

BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
VOL. 46. NO. 1, ENERO-MARZO 2012, PP 1 - 94
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA

Bol. Centro Invest. Biol. 46(1) 1 - 17

CARACTERIZACIÓN CITOGENÉTICA DE PLANTACIONES DE ZÁBILA (*ALOE VERA* (L.) BURM. F.) EN EL ESTADO ZULIA, VENEZUELA

Tamara Molero Paredes, Edixon Viloría y Alejandro Terán

Laboratorio de Biología Celular y Genética, Departamento de Biología,
Facultad de Humanidades y Educación, Universidad del Zulia.
Maracaibo, Venezuela. Correo electrónico: tamimol@hotmail.com

Resumen. Dada la importancia alimentaria, medicinal, farmacéutica e industrial que ha adquirido la zábila (*Aloe vera* (L.) Burm. f.) a nivel mundial en la última década y debido a la escasa información sobre la diversidad genética de este cultivo distribuido en las zonas áridas de Venezuela, se realizó la presente investigación con el objeto caracterizar citogenéticamente las poblaciones de zábila en diferentes municipios del estado Zulia, Venezuela. El procesamiento del tejido radical se realizó mediante la técnica del aplastado tisular. El estudio cariológico demostró que todas las poblaciones poseen el mismo número de cromosomas ($2n=14$) y la fórmula cromosómica quedó constituida por 4 pares de cromosomas largos subtelocéntricos y 3 pares pequeños submetacéntricos. Las poblaciones de cada municipio presentaron variaciones en los valores de longitud total, longitud de brazo largo y brazo corto de los cromosomas, lo que permite diferenciar citogenéticamente cada una de ellas. *Recibido: 16 diciembre 2011 / Aceptado: 18 marzo 2012.*

Palabras clave: *Aloe vera*, cromosoma, estado Zulia.

CYTOGENETIC CHARACTERIZATION OF ALOE VERA (*ALOE VERA* (L.) BURM. F.) PLANTINGS IN THE STATE OF ZULIA, VENEZUELA

Abstract. Given the importance that aloe (*Aloe vera* (L.) Burm. f.) has acquired worldwide for food, medicinal, pharmaceutical and industrial uses during the last decade and due to limited information about the genetic diversity of this crop throughout arid zones in Venezuela, research was performed to characterize aloe populations cytogenetically in different municipalities of the State of Zulia. Radical tissue processing was performed using the crushed tissue technique. The

karyological study showed that all populations have the same number of chromosomes ($2n = 14$); the chromosome formula consists of 4 pairs of long subtelocentric and 3 pairs of small submetacentric chromosomes. Populations in each municipality showed variations in chromosomal values of total, long and short arm length, which made it possible to differentiate each population according to its cytogenetic features. *Received: 16 december 2011 / Accepted: 18 march 2012.*

Keywords: Aloe vera, chromosome, State of Zulia.

INTRODUCCIÓN

La zábila (*Aloe vera* (L.) Burm. f. = *Aloe barbadensis* Mill.) es una planta nativa de Arabia y noroeste de África, cuyos lazos con la humanidad datan de los tiempos bíblicos. Ha sido utilizada por los egipcios, romanos, griegos, árabes, indios y chinos para usos medicinales y cosméticos y actualmente se aprovechan sus cualidades emolientes, humectantes, hidratantes y desinfectantes, debido a su contenido de sapogeninas, glucósidos, polisacáridos, vitaminas, etc. ideales para la elaboración de cremas y desde el punto de vista medicinal para el tratamiento de muchas enfermedades (Schweizer, 1994).

En el Continente Americano, la introducción de la zábila fue realizada por Cristóbal Colón, quien la traía como parte de los “remedios” del botiquín de abordaje. En Venezuela, fueron los conquistadores españoles quienes trajeron la zábila directamente al estado Falcón, desde Curacao, a donde llegó desde Barbados, estableciéndola en algunas haciendas de este estado, donde se propagó, algunas veces inducida por el hombre para uso doméstico y otras orientadas al cultivo, que con el tiempo, llegó a naturalizarse en diferentes regiones del país, entre ellas el estado Zulia (Piña y Chirino, 2008). A los estados Sucre, Zulia y Anzoátegui se presume que también llegó vía marítima en función del intercambio comercial con las islas del Caribe (Instituto de Comercio Exterior, 1990).

En Venezuela, las especies de *Aloe* más conocidas e importantes comercialmente por su alto contenido de acíbar son *A. ferox* (Miller), *A. perryi* (Baker) y *A. vera* distribuidas en forma silvestre y cultivada en las regiones áridas de los estados Falcón, Lara, Anzoáte-

gui, Sucre y Zulia (Vega *et al.*, 2005). Sin embargo, la intensa actividad económica que ha generado el cultivo de *A. vera* en Venezuela durante los últimos diez años ha impulsado a desarrollar investigaciones en el campo del fitomejoramiento con la finalidad de obtener cultivares con mayor volúmenes de producción, resistentes a plagas y enfermedades y adaptadas a nuevas zonas de cultivo (Imery y Cequea, 2001; Ren *et al.*, 2007; Molero y Matos, 2008).

A. vera es una planta de hojas alargadas, carnosas y ricas en agua y alcanza una altura de 50 a 70 cm; las hojas están agrupadas hacia el extremo, con tallos de 30 a 40 cm de longitud, poseen el borde espinoso dentado; las flores son tubulares, colgantes y amarillas. Esta planta es xerófila, lo que le permite adaptarse en áreas de poca disponibilidad de agua (Vega *et al.*, 2005). Muchas propiedades nutritivas y usos han sido atribuidos a esta planta, como estimulante de crecimiento y regenerador celular, antioxidante, digestivo, desinfectante, laxante, antimicrobiano, antiinflamatorio, antitumoral, inmunostimuladora, antidiabético, entre otros (Hamman, 2008; Ramachandra y Srinivasa, 2008).

Para emprender proyectos que intenten aumentar su producción, propagación y mejoramiento, se hace necesario conocer su dotación cromosómica; a pesar de ello, lo que se conoce en cuanto a la diversidad genética de los zabilares silvestres o cultivados en Venezuela es poco. La mayoría de las especies de la familia Alolaceae presentan un cariotipo bimodal con $2n=14$ cromosomas. Los estudios citogenéticos realizados en zábila indican que el número básico de esta especie es de $x=7$ cromosomas, distribuido en cuatro cromosomas acrocéntricos grandes (L1-L4), de 12 a 18 μm , y tres cromosomas submetacéntricos pequeños (S1-S3), de 4 a 6,5 μm (Brandham, 1971; Ji *et al.*, 2002; Zheng *et al.*, 2005). Marshak (1934) y Ren *et al.* (2007) señalan que este grupo vegetal es un modelo de estabilidad cariológica, en función de la similitud en el número y la morfología de sus cromosomas mitóticos.

El primer estudio genético en esta planta fue realizado en la India por Sutaria (1932), quien identificó por primera vez el carioti-

po de *A. vera* formado por 14 cromosomas distribuidos en dos grupos claramente diferenciados por su tamaño y morfología. Marshak (1934), estudiando los cromosomas y la compatibilidad de la subtribu Aloinae determinó que *A. vera* presenta tres cromosomas largos, uno intermedio y tres cortos. Sapre (1978) realizó estudios cariomorfométricos en poblaciones de la misma región de la India, caracterizando a cada par de homólogos de acuerdo a la longitud de sus brazos y por la presencia y ubicación de constricciones secundarias y satélites.

En Venezuela se han realizado varios estudios citogenéticos en zábila. Matos y Molina (1997) indican el complemento somático de esta planta compuesto por 14 cromosomas (8L+6S), todos de tipo submetacéntrico, con longitudes que varían entre 5,55 y 17,76 μm . Albornoz e Imery (2003) observaron cariotipos bimodales con 8 cromosomas grandes y 6 pequeños ($2n=14= 8L+6S$), con diferencias significativas entre las poblaciones estudiadas en el estado Sucre al comparar la relación de longitud del brazo largo/brazo corto de cada uno de los cromosomas. La determinación del índice cromosómico permitió el reconocimiento de recursos fitogenéticos en plantas de zábila en el oriente de Venezuela.

En este trabajo de investigación se desea realizar un estudio citogenético de las poblaciones de zábila (*Aloe vera*) en diferentes municipios del estado Zulia, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DEL MATERIAL

Las plantas empleadas para realizar esta investigación fueron obtenidas de cultivos comerciales de los municipios Mara, Páez, Maracaibo y Miranda del estado Zulia (Venezuela). Estas zonas de vida están caracterizadas por ser un bosque muy seco tropical con una temperatura media anual promedio entre 23°C y 30°C, una humedad relativa del 79% y una precipitación media anual entre 500 y 1000 mm. Los suelos son considerados semiáridos y las lluvias se

presentan entre los meses de Julio hasta Noviembre (Ewel y Madrid, 1976).

ESTUDIO CITOGENÉTICO

Esta fase experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Celular y Genética de la Facultad de Humanidades y Educación de la Universidad del Zulia, estado Zulia, Venezuela.

Se seleccionaron 30 plantas al azar de cada plantación que presentaran una altura entre 15 a 20 cm. Para realizar este estudio, se limpió cuidadosamente el rizoma de las plantas con abundante agua y se indujo el crecimiento de las raíces de las plantas colectadas por inmersión del rizoma en agua destilada hasta que se observó la formación de nuevas raíces. El bulbo se mantuvo en agua hasta que las nuevas raíces alcanzaron una longitud de 2 a 3 cm aproximadamente.

El procesamiento del tejido radical se realizó según lo descrito por Molero y Matos (2008). Según esta técnica se corta el ápice de la raíz entre 7 y 8 de la mañana y se colocan en solución de colchicina al 0,5% por dos horas a temperatura de 20°C. Posteriormente, los ápices son transferidos a solución de NaCl al 0,3% por 20 minutos y se fijan en Carnoy (etanol-ácido acético glacial 3:1) mínimo por 24 horas. Luego se hidroliza la pared celular con HCl durante 15 minutos. Para la tinción del tejido se empleó orceína FLP al 2% p/v por cinco minutos. Se tomaron tres raíces/planta/municipio para un total de 90 raíces estudiadas por municipio. De cada raíz se analizó un promedio de 10 células metafásicas para un total de 900 células por municipio. La preparación de las láminas microscópicas se realizó con la técnica del aplastado tisular o “squash” del meristemo radical y fueron analizadas con un aumento de 400X y 1000X en un fotomicroscopio Marca Olympus CX31 con cámara digital Olympus DP12. Se determinó el número de cromosomas mediante el número modal y la morfología de los cromosomas según lo propuesto por Levan *et al.* (1964).

RESULTADOS

El complemento cromosómico de las plantas provenientes de los municipios Miranda, Mara, Maracaibo y Páez del estado Zulia quedó constituido por 7 pares de cromosomas ($2n=14$), y de ellos, cuatro pares fueron subtlococéntricos largos (L) y tres pares submetacéntricos pequeños (S), con longitudes variables que oscilaron entre $14,79 \mu\text{m}$ a $3,33 \mu\text{m}$. La fórmula cromosómica fue $8Lst+6Ssm$ (Figura 1). Se observaron constricciones secundarias en los cromosomas L1 y L4 en las poblaciones estudiadas (Figura 2).

El cariotipo de las células diploides de la población del municipio Mara mostró cromosomas con longitudes totales entre $11,38$ y $3,47 \mu\text{m}$, siendo los 8 primeros los más largos con $11,38$ a $9,44 \mu\text{m}$ y los más cortos con $4,16$ a $3,47 \mu\text{m}$ (Tabla 1) (Figura 3). Las longitudes de los brazos largos de los cromosomas oscilaron entre $8,74$ a $2,36 \mu\text{m}$ y en los brazos cortos se encontraron valores que variaron entre $2,63$ y $1,11 \mu\text{m}$. Estos valores permitieron calcular el índice "r" que clasificó a los cromosomas largos como subtlococéntricos o acrocéntricos y a los pequeños como submetacéntricos.

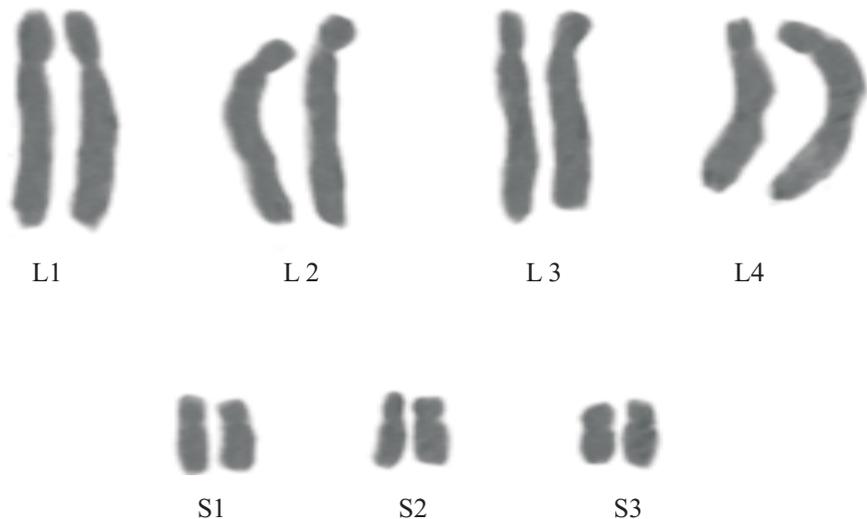


Figura 1. Cariograma de célula diploide en plantas de *Aloe vera*.

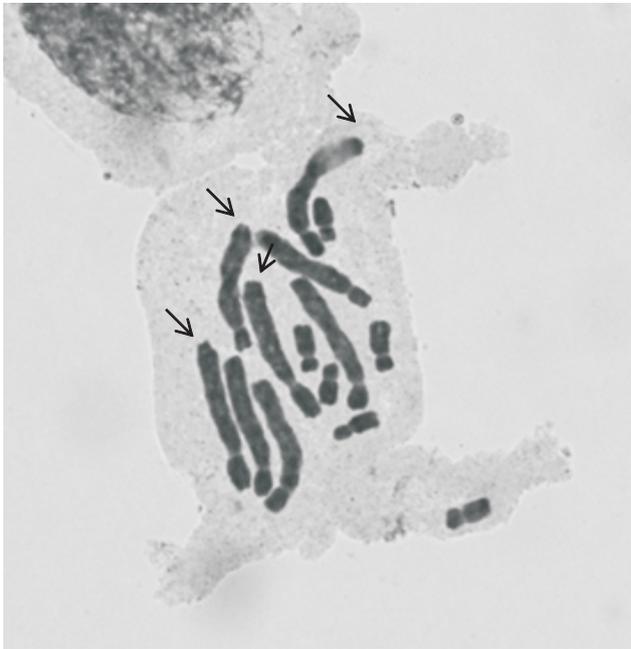


Figura 2. Microfotografía de los cromosomas de las plantas de *Aloe vera*, Municipio Páez del estado Zulia. Las flechas indican constricciones secundarias.

En el caso de los cromosomas de las plantas de *A. vera* del municipio Miranda, éstos se presentaron como cariotipos bimodales con cromosomas largos subtelocéntricos bien definidos con longitudes entre 14,79 y 11,45 μm y cromosomas pequeños submetacéntricos que midieron entre 4,99 y 3,33 μm (Tabla 2) (Figura 4). Al comparar estas medidas con los restantes municipios estudiados se muestra que estos cromosomas son los que presentan longitudes mayores. El estudio microscópico reveló la presencia de células poliploides con 28 cromosomas, que representaron el 1% de la totalidad de células analizadas. Los brazos largos de estos cromosomas midieron entre 11,24 y 2,29 μm y los brazos cortos entre 3,53 y 1,04 μm .

Los resultados del estudio cariotípico de las plantas de *A. vera* del municipio Páez revelaron que la longitud total de los cromosomas varió entre 14,73 y 3,57 μm . Los cromosomas largos presentaron medidas entre 14,73 a 10,26 μm , mientras que los cromosomas

Tabla 1. Características de los cromosomas de *A. vera* del municipio Mara, estado Zulia, Venezuela.

| Par cromosómico | Cromosoma | Long. Total (μm) | Long Brazo largo (μm) | Long. Brazo corto (μm) | Índice r (μm) | Posición del centrómero |
|-----------------|-----------|------------------|-----------------------|------------------------|---------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 11,38 | 8,74 | 2,63 | 3,47 | St |
| | 2 | 11,11 | 8,33 | 2,70 | 3 | St |
| 2 | 3 | 10,83 | 8,47 | 2,35 | 3,10 | St |
| | 4 | 10,69 | 8,74 | 2,08 | 3,3 | St |
| 3 | 5 | 10,27 | 8,05 | 2,22 | 3,13 | St |
| | 6 | 10,27 | 8,33 | 1,94 | 4,32 | St |
| 4 | 7 | 9,72 | 7,77 | 1,94 | 4,02 | St |
| | 8 | 9,44 | 7,63 | 1,8 | 4,25 | St |
| 5 | 9 | 4,16 | 2,91 | 1,25 | 2,32 | Sm |
| | 10 | 4,02 | 2,63 | 1,38 | 1,94 | Sm |
| 6 | 11 | 3,88 | 2,49 | 1,38 | 1,82 | Sm |
| | 12 | 3,60 | 2,36 | 1,38 | 1,72 | Sm |
| 7 | 13 | 3,47 | 2,36 | 1,11 | 2,16 | Sm |
| | 14 | 3,47 | 2,36 | 1,11 | 2,16 | Sm |

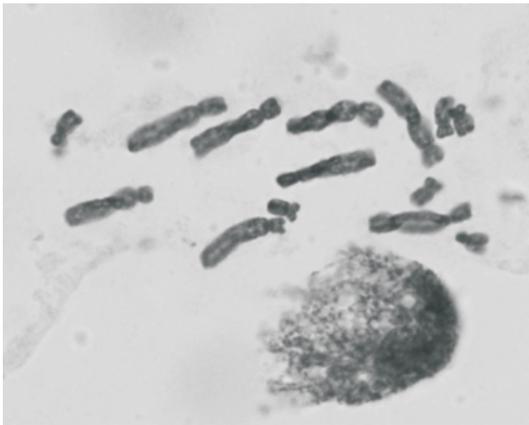
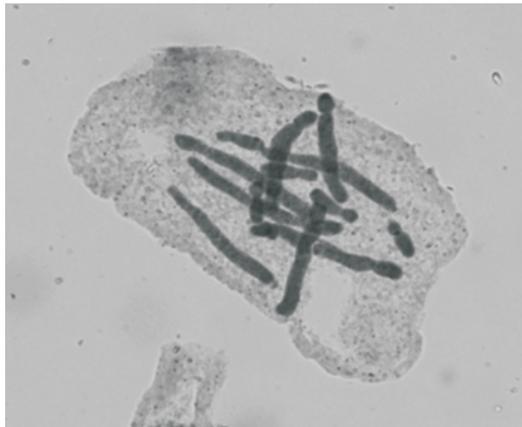
**Figura 3.** Microfotografía de los cromosomas de las plantas de *Aloe vera*, Municipio Mara del estado Zulia.

Tabla 2. Características de los cromosomas de *A. vera* del municipio Miranda, estado Zulia, Venezuela.

| Par cromosómico | Cromosoma | Long. Total (μm) | Long. Brazo largo (μm) | Long. Brazo corto (μm) | Índice r (μm) | Posición del centrómero |
|-----------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 14,79 | 11,24 | 3,53 | 3,65 | St |
| | 2 | 14,58 | 11,45 | 3,12 | 3,61 | St |
| 2 | 3 | 13,74 | 10,83 | 2,91 | 3,68 | St |
| | 4 | 13,54 | 10,62 | 2,91 | 3,90 | St |
| 3 | 5 | 12,49 | 10,41 | 2,08 | 4,92 | St |
| | 6 | 11,87 | 9,79 | 2,08 | 4,67 | St |
| 4 | 7 | 11,87 | 9,79 | 2,08 | 4,67 | St |
| | 8 | 11,45 | 9,58 | 1,66 | 6,04 | St |
| 5 | 9 | 4,99 | 3,53 | 1,45 | 2,43 | Sm |
| | 10 | 4,99 | 3,33 | 1,65 | 2,01 | Sm |
| 6 | 11 | 4,58 | 3,33 | 1,24 | 2,95 | Sm |
| | 12 | 3,95 | 2,70 | 1,24 | 2,56 | Sm |
| 7 | 13 | 3,95 | 2,70 | 1,24 | 2,56 | Sm |
| | 14 | 3,33 | 2,29 | 1,04 | 2,50 | Sm |

**Figura 4.** Microfotografía de los cromosomas de las plantas de *Aloe vera*, Municipio Miranda del estado Zulia.

cortos presentaron longitudes que variaron entre 4,64 y 3,57 μm (Tabla 3) (Figura 3). En cuanto a la medida de los brazos largos de los cromosomas de este municipio, éstos oscilaron entre 11,6 y 2,41 μm y los brazos cortos midieron de 3,03 a 1,16 μm .

Tabla 3. Características de los cromosomas de *A. vera* del municipio Páez, estado Zulia, Venezuela.

| Par cromosómico | Cromosoma | Long. Total (μm) | Long Brazo largo (μm) | Long. Brazo corto (μm) | Índice r (μm) | Posición del centrómero |
|-----------------|-----------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 14,73 | 11,60 | 3,03 | 3,92 | St |
| | 2 | 13,69 | 10,98 | 2,76 | 4,01 | St |
| 2 | 3 | 12,78 | 10,44 | 2,94 | 3,68 | St |
| | 4 | 12,58 | 10,08 | 2,49 | 4,05 | St |
| 3 | 5 | 12,22 | 9,81 | 2,40 | 3,98 | St |
| | 6 | 12,05 | 10,08 | 2,04 | 5,08 | St |
| 4 | 7 | 11,60 | 9,81 | 1,78 | 6,4 | St |
| | 8 | 10,26 | 9,28 | 1,78 | 4,91 | St |
| 5 | 9 | 4,64 | 3,21 | 1,69 | 2,28 | Sm |
| | 10 | 4,19 | 2,67 | 1,78 | 1,76 | Sm |
| 6 | 11 | 3,87 | 2,67 | 1,60 | 1,80 | Sm |
| | 12 | 3,78 | 2,67 | 1,42 | 1,90 | Sm |
| 7 | 13 | 3,69 | 2,58 | 1,42 | 1,83 | Sm |
| | 14 | 3,57 | 2,41 | 1,16 | 2,21 | Sm |

Finalmente, los cromosomas de las plantas provenientes del municipio Maracaibo, presentaron longitudes cromosómicas entre 12,08 y 3,34 μm . Para los cromosomas más largos, las medidas registradas fueron entre 12,08 y 9,86 μm , mientras que los cromoso-

mas cortos tienen longitudes que varían entre 3,75 y 3,34 μm (Tabla 4) (Figura 5). De igual manera, los brazos largos del complemento cromosómico presentaron valores que oscilaron entre 9,58 y 2,21 μm y los brazos cortos midieron de 2,5 a 1,13 μm . Estos datos identificaron claramente la estructura citogenética de cada municipio y permitieron distinguirlas unas de otras.

Tabla 4. Características de los cromosomas de *A. vera* del municipio Maracaibo, estado Zulia, Venezuela.

| Par cromosómico | Cromosoma | Long. Total (μm) | Long. Brazo largo (μm) | Long. Brazo corto (μm) | Índice r (μm) | Posición del centrómero |
|-----------------|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 12,08 | 9,58 | 2,5 | 3,83 | St |
| | 2 | 11,89 | 9,3 | 2,4 | 3,87 | St |
| 2 | 3 | 11,25 | 8,75 | 2,5 | 3,5 | St |
| | 4 | 11,5 | 9 | 2,5 | 3,6 | St |
| 3 | 5 | 10,83 | 8,75 | 2,08 | 4,20 | St |
| | 6 | 11 | 9,1 | 1,9 | 4,78 | St |
| 4 | 7 | 10,41 | 8,33 | 2,08 | 4,00 | St |
| | 8 | 9,86 | 7,5 | 2,36 | 3,17 | St |
| 5 | 9 | 3,75 | 2,5 | 1,25 | 2 | Sm |
| | 10 | 3,25 | 2,4 | 0,85 | 2,82 | Sm |
| 6 | 11 | 3,75 | 2,5 | 1,25 | 2 | Sm |
| | 12 | 3,5 | 2,4 | 1,1 | 2,18 | Sm |
| 7 | 13 | 3,33 | 2,08 | 1,25 | 1,66 | Sm |
| | 14 | 3,34 | 2,21 | 1,13 | 1,95 | Sm |

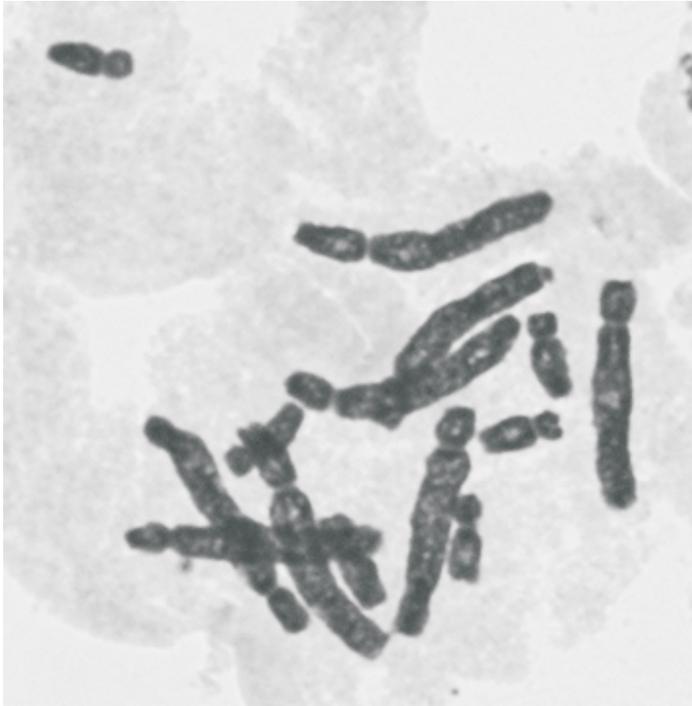


Figura 5. Microfotografía de los cromosomas de las plantas de *Aloe vera*, Municipio Maracaibo del estado Zulia.

DISCUSIÓN

Los estudios citogenéticos realizados en zábila indican que el número básico de *A. vera* es de $x=7$ cromosomas, distribuido en cuatro cromosomas acrocéntricos grandes (L1-L4) y tres cromosomas submetacéntricos pequeños (S1-S3), presentando las especies diploides un cariotipo bimodal constante, $2n=14$, con ocho cromosomas grandes y seis pequeños (Brandham, 1971; Adams *et al.*, 2000; Ji *et al.*, 2002; Zheng *et al.*, 2005). En este trabajo de investigación, el número y la morfología cromosómica de las poblaciones estudiadas coincide con lo reportado por otros autores (Albornoz e Imery, 2003; Ji *et al.*, 2002; Zheng *et al.*, 2005; Molero y Matos, 2008), lo que evidencia su estabilidad cariológica, presentando cuatro pares de cromosomas largos (L1-L4) con centrómeros cerca de la región termi-

nal (subtelocéntricos o acrocéntricos) y 3 pares pequeños (S1-S3) con centrómeros ubicados cerca de la posición media del cromosoma (submetacéntricos). Sin embargo, existen otros estudios nacionales que indican fórmulas cromosómicas diferentes para *A. vera*. Por ejemplo, Imery y Caldera (2002), empleando plantas del estado Sucre, señalan que el cariotipo está formado por dos cromosomas largos submetacéntricos, seis largos subtelocéntricos y 6 pequeños submetacéntricos. De igual manera, Matos y Molina (1997) plantean cariotipos formados por cromosomas largos y pequeños, todos de tipo submetacéntricos.

La observación de las constricciones secundarias en los cromosomas largos de esta especie ha sido reportada por otros autores (Sapre, 1978; Imery y Caldera, 2002; Molero y Matos, 2008), localizándose en los pares cromosómicos L1 y L4 y siendo ésta una característica distintiva del cariotipo de *A. vera*.

Las longitudes en los cromosomas de las células diploides encontrados en este trabajo (14,79 a 3,33 μm) concuerdan con lo reportado por Molero y Matos (2008) quienes trabajaron con plantas provenientes de Maracaibo, estado Zulia y con los resultados de las investigaciones de Imery y Caldera (2002). Contrariamente, las longitudes cromosómicas de las células estudiadas, son inferiores a otros datos reportados para plantas de zábila en el estado Sucre (Albornoz e Imery, 2003) y estado Zulia (Matos y Molina, 1997). Estas divergencias en cuanto a las fórmulas y longitudes cromosómicas de plantas de zábila provenientes de las mismas zonas geográficas (estados Zulia y Sucre), hace necesario realizar un estudio citogenético y molecular detallado de las plantaciones de *A. vera* en otros estados del Venezuela que permita establecer las relaciones filogenéticas entre cada población considerando los datos genéticos y los posibles cambios mutagénicos involucrados.

A pesar de que algunos autores señalan que este grupo vegetal es un modelo de estabilidad cariológica en función de la similitud en el número y la morfología de sus cromosomas mitóticos (Brandham, 1971; Matos y Molina, 1997; Brandham y Doherty 1998; Imery y

Caldera, 2002; Albornoz e Imery, 2003), los estudios cariotípicos permiten detectar diferencias cromosómicas entre poblaciones de plantas que, a pesar de poseer características morfológicas similares, se han adaptado a vivir en condiciones climáticas específicas diferentes a su zona de origen (Liu *et al.*, 2011). Este estudio cromosómico permitió demostrar que entre las poblaciones en estudio existe una diferencia en su estructura cromosómica evidenciada en la medida de la longitud de los cromosomas y en la medida de relación entre la longitud de los brazos largos y cortos. Por ello, Das *et al.* (2010) afirma que este tipo de estudios citogenéticos son útiles taxonómicamente cuando se está en presencia de variedades o especies morfológicamente indistinguibles como es el caso de las diferentes poblaciones de *A. vera*.

Considerando que los primeros reportes de la introducción de la zábila a Venezuela datan de 1870, directamente a la ciudad de Coro y de allí se extendió a otras poblaciones del estado Falcón y a otros estados cercanos como el Zulia y Lara (González, 1999), es posible que esta especie haya pasado por un proceso de adaptación a nuevas condiciones ambientales, que trajo como consecuencia rearrreglos genéticos en su complemento cromosómico, más aún tomando en cuenta que esta especie se cultiva y reproduce en zonas áridas y semiáridas, con condiciones extremas de temperaturas y sequía. Imery y Caldera (2002) indican que 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 variación morfológica y genética.

A pesar de que la zábila ha sido ampliamente estudiada por sus propiedades medicinales y cosmetológicas, y que en los últimos 10 años han prosperado las investigaciones científicas internacionales y avances tecnológicos sobre su uso en la cura de muchas enfermedades y su explotación en la industria alimenticia, farmacológica y agrícola, es poco lo que se conoce sobre la diversidad genética de los zabilares silvestres o cultivados en Venezuela, siendo este estudio el primero que reporta información sobre la estructura genética de

plantaciones de *A. vera* en diferentes municipios del occidente del país. En este sentido, sólo se destaca el estudio de Albornoz e Imery (2003), quienes realizaron una evaluación citogenética de ocho poblaciones de *A. vera* de la península de Araya-Venezuela, en el oriente del país.

Esta falta de información sobre cultivos agrícolas potencialmente explotables en Venezuela a través de programas de mejoramiento genético reafirma la necesidad de extender los análisis citogenéticos y moleculares sobre la diversidad genética de los zabilares venezolanos.

CONCLUSIONES

El estudio cariológico de las poblaciones de *A. vera* en el estado Zulia, Venezuela demostró que todas las poblaciones poseen un número de cromosomas de $2n=14$ y una fórmula cromosómica de $8Lst+6Ssm$, con variaciones en los valores de longitud total, longitud de brazo largo y brazo corto de los cromosomas de cada población, permitiendo diferenciar citogenéticamente cada una de las muestras estudiadas.

AGRADECIMIENTO

Los autores deseamos expresar nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento de esta investigación a través de los proyectos CC-0163-08 y CC-0423-10 y al Centro de Investigaciones Biológicas de la Universidad del Zulia.

LITERATURA CITADA

ADAMS, S., I. LEITCH, M. BENNETT, M. CHASE y A. LEITCH. 2000. Ribosomal DNA evolution and phylogeny in *Aloe* (Asphodelaceae). *American Journal of Botany* 87:1578-1583.

- ALBORNOZ, A. y J. IMERY. 2003. Evaluación citogenética de ocho poblaciones de *Aloe vera* L. de la Península de Araya-Venezuela. *Ciencia* 11(1):5-13.
- BRANDHAM, P.E. 1971. The chromosomes of the Liliaceae: II. Polyploidy and karyotype variation in the Aloineae. *Kew Bulletin* 25(3): 381-389.
- BRANDHAM, P.E. y M. J. DOHERTY. 1998. Genomic size variation in the Aloaceae, of *Aloe barbadensis* Mill. (Liliales: Liliaceae). *Philippine-Agriculturist*. 74(2): 261-264.
- DAS A., P. MUKHERJEE, A. GHORAI y T. JHA. 2010. Comparative karyomorphological analyses of *in vitro* and *in vivo* grown plants of *Aloe vera* L. *The Nucleus* 53 (3): 89-94.
- EWEL, J. y A. MADRID. 1976. Zonas de vida en Venezuela, Memorias explicativas sobre el Mapa Ecológico. Ministerio de Agricultura y Cría. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas. 264p.
- GONZÁLEZ, C. 1999. Antecedentes históricos del cultivo de zábila en Falcón. Jornadas de trabajo: zábila en el estado Falcón: acciones para su desarrollo. Mayo, 19. Venezuela. 57 pp.
- HAMMAN, JOSIAS. 2008. Composition and Applications of *Aloe vera* Leaf Gel. *Molecules* 13: 1599-1616.
- IMERY J. y H. CEQUEA. 2001. Colchicine-induced autotetraploid in *Aloe vera* L. *Cytologia* 66: 406-4012
- IMERY, J. y T. CALDERA. 2002. Estudio cromosómico comparativo de cinco especies de *Aloe* (Aloaceae). *Acta Botánica Venezuelica* 25 (1): 47-66.
- INSTITUTO DE COMERCIO EXTERIOR. 1990. Perfil del Cultivo Zábila. Ministerio de la Producción y el Comercio de Venezuela. Caracas. 93 p.
- JI C., Y. MA y D. CUI. 2002. Chromosomes and karyotype analyses of the four types plants in *Aloe* L. *Quarterly of Forest By-Product and Speciality in China* 3: 15-16.
- LEVANA., K. FREDGA y A. SANDBERG. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 206- 218.

- LIU X., J. LI, Y. ZHANG y D. HE. 2011. Biological research advancement in Aloe. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(7): 1046-1052.
- MARSHAK, A. 1934. Chromosomes and Compatibility in the Aloinae. *American Journal of Botany* 21(9): 592.
- MATOS, A. y J. MOLINA. 1997. Estudio citogenético en células radicales de *Aloe vera* L. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 1997, 14: 173-182.
- MOLERO, T. y A. MATOS. 2008. Efectos de la inducción artificial de la poliploidía en plantas de *Aloe vera* (L.) Burm.f. *Boletín del centro de Investigaciones Biológicas* 42 (1): 111- 133
- PIÑA, H. Y L. CHIRINO. 2008. Mercado de la zábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 25: 364-392
- RAMACHANDRA C. y P. SRINIVASA R. 2008. Processing of *Aloe vera* Leaf Gel: A Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3 (2): 502-510
- REN Q, LIS., B. YAO y X. WANG. 2007. Studies on induction of autotetraploid of *Aloe vera* L. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica* 22: 136-138.
- SAPRE, A. 1978. Karyotype of *Aloe barbadensis* Mill: A reinvestigation. *Cytologia* 43: 237-241.
- SCHWEIZER, M. 1994. *Aloe vera* la planta que cura. APB Ediciones. Francia. 64 p.
- SUTARIA, R. 1932. Somatic cell divisions en *Aloe vera* L. *Indian Botanical Society* 21: 132-133.
- VEGA, A., N. AMPUERO, L. DIAZ y R. LEMUS. 2005. El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Revista Chilena de Nutrición* 32 (3): 208-214.
- ZHENG M, X.YU, Y. LI, H. WU y S. ZHANG. 2005. Karyotype analysis of 14 species and 2 varieties in *Aloe* L. *Journal Wuhan Botanical Research* 23(6): 535- 540.