

---

**ESTUDIO CITOGÉNÉTICO DE *Iresine herbstii* Hook.  
E *Iresine retusifolia* Agudelo (AMARANTHACEAE)  
DE COLOMBIA**

CITOGENETIC STUDY OF *Iresine herbstii* Hook. E  
*Iresine retusifolia* Agudelo (AMARANTHACEAE) DE COLOMBIA

Johanna Pantoja Santacruz<sup>1\*</sup>; Nohra Cecilia Rodríguez<sup>2</sup>, y Carlos Alberto Agudelo Henao<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Universidad del Quindío, Programa de Biología, Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ, Armenia, Colombia. fitopanto@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad del Quindío, Programa de Biología, Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ, Armenia, Colombia. nohrarodriguez@gmail.com

<sup>3</sup> Universidad del Quindío, Programa de Biología, Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ, Armenia, Colombia. agudelohenao@yahoo.com

---

Recibido: Agosto 30 de 2010

Aceptado: Marzo 12 de 2011

\*Correspondencia del autor: Universidad del Quindío, Programa de Biología, Centro de Estudios e Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - CIBUQ, Armenia, Colombia.  
Calle 10 N0 14-05. Edificio Ángela María, Apto 402.  
TEL: 3117937144 – 7450382

Correo electrónico: fitopanto@gmail.com

## RESUMEN

Se determinaron las diferencias citogenéticas de *Iresine herbstii* Hook. e *Iresine retusifolia* Agudelo, presentes en áreas urbanas de Popayán, Bogotá, Armenia y Medellín. Se emplearon ápices radicales, conseguidos a partir de estacas, para estandarizar el protocolo de obtención de cromosomas metafásicos. Adicionalmente, se evaluó la duración del ciclo celular para establecer la hora mitótica. El número cromosómico encontrado para *Iresine herbstii* se presentó en un rango de 68, 78 y 85 cromosomas; la ocurrencia de este fenómeno ha sido encontrada en otras especies de la familia Poaceae como *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar), *Erianthus* spp y *Miscanthus* spp. y para la familia Amaranthaceae en *Celosia argentea* L. y *Ptilotus obovatus* Gaudich., el cual fue definido como mosaicismo cromosómico, en el que se manifiestan variaciones en cuanto al número de cromosomas pertenecientes a una misma planta o tejido. El tamaño de los cromosomas varió entre 0.31 y 1.77  $\mu\text{m}$ . En *Iresine retusifolia* el número cromosómico encontrado fue de 119, este resultado difiere con otros reportes para esta especie, pero confirma la clasificación taxonómica efectuada por Agudelo-Henao (2008). Este estudio constituyó un aporte al conocimiento básico de la biodiversidad, brindando información taxonómica complementaria, así mismo, constituyendo un requisito indispensable para la caracterización a nivel de citogenética molecular con posibles enfoques en el campo del fitomejoramiento.

**Palabras claves:** *Iresine herbstii* Hook., *I. retusifolia* Agudelo, ciclo celular, cromosomas, poliploidía, Amaranthaceae.

## ABSTRACT

Cytogenetic differences were determined for *Iresine herbstii* Hook. and *Iresine retusifolia* Agudelo present in some urban areas of some colombian cities such as: Popayán, Bogotá, Armenia and Medellín. Root apexes obtained from cuttings were used to standardize the protocol for obtaining metaphase chromosomes. In addition, cell cycle duration was also evaluated for determining the mitotic hour. The chromosome number found for *Iresine herbstii* occurred in a range of 68, 78 and 85 chromosomes. The occurrence of this phenomenon has been found in other species of the Poaceae family as *Saccharum officinarum* L. (sugar cane), *Erianthus* spp, *Miscanthus* spp, and the family Amaranthaceae in *Celosia argentea* L. and *Ptilotus obovatus* Gaudich., defined as mosaicism, in which variations in the number of chromosomes within the same plant in even the same tissue (Portieles, 2002) are evidenced. The chromosome size ranged between 0.31 and 1.77  $\mu\text{m}$ . In *Iresine retusifolia* the chromosome number found is  $2n=7x=119$ ; this result differs from other reports for these species, but confirms the taxonomic classification made by Agudelo-Henao (2008b). This study was a contribution to basic knowledge of our biodiversity, providing additional taxonomic information; furthermore, it constitutes a prerequisite for the characterization at the molecular cytogenetics level with possible approaches in plant breeding.

**Keywords:** *Iresine herbstii* Hook. *I. retusifolia* Agudelo, cell cycle, chromosomes, polyploidy, Amaranthaceae.

## INTRODUCCIÓN

*Iresine herbstii* Hook. es una planta herbácea erecta de hasta 1.5m, perteneciente a la familia Amaranthaceae. Es originaria de América del Sur y se cultiva en regiones tropicales de todo el mundo (1). En Colombia se encuentra en todos los hábitats entre 1500 y 2700 m, con mayor abundancia en altitudes por debajo de los 2000 m en la zona montañosa de la región Andina (1). Presenta un follaje púrpura con nervaduras en carmín, pero existen variantes con diferente coloración, como el morfotipo “variegata” planta masculina de hojas verdes con manchas de tonalidad amarillo dorado o blanco. Otros se caracterizan por su denso follaje, como “eliptifolia” planta femenina, con hojas de color carmín (1).

*Iresine retusifolia* Agudelo debe su nombre a la forma del ápice de la hoja. Es una planta dioica cuyas plantas femeninas son hierbas erectas generalmente menor de 1.5m de altura, mientras que las masculinas (solo se ha localizado una población en Popayán, Cauca), pueden alcanzar hasta 4m. Sus tallos y hojas son rojas a fucsia o rosado fuerte.

Ambas especies de *Iresine* tienen importancia económica, ya que son utilizadas principalmente a nivel ornamental como plantas de jardín debido a la coloración que presenta su follaje, adicionalmente son usadas con fines apícolas, sirve de alimento al ganado y protege los

suelos contra la erosión (2). En medicina tradicional las especies de *Iresine* se utilizan para tratamientos contra el cáncer y enfermedades del útero (2).

Actualmente, se están realizando investigaciones en el campo de la biología farmacológica, evaluando la respuesta de los extractos purificados (metabolitos) de estas especies en asociación con otras plantas, encontrándose una significativa reducción en la actividad locomotora, coordinación motora y en el comportamiento estereotipado en ratones, con efectos terapéuticos (agente psicotrópico) en la respuesta del sistema nervioso central, constituyéndose como un recurso natural para tratamientos contra el Parkinson y la Esquizofrenia (3, 4).

Se consideran además como una rica fuente de diversas betacianinas (pigmento de coloración violeta) representando un nuevo recurso potencial de colorantes naturales, según lo reportado en el estudio realizado por el departamento de botánica y zoología de Hong Kong (5).

Las investigaciones en estas especies han sido desarrolladas en el campo de la morfología, taxonomía, ecología, sistemática (2) y actualmente en bioquímica con relación a sus potencialidades farmacológicas (4); sin embargo a nivel citogenético es muy poca la información que se tiene de estas plantas. Los estudios citogenéticos han permitido realizar valiosos aportes al conoci-

miento de los mecanismos de aislamiento reproductivo y modos de especiación en plantas, contribuyendo a la resolución de problemas taxonómicos, ofreciendo información del número básico ( $n$ ) (6).

Es necesario entonces, realizar este tipo de estudios ya que para especies de plantas con propiedades útiles para el hombre y el ecosistema como lo son *I. herbstii* e *I. retusifolia* contribuirían en proyectos futuros al mejoramiento genético y su uso adecuado. El número de cromosomas solo han sido reportados para 20 de los 65 géneros de la familia Amaranthaceae, y la mayoría de conteos son de especies del género *Amaranthus* (7).

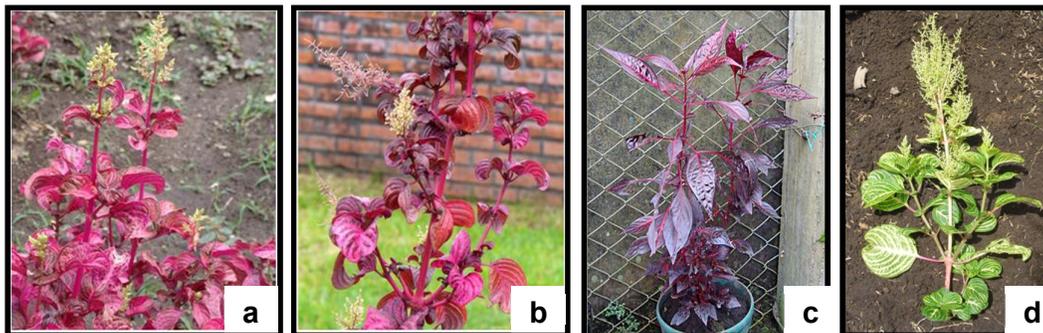
Los estudios para el género *Iresine* han sido escasos y limitados para unas pocas especies, reportándose para *I. herbstii* poliploidía de  $2n=6x=102$ ,  $n=17$  (8,9); mientras que *I. diffusa* (= *I. celosia*) ha sido reportada con  $2n = 34$  (11), sin embargo, es difícil conocer si los conteos se han realizado sobre material correctamente determinado (10). Por la anterior problemática surgió la idea de desa-

rollar este Trabajo de investigación ya que se requiere realizar un estudio a nivel citogenético para corroborar lo reportado (8, 9), ampliar el conocimiento de estas dos especies, verificar las determinaciones planteadas (1) y establecer si hay diferencias a nivel cromosómico entre especies y a nivel de morfotipos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Obtención del material vegetal.** El material biológico es procedente de la Región Andina (cordilleras central y oriental) en las ciudades de: Medellín, Bogotá, Armenia y Popayán (Figura 1).

**Obtención de tejido meristemático.** Este estudio se realizó en los laboratorios de Biología de la Universidad del Quindío y dos ensayos en el laboratorio de mejoramiento genético de CENICAFE. El tejido meristemático se obtuvo a partir de los ápices radiculares de estacas de 16-25 cm de longitud que fueron colocados en recipientes con agua (Figura 2a).



**Figura 1.** *Iresine retusifolia* Agudelo. Planta femenina procedente de Armenia (a), planta masculina procedente de Popayán (b); *Iresine herbstii* Hook. planta femenina procedente de Medellín (c), y planta masculina procedente de Bogotá (d). Fuente: Agudelo, 2008.



**Figura 2.** Estacas de *Iresine retusifolia* Agudelo e *Iresine herbstii* Hook (a). Rizogénesis de *Iresine retusifolia* (b) e *Iresine herbstii* (c).

**Estandarización del protocolo.** La estandarización del protocolo para la obtención de cromosomas metafásicos en *Iresine herbstii* e *I. retusifolia* fue realizada a partir de las técnicas descritas en citogenética vegetal, considerando cinco fases: pretratamiento, fijación, hidrólisis, coloración y montaje. Una vez establecida la hora mitótica según la metodología descrita por (11), se sometió el material colectado a un inhibidor de mitosis utilizando diferentes concentraciones (Colchicina por 2 horas ó 8-hidroxiquinolina por 4 horas) a temperatura ambiente de igual manera se realizaron algunos ensayos utilizando agua destilada a 4°C por 4 horas para acumular el mayor número de células metafásicas en el meristemo (Tabla 1). La fijación se realizó empleando la mezcla de etanol- ácido acético (3:1) a 4°C por 24 y 48 horas; después de la fijación, los ápices fueron sometidos a un proceso de hidrólisis ácida y enzimática (Tabla 2). La tinción se realizó con reactivo de Schiff a diferentes temperaturas por tiempos de 5, 7, 10 y 12 minutos en condiciones de oscuridad, siguiendo con una contra tinción con Acetocarmín por tiempos de 20-40 minutos ó con orceína acética por 15 minutos. Los cromosomas metafásicos se observaron mediante la técnica de aplastado del meristema radicular.

**Determinación del número cromosómico.** En cada uno de los ensayos se seleccionaron metafases de buena calidad y dispersión para identificar la morfología de

los cromosomas siguiendo las normas propuestas por (12,13). Se registraron las mejores metafases con una cámara Sony CyberShot, adaptada a un microscopio óptico Zeiss Axio Star Plus, utilizándose inicialmente un aumento de 10X x 10X para buscar células contables, luego a un aumento mayor 10X x 40X con el fin de seleccionar las mejores células y finalmente con el objetivo de inmersión 10X x 100X para realizar el recuento y tomar el registro fotográfico.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Rizogénesis.** El material vegetal presentó una óptima producción de ápices radiculares para los procedimientos de citogenética (Figura 2b, c). En *Iresine retusifolia* la rizogénesis se presentó en un tiempo de siete días, observándose un tamaño mayor en los ápices radiculares, que en *I. herbstii*, adicionalmente, el tiempo de emisión de raíz fue más prolongado en esta última, 9 a 10 días aproximadamente. Estas diferencias se deben probablemente a que *Iresine retusifolia* tiene:

Un comportamiento de colonización mayor y por tanto este tipo de plantas necesitan ser resistentes y de crecimiento rápido para poder sobrevivir en condiciones desfavorables.

**Tabla 1.** Pretratamientos para la inhibición de mitosis en células de ápices radiculares de *Iresine herbstii* e *Iresine retusifolia* (Amaranthaceae) según Fukui y Nakayama (1996).

PRETRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (Horas)
COLCHICINA	0.01% (T° AMB)	2
	0.05% (T° AMB)	
	0.1% (T° AMB)	
	0.5% (T° AMB)	
8-HIDROXIQUINOLINA	0.002M (T° AMB)	4
AGUA DESTILADA	4°C	4

**Tabla 2.** Tratamiento para la hidrólisis ácida y enzimática de tejido meristemático según Moscone (1990).

TRATAMIENTO	REACTIVO	CONCENTRACIÓN	TEMPERATURA	TIEMPO DE EXPOSICIÓN (minutos)
HIDRÓLISIS ÁCIDA	ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCL)	1N	60 °C	5
				10
				15
				20
HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA	PECTINASA CELULASA MACEROZIMA	1% 2% 2%	37 °C	10
				20
				30
HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA	PECTINASA CELULASA MACEROZIMA	1% 4% 3%	37 °C	35
				45

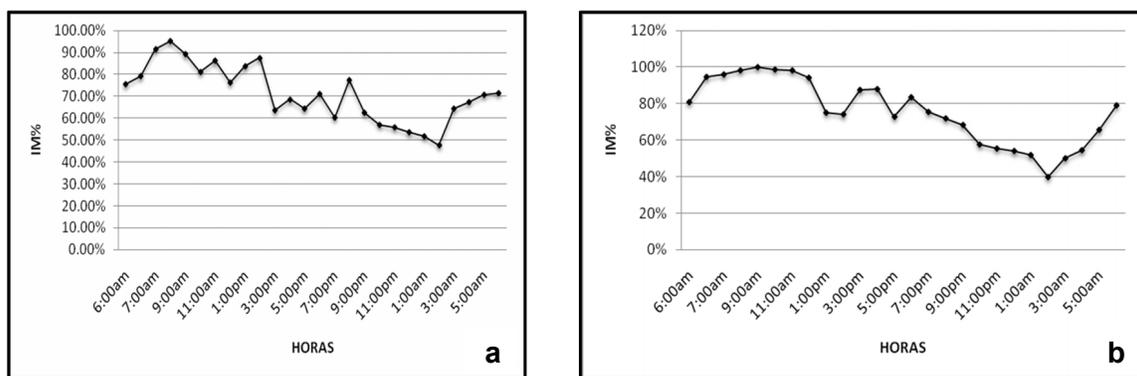
Mejores competencias para su adaptación al medio.

Un rápido desarrollo de las raíces y partes aéreas que les da mayor capacidad de absorción de agua, nutrientes, y mayor área fotosintética; siendo flexibles a las variaciones ambientales, como se explica más adelante, adaptándose a sequías o inundaciones, también a la falta de luz o espacio (14), por lo tanto el tiempo de crecimiento es un poco más rápido que en *Iresine herbstii*.

**Ciclo celular.** El Índice Mitótico (IM) total obtenido para *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*, revela que la mitosis ocupa aproximadamente un 50% del ciclo celular (Tabla 3), lo que indica un periodo de tiempo no tan prolongado para esta etapa con respecto a otras espe-

cies en las que el IM alcanza porcentajes del 80 o 90% (15, 16). Estos resultados indican que el ciclo celular de las especies aquí evaluadas son largos, característicos de especies poliploides (17,18) Con respecto al índice mitótico parcial de *Iresine herbstii* se encontró que la actividad mitótica es alta, igual al 95% entre las 8 y las 9 de la mañana, sin embargo también se presentó una alta tasa mitótica entre el 80 y 90% a las 12m, 3 y 9 pm, horas en las que se podrían recolectar ápices radiculares (figura 3a).

En *I. retusifolia* se determinó un índice mitótico de 99.99% en los periodos entre 7am a 12 m, por lo cual se estableció como la horas apropiadas para la recolecta de ápices radiculares (Figura 3b).



**Figura 3.** Secuencia del Ciclo celular de *Iresine herbstii* Hook. (a) e *Iresine retusifolia* Agudelo (b).

Por lo general, en el trópico, las horas óptimas de actividad mitótica van desde las 7 am hasta las 10:30 a 11 am, con un óptimo alrededor de las 9 ó 10 am, este rango es presentado por diversos grupos de plantas (13, 16), y es explicado por el umbral de absorción de nutrientes y agua para suplir las necesidades en las diversas rutas metabólicas, por lo cual se incrementa la división celular en los ápices radiculares, similar a lo presentado para las especies evaluadas.

No obstante, es difícil establecer una hora precisa para la recolecta de ápices radiculares, debido al comportamiento multimodal en la secuencia del ciclo celular no reportado anteriormente; sin embargo estos resultados indican que los ciclos celulares son constantes, debido a que las especies de *Iresine* tienen crecimiento rápido por su condición de plantas pioneras y herbáceas; proporcionándoles una alta eficiencia de reproducción vegetativa.

Los altos porcentajes del IM en horas de la noche encontrados para *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*, pueden explicarse porque dichas especies presentan haces vasculares tipo Kranz en el mesófilo de las hojas, especialmente en el parénquima lagunar, haces que se presumen realizan la fotosíntesis C<sub>4</sub>. Dicha ruta se caracteriza por su alta eficiencia fotosintética, mínima fotorespiración, gran capacidad para el almacenamiento de agua, fácil adaptación a condiciones edáficas pobres y ambientes con altas temperaturas y hostiles; tales características fisiológicas, le permiten a estas plantas aprovechar la baja disponibilidad de luz a fin de optimizar sus funciones fotosintéticas, estimulando a que las células se dividan permanentemente aun en horas de la noche.

**Estandarización del protocolo.** Al promediar los resultados obtenidos con el uso de los diferentes pretratamientos utilizados para la inhibición de mitosis de células de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*; se observa un índice metafásico inferior al 60% para todos los pretratamientos evaluados, excepto los realizados con colchicina al 0.5% por 2 horas y 8-Hidroxiquinolina 0.002M por 4 horas (Figura 4a), estos inhibidores bloquean la adición de las subunidades de tubulina a los extremos de los microtúbulos existentes, originando la depolimeración de los mismos y consecuentemente la no formación del huso acromático (19).

El mejor método de fijación fue el utilizado según la metodología (20); que consistió en la aplicación de una mezcla de etanol y ácido acético (3:1), por un tiempo

de 24 horas a 4°C. Un tiempo muy prolongado de fijación alteró el grado de condensación de los cromosomas afectando sensiblemente la visualización de estos y tiempos de exposición menores a las 24 horas no permitieron una adecuada observación de la estructura de los cromosomas, por la permanencia de restos citoplasmáticos que impiden la obtención de los mismos en un solo plano. Por lo tanto se estimó que la exposición al fijador debe ser de 24 horas para obtener cromosomas adecuados para estudios citogenéticos, razón por la cual se estableció este tiempo como óptimo para la fijación de ápices de las especies de *Iresine*. Después de 24 horas de fijación se presentó endurecimiento excesivo de los tejidos, que dañaron las muestras para posteriores estudios de cromosomas; se recomienda por ende, que para tiempos más prolongados de almacenamiento sean conservados en etanol 70% (21).

El tratamiento de hidrólisis con doble digestión; primero ácida, para ablandar la pared celular y posteriormente enzimática para terminar de degradar sus componentes, es sin duda una combinación ideal para obtener preparaciones de buena calidad. Una ventaja adicional de esta combinación ácido-enzima, es que se requieren, concentraciones muy bajas de las enzimas las cuales tienen un alto valor comercial, por lo que es un protocolo que reduce los costos (16).

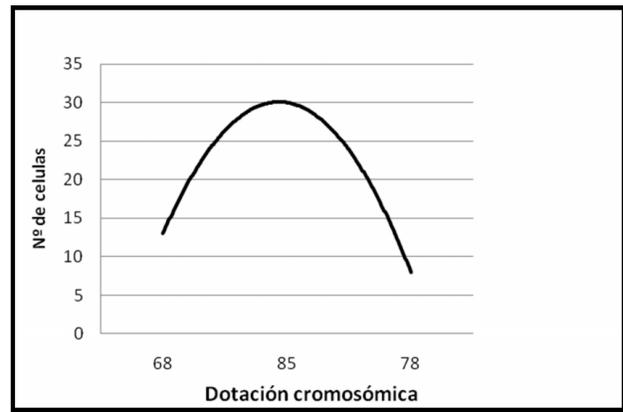
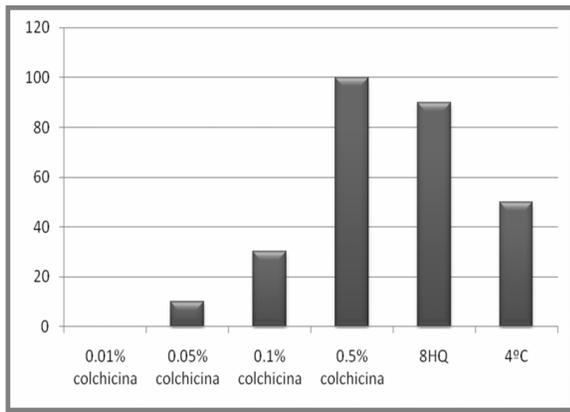
Por lo anterior se comprobó que la mejor hidrólisis en *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*, es una doble digestión; primero ácida HCL 1N por 15 minutos a 60°C y posteriormente enzimática con un coctel celulasa, pectinasa y macerozima en concentraciones 4%, 1% y 3% respectivamente, por 45 minutos a 37°C, la cual se utilizó en todos los ensayos posteriores.

El empleo del reactivo de Schiff (feulgen) por un tiempo de 7 minutos a 30°C, seguido de una contratinción con acetocarmin por 40 minutos a 30°C ó con orceina acética por 15 minutos a temperatura ambiente, permitió obtener óptimos resultados; logrando mejorar la visualización de los cromosomas de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*.

**Número cromosómico.** *Iresine herbstii* en ambos morfotipos presentó un rango de 2n= 68, 78 y 85 cromosomas, teniendo en cuenta que el número básico para el género *Iresine* es de x= 17 (8), se plantea que la especie evaluada posee una dotación tetraploide (4x) y pentaploide (5x), es decir presenta 4 y 5 copias de cada cromosoma respectivamente. La ocurrencia de este fe-

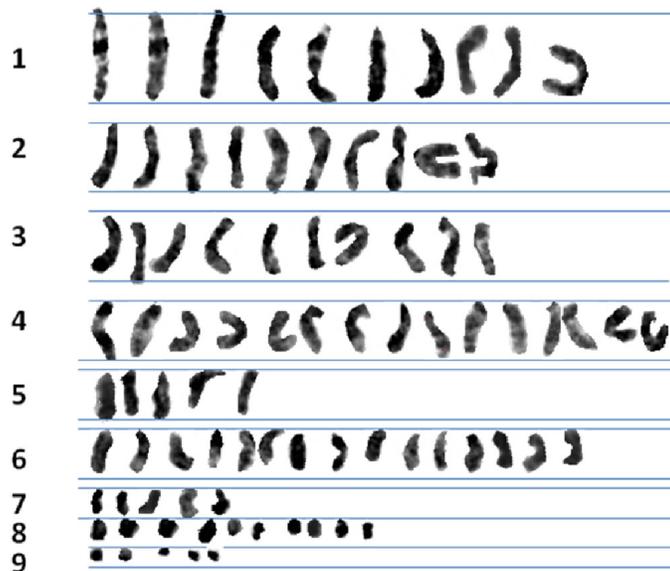
nómeno ha sido encontrado en otras especies de la familia Poaceae como *Saccharum officinarum* L. (caña de azúcar), *Erianthus* spp, *Miscanthus* spp (22), y para la familia Amaranthaceae en *Celosia argentea* L. y *Ptilotus obovatus* Gaudich. (10), definido como **mosaicismo cromosómico**, en el que se manifiestan variaciones en cuanto al número de cromosomas pertenecientes a una misma planta en incluso a un mismo tejido (22). La determinación de la dotación cromosómica para *I. herbstii* se realizó teniendo en cuenta el número de observaciones con relación al número de cromosomas contados, es decir en 13 células se contaron 68 cromosomas, en 8, 78 cromosomas y en 30 85 cromosomas (figura 4b).

El cariotipo de *Iresine herbstii*, planta masculina fue construido de acuerdo al tamaño relativo de los cromosomas ya que la resolución de las fotografías no permitió agruparlos según la posición del centrómero, debido al elevado número y tamaño reducido de los mismos el cual varió entre 0,31 y 1.77  $\mu\text{m}$  (Fig 5); Algunos autores reportan que en especies poliploides se presenta esta dificultad (23), sin embargo el tamaño cromosómico debe ser considerado en términos relativos, ya que el grado de compactación o enrollamiento puede variar, según el pretratamiento que se le realiza y al margen de error propio del proceso de medición; esta asociación dio como resultado 9 grupos, en los que se muestra el número de cromosomas según la longitud y los posibles



**Figura 4.** Índice metafásico empleando diferentes pretratamientos para el estudio de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia* (a). Relación entre el número de células metafásicas y la dotación cromosómica de *Iresine herbstii* Hook. (b).

**Grupo**



**Figura 5.** Cariotipo de *Iresine herbstii* Hook, según el tamaño relativo de los cromosomas

**Tabla 3.** Índice de fases (IF) e índice mitótico (IM) totales y duración relativa del ciclo celular de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia*.

<b>ESTADO</b>	<b>TOTAL</b>	<b>INTERFASE</b>	<b>PROFASE</b>	<b>METAFASE</b>	<b>ANAFASE</b>	<b>TELOFASE</b>
<b>FRECUENCIA</b>	23997	11353	10178	878	1031	557
<b>IF (%)</b>	100	47.31	42.41	3.65	4.29	2.32
<b>IM (%)</b>	<b>52.67</b>	<b>∑ IF (%) Profase +Metafase +Anafase+Telofase</b>				
<b>DURACIÓN (HORAS)</b>	24	11.35	10.17	0.87	1.03	0.55
	23:24'02"	11:21'	10:10'2"	52:02'	1:18'	0:33'

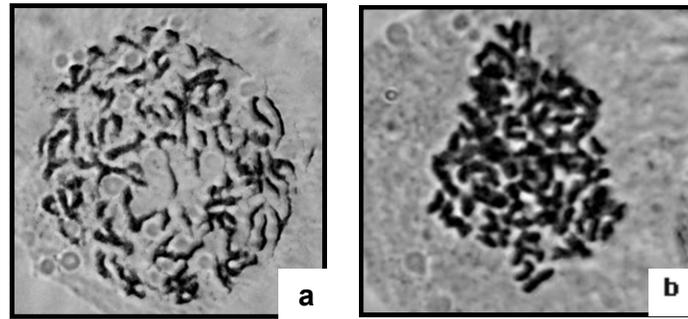
**Tabla 4.** Clasificación cromosómica de *Iresine herbstii* Hook. (a) e *Iresine retusifolia* Agudelo(b).

<b>a</b>	<b>Nº Grupo</b>	<b>Nº de cromosomas</b>	<b>Tipo de cromosomas</b>	<b>Longitud promedio (µm)</b>	<b>b</b>	<b>Nº Grupo</b>	<b>Nº de cromosomas</b>	<b>Tipo de cromosomas</b>	<b>Longitud promedio (µm)</b>
	1	10	2	1.77		1	7	1	1.45
	2	10	2	1.27		2	14	2	1.30
	3	10	2	1.16		3	14	2	1.19
	4	15	3	0.93		4	14	2	1.14
	5	5	1	0.74		5	7	1	0.95
	6	15	3	0.65		6	14	2	0.94
	7	5	1	0.58		7	21	3	0.85
	8	10	2	0.48		8	21	3	0.71
	9	5	1	0.31		9	7	1	0.63

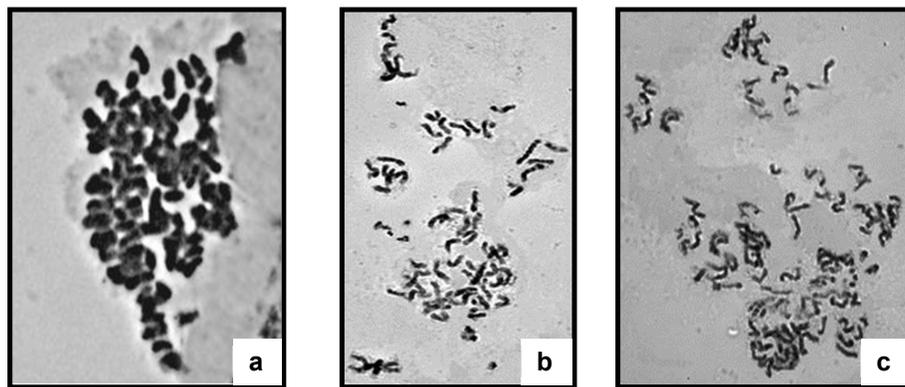
tipos de cromosomas que puedan determinarse (Tabla 4a). En las figuras 6 y 7 se presentan las imágenes de los cromosomas metafásicos observados en *I. herbstii*.

El número cromosómico de *I. retusifolia* de acuerdo a los datos obtenidos en el presente estudio corresponden a  $2n=7x=119$ , este resultado difiere con lo encontrado en 1965 (9), en el que determinaron que la ploidía es de 102 cromosomas pero hacen mención a *I. herbstii*, sin embargo otros estudios plantearon que la clasificación

taxonómica de la especie evaluada citogenéticamente no es muy confiable (10), asunto que se corrobora pues *I. herbstii* tiene un menor número de cromosomas. Este resultado permitió considerar que *I. retusifolia* es una especie heptaploide (7x); además de confirmar que constituye una especie nueva y no el morfotipo retusa el cual hacía parte de *I. herbstii* antes del estudio realizado en el 2008 (1), en el que a través de un análisis polínico, anatómico, molecular y exomorfológico se hizo dicha clasificación.



**Figura 6.** Prometafase (a) y Metafase (b) de *Iresine herbstii* Hook. planta femenina a 100x.



**Figura 7.** Metafase (a) y Prometafase (b y c) de *Iresine herbstii* Hook. planta masculina a 100x

Al igual que *I. herbstii* en esta planta no se logró hacer el cariotipo a causa de las dificultades que supone un número tan alto de cromosomas, su tamaño tan reducido que varío entre 0.63 y 1.45  $\mu\text{m}$  y la escasa diferencia morfológica entre algunas de las parejas, pero si se organizó según el tamaño relativo (Figura 8), encontrándose también 9 grupos (Tabla 4b). En la figura 9 se presenta las imágenes de cromosomas metafásicos y prometafásicos en *Iresine retusifolia*.

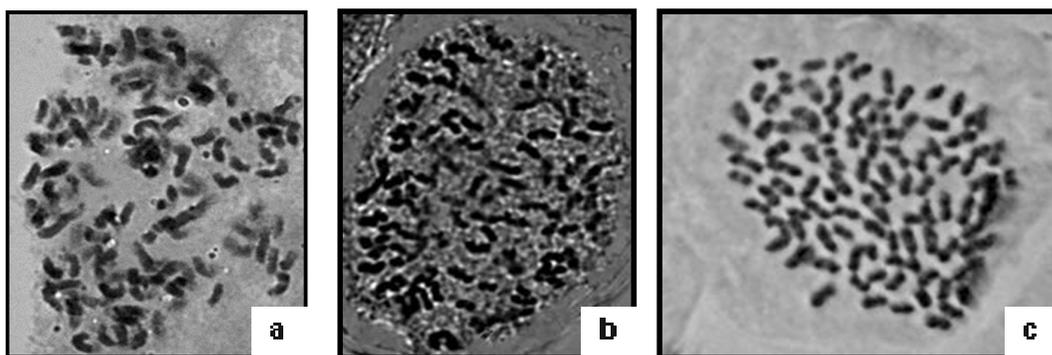
El número de cromosomas tan elevado de *I. herbstii* e *I. retusifolia* explica el porqué las células presentaron tiempos tan prolongados en interfase y profase, ya que en estas fases la célula debe transcribir genes de acuerdo a las necesidades metabólicas que ella requiera, efectúa la formación de organelas, síntesis del ADN, corrige la síntesis, inicia el condensamiento de los cromosomas y síntesis de enzimas respectivamente, por lo tanto este tiempo va a ser superior para especies poliploides que para especies con menor dotación cromosómica. Según algunos estudios la duración del ciclo celular depende del peso del genoma, cuanto mayor es la cantidad de ADN tanto mayor es la duración del ciclo celular y el

periodo de síntesis (24).

La poliploidización es un proceso, no un evento (25) y se constituye como el rasgo más conspicuo de la evolución cromosómica en las plantas Angiospermas (26). Una alta proporción de las especies de las plantas vasculares son poliploides; el 36% de las Angiospermas son poliploides, pero entre un 70 y 80% pueden presentar poliploidía en su historia evolutiva (27). En este caso podría plantearse que la población poliploide de *Iresine* derivó de la misma especie, por un proceso generador de autoploidía, pero también es posible que se originen, mediante hibridación entre especies muy relacionadas filogenéticamente; caso en el cual el resultado es de alopoliploidía. Sin embargo, la probabilidad de que sea por autoploidización es mayor porque estas especies se propagan más eficientemente por la vía vegetativa y su interacción polínica es poca e incluso nula para los morfotipos eliptifolia y variegata. Para corroborar estos planteamientos se requieren de estudios más detallados a nivel de citogenética molecular y filogenia que resuelvan dichas hipótesis.



**Figura 8.** Cariotipo de *Iresine retusifolia* Agudelo según el tamaño relativo de los cromosomas.



**Figura 9:** Metafase (a) y prometafase (b y c) de *Iresine retusifolia* Agudelo a 100x.

La aparición de series poliploides parece haber sido uno de los fenómenos más importantes en la evolución de las especies y uno de los mejor conocidos. Estas especies, han conseguido establecerse e incluso estar ampliamente distribuidas, característica que explica los ciclos multimodales y los índices mitóticos que superaron porcentajes del 80%, ya que la división celular debe ser constante para lograr una colonización rápida y eficaz. Estas ventajas adaptativas se deben a ciertas características a nivel fisiológico como presentar un aumento en el tamaño celular, una tasa de crecimiento mayor, un aumento en la duración del ciclo celular (28).

En *Iresine herbstii* e *I. retusifolia* se presentan muchas de las características anteriormente descritas, ellas tienen una amplia distribución geográfica y la variabilidad a nivel morfológico también es evidente en ellas, como por ejemplo el caso de los morfotipos de *I. herbstii*, los

cuales poseen diferencias de coloración, tipo de hojas, etc; que pueda estar determinado por el rango en el número cromosómico presentado para los dos morfotipos.

### CONCLUSIONES PRINCIPALES

El ciclo celular de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia* se caracterizó por ser largo, presentándose una mayor actividad mitótica entre las 9- 10 am en días con alta intensidad lumínica que en días lluviosos y opacos.

En *Iresine herbstii* Hook. se evidenció un comportamiento de mosaicismo cromosómico en el que el número de cromosomas varió en un rango de  $2n= 4x= 68$ ,  $78$  y  $2n = 5x= 85$  cromosomas.

Las plantas con niveles de ploidía impar presentan una mayor tendencia a la propagación vegetativa, como la

encontrada en *Iresine retusifolia* e *I. herbstii*, las cuales presentaron dotación de heptaploide  $2n=7x=119$  y pentaploide  $2n = 5x= 85$  respectivamente y su propagación raramente es sexual.

El estudio citogenético de *Iresine herbstii* e *I. retusifolia* permitió corroborar la clasificación taxonómica

realizada por Agudelo- Henao (2008b), en la que presenta a *I. retusifolia* como una especie diferente y no el morfotipo retusa que hacia parte de *I. herbstii*, con lo cual se confirma que la Citogenética además de brindar conocimiento del número, forma o tamaño de los cromosomas, ofrece información que permite dilucidar relaciones taxonómicas y filogenéticas.

## AGRADECIMIENTOS

A Nohra Rodríguez por la dirección del trabajo; Doctor Carlos Agudelo H., por toda su asesoría, por el material biológico y bibliográfico; los jurados María del Pilar Sepúlveda, Martha Lucía Bueno y Marcela Uribe; Paula Bedoya y Natalia Díaz, Ana Lucía López Directora del CIBUQ; Centro de documentación, Herbario Universidad del Quindío (HUQ), Programa de Biología y Laboratorio de Biología de la Universidad del Quindío; Doctor Juan Carlos Herrera y Gloria Camayo de CENICAFE.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agudelo H, C. A. Sistemática del complejo *Iresine diffusa* e *I. herbstii* para Colombia. Depto de Biología, Universidad del Valle, Tesis doctoral. Inédita 2008; 425 p.
2. Agudelo H, C. A. Revisión taxonómica de *Amaranthaceae* de Colombia. Revista de la asociación Colombiana de Herbarios ACH 1999; 5: 9-18.
3. De Feo V., Capasso A, De Simona F, Sorrentino L. CNS Pharmacological Effects of Aqueous Extract from *Iresine herbstii*. *Pharmaceutical Biology* 1996; 34 (3): 184 – 188.
4. Nencin C., Cavallo F, Bruni G, Capasso A, De Feo C. Affinity of *Iresine herbstii* and *Brugmansia arborea* extracts on different cerebral receptors. *Journal of Ethnopharmacology* 2006; 105, (3): 352-357.
5. Corke H., Cai Y, Sun M. Identification and Distribution of Simple and Acylated Betacyanins in the *Amaranthaceae*. *J. Agric. Food Chem* 2001; 49 (4): 1971 -1978.
6. Poggio L., Naranjo, C. Cytogenetics of some species and natural hybrids in *Prosopis* (*Leguminosae*). *Canadian Journal of Genetics and Cytology* 1975; 17: 253-262.
7. Robertson K. The genera of *Amaranthaceae* in the southeastern united status. *J. Arnold Arbor* 1981; 62 (3):281-308.
8. Covas G., Hunziker J.. Estudios Cariológicos en Antófitas. IV. *Rev. Invest. Agric* 1954; 249-253.
9. Sharma A., Banik M. Cytological investigation of different genera of *Amaranthaceae* with a view to trace their relationship. *Bull Bot Soc Bengal* 1965; 19: 40-50.
10. Eliasson U. *Amaranthaceae*. In: G. Harling & L. Andersson (Eds.). *Fl. Ecuador* 1987; 28:1-138.
11. Talledo C., Escobar C, Alleman V. Introducción al análisis cromosómico en vegetales. Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.; 1993.
12. Levan A., Freda K, Sandberg A. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. *Hereditas* 1964; 52: 201-220.
13. Ackerman W. Genetic and Cytological Studies with *Camellia* and Related Genera. Agricultural Research Service U.S.D.A. Technical 1971; 142 (7): 79-83.

14. Arbo M. Morfología de plantas vasculares (Poliploidía). Fecha: 23/ noviembre/2009. Disponible en: <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema9/92mitosis.htm#POLIPLOIDIA>
15. Matos A., Molina J. Estudio citogenético de células radicales de Aloe vera L. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 1997; 14:173-182.
16. Rodríguez N., Bueno M. Estudio de la Diversidad Citogenética de Physalis peruviana L. (Solana-ceae). Tesis Pregrado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá Colombia 2004.
17. Talledo D., Escobar C. El Ciclo Celular en Vegetales. Su estudio, importancia y aplicaciones. Bio-tempo 1995; 2: 13-31.
18. Swanson C., Merz T, Yuong W.. The chromosome in division, inheritance and evolution. Segunda edición. Prentice Hall, INC., Englewood Cliffs. New Jersey. U.S.A 1981; 304 p.
19. Darnell J. Molecular Cell Biology. Scientific American Books. Inc.; 1986.
20. Sharma K, Sharma A. Chromosome Techniques: Theory and Practice. 3th Edition. London: But-terworths & Co.; 1980.
21. Fukui F, Nakayama S. Plant Chromosomes. Laboratory Methods. New York: CRC Press Inc., 1996.
22. Portieles R., Rodríguez R, Hernández I Determinación del Número cromosómico de un grupo de clones silvestres de origen desconocido y clones de fundación del complejo Saccharum. Cultivos Tropicales 2002; 23 (2): 69-72.
23. Aguilar S.B. Caracterización molecular de Rubus spp. En el eje cafetero- Colombia. Tesis de Maes-tría en Biología Vegetal. Universidad del Quindío, Universidad Tecnológica de Pereira. Universidad de Caldas.; 2006.
24. Ivanov V. B.. Contenido de ADN nuclear y velocidad de desarrollo de las plantas. Ontogenes. T 1978; 9: 39-53.
25. De Wet J. Origins of Polyploids. In: Polyploidy, Biological Relevance. Levis W. (Ed.). New York. Plenum Press 1980; 3-16.
26. Stebbins G. L. Chromosomal evolution in higher plants. London, ed. Edward Arnold Ltda. 216p.; 1971.
27. Averett J. Polyploidy in plant taxa. Summary. In: Lewis Walter H. Ed. Polyploidy: Biological rele-vance. New York. Plenum Press.; 1981.
28. Rees H. DNA in higher plants. Brookhaven symposia in Biology 1972.; 23: 394 -418.