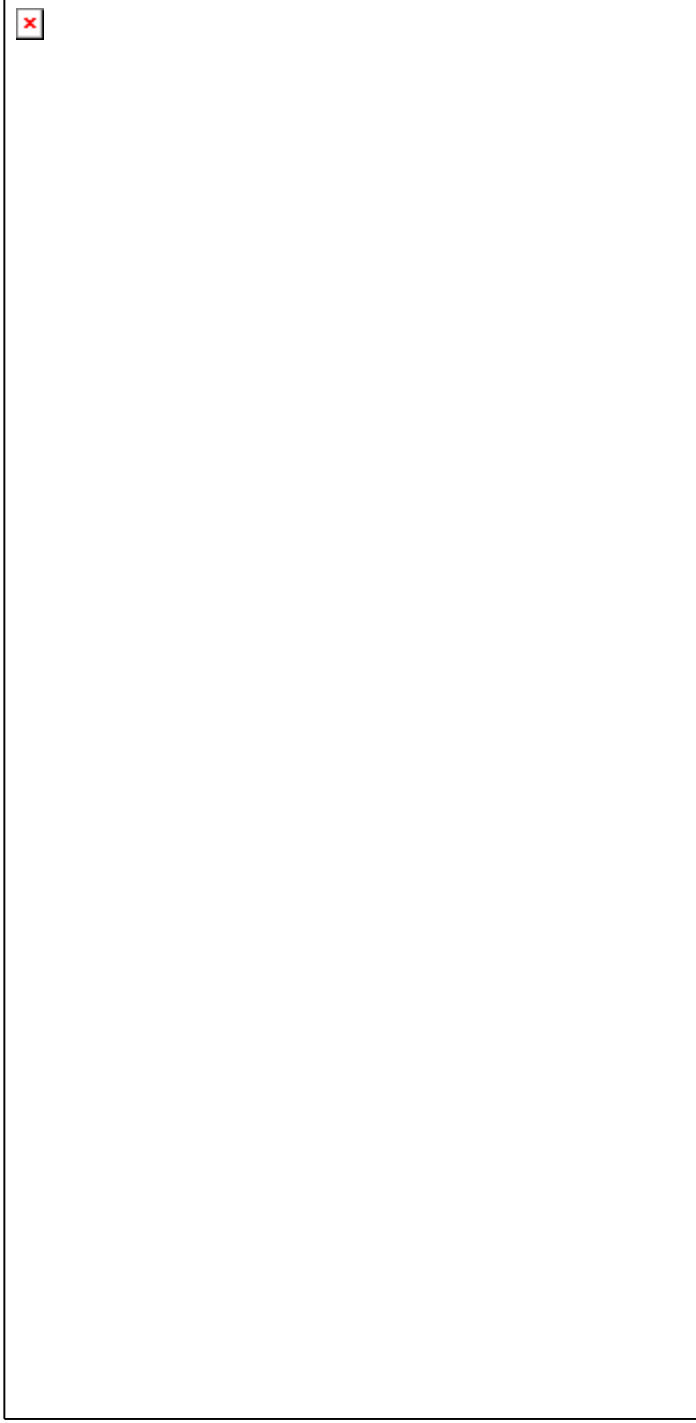


Figura 23 Dendrograma para 72 accesiones del banco de germoplasma de Aloe de la Universidad del Magdalena utilizando caracteres morfológicos cuantitativos.

Los materiales pertenecientes a la especie *Aloe barbarensis* Miller, se distribuyeron por toda la figura; se formaron aglomerados con los materiales así: Grupo 1, formado por 53 accesiones así: 45 corresponden a la especie *Aloe barbarensis* Miller, y 3 *Aloe saponaria*, 1 *A. aristata*, 3 *A. arborescens*, y 1 *Aloe sp.* colectadas 12 en el departamento del Magdalena, 11 en el Tolima, 6 son de la Guajira, 4 del Atlántico, 4 de Cundinamarca, 3 de Caldas, 2 de Boyacá, 2 del Meta, 2 de Santander, 1 de Cesar y 1 de Córdoba, 1 del Valle del Cauca y 2 del vecino país Venezuela. (Anexo 2) Dentro de este grupo se formaron 5 subgrupos. Es importante anotar que en este grupo 1 la especie *A. aristata* se encuentra ubicada en un extremo del conglomerado y unida *A. arborescens*.

Las características comunes encontradas en el **Grupo 1** hacen relación, al porte de la planta; de medio a bajo, poca cobertura de las hojas, tallos frecuentemente cortos y delgados, las hojas son lanceoladas, ascendentes generalmente cortas, delgadas y poco gruesas, las hojas envainadoras frecuentemente cortas y presentan una apariencia delgada, presentan espinas.

Dentro de este grupo se formaron 5 subgrupos, 4 de ellos de porte medio y 3 de porte bajo, el primer subgrupo formado por 8 accesiones, cuyas características morfológicas son plantas de porte bajo, con tallos, rizomas y hojas cortas y delgadas. Subgrupo 2, formado por 6 accesiones, Plantas de porte medio, los tallos, rizomas y hojas de porte delgado. Subgrupo 3, formado por 5 accesiones, son plantas de porte bajo, el tallo y rizoma es delgado, con hojas cortas y delgadas en ancho y grosor. El subgrupo 4, se caracteriza por estar conformado por plantas de porte medio.

Grupo 2, con 14 accesiones de la *Aloe barbarensis* Miller, 6 de ellos colectados en el departamento de la Guajira, 3 del Magdalena, 2 del Atlántico, 2 del Tolima y 1 de Caldas. Son plantas de porte alto, con amplia cobertura de las hojas, tallos gruesos y largos, hojas lanceoladas, ascendentes largas, anchas y gruesas, con espinas.

Grupo 3, formado por 4 accesiones, todos colectados en el departamento del Magdalena, en este encontramos 2 especies que no pertenecen al género Aloe, la accesión 56 de la familia Agavaceae, la accesión 57 *Kalanchoe* y la accesión 16 *Haworthia*, sobre la cual se tiene dudas en su clasificación. Este grupo se caracterizó por ser plantas de porte bajo, con baja cobertura en las hojas, estas son cortas, delgadas, lanceoladas, ascendente sin espinas.

Grupo 4, con una accesión del Valle de Cauca (*Sansevieria cilindrica*), de la familia *Dracaceae*. Planta de porte alto, con amplia cobertura en sus hojas, con tallo generalmente largo, grueso y ancho, hojas ovaladas, que no pertenece al género Aloe.

La similitud morfológica encontrada en los materiales de *A. barbadensis* Miller colectados en diferentes sitios, muestra el intercambio de germoplasma entre regiones productoras y agricultores, a través de la propagación vegetativa de la especie, esto contribuye a la poca variabilidad encontrada, lo cual coincide con lo expresado por Crea, (2003) y Contreras (1990), quienes consideran el *Aloe vera*, también llamada *A. barbadensis* Miller como la planta más conocida del género.

5.2.3 Descriptores cuantitativos

La evaluación de 20 descriptores cuantitativos mostró variabilidad para cada una de las características (Cuadro 9). Las características más variables fueron: largo de la vaina, cobertura ecuatorial, longitud del tallo y diámetro del rizoma. Las características asociadas a la longitud y diámetro de la penca fueron también muy variables y presentaron diferencias entre las introducciones.

Cuadro 9 Descriptores cuantitativos para las 72 introducciones de Aloe.

Variable	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente variación
Altura de la planta (cm)	29.44	16.67	4.43	71.00	56.60
Cobertura ecuatorial (cm)	22.97	14.82	4.00	60.00	64.53
Cobertura Meridional (cm)	16.25	14.61	1.00	56.66	89.88
Longitud del tallo (cm)	5.26	3.24	0.50	17.00	61.56
Diámetro del tallo (cm)	2.22	1.30	0.30	6.30	58.53
Largo del rizoma (cm)	3.12	1.93	0.50	10.00	61.87
Diámetro del rizoma (cm)	1.77	1.06	0.30	5.40	60.29
No de entrenudos	5.20	2.03	1.00	13.00	39.19
Ancho del entrenudo (cm)	0.86	0.46	0.50	2.60	53.77
Largo de la vaina (cm)	21.20	15.33	0.30	63.33	72.32
Ancho de la vaina (cm)	2.19	1.28	0.40	6.50	58.34
No de hojas	9.20	4.62	2.00	27.00	50.30
Longitud de la hoja (cm)	27.19	14.81	4.70	63.33	54.47
Ancho de la hoja (cm)	2.31	1.33	0.60	6.85	57.46
Grosor de la penca (cm)	1.03	0.50	0.30	3.00	48.42
No de espinas margen derecha de la hoja	17.29	7.81	0	33.50	45.18
No de espinas margen izquierda de la hoja	16.65	7.70	0	32.75	46.28
Longitud de la espina (mm)	2.28	1.07	0	5.00	46.90
Ancho de la espina (mm)	2.23	1.08	0	5.00	48.74
Distancia entre espina (mm)	9.67	5.09	0	23.50	52.70

Los descriptores que presentaron alta variabilidad según los coeficientes de variación fueron cobertura meridional y largo de la vaina. El descriptor más homogéneo fue número de entrenudos. Los coeficientes de variación permiten

hacer discriminación entre las accesiones.

El análisis de componentes principales agrupó la variabilidad observada en cuatro variables sintéticas: Hoja, arquitectura de la planta, espinas y rizomas entrenudos (Cuadro 10). La variable **hoja** está representada por los descriptores largo y ancho de la vaina, así como largo, ancho y grosor de la hoja.

Cuadro 10 Variabilidad de las principales variables sintéticas en 72 introducciones de *Aloe*.

Componente	Variable sintética	Valores propios	Varianza absoluta	Varianza acumulada
1	Hoja	10.85	0.54	0.54
2	Arquitectura de la planta	2.28	0.11	0.65
3	Espinas	1.60	0.08	0.73
4	Rizomas	1.11	0.05	0.79

Arquitectura de la planta, está asociada a altura de la planta, cobertura ecuatorial, cobertura meridional, longitud del tallo, diámetro del tallo y número de hojas. Las variables asociadas a las **espinas** son número de espinas en el margen izquierdo/derecho de la hoja, largo, ancho, y distancia entre las espinas. La variable **rizomas** está conformado por los descriptores: diámetro y largo del rizoma, número de entrenudos y ancho del entrenudo (Cuadro 11).

Cuadro 11 Análisis de los componentes principales de 72 introducciones colombianas de Aloe.

Característica	Componentes principales			
	1	2	3	4
Altura de la planta		0.112		
Cobertura ecuatorial		0.100		
Cobertura Meridional		0.156		
Longitud del tallo		0.31		
Diámetro del tallo		-0.083		
Largo del rizoma				0.091
Diámetro del rizoma				-0.423
No de entrenudos				0-345
Ancho del entrenudo				0.202
Largo de la vaina	0.247			
Ancho de la vaina	0.273			
No de hojas		0.377		
Longitud de la hoja	0.267			
Ancho de la hoja	0.281			
Grosor de la penca	0.267			
No de espinas margen derecha de la hoja			-0.027	
No de espinas margen izquierda de la hoja			-0.020	
Longitud de la espina			0.3148	
Ancho de la espina			0.266	
Distancia en milímetros entre espina			0.027	

La variabilidad en la hoja explica en un 54% las diferencias entre las introducciones, la arquitectura de la planta, las espinas y los rizomas aportan un 24% más para explicar las diferencias entre las accesiones. Estos cuatro componentes explican el 79% de la variabilidad observada.

Los datos encontrados en este trabajo coinciden con los reportados por Gómez *et al.*, (1999), quienes consideran que la producción, tiene que ver con el crecimiento como un aumento irreversible de tamaño, acompañado de un incremento en peso seco y en cantidad de protoplasma. Es un proceso complejo, incluye muchos procesos diferentes tales como división celular, elongación, diferenciación,

fotosíntesis, síntesis de otros compuestos, respiración, translocación, absorción y transpiración.

El segundo componente está conformado por las variables asociadas con arquitectura de la planta, este componente contribuye al desarrollo de la hoja, si se tiene en cuenta que la disposición filotaxica de la planta, su capacidad y posición apropiada al realizar la fotosíntesis, permitirán un mayor crecimiento y disposición de las hojas.

Salisbury y Ross, (1992) consideran a la luminosidad, un factor que afecta la apertura estomática, la asimilación de CO₂ y la acumulación de la materia seca por lo tanto influye sobre el crecimiento de la planta.

El tercer componente está conformado por las variables asociadas a las espinas, Hernández *et.al.* (1998), considera que el tipo de espina, su tamaño y la distancia entre las mismas, son rasgos altamente polimorfos.

El cuarto componente está conformado por las variables asociadas a entrenudos y rizomas. Los rizomas están asociados con la capacidad de tomar el alimento y el agua del suelo.

5.2.4 Análisis de correlación

El análisis de correlación se realizo entre veinte características cuantitativas para conocer el grado de asociación entre estas. Se distinguen asociaciones de interés agrícola (Cuadro 12). Se encontró correlación entre longitud de la hoja con altura de planta, longitud se asoció fuertemente con ancho de la vaina. Las plantas altas

tienen hojas largas, y suculentas. Así mismo están correlacionadas Ancho de la vaina con rizoma y diámetro de rizoma. Grosor de penca y diámetro de tallo y longitud de hoja.

Siete pares de características cuantitativas presentaron una correlación significativa, la correlación más alta se presentó para el descriptor diámetro del tallo con diámetro del rizoma. Lo anterior coincide con lo reportado por Crea (2003) quien considera para el género *Aloe*, la similitud puede deberse a que el rizoma es un tallo subterráneo que ha tenido unas modificaciones funcionales, para actuar como un reservorio de energía útil para la planta en momentos de escasez, presentándose en la planta como un órgano continuo al tallo con disposición horizontal.

Longitud de las espinas se asoció con distancia entre espinas. Número de espinas en la margen derecha de la hoja, se asoció con espinas en la margen izquierda. Datos semejantes se reportaron por Hernández *et al* (1998), quien encontró que para piña estos descriptores se encuentran altamente correlacionados ($r=0.81$).

Cuadro 12 Correlación entre 20 descriptores del género Aloe

	Altura	CEcut	C. Merid	L.t all o	Dit all o	Lri zo ma	Dri zo ma	Ne ntr en	A.e ntr e	Lar vai	Av ain	No. hoj a	Lo ng hoj	Ah oja	Gr os pe n	Ho es pD	No es piz q	Lo ne sp	An ces p	Dis esp
Altura	1	0.60	0.51	0.64	0.66	0.71	0.65	0.25	0.60	0.73	0.68	0.31	0.92	0.74	0.76	0.57	0.60	0.34	0.29	0.48
CEcut		1	0.69	0.42	0.51	0.47	0.54	0.16	0.44	0.63	0.59	0.30	0.65	0.60	0.68	0.56	0.59	0.21	0.31	0.27
C. Merid			1	0.44	0.38	0.50	0.45	0.25	0.33	0.58	0.58	0.36	0.51	0.56	0.54	0.54	0.55	0.23	0.21	0.20
L.t all o				1	0.50	0.56	0.50	0.67	0.43	0.42	0.56	0.64	0.59	0.64	0.49	0.41	0.42	0.28	0.21	0.31
Dit all o					1	0.55	0.94	0.12	0.24	0.58	0.83	0.38	0.69	0.79	0.72	0.53	0.56	0.49	0.48	0.52
Lri zo ma						1	0.51	0.23	0.56	0.62	0.90	0.23	0.69	0.72	0.57	0.58	0.58	0.29	0.29	0.50
Dri zo ma							1	0.14	0.23	0.57	0.80	0.40	0.68	0.77	0.74	0.52	0.57	0.45	0.47	0.45
Ne ntr en								1	0.26	0.13	0.21	0.76	0.20	0.23	0.12	0.26	0.25	0.073	0.035	0.02
A.e ntr e									1	0.49	0.37	0.09	0.64	0.44	0.40	0.38	0.36	-0.04	-0.04	0.21
Lar vai										1	0.7	0.27	0.76	0.76	0.71	0.62	0.63	0.38	0.34	0.53
Av ain											1	0.42	0.70	0.94	0.78	0.63	0.65	0.51	0.48	0.57
No. hoj a												1	0.26	0.39	0.34	0.18	0.20	0.12	0.06	0.009
Lo ng hoj													1	0.78	0.81	0.64	0.66	0.33	0.38	0.56
Ah oja														1	0.83	0.68	0.69	0.45	0.49	0.62
Gr os pe n															1	0.66	0.67	0.47	0.53	0.59
Ho es pD																1	0.97	0.53	0.51	0.59
No es piz q																	1	0.55	0.52	0.58
Lo ne sp																		1	0.79	0.65
An ces p																			1	0.70
Dis esp																				1

Conocer la asociación entre características es útil en los programas de mejoramiento para hacer selección indirecta. Se recomienda hacer descriptores asociados a la pulpa de la hoja para hacer selección por cantidad y calidad de pulpa.

En el género Aloe, aunque las hojas permiten observar caracteres discriminantes, no existe una parte de la planta exclusiva para diferenciar grupos, aportando para este fin caracteres de todas las partes. Además, este tipo de caracteres son muy influenciados por el medio ambiente. A medida que se involucren en estos trabajos mayor variabilidad en los materiales evaluados es posible que otros caracteres cobren mayor importancia.

5.2.5 Relaciones genéticas

Los bajos valores obtenidos en el análisis discriminante con 34 características estudiadas tanto cualitativas como cuantitativas (Cuadro 12) demostraron que morfológicamente, existe poca variabilidad genética entre las especies encontradas. Se destacan las especies *A. arborescens*,. y *A. saponaria* las cuales se diferencian entre ellas por la forma, textura y disposición de las hojas así como por la longitud del tallo. Las especies *A. barbarentis Miller* y *A. saponaria* son muy parecidas en su fenotipo, siendo el tamaño de la hoja y la presencia de manchas el carácter que logra discriminar. Las plantas que no han sido clasificadas llamadas *A. sp.* están muy cerca de la especie *A. barbarentis Miller*, se puede afirmar que son la misma.

Sobresale la especie *A. Aristata* quien se separa de las especies mencionadas anteriormente, la diferencia que esta especie mantiene con las demás, es el

tamaño de las hojas, la presencia de manchas, la presencia de tallo. Estos estudios deben ser complementados con el estado reproductivo, es decir la aparición de la floración, lo cual precisará la diferencia entre las especies.

Las especies *Sanceviera cilíndrica* de la familia *Dracaceae*, *Kalanchoe sp* y *Haworthia*, no son del género *Aloe*, razón por la cual están ubicadas distantes de las anteriores y presentan coloraciones diferentes, forma y tamaño, característicos de las plantas ornamentales.

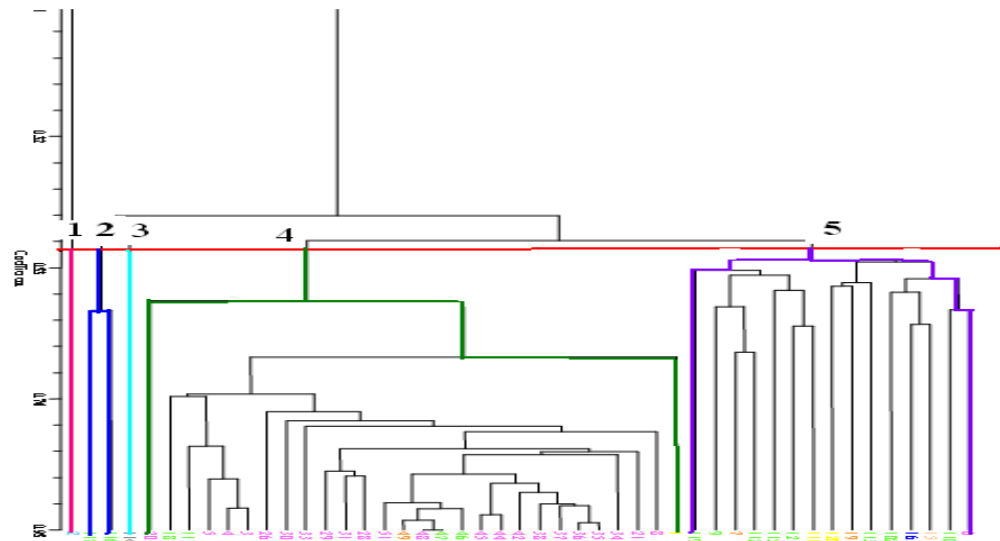
Cuadro 13 Distancia genética cuadrada entre especies del género *Aloe*.

Especie	<i>A. arborescens</i>	<i>Dracaceae</i>	<i>Kalanchoe</i>	<i>A. Aristata</i>	<i>A. saponaria</i>	<i>Haworthia</i>	<i>A. barbarentis</i>	<i>A. sp.</i>
<i>A. arborescens</i>	6.32	381.24	266.7	55.23	12.64	113.52	15.39	15.17
<i>Dracaceae</i>		8.52	298.3	436.57	396.95	403.16	306.56	354.15
<i>Kalanchoe</i>			42.34	398.9	320.2	324.9	298.9	398.8
<i>A. Aristata</i>				8.52	59.92	84.28	55.33	49.45
<i>A. saponaria</i>					5.75	136.95	19.47	16.46
<i>Haworthia</i>						8.52	91.054	104.61
<i>A. Barbarentis</i>							0.58	13.36
<i>A. sp</i>								4.36

5.3 Caracterización molecular de cultivares del género *aloe*

Para la evaluación de la diversidad genética del género *Aloe* se seleccionaron seis cebadores. El análisis mediante el coeficiente de Nei-Li, a un nivel de Similaridad de 0.48, diferenció la población en 5 grupos (Grafico 5).

Figura 24 Dendrograma de la estructura genética de las accesiones de Aloe vera, basado en el coeficiente de similitud Nei-Li.



Estos resultados mantienen puntos de coincidencia con el dendrograma generado en el análisis morfológico, el **grupo 1**, del dendrograma, se conformó por la especie *Sansevieria cilíndrica* de la familia *Dracaceae* (Accesión 2) que no es Aloe, el trabajo introdujo esta accesión como un control. Este grupo coincidió con el **grupo 4** en el morfológico.

El **grupo 2**, son individuos idénticos conformados por las accesiones A117 y A116, pertenecientes al género *Hawortia sp* (Figuras 25 y 26), estas accesiones se diferenciaron entre ellas por el color de la antocianina y coincidió con el análisis morfológico porque la agrupó en el grupo 3, donde están las especies que no son aloe. La especie *A. aristata* se encuentra separada de las especies del género *Aloe*, confirmando así el resultado del análisis morfológico.

Figura 25 *Hawartia* sp *Accesión 116*



Figura 26 *Hawartia* sp *Accesión 117*



El **grupo 3**, conformado *Kalanchoe* sp, coincidió, con el mismo **grupo 3**, del análisis morfológico, este material no pertenece al género *Aloe*, y al igual que la accesión 2, es discriminado por ambos análisis.

El **grupo 4**, está conformado por las especies, *Aloe barbadensis* Miller, en dos grupos teniendo en cuenta características morfológicas diferentes afectadas por la edad de la planta, el análisis molecular las agrupa en un mismo cluster y permite determinar que no existen diferencias a nivel de ADN entre individuos de este género, sin importar la región de procedencia.

Existen casos muy puntuales, las accesiones A45, A46 y A47 (Figura 27) fueron colectadas en un sitio identificado como el morro localizada enfrente de la ciudad de Santa Marta (Fotografía 24) en las coordenadas 11°12'88" y 74°30'88", en ese sitio, se obtuvieron 3 materiales con características semejantes a *Aloe barbadensis* Miller. El análisis molecular las ubicó como en el **grupo 4**, lo cual permite concluir que estas 3 accesiones son *Aloe barbadensis* Miller.

Figura 27 *Aloe barbadensis* Miller Accesoión 47



Otro caso que debe tenerse en cuenta es el reportado en el mismo grupo 4 con las accesiones 1 (*A. arborescente*) y 49 (*A. saponaria*), que son diferentes en la morfología, y similares genéticamente a *A. barbadensis*. Se concluyó que la accesión 49 es un híbrido cuyo progenitor es *Aloe saponaria* (Figura 28) y filogenéticamente son especies muy cercanas a *A. barbadensis*. Se sugiere realizar estudios de cruzabilidad.

Figura 28 Híbrido con progenitor *Aloe saponaria* Accesoión 7



En el **grupo 5**, se encuentran 16 especies similares a sábila, es necesario realizar más estudios taxonómicos que permitan determinar si hacen parte de la familia *Asphodelaceae* o si por el contrario son del genero *Liliacea*.

El distanciamiento genético entre las 8 especies (Cuadro 14), quedo conformado por las accesiones así: grupo 1 (*Aloe barbadensis Miller*), grupo 2 (*A. sp.*), grupo 3 (*A. arborescente*), grupo 4 (*A. saponaria*), grupo 5 (*A. aristata*), grupo 6 (*haworthia*), grupo 7(*Sansevieria cilíndrica*) y grupo 8 (*Kalanchoe sp*), lo cual confirma el resultado obtenido en análisis cualitativo y cuantitativo.

Cuadro 14 Medidas Imparciales de Identidad Genética y distancia Genética entre 8 grupos de especies del genero Aloe a través de marcadores tipo Ram` s.

Población	A. <i>Barbarensis</i> 1	A. sp 2	A. <i>Arborescens</i> 3	A. <i>Saponaria</i> 4	A. <i>Aristata</i> 5	<i>Haworthia</i> 6	<i>Draconaceae</i> 7	<i>Kalanchoe</i> 8
A. <i>barbarensis</i> 1	***							
A. sp 2	0,9638	***						
A. <i>arborescens</i> 3	0,9638	0,9764	****					
A. <i>saponaria</i> 4	0,9603	0,9879	0,9753	****				
A. <i>Aristata</i> 5	0,7181	0,7734	0,7699	0,7736	****			
<i>Haworthia</i> 6	0,8095	0,8509	0,8356	0,8643	0,6881	***		
<i>Draconaceae</i> 7	0,6356	0,8425	0,8253	0,8457	0,6847	0,7932	***	
<i>Kalanchoe</i> 8	0,6356	0,6973	0,6386	0,6568	0,5288	0,5763	0,5525	***

Genéticamente los grupos 1, 2, 3 y 4 son Aloe, en el caso de las accesiones del grupo 1 con el grupo 2, guardan una similaridad del 96%, entre el 1 y el 3 es del 94%, y entre el 1 y el 4 el 96%. Los grupos 6, 7 y 8 se encuentran más alejados genéticamente, lo que los hace diferentes.

Imery y Caldera (2002), explican que taxonómicamente, el aloe sufre cambios, debido al ciclo de vida se presentan diferencias foliares marcadas entre el estado juvenil y el adulto. Por otra parte, factores ambientales como luz, temperatura, humedad y fertilidad del suelo tienen efectos directos sobre la fase vegetativa, haciendo que ejemplares de una misma especie que se encuentren en áreas geográficamente diferentes muestren gran variación morfológica. Esta situación ha llevado a problemas de identificación y a la existencia de numerosas sinonimias, como los casos de *A. vera* igual a *A. barbadensis*, *A. saponaria* igual a *A. maculata*, *A. succotrina* igual a *A. perryi*, *A. zebrina* igual a *A. ammophila*; *A. spectabilis* igual a *A. marlothii*, etc.

Sanabria *et al* (2006), considera que la variabilidad genética de las especies se presenta como respuesta evolutiva al interaccionar con diferentes ambientes afecta la variación de nucleótidos dentro del genoma, provocando cambios en las proteínas.

Franco e Hidalgo, (2003) al caracterizar una especie se está estimando la variabilidad existente en el genoma vegetal de la población de individuos que la conforman, así toda la información codificada en los genes establece identidad morfológica.

Los resultados hasta este momento descritos, coinciden con los reportados en el Cuadro 14, en donde se muestran las distancias genéticas, que a nivel molecular, se encontraron.

El análisis de los datos morfológicos y moleculares permitió una clasificación de las accesiones con una precisión casi del 100% en el cual se formaron 5 grupos

Sanabria (2006), en guayaba consideró posible la clasificación a partir de las distancias genéticas Nei-li, teniendo en cuenta que algunas accesiones no se agrupan de acuerdo al origen. En aloe cabe esta posibilidad, sin embargo, no existe, suficiente información histórica en Colombia reportada en la literatura que permita comprobarlo.

6. CONCLUSIONES

1. Para realizar estudios de diversidad genética para el género *Aloe* se proponen 34 descriptores, los cuales permiten discriminar las especies del género y resultan apropiados para la caracterización de este cultivo. Los descriptores cuantitativos pudieron resumirse en cuatro componentes principales, bien definidos, relacionadas con arquitectura de la planta, tallo y rizoma, descriptores para hoja y para espina. Las variables asociadas al componente hoja que hacen relación al largo, ancho y grosor contribuyen con el 54% de la varianza acumulada.
2. La caracterización morfológica permitió encontrar variabilidad fenotípica, sin lograr discriminar claramente entre especies.
3. No se encontró variabilidad genética entre las especies del género *Aloe* en análisis molecular. Este análisis confirma que Las especies *Kalanchoe sp.*, *Sanceviera cilíndrica*, y *Haworthia* no pertenecen al género *Aloe*.

7. RECOMENDACIONES

Se sugiere se realicen estudios de recombinación que permitan determinar discriminar las especies, o si el género ha sufrido cambios debido a mutaciones espontáneas o a hibridaciones intra e inter específicas.

8. BIBLIOGRAFÍA

BONILLA, M.; ESPINOSA, K.; POSSO A., VÁSQUEZ, H., MUÑOZ J (2008) Caracterización morfológica de 24 accesiones de uchuva del banco de germoplasma de la Universidad Nacional sede Palmira. Acta Agronómica (Palmira) 57 (2)n2008 p 101-108.

CADENA NACIONAL PRODUCTIVA GREMIO SÁBILERO (2007) Caracterización de la Penca de sábila en Colombia Cadena Productiva de la sábila y Ministerio de Agricultura y desarrollo social. Tomado de www.colombiaaloe.org enero 25 de 2008.

CREA P. (2003) Edición cuarta Aloe sábila manual práctico y clínico ediciones continente Argentina.

CONTRERAS, S., J. (1990). El cultivo de la sábila en Venezuela. Aspectos agroeconómicos-terapéuticos. Acrive. Caracas, Venezuela, 45 p.

DELLAPORTA, S.; WOOD, J.; HICKS, J. (1983). A plant DNA minipreparation: version II. Plant Molecular Biology Reporter 1 (14):19-21.

DE VICENTE M. Y LOPEZ C. (2004) Análisis de la Diversidad genética utilizando datos de Marcadores moleculares. IPGRI y Universidad de Cornell ISBN

FAO (1996). Informe de los recursos fitogenéticos en el mundo. Preparado por la Conferencia Técnica Internacional sobre los recursos Fitogenéticos, Leipzig, Alemania 17 - 23 junio.

FRANCO, T., HIDALGO, R. (2003) Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia, 89 p.

FISHER, G., FLOREZ, R.; ÁNGEL, D.; SORA, R. (2000) Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L Universidad Nacional de Colombia sede Santafé de Bogotá 175p.

GENET, W. B. M. (1992). Water requirement of Aloe vera in a dry Caribbean climate. *Irrigation Science*, 13: 81-85.

GÓMEZ, C., BUITRAGO, C., CANTE M. Y HUERTAS B. 1999. Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para consumo fresco y para la industria. *Revista Comalfi* 26 (1-3): 42-55.

GRANADOS D Y A CASTAÑEDA. (2000) Sábila *Aloe barbarensis* Mill. Planta agroindustrial (medicinal) del desierto Universidad Autónoma de Chapingo. México
HANTULA, J, DESABENYAGASANI, M; HAMELIN, R.C. (1997) Random Amplified Microsatellites (RAMS) a novel method for Characterizing genetic variation within fungi. *Eur J. For: Phat* 26:159-166.

HENRIQUEZ N.M. (2000) Diversidad genética de *Phaeoisariopsis griseol* (sacc) *ferraris*, utilizando marcadores moleculares. Tesis de grado Universidad Nacional de Colombia Palmira

HERNÁNDEZ M. MONTOYA D. BAENA D. Y A. PINON (1998) Caracterización de 37 accesiones de Ananas, colectadas en Colombia. Revista Acta Agronómica Vol. 48 No. 3 julio – diciembre. 19-23 p

IDEAN (2001) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM Boletín de datos meteorológicos del Sistema de información ambiental. www.ideam.gov.co

IMERY J. Y CALDERA T. 2002 Estudio cromosómico comparativo de cinco especies de aloe (aloaceae) Acta Bot. Venezuela. v.25 n.1 Caracas.

INTERNACIONAL ALOE SCIENCE COUNCIL 2008 Tomado en www.iasc.org

LEFEBVRE, V. ; PALLOIX, A. ; RIVES, M. 1993. Nuclear RFLP between pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). *Euphytica* 18: 189 - 199

MANNA, S.Y ANALLEY, B. (1993).Determination of the position of the o-acetyl group in a beta- (1-4)- mannan (acemannan) from Aloe *Barbadensis* Miller *Carbohydrates*, p:317-319

INTERNACIONAL ALOE SCIENCE COUNCIL (2004) en www.iasc.org

MORILLO, A.; MORILLO, Y; VASQUEZ H.; MUÑOZ, J. (2005) Caracterización molecular con microsatélites aleatorios RAM de la colección de mora *Rubus spp*, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. *Acta agronómica (Palmira)* 54 (2):15-24

MUÑOZ, J.E.; MORILLO, A Y MORILLO, Y (2007) Uso de la técnica de microsatélites amplificadas al azar (RAM) para estudios de diversidad genética en vegetales. *Acta agronómica Palmira*

NAKOS, G. Y JOYNER, D. 1999. Eigenvalores y eigenvectores. En: *Álgebra lineal con aplicaciones*. Editorial Internacional Thomson editores p.666

NIA, Y, D. TURNER, K. YATESA, I. TIZARD Isolation and characterization of structural components of aloe vera l. leaf pulp international. *Immunopharmacology* 4 (2004) 1745–1755

PEREZ L., (2008) *Kalanchoe* tomado de <http://www.ciencia.net/VerArticulo/Kalanchoe/Articulo> el 30 de marzo de 2009.

RODRÍGUEZ. N. (1999). La sábila, sus usos, cultivo, procesamiento y comercialización. *Agroconocimientos* 3 (31):9-13.

RODRIGUEZ, F.; TOQUICA, S.; RODRIGUEZ M. D.; CARDONA, G.; DUQUE, M.; MILES, J.; GARCIA, M.; TOHME, J. (1999) Morphological, biochemical and molecular characterization of promising Amazon species of the genus capsicum for their conservation and use in: Annual Report 1999 assessing and utilizing agro biodiversity through biotechnology. CIAT p 23 - 26

SANABRIA H., GARCÍA M., MUÑOZ J Y H DÍAZ (2006) Caracterización molecular con marcadores RAM de árboles nativos de *Psidium guajava* (guayaba) en el Valle del Cauca. Acta agronómica Colombia Vol 55 (1) 23-30p.

SANWEN, H.; BAOXI, Z.; MILBOURNE, D.; CARDLE, L.; GUIMEI, Y.; JIAZHEN, G. 2000. Development of pepper SSR markers from sequence data bases. Euphytica. 117: 163-167p

SALISBURY, I. AND C. ROSS. (1992). Plant physiology. Wadsworth Publishing, California. USA. 682 p.

STUART P. ADAMS, ILIA J. LEITCH, MICHAEL D. BENNETT, MARK W. CHASE, ANDREW R. LEITCH (2000) Ribosomal DNA Evolution and Phylogeny in Aloe (Asphodelaceae) American Journal of Botany, Vol. 87, No. 11 (Nov), pp. 1578-1583 Published by: Botanical Society of America

TALMADGE J, J. CHAVEZ, L. JACOBS, C. MUNGER, T. CHINNAH, J. CHOW, D.

WILLIAMSON Y K. YATES (2004) Fractionation of Aloe vera L. inner gel, purification and molecular profiling of activity International Immunopharmacology 1757–1773

THONGTHIRAJ (2008) University of Nebraska Medical Center, USA Tomado de et Inspired with Sansevierias: The Perfect Solution for Your Home Garden www.cactuscenter.com/sansevieriacylindrica.htm

9. ANEXOS

Anexo 1 Ficha de pasaporte de Aloe

Datos de Pasaporte
Ficha de recolección del Aloe

DATOS DE PASAPORTE

Número accesión: _____
Genero: _____
Especie: _____
Instituto Colector _____
Fecha de Colecta _____

SITIO DE COLECTA

País _____
Departamento _____
Municipio _____
Vereda _____
Finca _____
Propietario _____
Distancia Km. _____
Latitud _____
Longitud _____
Altitud msnm _____

FUENTE DE COLECCIÓN

1. Hábitat silvestre 2. Campo cultivado
3. Mercado o tienda 4. Huerto o jardín
5. Instituto investigación 6. Invernadero
7. Cultivo de tejidos 8. Otro

TIPO DE GERMOPLASMA

1. Silvestre 2. Maleza
3. Material de mejoramiento 4. Cultivar nativo
5. Cultivar mejorado 6. Material de agricultor
7. Otro

FRECUENCIA DEL ALOE EN LA ZONA MUESTREADA

1. Rara 2. Ocasional
3. Frecuente 4. Muy frecuente

DATOS ETNOBOTÁNICOS

NOMBRE LOCAL _____
GRUPO ÉTNICO _____
SIGNIFICADO DEL NOMBRE LOCAL _____
HISTORIA DEL USO DE LA PLANTA O VARIEDAD PARTICULAR _____

DENSIDAD DE POBLACIÓN _____
HISTORIA DEL USO DE LA PLANTA O VARIEDAD

1. Particular Ancestral (asociado siempre con el lugar y la comunidad) 2. Introducida (en un tiempo pasado desconocido) 3. Introducido (tiempo e introducción conocidos o recientes)

PARTES DE LA PLANTA UTILIZADAS

1. Raíz 2. Tallo 3. Hojas 4. Flores

USO DE LA PLANTA

1. Alimento 2. Medicina 3. Ornamental 5. Rituales exotéricos 6. Cosmético 8. Industrial 9. Otro

Frecuencia del uso de la planta

1. Diaria 2. Semanal 3. Ocasional 4. Otro

Épocas de cultivo

Fecha de siembra/plantación _____
Fecha de la primera cosecha _____
Fecha de la primera floración _____

Sistema de cultivo

1. Monocultivo 2. Intercalado 3. En jardines 4. En recipientes

Flora asociada

1. Aromáticas 2. Frutales 3. Hortalizas 4. Arreglos agroforestales 5. Vegetación espontánea

Duración de la planta

1. Perenne 2. Semiperenne 3. Otro

Disponibilidad para cosecha

1. Disponible en periodos especiales 2. Disponible todo el año

Condiciones críticas dominantes en la zona

1. Sequía 2. Helada 3. Lluvias 4. Plagas 5. Enfermedades 6. Encharcamiento 7. Bajas temperaturas 8. Otro

FOTOGRAFÍA

SI NO

EJEMPLAR DE HERBARIO

SI NO

DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE LA COLECTA

TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

1. Plano 2. Casi plano
3. Poco ondulado 4. Ondulado
5. Quebrado 6. Colinado
7. Fuertemente socavado 8. Montañoso

FORMA DEL TERRENO MAYOR

1. Planicie 2. Cuenca
3. Valle 4. Meseta
5. Cumbre 6. Colina
7. Montaña

DRENAJE DEL SUELO

3. Escasamente drenado
5. Moderadamente drenado

Anexo 2. Accesiones, especies, uso, fuente y localización de las introducciones de aloe en Colombia

Accesión	Especie	Fuente	Localización	Genotipo	Especie	Fuente	Localización
A1	Arborescent	Jardín	Palmira	A37	Barbarensis	Cultivada	Tolima
A2	Desconocida	Silvestre	Palmira	A38	Barbarensis	Cultivada	Tolima
A3	Barbarensis	Silvestre	Difícil	A39	Barbarensis	Cultivada	Tolima
A4	Barbarensis	Cultivada	Santa Marta	A40	Barbarensis	Cultivada	Santa Marta
A5	Barbarensis	Invernadero	Palmira	A41	Barbarensis	Jardín	Villavicencio
A6	Barbarensis	Cultivada	Santa Marta	A42	Barbarensis	Jardín	Villavicencio
A7	A. saponaria	Jardín	Santa Marta	A43	Barbarensis	Cultivada	Atlántico
A8	Barbarensis	Cultivada	Atlántico	A44	Barbarensis	Cultivada	Atlántico
A9	Sp	Jardín	Atlántico	A45	Barbarensis	Silvestre	(Sta Mta)
A10	Arborescente	Jardín	Santa Marta	A46	Sp	Silvestre	(Sta Mta)
A11	Sp	Jardín	Venezuela	A47	Sp	Silvestre	(Sta Mta)
A12	Sp	Jardín	Cundinamarca	A48	Barbarensis	Silvestre	(Sta Mta)
A13	Arborescent	Jardín	Santa Marta	A49	A. saponaria	Jardín	Santa Marta
A14	Sp	Jardín	Santa Marta	A50	Barbarensis	Cultivada	Tolima
A15	A. Aristata	Vivero	Bogotá	A51	Barbarensis	Silvestre	Manauare
A16	A. haworthia	Vivero	Bogotá	A52	Barbarensis	Jardín	Cesar
A17	Sp	Jardín	Atlántico	A53	Barbarensis	Jardín	Caldas
A18	Sp	Jardín	Venezuela	A54	Barbarensis	Jardín	Antioquia
A19	A. saponaria	Jardín	Santander	A55	Barbarensis	Jardín	Antioquia
A20	Barbarensis	Cultivada	Pacho	A56	Barbarensis	Jardín	Caldas
A21	Barbarensis	Cultivada	Atlántico	A57	Sp	Jardín	Santa Marta
A22	Barbarensis	Cultivada	Boyacá	A58	Sp	Jardín	Santa Marta
A23	Barbarensis	Cultivada	Boyacá	A59	Sp	Jardín	Santa Marta
A24	A. saponaria	Jardín	Santa Marta	A60	Barbarensis	Jardín	Caldas
A25	Barbarensis	Jardín	Santa Marta	A61	Barbarensis	Cultivada	Tolima
A26	Barbarensis	Jardín	Santa Marta	A62	Barbarensis	Cultivada	Cesar
A27	Barbarensis	Jardín	Santa Marta	A64	Barbarensis	Silvestre	Perra
A28	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A65	Barbarensis	Silvestre	Piluaca
A29	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A66	Barbarensis	Silvestre	Urikata
A30	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A67	Barbarensis	Silvestre	Guayakaesta
A31	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A68	Barbarensis	Silvestre	Ishipa
A32	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A69	Barbarensis	Silvestre	Cojore
A33	Barbarensis	Cultivada	Cundinamarca	A70	Barbarensis	Silvestre	Distracción
A34	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A71	Barbarensis	Silvestre	Sitionuevo
A35	Barbarensis	Cultivada	Tolima	A72	Barbarensis	Silvestre	Mayabanglo
A36	Barbarensis	Jardín	Córdoba	A71	Barbarensis	Silvestre	Sitionuevo
				A72	Barbarensis	Silvestre	Mayabanglo

Anexo 3 Protocolo para la microextracción de ADN de Aloe Modificado de Dellaporta

PASOS

- 1 Preparar un baño a 65°C y colocar el Buffer de Extracción
 - 2 Marcar los tubos de 1.5 ml (2 juegos)
 - 3 Macerar de 20 a 30 mg de tejido foliar joven pero maduro en NL
 - 4 Transferir a un tubo de 1.5 ml el tejido usando una espátula
 - 5 Adicionar 800 µl de Buffer de Extracción y 55 µl de SDS al 20%
 - 6 Mezclar bien el tejido con el Buffer usando vortex o una punta
 - 7 Incubar a 65°C por 20 minutos, invirtiendo periódicamente
 - 8 Adicionar 250 µl de Acetato de Potasio 5 M frío y mezclar
 - 9 Incubar en hielo 20 minutos en agitación
 - 10 Centrifugar a 1200 rpm por 10 minutos
 - 11 Transferir 800 µl de sobrenadante a un tubo nuevo
 - 12 Adicionar 640 µl de Isopropanol frío y mezclar de 8-10 veces
 - 13 Incubar a -20°C 2 horas
 - 14 Centrifugar a 1200 rpm por 10 minutos
 - 15 Remover el Isopropanol y secar las gotas con toalla
 - 16 Adicionar 500 µl de T₅₀ E₁ e incubar a 65 °C por 15 min. y mezclar
 - 17 Adicionar 400 µl de Isopropanol y mezclar de 8-10 veces
 - 18 Incubar a -20°C por 2 horas
 - 19 Centrifugar a 12.000 rpm por 10 minutos
 - 20 Remover el Isopropanol
 - 21 Dejar secar 1 hora sobre una toalla
 - 22 Resuspender en 80 µl de TE 10:1
 - 23 Adicionar 1 µl de RNAs, hacer un corto spin
 - 24 Guardar a 4°C
-