

# Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947  
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



**Ciencias**  
**Exactas**  
**Naturales**  
**y de la Salud**

**65**  
Aniversario

**Año 3 N° 6**  
Mayo - Agosto 2012  
Tercera Época  
Maracaibo- Venezuela

## Efectos del uso de la colchicina como inductor de poliploidía en plantas de zábila (*Aloe vera* L.) *in vivo*

Andrea Sánchez  
Ángela Matos Acurero\*

---

### RESUMEN

En plantas tratadas con colchicina 0,05% y 0,10% durante 48 horas se indujo un 58% y 53%, respectivamente, de células aneuploides y fenotípicamente se logró un incremento en la altura de la planta, longitud, ancho y espesor de las hojas y del volumen foliar comparado con las plantas controles y plantas de los tratamientos pertenecientes a 24 horas, tanto en plantas tratadas como en hijuelos de estas. Los resultados obtenidos en este estudio demuestran que el uso de la colchicina como inductor de poliploidía en zábila es una herramienta valiosa para la obtención de plantas con mayor biomasa, lo que permite aumentar la materia prima para la exportación y elaboración de productos medicinales y cosméticos.

**PALABRAS CLAVE:** *Aloe vera* L., citogenética, morfología, aneuploidía.

\*Laboratorio de Citogenética Vegetal, Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Apdo. 526, Maracaibo-Venezuela. Telefax: +58-261- 4127755. E-mail: amatos@fec.luz.edu.ve, civefeculuz@gmail.com

Recibido: 05/10/2012 Aceptado: 25/11/2012

## Effects of the use of colchicine as an inducer of polyploidy in aloe plants

---

### ABSTRACT

As the result we found 58% and 53% of aneuploid cells in plants treated with 0.05% and 0.10% colchicine for 48h. Treatment with colchicine for 48 hours has resulted the increase in plant height, length, width and thickness of leaves and leaf volume compared to controls and plants with during 24 hours, both treated plants and in shoots. Results obtained from this study demonstrate that the use of colchicine is a valuable tool for obtaining plants with increased biomass, allowing for increased raw materials for export and processing of medicinal and cosmetic products.

KEYWORDS: *Aloe vera* L., cytogenetics, morphology, aneuploidy.

### Introducción

La zábila [*Aloe vera* (L.) Burm. f.], es una planta de amplia distribución en regiones tropicales y subtropicales, con enorme importancia económica y medicinal (Oliveira et al, 2007; Silveira et al, 2008). Posee múltiples aplicaciones en la industria cosmética, farmacéutica y alimentaria (Vega et al, 2005; Chen et al, 2007; Maenthaisong et al, 2007; Jia et al, 2008; Ndhlala et al, 2009). Es de gran importancia para Venezuela pues por su metabolismo ácido crasuláceo se adapta en las zonas áridas y semiáridas del país por lo que no presenta grandes exigencias y permite obtener productos de calidad que son cotizados a nivel internacional (Fuentes et al, 2007).

Sin embargo, la baja tasa de propagación de la planta y el crecimiento lento de ésta no permiten cubrir la demanda actual del mercado nacional e internacional. Asimismo, los productores

tradicionales deben esperar hasta 3 años para que la planta alcance la madurez y pueda ser vendida. Ello ha impulsado el desarrollo de alternativas para la obtención de mayores volúmenes de producción, a través de programas de selección y mejoramiento genético (Quintero et al., 2009).

En este sentido, la inducción de poliploidía es una alternativa utilizada para incrementar la producción de biomasa en *A. vera*, debido a la tendencia que presentan las plantas poliploides de mostrar un mayor crecimiento de sus partes vegetativas en comparación a sus progenitores diploides, por lo que se puede lograr el aprovechamiento de la mayor cantidad de biomasa producida en la parte vegetativa de interés de esta planta (Molero y Matos, 2008). De hecho, se ha observado que las plantas poliploides presentan mayor vigor y tejidos que pueden duplicar la biomasa de las plantas originales (Imery y Cequea, 2001).

La gran importancia económica que posee en la actualidad la explotación de *A. vera* en el mundo y en diversas regiones en Venezuela, ha impulsado el desarrollo de nuevas técnicas con la finalidad de obtener cultivares con mayores volúmenes de producción, siendo la inducción de poliploidía en *A. vera*, mediante el uso de colchicina, una opción relativamente rápida para lograr plantas que posean hojas con mayor biomasa, permitiendo altos márgenes de producción a los productores.

Basados en lo anterior, se llevó a cabo una caracterización morfológica, anatómica y citogenética de las plantas tratadas con colchicina a diferentes concentraciones (0,05% y 0,10%) y tiempos de exposición (24 y 48 horas) con el propósito de evaluar el uso potencial de la misma en la obtención de plantas poliploides con mayor volumen y grosor foliar, y por tanto, con mayor biomasa producida en la parte vegetativa de interés de esta planta, como son las hojas.

## 1. Métodos

Para esta investigación existió una planta parental adquirida en un vivero comercial del municipio Maracaibo (Venezuela). Todas las plantas sometidas a tratamiento (plantas tratadas) se obtuvieron a partir de esta planta parental; poseían 4 meses de edad aproximadamente con una altura entre 10 y 15 cm. El estudio se llevó a cabo en los Laboratorios de Citogenética Vegetal (Civefecluz) y Biotecnología Vegetal (Bioveluz). Todas las plantas, tanto la planta parental, como las plantas tratadas y los hijuelos de estas, fueron mantenidas en los alrededores del Departamento de Biología, Bloque A1 de la Facultad Experimental de Ciencias de la Universidad del Zulia, Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela; caracterizado por ser una zona de bosque muy seco con temperatura media anual promedio de 30°C, humedad relativa del 79% y precipitación media anual de 500 mm/año (Ewel y Madrid, 1976).

Para determinar el efecto de la concentración y tiempo de exposición a la colchicina se siguió la metodología empleada por Imery y Cequea (2001). Cuando las raíces de las plantas alcanzaron una longitud de 1,5 a 2 cm, se sumergieron los rizomas de *A. vera* en solución acuosa de colchicina a concentraciones de 0,05% y 0,10% p/v y a dos tiempos de exposición, 24 y 48 horas (Tabla 1). Los tratamientos se llevaron a cabo en una cámara oscura. Se utilizaron 10 plantas por tratamiento, incluyendo plantas controles (sumergidas en agua destilada) para un total de 60 plantas. Las plantas tratadas se sembraron en bolsas de polietileno de 1 kg con tierra desinfectada con abono orgánico.

### 1.1. Estudio citogenético

El procesamiento del tejido radical para el estudio citogenético se realizó según lo descrito por Matos y Molina (1997). Para este estudio se seleccionaron hijuelos de las plantas tratadas, los cuales fueron separados y llevados al laboratorio. Se estudiaron tres raíces

por planta, empleando el método de aplastamiento de los tejidos o “squash” para la preparación de las láminas microscópicas. Se evaluó una sola generación de hijuelos y se determinó el número de cromosomas, la descripción de la morfología de éstos se realizó basándose en la metodología establecida por Levan et al (1964).

### 1.2. Estudio morfológico

El estudio morfológico se llevó a cabo pasados los cinco meses después de los tratamientos con colchicina, tanto en las plantas tratadas como en los hijuelos de estas, siguiendo la metodología empleada por Imery (2006) considerándose características como: altura de la planta (AP), número de hojas (NH), longitud foliar (LH), ancho (AH) y espesor foliar (EH), volumen foliar, empleando la fórmula  $V = \pi \cdot LH \cdot AH \cdot EH / 12$ .

### 1.3. Estudio histológico

Se realizaron cortes transversales de hojas de hijuelos provenientes de las plantas tratadas con las diferentes concentraciones, que fueron seleccionadas previamente basándose en los valores obtenidos de las características morfológicas. Se montaron muestras *in vivo* y se tiñeron con Azul de metileno y Sudán III y otra porción de las muestras se procesó siguiendo la metodología empleada por Roth (1964) con modificaciones en las concentraciones de alcohol etílico utilizadas para la deshidratación de los tejidos (50%, 60%, 70%, 85%, 96% y 100%, 2 cambios), seleccionándose la zona de la hoja cercana a los 10 cm de longitud, medidos desde la base, para realizar el corte de las mismas. Los cortes (de 2 micras de grosor) de los bloques de parafina con el tejido incluido, se realizaron en micrótopo, se tiñeron con safranina y hematoxilina y los portaobjetos se sellaron con una gota de Martex y un cubreobjetos del tamaño del tejido.

#### 1.4. Análisis estadístico

Para los datos provenientes del estudio morfológico se evaluaron diferencias entre tratamientos mediante una comparación de variable en conjunto con un análisis de variables (ANOVA). Las diferencias entre medias se verificaron a través de la comparación pareada de muestras independientes con  $p \leq 0,05$ , utilizando el programa estadístico SPSS, versión 17.0.

Los datos del estudio citogenético se ilustraron mediante el uso gráficas de barras, resaltando los porcentajes de las células obtenidas con una comparación de proporciones para resaltar las diferencias significativas entre los tratamientos, con un 95% de confiabilidad.

Para el cálculo del número, estadísticamente representativo, de células metafásicas a estudiar, se empleó la fórmula:  $n = Z^2_{\alpha/2} \times S^2 / e^2$ , de Snedecor y Cochram (1984), donde  $Z^2_{\alpha/2}$  tiene un valor de 1,96 según la estadística tabulada de la normal estándar y  $S^2$ , que significa la varianza muestral, la cual es de 13,66. El error del muestreo ( $e^2$ ) será de 0,05. En base a esta fórmula se estudiaron 50 células/raíz microscópico a 100X, lo cual expresó el valor mínimo de células que se deben analizar para obtener resultados confiables.

## 2. Resultados

### 2.1. Estudio morfológico

En el estudio de las características morfológicas en plantas de *A. vera* bajo condiciones *in vivo* se encontró que los tratamientos con colchicina por 48 horas causaron efectos diferenciales con respecto a los tratamientos pertenecientes a 24 horas y a los controles.

En cuanto a las características foliares, el tratamiento con diferencias estadísticamente significativas con respecto al resto fue T6 (0,10%, 48 h), con valores de: 33,05 cm (AP), 33,67 cm (LH), 3,18 cm (AH)

<b>Tratamientos</b>	<b>Concentraciones de colchicina</b>	<b>Tiempo de exposición (horas)</b>
<b>1</b>	Control	24
<b>2</b>	0,05%	24
<b>3</b>	0,10%	24
<b>4</b>	Control	48
<b>5</b>	0,05%	48
<b>6</b>	0,10%	48

TABLA 1. Tratamientos de Aloe vera con colchicina durante dos tiempos de inmersión y bajo diferentes concentraciones.

y 1,46 cm (EH), siendo similar para hijuelos, obteniéndose 25,93 cm (LH), 1,69 cm (AH), excepto en EH donde el valor más alto fue 1,2 cm (T2). Se observaron diferencias estadísticamente significativas en los hijuelos con valores de: 27,33 cm (AP), 6,1 hojas (NH), 25,93 cm (LH) (Figuras 1, 2 y 3).

El volumen foliar es una de las características de mayor importancia en términos de producción; las plantas que presentaron los más altos valores fueron aquellas pertenecientes a T6 tanto en el caso de las plantas tratadas como de hijuelos, con un promedio de 42,47 cm<sup>3</sup> y 12,17cm<sup>3</sup> respectivamente, lo cual resultó en diferencias significativas ( $p = 0,05\%$ ) al comparar con otros tratamientos como se muestra en la Figura 4.

## 2.2. Estudio citogenético

Como era de esperarse, los tratamientos T1 y T4 (controles), presentaron los porcentajes más altos de células diploides en comparación con el resto de los tratamientos (Figura 5). En este sentido, entre las plantas tratadas con colchicina se encontró un alto



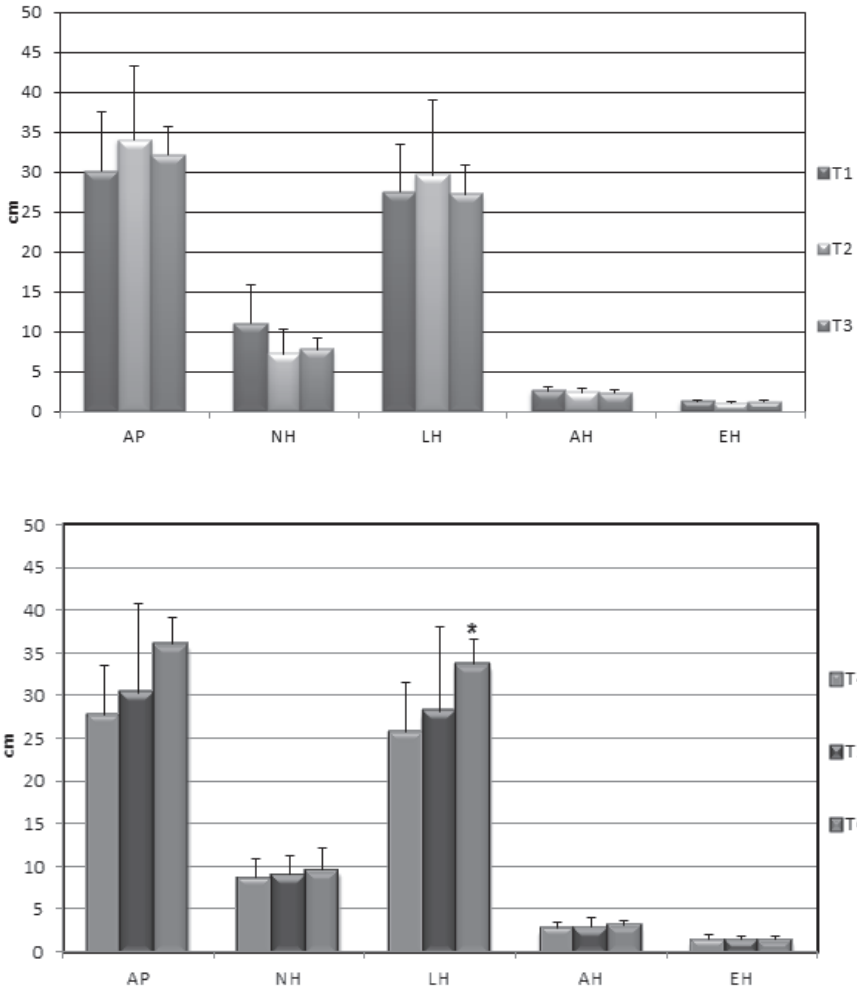


FIGURA 1. Plantas de *Aloe vera L.* tratadas con colchicina (0,05% y 0,10%). A) 24 horas y B) 48 horas. T1 (Control), T2 (0,05%), T3 (0,10%), 24 horas. T4 (Control), T5 (0,05%) y T6 (0,10%). Altura de la planta (AP), Número de hojas (NH), longitud foliar (LH), ancho y espesor de la hoja (AH y EH). Los asteriscos (\*) representan diferencias significativas de los promedios más sus desviaciones estándar.

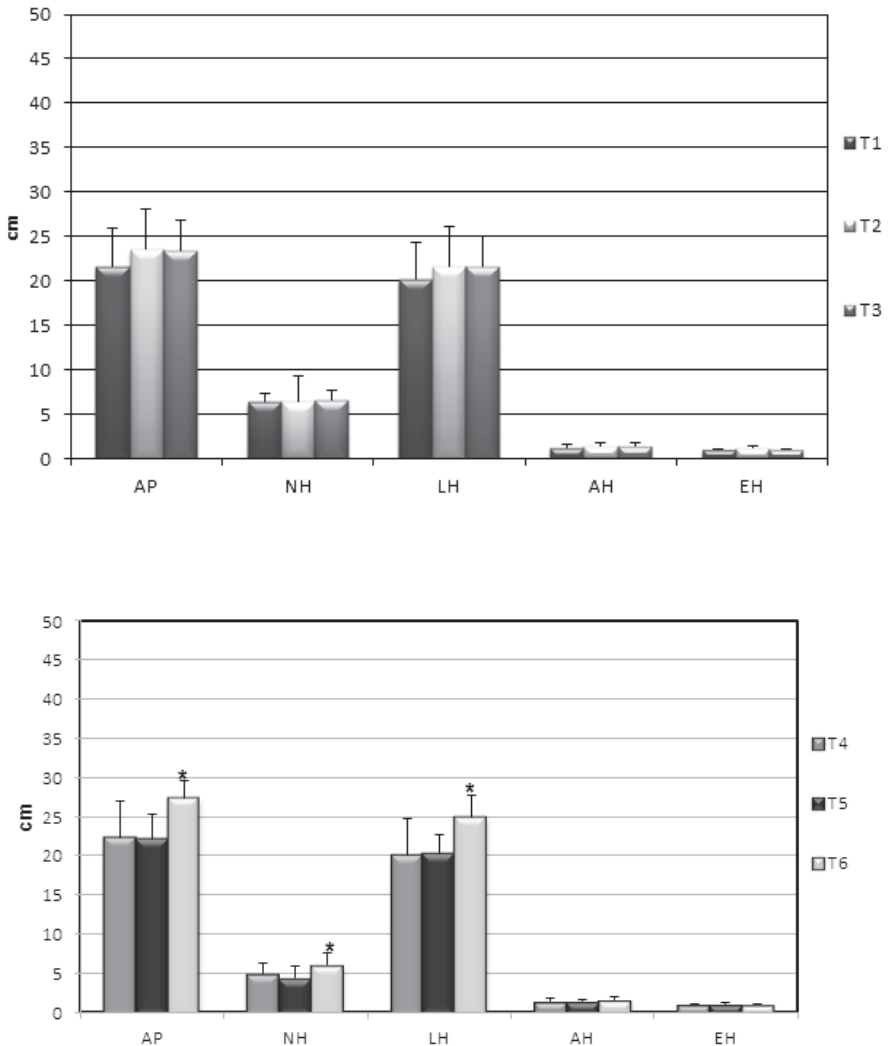


FIGURA 2. Hijuelos de plantas de *Aloe vera* L. tratadas con colchicina (0,05% y 0,10%). A) 24 horas y B) 48 horas. T1 (Control), T2 (0,05%), T3 (0,10%), T4 (Control), T5 (0,05%) y T6 (0,10%). Altura de la planta (AP), Número de hojas (NH), longitud foliar (LH), ancho y espesor de la hoja (AH y EH). Los asteriscos (\*) representan diferencias significativas de los promedios más sus desviaciones estándar.

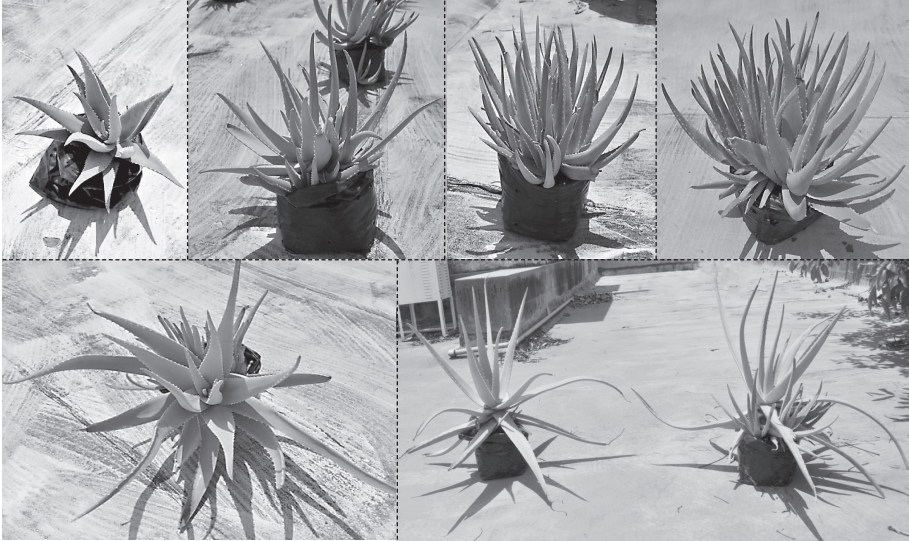


FIGURA 3. Plantas sometidas a diferentes tratamientos de colchicina y tiempos de exposición. A) Control, B) 0,05% de colchicina y C) 0,10% de colchicina y 24 horas de exposición, D) Control, E) 0,05% de colchicina y F) 0,10% de colchicina y 48 horas de exposición.

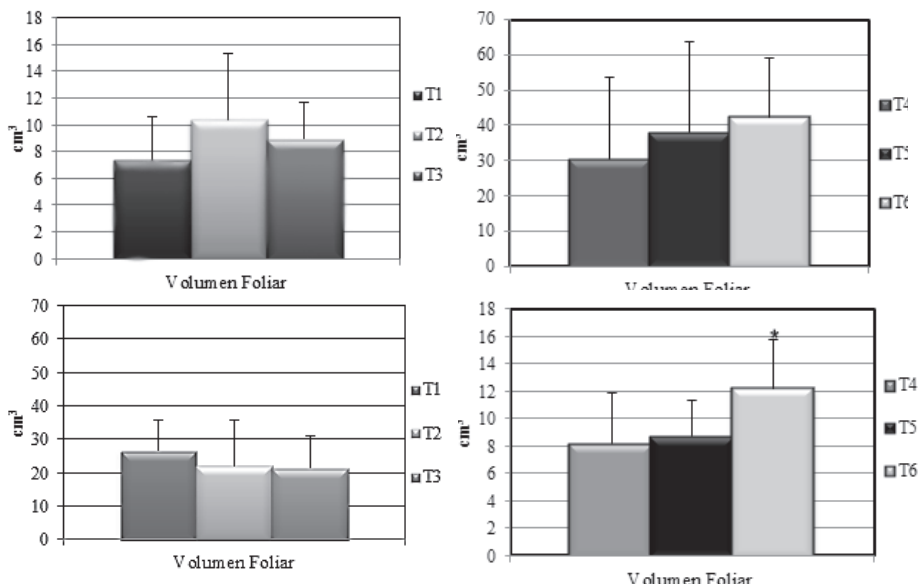


FIGURA 4. Volumen foliar de plantas de Aloe vera L. (tratadas –A y B- e hijuelos –C y D-). Control (T1 y T4), tratamientos de 0,05% (T2 y T5) y 0,10% de colchicina (T3 y T6) 24 horas (A-C) y 48 horas (B-D). Los asteriscos (\*) representan diferencias significativas de los promedios más sus desviaciones estándar.

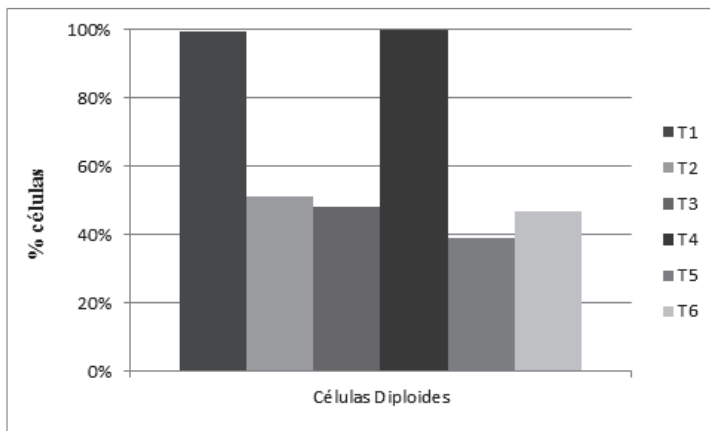


FIGURA 5. Porcentaje de células diploides en hijuelos de plantas tratadas de Aloe vera. Control (T1 y T4), 0,05% (T2 y T5) y 0,10% de colchicina (T3 y T6). T1-T3, 24 horas y T4-T6, 48 horas de exposición

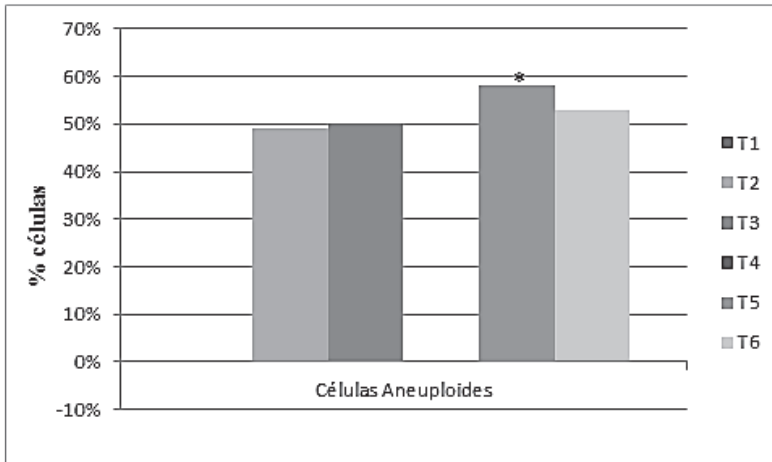


FIGURA 6. Porcentaje de células aneuploides en hijuelos de plantas tratadas de *Aloe vera*. Control (T1 y T4), 0,05% (T2 y T5) y 0,10% de colchicina (T3 y T6). T1-T3, 24 horas y T4-T6, 48 horas de exposición. Los asteriscos (\*) representan diferencias significativas de los promedios.

porcentaje de células con un cariotipo estándar de  $n = 7 \pm 1$ , es decir, aneuploides, en ningún momento se observaron células triploides o tetraploides, por lo cual, no pueden considerarse poliploides.

Los más altos porcentajes se observaron en T5 (0,05%, 48 h) y T6 (0,10%, 48 h) con 58% y 53% respectivamente. T5 presentó diferencias estadísticamente significativas con respecto a los otros tratamientos (Figura 6).

### 2.3. Estudio anatómico

Los estudios anatómicos realizados a los hijuelos provenientes de las plantas tratadas mostraron una epidermis uniestratificada; recubierta por una cutícula gruesa, haz vascular colateral, células secretoras grandes en las hojas de T6 formando casquete sobre el floema rodeados por una vaina parenquimática, parénquima

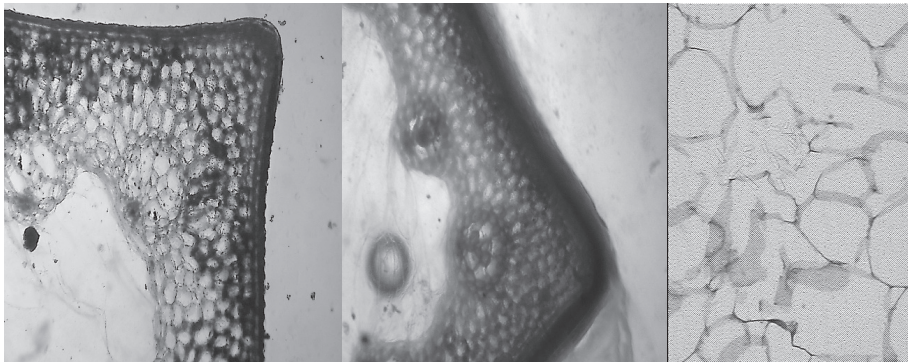


FIGURA 7.- Cutícula y epidermis de hojas de hijuelos de plantas de *Aloe vera* L. de tratamientos 0,10% de colchicina, 48 horas (a) 0,05% de colchicina, 48 horas y (b) 0,05% de colchicina, 24horas (c) rafidios, 0,10% de colchicina, 48h. h.v: Haz vascular, cu: cutícula, raf: rafidios. Magnificación de 1000X.

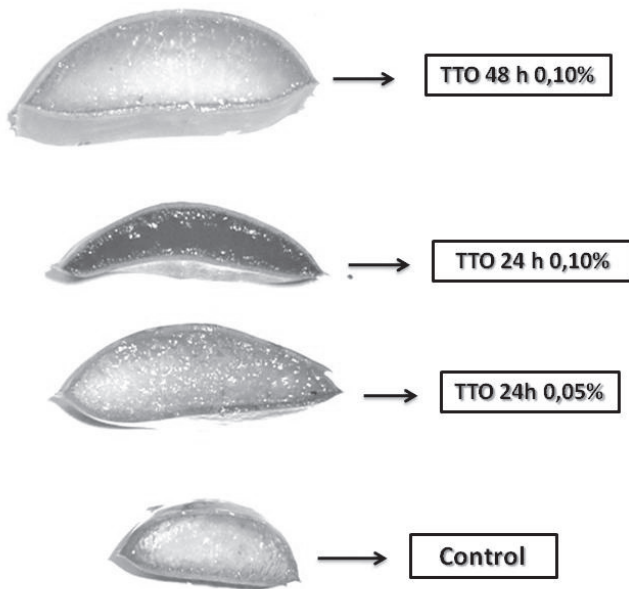


FIGURA 8. Cortes transversales en hojas de hijuelos de *Aloe vera* L. provenientes de las plantas tratadas con las diferentes concentraciones de colchicina (0,05% y 0,10%) a tiempos de exposición de 24 y 48 horas

clorofiliano homogéneo, con abundantes cloroplastos, con rafidios de oxalato de calcio en cantidades elevadas para las plantas de los tratamientos 0,10% y 0,05% 48 horas. Estomas sin elevaciones o invaginaciones de la epidermis (Figura 7).

Las hojas de las plantas pertenecientes al T6 presentaron mayor grosor, con un valor promedio de 8mm para el máximo y de 2mm para el menor grosor. El resto de los valores se encontraron entre 3 y 4 mm para los tratamientos de 24 horas (T2 para el primero y T3 para el segundo) y de 4 a 7mm para los de 48 horas (T4 el primero y T5 el segundo valor) (Figura 8).

### 3. Discusión

#### 3.1. Estudio morfológico

Los valores obtenidos en este estudio demuestran que una mayor concentración de colchicina y un período más largo permitieron cambios a nivel morfológico en la planta. Aunque todos los tratamientos arrojaron diferencias a nivel morfológico, los más resaltantes se observaron en el T6 (48 h y 0,10%), tanto para la longitud, el ancho, espesor foliar, así como el volumen foliar. Esto podría estar relacionado a una variación a nivel de tejidos, aumentando el diámetro de las células que los componen. Muchos autores reportan las características de giga como un resultado de la autoploidía en plantas (Escandón et al, 2007) donde explica cómo se manifiestan los tetraploides con diferencias significativas en relación al control, sobre todo en relación al área foliar y el tamaño de las flores en el caso de *Mecardonia tenella*.

Aunque las plantas de *Aloe vera* normalmente presentan un crecimiento lento, el desarrollo de las mismas fue totalmente distinto al comportamiento normal de una silvestre, pues los hijuelos alcanzaron alturas cercanas a las de las plantas tratadas, llegando a tener el tamaño de una planta con 3 años de edad en

un menor tiempo (aproximadamente 12 meses después de haber sido tratadas con colchicina) y expuestas a condiciones ambientales con temperaturas entre 35 y 42°C, según datos climatológicos aportados por la Base Aérea Nacional de Venezuela (citados por Querales, 2009). Es posible que las plantas tratadas en el presente trabajo, desarrollaran cierta resistencia a condiciones extremas de temperatura, tal como lo describe Baltzer (2005). En este sentido, estas plantas podrían haber desarrollado la capacidad de adaptarse a condiciones adversas y aún así incrementar los valores de las características foliares como longitud, ancho, espesor y volumen, siendo éstas las deseables para su venta y distribución.

### 3.2. Estudios citogenéticos

Los resultados citogenéticos del presente trabajo pueden explicarse de acuerdo a lo indicado por Imery y Cequea (2001); según estos autores, con un mayor tiempo de exposición a la colchicina las plantas alcanzan un mayor nivel de ploidía que se transmite de forma vegetativa, a diferencia de los tratamientos con tiempos de exposición cortos donde la probabilidad del efecto directo de la colchicina sobre las células meristemáticas se reduce debido a la poca acción en las capas superficiales y contacto con las células de la interfase en la que la colchicina no ejerce ninguna actividad antimitotática.

Con los tratamientos ensayados en este trabajo no se logró la obtención de individuos triploides o tetraploides puesto que aunque se observaron células con número cromosómico mayor al normal ( $n=14$ ), estas no alcanzaron dichas categorías; por lo cual, no pudieron ser clasificadas como poliploides.

Las células diploides encontradas en los tratamientos coincidieron con las características descritas por Kumari y Roy (2010) mostrando que las plantas silvestres de esta especie poseen un número cromosómico  $n=7$ , con 8 cromosomas largos y 6 cortos,



predominando los centrómeros subterminales y submedios. La presencia de este tipo de células en gran número en plantas control era de esperarse pues éstas no estuvieron sometidas a ninguno de los tratamientos con colchicina.

La presencia de 7 Lst (Lst=cromosoma largo subtelocéntrico, por sus siglas en inglés, Levan et al, 1964) y 7 Ssm (cromosoma corto submetacéntrico) en el tratamiento de 0,05% de colchicina a 24 horas de exposición (T2) coincide con lo explicado por Imery (2006) acerca de los desbalances genéticos ocasionados por la pérdida o adición de cromosomas, lo cual puede ser usado como indicador, ya que permitiría la detección de cambios en cromosomas largos o cortos. Según este autor, las plantas que presentan disminución de un cromosoma largo (L) y presencia de uno corto (S) extra, poseen lo que se conoce como aneuploidía positiva, que promueve la expresión de características a nivel morfológico como ligeros aumentos en las dimensiones foliares de las plantas, pero sin tener ningún efecto visible en el incremento de la acumulación de biomasa; tal como se observó en el grupo perteneciente a este tratamiento (T2). De esta manera se puede decir que este comportamiento de las plantas en cuanto a la duplicación del cromosoma, ya sea largo (L) o corto (S), es una consecuencia de anomalías durante la mitosis y que este fenómeno es de alta importancia para la evolución de las plantas (Otto y Whitton, 2000; Liu y Adams, 2007).

En este estudio, el uso de las concentraciones de colchicina indujo la formación de células con aneuploidía. Esto podría derivarse de varias causas metabólicas y antropogénicas operando por separado o en conjunto, tales como el estado nutricional del suelo, riego por agua contaminada, patogénesis de las plantas y factores ambientales como pH y temperatura (Sharma, 1990).

Los casos de aneuploidía resaltan del resto debido a que el cariotipo de estas plantas es bastante estable. Vidali et al (2009) sugirió que hasta el cambio más mínimo o moderado en las condiciones ambientales pueden tener un efecto grande sobre la estabilidad genética de las plantas y por ende en su morfología.

### 3.3. Estudios anatómicos

El diámetro de los cortes demuestra que la exposición de las células meristemáticas al agente antimitótico (colchicina), indujo un incremento en el tamaño de las células del parénquima acuífero, siendo en este caso el tiempo lo que influyó en el cambio a nivel de tejido y no la concentración utilizada. Aun cuando la epidermis es uniestrada, la cutícula que la recubre es gruesa, típico de plantas de ambientes xerofíticos.

Algunas especies de *Aloe* son conocidas como calciotrofas debido a los altos niveles de  $\text{Ca}^{+2}$ , por lo cual existen una serie de teorías sobre la producción y número de cristales de oxalato en estas plantas (Fuentes et al, 2007). Esto podría explicar la gran cantidad de rafidios presentes dentro de las hojas de zábila estudiadas, ya que muchas de las plantas superiores producen cristales de oxalato de calcio. Arnott y Webb (2000) observaron que los rafidios se forman dentro de las vacuolas de células especializadas, aumentando el tamaño de éstas, lo cual concuerda con lo encontrado por Imery (2006) quienes mencionan que las plantas en las cuales se experimenta un incremento de ploidía tienden a sufrir un aumento de las dimensiones celulares y alteraciones en la expresión de los rasgos morfológicos.

Asimismo, estos cristales son de gran importancia para estas plantas ya que son los encargados de absorber el exceso de calcio, además de servir como mecanismo de defensa contra herbívoros y permitir mayor rigidez y protección a la planta de las condiciones climáticas presentes (Arnott y Webb, 2000).

## Conclusiones

El uso de la colchicina a concentraciones de 0,05% y 0,10% aplicada durante 48 horas permite inducir cambios a nivel morfológico, citogenético y anatómico, observándose una mayor cantidad de células aneuploides y variaciones a nivel de tejidos más acentuados para estos tratamientos (T5 y T6) en relación al resto, tanto para el caso de plantas tratadas como para el de hijuelos.

Los resultados de este estudio demuestran que el uso de la colchicina es una herramienta valiosa para la obtención de plantas con mayor biomasa, lo que permite aumentar la materia prima para la exportación y elaboración de productos medicinales y cosméticos.

## Referencias

- Arnott, H; Webb, M. (2000). Twinned raphides of calcium oxalate in grape (*Vitis*): Implications for crystal stability and function. *Int. J. Plant Sci.* 161(1):133–142.
- Baltzer, J. (2005). Leaf optical responses to light and soil nutrient availability in temperate deciduous trees. *American Journal of Botany* 92 (2): 214-223.
- Chen, S., Lin, K., Chang, C., Fang, C. (2007). Aloe-emodin-induced apoptosis in human gastric carcinoma cells. *Food and Chemical Toxicology* 45 (11): 2296-2303.
- Escandón, A; Alderete, L; Hagiwara, J. (2007). *In vitro* polyploidization of *Mecardonia tenella*, a native plant from South America. *Scientia Horticulturae* 115: 56–61
- Ewel, J., A. Madrid. (1976). *Zonas de vida en Venezuela. Memorias explicativas sobre el mapa ecológico*. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), Caracas, 264 pp.

- Fuentes R., J. González, J. Vílchez, C. Colmenares, B. Bracho. (2007). *Efecto del ácido indolbutírico y el tipo de sustrato en el enraizamiento ex vitro de zábila (Aloe vera L.)*. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Departamento de Estadística. Cátedra de Investigación Agropecuaria. Maracaibo, Venezuela, 36pp.
- Imery, J., H. Cequea (2001). Colchicine-induce autotetraploid in *Aloe vera* L. *Cytologia* 66: 409-413.
- Imery, J. (2006). Caracterización genética de parentales e híbridos de diploides (VS) y triploides (VVS) entre *Aloe vera* (L.) Burm. f. (2V, 4V) y *Aloe saponaria* Haw. (2S) (Aloaceae). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Postgrado de Botánica, Universidad Central de Venezuela, Caracas, 147 pp.
- Jia, Y., G. Zhao, J. Jia (2008). Preliminary evaluation: The effects of *Aloe ferox* Miller and *Aloe arborescens* Miller on wound healing. *Journal of Ethnopharmacology* 20 (2):181-189.
- Kumari, G., Roy, B.K. (2010). Karyotype studies in dominant species of *Aloe* from eastern India. *Caryologia* 63(1): 41-49.
- Levan, A., K. Fredga, A. Sandberg (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 206–218.
- Liu Z., Adams K.L. (2007). Expression partitioning between genes duplicated by polyploidy under abiotic stress and during organ development. *Current Biology* 17: 1669-1674.
- Maenthaisong, R., N. Chaiyakunapruk, S. Niruntraporn, C. Kongkaew (2007). The efficacy of *Aloe vera* used for burn wound healing: A systematic review. *Burns* 33 (6): 713-718.

- Matos, A., Molina, J. (1997). Estudio citogenético en células radicales de *Aloe vera* L. *Rev. Fac. Agron. LUZ.* 14: 173-182.
- Molero, T., Matos, A. (2008). Efectos de la inducción artificial de la poliploidía en plantas de *Aloe vera* (L.). *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 42 (1): 111–133.
- Ndhlala, A., S. Amoo, G. Stafford, J. Finnie, J. Van Staden (2009). Antimicrobial, anti-inflammatory and mutagenic investigation of the South African tree aloe (*Aloe barberae*). *Journal of Ethnopharmacology* 124 (3):404-408.
- Oliveira, F.Q., B. Gobira, C. Guimarães, J. Batista, M. Barreto, M. Souza (2007). Espécies vegetais indicadas na odontologia. *Rev. Bras. Farmacogn.* 17: 466-476.
- Otto, S.P., Whitton, J. (2000). Polyploidy: incidence and evolution. *Annual Review of Genetics* 34: 401–437.
- Querales, Y. (2009). Variación temporal de la producción y descomposición de hojarasca de *Rhizophora mangle* presente en el manglar de punta Capitán Chico, estado Zulia. Trabajo de grado. Universidad del Zulia. 83pp.
- Quintero, M., R. Behar, C. García, D. Pupo, M. Hernández, J. Díaz, F. Pérez (2009). *Aloe* gel viscoso® en el tratamiento de pacientes con úlcera duodenal y *Helicobacter pylori* positivo. *Rev. Cubana Plant. Med.* 14 (4):1-6.
- Roth, I. (1964). *Microtecnia vegetal*. Escuela de Biología. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 87pp.
- Silveira P., M. Bandeira, P. Arrais (2008). Farmacovigilância e reações adversas às plantas medicinais e fitoterápicos: uma realidade. *Rev. Bras. Farmacogn.* 18: 618-626.

Snedecor, G., Cochran, W. (1984). *Métodos estadísticos* (10 ed.). Editorial continental S.A.

Vega, A., C. Ampuero, L. Díaz, R. Lemus (2005). Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *Rev. Chil. Nutr.* 32: 1-14.

Vidali L., Augustine R.C., Fay S.N., Franco P., Pattavina K.A., Bezanilla M. (2009). Rapid screening for temperature sensitive alleles in plants. *Plant Physiol.* 151:506-514