



UNIVERSIDAD DE ORIENTE  
NÚCLEO DE SUCRE  
ESCUELA DE CIENCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

CITOGÉNÉTICA DE *Eclipta alba* (L.), *Pluchea carolinensis* (Jacq.) Y  
*Wedelia fruticosa*  
(Jacq.) (Asteraceae).  
(Modalidad: Investigación)

YUSMARY JOSEFINA SALAZAR COVA

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Cumaná, 2008

CITOGENÉTICA DE *Eclipta alba* (L.), *Pluchea carolinensis* (Jacq.)  
Y *Wedelia fruticosa* (Jacq.) (Asteraceae).

APROBADO POR:

---

Prof. Hernán Cequea  
ASESOR

---

JURADO

---

JURADO

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
LISTA DE TABLAS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	v
RESUMEN .....	vi
INTRODUCCIÓN .....	1
METODOLOGÍA .....	8
Estudio Mitótico .....	8
Determinación de la Fertilidad del Polen .....	9
Estudio Meiótico.....	10
RESULTADOS .....	13
Cariotipos de las Especies .....	13
Análisis Meiotico.....	14
Fertilidad.....	15
DISCUSIÓN .....	28
Mitosis .....	28
Meiosis.....	30
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA .....	35
ANEXO .....	40

## **DEDICATORIA**

A:

Mi dios todo poderoso por darme lo más valioso LA VIDA.

Mi madre que aunque no se encuentra entre nosotros siempre me dio el apoyo y el aliento necesario para culminar esta meta.

Mi padre por darme fuerza y aliento para seguir adelante.

Mis hermanos por ser lo más grande que tengo y han estado presentes en las buenas y en las malas.

Mis adorados sobrinos Miguel Alejandro y Jesús Adrián quienes ocupan un lugar muy importante en mi vida.

Todos muchas gracias....

## **AGRADECIMIENTO**

A:

El profesor Hernán Cequea por su paciencia, colaboración en el desarrollo de este trabajo, y por haberme brindado su confianza y amistad.

Mis amigos José Lozada, Alejandra García y Luisana Morey, por siempre estar presente en todo momento y brindarme el apoyo necesario.

Carolina y Rubén Marín al igual que a su familia por haberme alentado y ayudado a seguir adelante.

La señora Beltrana por abrirme las puertas de su casa y hacerme sentir en familia.

Todos los que de alguna u otra manera contribuyeron en la culminación de este trabajo.

Gracias...

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Complemento haploide (n) de <i>Pluchea carolinensis</i> . .....	16
Tabla 2. Números Observados (Obs) De Círculos (Oii) Y Cadenas (Cii) Bivalentes En Diacinesis De <i>Eclipta Alba</i> , <i>Pluchea Carolinensis</i> Y <i>Wededia Fruticosa</i> Usando El Método No Aleatorio (Na). .....	17
Tabla 3. Porcentaje De Fertilidad Del Polen De <i>Eclipta Alba</i> , <i>Pluchea Carolinensis</i> Y <i>Wededia Fruticosa</i> . .....	17

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cromosomas mitóticos de <i>P. carolinensis</i> . a. Complemento cromosómico. .....	15
Figura 2. Cromosomas mitóticos de <i>W. fruticosa</i> . La barra representa 1,8 $\mu\text{m}$ .....	16
Figura 3. Meiosis I de <i>E. alba</i> . a. Diacinesis. b. Metafase I. c. Anafase I. d. Telofase I. La barra representa 2,85 $\mu\text{m}$ . ....	18
Figura 4. Meiosis II de <i>E. alba</i> a. Profase II b. Metafase II c. Anafase II. d. Telofase II e. Estado de tétrada. La barra representa 2,85 $\mu\text{m}$ .....	19
Figura. 5. Anormalidades de <i>E. alba</i> . a. Anafase II con dos cromosomas separados de los grupos de cromosomas (flechas). La barra representa 2,09 $\mu\text{m}$ . ....	20
Figura. 6. Meiosis I de <i>Pluchea carolinensis</i> . a. Paquiteno. b. Diploteno. c. Diacinesis. d. Metafase I. e. Telofase I. La barra representa 3,80 $\mu\text{m}$ .....	21
Figura. 7. Meiosis II de <i>P. carolinensis</i> . a. Profase II. b. Telofase II. c. Estado de tétrada. La barra representa 3,80 $\mu\text{m}$ .....	22
Figura. 8. Anormalidades de <i>P. carolinensis</i> . a-b. Anafase II con rompimiento de puentes dicéntricos (flechas). c. Telofase II con rompimiento de puentes dicéntricos (flecha). d. Tétrada con dos microsporas. La barra representa 2,47 $\mu\text{m}$ . 23	
Figura. 9. Meiosis I de <i>W. fruticosa</i> . a. Diploteno. b. Diacinesis. c. Metafase I. d. Telofase I. La barra representa 3,42 $\mu\text{m}$ .....	24
Figura 10. Meiosis II de <i>W. fruticosa</i> . a. Profase II. b. Metafase II. c. Telofase II. d. Estado de tétrada. La barra representa 2,85 $\mu\text{m}$ . ....	25
Figura. 11. Anormalidad de <i>W. fruticosa</i> . a. Estado de tétrada con cinco microsporas. La barra representa 3,23 $\mu\text{m}$ . ....	26
Figura 12. Granos polen de <i>W. fruticosa</i> . Grano de polen normal. b. Grano de polen anormal. c. Granos de polen normales y anormales. d. Granos de polen de diferentes tamaños. La barra representa 11,85 $\mu\text{m}$ .....	27

## RESUMEN

El análisis citogenético de las plantas de *Eclipta alba*, *Pluchea carolinensis* y *Wedelia fruticosa* colectadas en Cumaná, Estado Sucre y sus alrededores, se realizó mediante el método de aplastamiento, coloreando los cromosomas mitóticos y meióticos con orceina FLP al 1,5%, con el objetivo de determinar las características morfológicas de los cromosomas mitóticos tales como: la longitud del brazo corto y largo, longitud total y número de cromosomas de las especies en estudio, utilizando 25 células mitóticas obtenidas de los ápices radicales. También fueron seleccionados 30 meiocitos de los primordios florales para el análisis de la meiosis I y II. *E. alba* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 22$  constituido por 7 pares de cromosomas de región media (m) y 4 pares de región submedia (sm). *P. carolinensis* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 20$  constituido por 8 pares de cromosomas de región media (m) y 2 pares de región submedia (sm). *W. fruticosa* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 26$  constituido por 6 pares de cromosomas de región media (m) y 7 pares de región submedia (sm). La longitud total de los cromosomas mitóticos de estas especies osciló entre  $0,9 \mu\text{m}$  y  $3 \mu\text{m}$ . *P. carolinensis* y *W. fruticosa* mostraron células madres del polen con una serie de configuraciones meióticas anormales, tales como: cromosomas retrasados en anafase II, rompimientos de puentes dicéntricos en anafase y telofase II; estado de tétrada con 2, 4 y 5 microsporas, las cuales causaron una reducción de la fertilidad de un 100% a 52,20% en *P. carolinensis* y 89,54% en *W. fruticosa*. La presencia de estas configuraciones cromosómicas anormales en estas especies pueden ser debidas probablemente a una inversión paracéntrica y pequeñas translocaciones. Los bivalentes presentaron uno y dos quiasmas y se ajustaron desde el punto de vista estadístico al método de apareamiento normal de los cromosomas en paquiteno y a la distribución no aleatoria de los quiasmas. La presencia de estas anomalías permiten sugerir que los cambios principales que han ocurrido en la evolución de estas especies a través del tiempo, han sido las inversiones paracéntricas y pequeñas translocaciones.

## INTRODUCCIÓN

La familia Asteraceae agrupa a hierbas anuales o perennes, arbustos o pequeños árboles, trepadoras y plantas acuáticas con una amplia distribución en Europa, América del Norte, México, Antillas y América del Sur. Los géneros pertenecientes a esta familia se encuentran ampliamente distribuidos en las regiones tropicales y subtropicales de Sur América. A nivel mundial, se han reportado, hasta ahora, 1 535 géneros con 25 000 especies aproximadamente, de los cuales, 210 géneros y 760 especies se encuentran en la Guayana Venezolana, con 98 especies endémicas (Pruski, 1991).

La mayoría de las especies de esta familia poseen un extraordinario valor económico por presentar, entre otros aspectos, semillas utilizadas para la fabricación de aceite, *Helianthus annuus* (girasol), además flores de gran belleza y de vistosos colores, entre las cuales cabe mencionar: *Dahalias* sp. (dalia), *Chrysanthemum horforum* (crisantemo), *Hlichrysum bractetum* (botón de oro), *Senecio confusus* (jalisco), *Bellis perennis* (margarita), así como sustancias orgánicas, *Synedrella nodiflora* (deshinchadora o colmillo de puerco), *Vernonia cinerea* (palotal), *Ambrosia cumanensis* (artemisa), *Tithonia diversifolia* (árnica) (Aristeguieta, 1964; Lindorf *et al.*, 1981).

Las plantas de la familia Asteraceae, por lo general, presentan flores pequeñas, hermafroditas, unisexuales o neutras, agrupadas fuertemente en inflorescencias especiales denominadas capítulos o cabezuelas; hojas alternas u opuestas (raras veces verticiladas), simples o varias veces divididas, con estípulas ausentes, el fruto es un aquenio, coronado por lo general por el cáliz persistente (papus) (Aristeguieta, 1964).

Esta familia ha sido objeto de diversos estudios taxonómicos y anatómicos, debido a la gran similitud y distribución que poseen las especies. Además, los análisis fotoquímicos han demostrado una gran fuente de productos naturales con propiedades biológicas (Crescente *et al.*, 1992; Marcano, 2003; Petera *et al.*, 2006; Brito *et al.*, 2006).

Los estudios citogenéticos realizados en la familia han indicado un número básico de cromosomas que varía de  $x = 2$  y  $x = 72$ . Los tipos de cromosomas observados son monocéntricos: metacéntricos (M y m), también denominados cromosomas de punto medio y región media, submetacéntricos (sm) o cromosomas de región submedia y telocéntricos que son cromosomas que presenta su centrómero en la región terminal (t y T), cuyo tamaño oscila entre  $1\mu\text{m}$  y  $10\mu\text{m}$ . Además, los análisis citogenéticos se han utilizado para determinar las configuraciones meióticas que han sido aplicados a los estudios de taxonomía y sistemática, con el fin de encontrar diferencias entre especies muy relacionadas a través del análisis de los híbridos o de ubicación taxonómica dudosa, así como determinar los cambios principales que han ocurrido en la evolución de las mismas (Stebbins *et al.*, 1953; Cequea, 1985; Dematteis y Fernández, 1998; Otero, 2002).

El cariotipo es el aspecto morfológico del complemento cromosómico observado en la metafase de la mitosis, el cual puede ser constante para los individuos de la misma especie. Sin embargo, varía en los individuos de especies diferentes de un mismo género dependiendo del número y tamaño de los cromosomas, actividad céntrica, proporción de los brazos, posición de las constricciones secundarias y satélites y cantidad total de ADN; tales cambios son debidos a la asimetría de los cariotipos que pueden ser causados por las aberraciones cromosómicas, tales como: deficiencias, duplicaciones, inversiones, translocaciones y aneuploidía, las cuales se detectan a través de los análisis de los cromosomas mitóticos y meióticos (Gupta,

1969; Jackson, 1971; Kulshreshtha y Gupta, 1979; Cequea, 1985; Otero, 2002; Cequea *et al.*, 2003, 2006).

En los heterocigotos, las inversiones y translocaciones son eventos importantes en el proceso de la meiosis, porque disminuyen tanto la frecuencia de recombinantes como la fertilidad de los organismos, debido a la formación de productos meióticos con deficiencias o duplicaciones de genes. Las inversiones han demostrado que son causantes de esterilidad en las plantas, porque producen gametos genéticamente anormales. En tal sentido, el grado de esterilidad depende del número de cromátidas que intervienen y del sitio de ocurrencia de la recombinación entre un segmento normal y uno invertido de cromosoma dentro o fuera del asa de inversión. Al igual que las inversiones, las translocaciones tienen un efecto más pronunciado en la esterilidad de las plantas, porque originan gametos inviables con duplicación y deficiencia de genes en los cromosomas como también la formación de multivalentes en la profase I de la meiosis produciendo gametos con  $n+1$  y  $n-1$  cromosomas (Ayala y Kiger, 1980; Russell, 1990; Griffiths *et al.*, 1999).

Durante la inversión, el cromosoma se rompe en dos sitios diferentes y el segmento resultante involucrado en el evento se une nuevamente en los sitios anteriores, pero de una forma invertida, provocando cambios de la secuencia de los genes en el cromosoma **(Griffiths *et al.*, 1999)**.

El cariograma nos permite verificar el número, tipo y tamaño de los cromosomas, además suministra información de los posibles cambios que han ocurrido en uno o varios cromosomas a través de bandeo de cromosomas en una especie en particular, o en un grupo de especies relacionadas genéticamente, pertenecientes a un mismo género (Sevillano *et al.*, 1997).

Los cromosomas son estructuras alargadas formados por ADN y proteínas, en donde los organismos poseen almacenada su información genética, los cuales se colorean uniformemente durante su fase mitótica y meiótica con colorantes nucleares como la orceína, la fucsina básica y el carmín. Uno de los métodos más comunes para el estudio de los cromosomas metafásicos, consiste en someter a los tejidos en constante división mitótica a una solución de colchicina para desprender las fibras del uso mitótico y poder obtener la separación individual de los mismos (Stebbins, 1971; Hienz, 1975; Lindorf *et al.*, 1981; Avers, 1991).

El análisis del cariotipo en las especies de un mismo género y sus híbridos permiten conocer los posibles cambios que han ocurrido durante la evolución de los cromosomas en las especies involucradas, como pudo observarse en los cariotipos de *Machaeranthera tagetina*, *M. tanacetifolia*, *M. aquifolia*, *M. viscida* y sus híbridos *M. tagetina x M. aquifolia*, *M. tanacetifolia x M. aquifolia* y *M. viscida x M. aquifolia* de la familia Asteraceae, los cuales mostraron un considerable grado de homología entre los cromosomas y además los híbridos fueron fenotípicamente intermedios entre las especies; por otro lado, los cambios morfológicos que presentaron las especies estuvo relacionado con cambios similares en el cariotipo (Cequea, 1985).

El estudio del cariotipo en la familia Asteraceae ha sido una herramienta valiosa en la diferenciación de especies que presentan características muy similares en la flor, cali, corola, androceo y gineceo, así como también en el tipo, número y tamaño de los cromosomas como se evidencia en *Ornithogalum tevilium*, *O. kochiide* y en las especies pertenecientes al género *Medicago* que presentan cromosomas metacéntricos característicos de cariotipos simétricos (Azzoui *et al.*, 1990; Falistocco y Falcinelli, 1993).

Tomando en cuenta el tipo y tamaño de los cromosomas se ha logrado demostrar la similitud en los cariotipos de *Sternbergia lutea* y *S. simula* en donde

el primer par es metacéntrico con una proporción de los brazos de 1,23  $\mu\text{m}$  y 1,18  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, en *S. simula*, el segundo par de cromosomas es submetacéntrico con un promedio de los brazos de 2,28  $\mu\text{m}$  y 2,81  $\mu\text{m}$ , siendo los demás subtlocéntricos y acrocéntricos (Yuzbasioglu y Duman, 1997), así como se observó también en *Tridax procumbens*, *Vernonia cinerea* y *Sinedrella nodiflora* donde el tamaño de sus cromosomas osciló entre 0,70  $\mu\text{m}$  y 7,50  $\mu\text{m}$ , respectivamente, corroborándose que estas características observadas en estas especies pueden ser utilizadas para diferenciarlas genéticamente (Otero, 2002).

Así como el tipo y tamaño de los cromosomas son imprescindibles en el estudio de cariotipo también debe ser tomado en cuenta el número, porque a través de esta característica podemos conocer los cambios principales que han ocurrido en la evolución de un grupo de especies como se demostró en 190 conteos realizados a la tribu Heliantheae para los géneros *Adenothamnus*, *Chysogonum*, *Enceliopsis*, *Guardiole*, *Isocarpha*, *Lipochaeta*, *Otopappus* y *Ogedea*, donde *Adenothamnus* presentó un número bajo de cromosomas en relación con los demás, así como también una serie de aneuploidías en *Chysogonum*. En *Enceliopsis* se corroboró el número básico de cromosomas con un rango de 8 a 12, el cual había sido reportado previamente en esta tribu (Solbrig *et al.*, 1972).

En otros estudios de cariotipo del género *Vernonia* en Sur America, *Vernonia cinta* y *V. scorpoides* difieren en el número cromosómico, así como en la fórmula cariotípica; en donde *V. Scorpoides* presentó  $2n = 66$  y *V. cinta*  $2n = 60$  (Ruas *et al.*, 1991; Dematteis y Robinson, 1997; Dematteis, 1998). Por otro lado, en el análisis cromosómico de *Microphylla chaentanthera* se evidenció la presencia de un cromosoma asimétrico y un complemento haploide de  $8mt + 4st$ , siendo el coeficiente de longitud entre el igual más largo y el corto (R) de 2,15 (Baeza y Schrades, 2005). Estos hallazgos demuestran la gran variación desde el punto de vista citogenético en las especies de esta familia.

En Sur-América, específicamente en Venezuela, los géneros de la familia Asteraceae se encuentran representados por numerosas especies que presentan entre otros aspectos características comunes en la flor, hojas, fruto, por lo que se hace necesario un estudio citogenético que ayude a la separación de las especies tomando en cuenta el número, tipo y tamaño de los cromosomas, así como también la presencia de aberraciones cromosómicas que nos indique los posibles cambios que han ocurrido durante su evolución (Cequea, 1985). Algunas de las especies de estos género son usadas normalmente por sus pobladores para la elaboración de remedios caseros como son: *Agerantum conyzoides* (curia), *Ambrosia cumanensis* (artemisa), *Chromalaena odorata* (quebra-quebra), *Eclipta alba* (combolala), *Hebeclinium macrophyllum* (ojo de gato), *Heleniu amarun* (manzanilla), *Matricharia chamomilla* (manzanilla), *Pluchea carolinensis* (salvia), *Pluchea ovalis* (salvia), *Pluchea sagittalis* (salvia), *Pollalesta condensata* (zamura), *Sphadneticola trilobata* (flor de perro), *Tagetes erecta* (clavel de muerto), *Tithonia diversifolia* (arnica) (Marcano, 2003; Amegnona *et al.*, 2005).

*Eclipta alba*, *Pluchea carolinensis* y *Wedelia fruticosa* representan hierbas y arbustos, con hojas compuestas, sésiles y lanceoladas; poseen inflorescencia de 1–3 cabezuelas dispuestas en el ápice de las ramas; con papus formados por setas y tallos redondeados, pilosos, doblados hacia arriba. Las características morfológicas y anatómicas de estas especies en el país ya han sido estudiadas (Aristeguieta, 1964; Steyermark *et al.*, 1997; Marcano, 2003).

En vista de que *E. alba*, y *P. carolinensis* poseen propiedades medicinales y *W. fruticosa* es de importancia ornamental con una gran propagación en el oriente del país, y a la escasa información desde el punto de vista genético de las mismas, se realizó este estudio con la finalidad de determinar número, tipo y tamaño de los cromosomas mitóticos; distribución de los quiasmas en los bivalentes en al etapa de diacinesis de la profase I de la meiosis; el comportamiento de los cromosomas en

meiosis I y II; y finalmente determinar los cambios cromosómicos que hayan ocurrido durante la evolución de estas especies para complementar los estudios morfológicos y anatómicos, y así tener una información más amplia de estas especies que pudieran usarse para estudios genéticos y sistemáticos.

## METODOLOGÍA

Las poblaciones de *E. alba*, *W. fruticosa* y *P. carolinensis*, fueron colectadas en la ciudad de Cumaná y alrededores, Estado Sucre, Venezuela durante el año 2004.

Para realizar el presente estudio se colectaron frutos maduros de cada especie. Posteriormente se seleccionaron semillas sanas, en las cuales se consideró tamaño, forma, color y textura. Seguidamente fueron sumergidas en agua destilada y solución de Hoaglands (1:1), hasta la ocurrencia de la germinación. Las semillas germinadas con un embrión bien desarrollado, de aproximadamente 1,5 cm de longitud, fueron sembradas en cestas plásticas perforadas de 30 x 20 x 8 cm de tamaño contentivas de una mezcla de tierra y arena (3:1) y expuestas a la luz solar hasta que las raíces emergieron por los orificios de las cestas, para ser utilizadas en el análisis mitótico. Posteriormente, 20 plántulas de aproximadamente 10 cm de longitud fueron seleccionadas y cada una fue transplantada en una bolsa de polietileno de 6 kilos que contenía una mezcla de arena, tierra y abono en una proporción de 1:1:1 y mantenidas en un invernadero hasta el estado de floración para ser utilizadas en el análisis meiótico y determinación de la fertilidad del polen.

### **Estudio Mitótico**

Una vez que los ápices radicales emergieron a través de los orificios de las cestas, se colectaron entre 8:30 AM y 8:45 AM, lapso durante el cual ocurre la mayor actividad mitótica, seguidamente fueron colocados en una solución de 8-hidroxiquinolina al  $0,004 \text{ mol l}^{-1}$  por tres horas, para desprender las fibras del huso acromático. Luego se fijaron en etanol 95% y ácido propiónico 100% (3:1), durante 72 horas, finalmente, fueron transferidos a una solución de etanol 70% y guardados en la nevera a una temperatura de  $10^\circ \text{ C}$  hasta el momento de su uso.

Para la observación de los cromosomas metafásicos al microscopio de luz, los ápices radicales fueron hidrolizados en HCl  $1 \text{ mol l}^{-1}$  durante 20 minutos, a

temperatura ambiente, lavados con agua destilada, durante 10 minutos, y coloreados con orceína FLP al 1,5% (ácido fórmico 20%, ácido láctico 80%, ácido propiónico 99% y agua destilada en una proporción de 1:1:1:1) durante 5 minutos y, finalmente, colocados en un portaobjetos para la aplicación de la técnica de aplastamiento (Cequea, 1985).

En el análisis mitótico de cada especie fue determinado el número y la medida de los cromosomas en observaciones realizadas de 25 células metafásicas. En cada una de las células, se determinó la longitud total del cromosoma (c) y la longitud relativa del brazo largo (L) y del brazo corto (S). Así se localizó el centrómero ( $r = L/S$ ) para clasificar los tipos de cromosomas según el método de Levan *et al.* (1964).

### **Determinación de la Fertilidad del Polen**

Para el análisis de la fertilidad del polen se utilizaron 20 flores de cada especie en anthesis temprana. Las flores fueron sacudidas sobre un portaobjetos con una aguja de disección para utilizar el polen, el cual fue coloreado con Búfalo Black NBR al 1% (1 g de Búfalo Black en FLP caliente, enfriado a temperatura ambiente y filtrado). Posteriormente, los granos de polen fueron observados y medidos con un micrómetro ocular adaptado al microscopio de luz en donde los granos de polen de tamaño normal y citoplasma coloreado uniformemente de azul intenso fueron considerados normales; en cambio, los granos de polen de menor tamaño que el normal, coloreados de azul claro, fueron considerados anormales. Para determinar el porcentaje de fertilidad se contaron 500 granos de polen por cada flor, calculando el porcentaje de fertilidad de cada planta aplicando la siguiente formula:  $\% F = N^{\circ} \text{ de GPN} / N^{\circ} \text{ TGP}$ , donde % F: Porcentaje de fertilidad, N° de GPN: número de granos de polen normales y N° TGP: número total de granos de polen.

## **Estudio Meiótico**

Para los cromosomas meióticos se utilizaron los primordios florales de plantas adultas, colectados entre 1:00 PM y 1:30 PM, los cuales fueron fijados en etanol: ácido propiónico (3:1) durante 72 horas y conservados en etanol 70% bajo refrigeración hasta el momento de realizar el análisis.

Las anteras obtenidas de los primordios florales fueron colocadas con una solución de orceína 1,5 % FLP y finalmente aplastadas para la observación de las diferentes fases de la meiosis I y II.

En la etapa de diacinesis de la profase I se utilizaron 12 células como mínimo por especie, con la finalidad de determinar el número de círculos y cadenas bivalentes y univalentes y calcular el promedio de quiasmas por célula. Posteriormente, se observaron los cromosomas en anafase I y II, para detectar las posibles aberraciones cromosómicas. También se determinó el número de microsporas en el estado de tétradas derivadas de cada célula madre del polen (CMP).

Las láminas seleccionadas para el análisis de los cromosomas mitóticos y meióticos fueron sumergidas en nitrógeno líquido por un minuto con el objetivo de remover el cubreobjetos; posteriormente, las láminas se lavaron con ácido propiónico al 45% para eliminar el agua presente; una vez secas a temperatura ambiente, se les agregó una gota de bálsamo de Canadá haciendo el mismo proceso con el cubreobjetos con la finalidad de hacer las láminas permanentes.

Posteriormente fueron identificadas las fases de la meiosis I y II y determinados los complementos cromosómicos de *E. alba*, *P. carolinensis* y *W. fruticosa*. Las muestras fueron fotografiadas con una cámara digital Sony acoplada al microscopio de luz, guardadas en formato JPG de alta resolución de la computadora, y editadas en

el programa fotoimpacto 10 con la finalidad de realizar el ordenamiento de los cromosomas y elaboración de los cariogramas, así como también, mostrar las diferentes fases de la meiosis, y las configuraciones características de aberraciones cromosómicas.

A las configuraciones meióticas observadas en la etapa de diacinesis, se le aplicaron las ecuaciones de Jackson (1984).

$oII = (Cx-n) \times N^\circ$  de células,  $cII = n-(Cx-n) \times N^\circ$  de células, donde:  $oII$  = bivalente con dos quiasmas,  $cII$  = bivalente con un quiasma,  $Cx$  = promedio de los quiasmas por célula,  $n$  = número básico de cromosomas.

Estas ecuaciones permiten determinar en los organismos diploides el número de círculos y cadenas bivalentes esperados, cuando hay un mínimo de un quiasma y un máximo de dos quiasmas por bivalente, siempre y cuando, los bivalentes tengan un apareamiento normal y una distribución no aleatoria (NA) de los quiasmas, y el promedio de quiasmas por célula tenga un valor de  $P$  mayor a 0,5, siendo  $P+Q = 1$  y los univalentes sean raros y no predecibles, donde:  $P$  = presencia de quiasmas (número de quiasmas por célula dividido por el número máximo de quiasmas) y  $Q$  = ausencia de quiasmas

Finalmente, a las configuraciones meióticas observadas en diacinesis, se les aplicó una prueba Ji-cuadrado de Sokal y Rohlf (1969), para determinar si estas configuraciones observadas se ajustan a las esperadas de acuerdo al método no aleatorio para cada especie.

Los ejemplares de *E. alba*, *P. carolinensis* y *W. fruticosa* fueron corroborados taxonómicamente mediante la comparación hecha con muestras clasificadas y

depositadas en el herbario “Isidro Ramón Bermúdez Romero” (IRBR) de la Universidad de Oriente.

## RESULTADOS

### Cariotipos de las Especies

*Eclipta alba* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 22$ . El complemento haploide esta constituido por 7 cromosomas de región media y 4 de región submedia. Los cromosomas mitóticos en las células metafásicas analizadas se presentaron superpuestos lo que no permitió identificar los cromosomas individualmente y por lo tanto elaborar el cariograma. Sin embargo, los tipos de cromosomas de esta especie fueron corroborados con las configuraciones cromosómicas observadas en diacinesis (Fig. 3a).

*Pluchea carolinensis* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 20$  (Fig. 1a) representado en el cariograma de la figura 1b. La Tabla 1 muestra que el complemento haploide está constituido por 8 pares de cromosomas de región media y 2 pares de región submedia con un rango de longitud de 2 a 4  $\mu\text{m}$ . En ciertas células metafásicas fue posible observar la presencia de una constricción secundaria en algunos cromosomas.

*Wedelia fruticosa* presentó un complemento cromosómico de  $2n = 26$  (Fig. 2). El complemento haploide esta constituido por 6 cromosomas de región media y 7 de región submedia con un tamaño de 0,9  $\mu\text{m}$  a 1,5  $\mu\text{m}$ . El estado de condensación de los cromosomas en metafase fue muy débil lo que impidió observarlos con mayor nitidez.

## **Análisis Meiotico**

El análisis meiótico en *E. alba* fue completamente normal en la mayoría de las fases (Figs. 3 a-d y 4 a-e) excepto en anafase II en donde se pudo observar la presencia de 2 cromosomas separados de los grupos de cromosomas (Fig. 5c). En el estado de tétrada se observaron células madres del polen con 4 microsporas. Las configuraciones meióticas observadas en diasinesis fueron: 4(7oII, 4cII), 8(5oII, 6cII), 8(4oII, 7cII) y 8(3oII, 8cII). El promedio de quiasmas por célula fue de 15,428. Los valores de P y Q fueron 0,7013 y 0,2987, respectivamente. Al comparar las configuraciones meióticas observadas con las esperadas, de acuerdo con el método de no aleatoriedad (NA), se obtuvo un valor de Ji cuadrado de cero (Tabla 2).

El análisis meiótico en *P. carolinensis* fue normal en la mayoría de las fases (Figs. 6 a-e y 7 a-c), excepto en anafase y telofase II. En anafase II y telofase II se observó el rompimiento de un puente dicéntrico en cada uno de los dos grupos de cromosomas en 8 células de 20 analizadas (Fig. 8 a-b ). También en telofase II se observó el rompimiento de un puente dicéntrico en 3 células de 12 analizadas (Fig. 8 c). En el estado de tétrada se observaron 6 células con 2 microsporas y 50 con 4 microsporas. Las configuraciones meióticas observadas en diasinesis fueron: 4(8oII, 2cII), 4(3oII, 7cII) y 4(2oII, 8cII). El promedio de quiasmas por célula fue de 14,33. Los valores de P y Q fueron: 0,7167 y 0,2833, respectivamente. Al comparar las configuraciones meióticas observadas con las esperadas, de acuerdo con el método de no aleatoriedad (NA), se obtuvo un valor de Ji cuadrado de cero (Tabla 2).

El análisis meiotico en *W. fruticosa* fue completamente normal en todas las fases (Figs. 9 a-d y 10 a-d). En el estado de tétrada se observaron 4 microsporas en 60 células analizadas y 6 células con 2 microsporas (Fig. 11a). Las configuraciones meióticas observadas en diacinesis fueron: 16(6oII, 7cII), 8(5oII, 8cII), 12(4oII,

9cII), 4(3oII, 10cII) y 8(2oII, 11cII). El promedio de quiasmas por célula fue de 17,417. Los valores de P y Q fueron 0,6699 y 0,3301, respectivamente. Al comparar las configuraciones meióticas observadas con las esperadas, de acuerdo con el método de no aleatoriedad (NA), se obtuvo un valor de Ji cuadrado de cero ( $P > 0,05$ ; Tabla 2).

### Fertilidad

El porcentaje promedio de fertilidad para *E. alba*, *P. carolinensis*, y *W. fruticosa* fue de 96,07%, 52,20% y 89,54%, respectivamente (Tabla 3). El rango de fertilidad en *E. alba* fue de 42,10% a 98,58%, en *P. carolinensis* de 40,05% a 86,95% y en *W. fruticosa* de 72,69% a 96,61%.

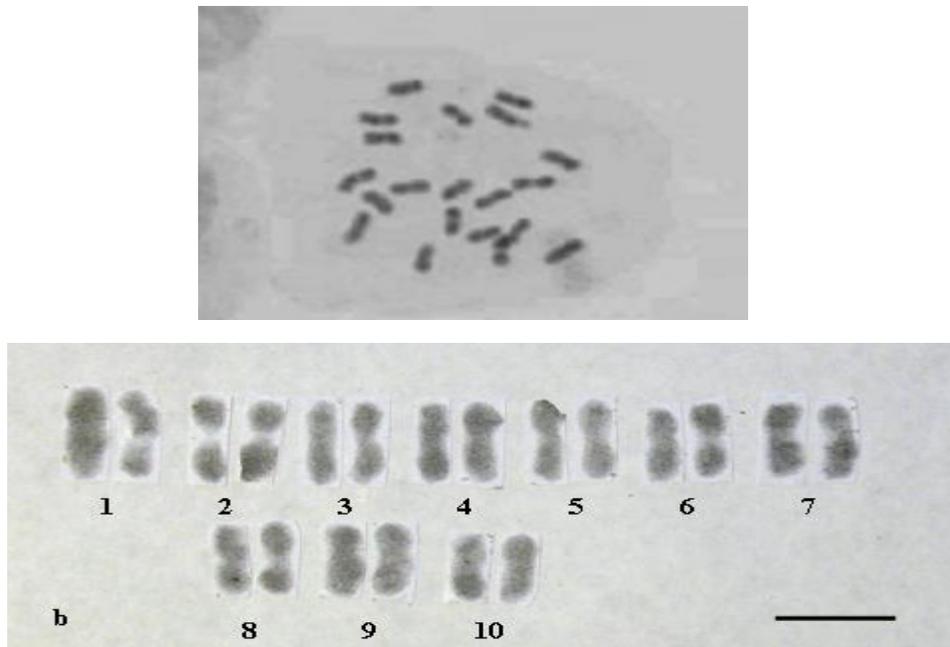


Figura 1. Cromosomas mitóticos de *P. carolinensis*. a. Complemento cromosómico.

Tabla 1. Complemento haploide (n) de *Pluchea carolinensis*.

Cromosoma	l ( $\mu\text{m}$ )	s ( $\mu\text{m}$ )	c ( $\mu\text{m}$ )	r = (l/s)	Tipo de Cromosoma
1	2,25	1,05	3,30	2,14	sm
2	1,80	1,20	3,00	1,50	m
3	1,73	1,42	3,15	1,22	m
4	2,10	1,83	3,93	1,15	m
5	2,00	1,50	3,50	1,33	m
6	1,76	1,23	2,99	1,43	m
7	1,94	1,41	3,35	1,37	m
8	2,06	1,31	3,37	1,57	m
9	1,68	1,31	2,99	1,28	m
10	1,87	0,93	2,80	2,01	sm

l: longitud del brazo largo; s: longitud del brazo corto; c: longitud total; r: relación del brazo largo y corto del cromosoma; m: cromosoma de región media; sm: cromosoma de región submedia.

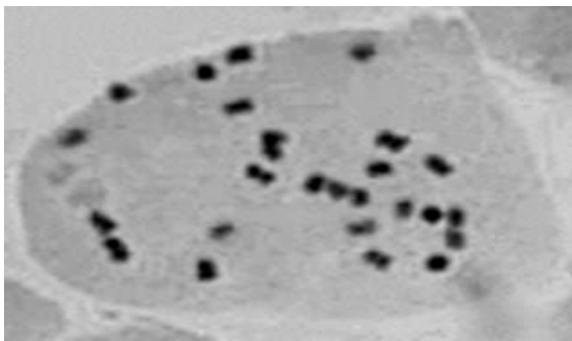


Figura 2. Cromosomas mitóticos de *W. fruticosa*. La barra representa 1,8  $\mu\text{m}$ .

Tabla 2. Números Observados (Obs) De Círculos (Oii) Y Cadenas (Cii) Bivalentes En Diacinesis De *Eclipta Alba*, *Pluchea Carolinensis* Y *Wedelia Fruticosa* Usando El Método No Aleatorio (Na).

Especie	Número de		p	oII	cII	X <sup>2</sup>
	células					
<i>Eclipta alba</i>	28	0,7013	Obs	124	184	0
			NA	124	184	
<i>Pluchea carolinensis</i>	12	0,7167	Obs	52	68	0
			NA	52	68	
<i>Wedelia fruticosa</i>	48	0,6699	Obs	212	412	0
			NA	212	412	

Tabla 3. Porcentaje De Fertilidad Del Polen De *Eclipta Alba*, *Pluchea Carolinensis* Y *Wedelia Fruticosa*.

Especie	Número de		Número de
	granos de polen	% de fertilidad del polen	
<i>Eclipta alba</i>	5 135	96,07	20
<i>Pluchea carolinensis</i>	2 550	52,20	20
<i>Wedelia fruticosa</i>	3 015	89,54	20

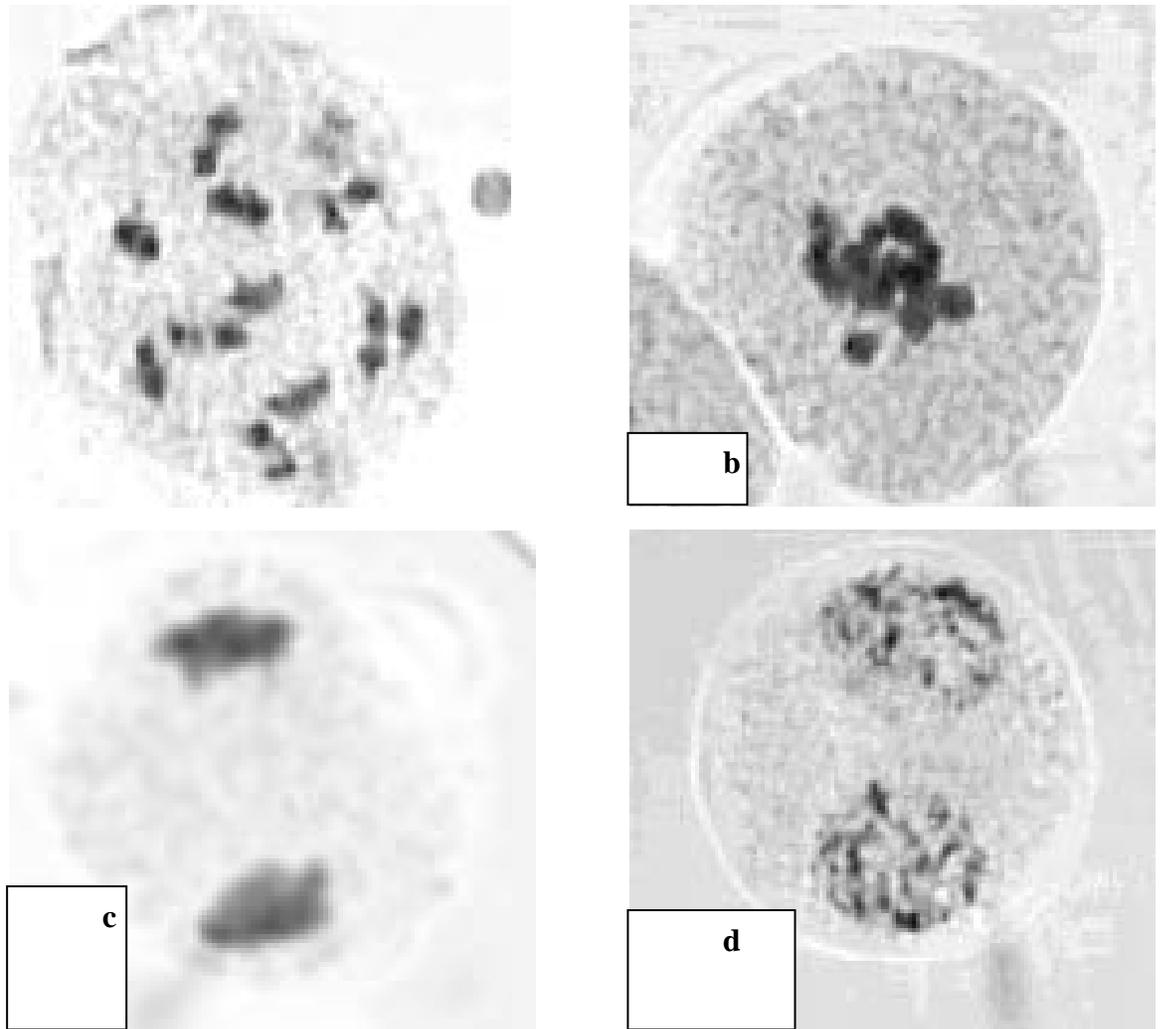


Figura 3. Meiosis I de *E. alba*. a. Diacinesis. b. Metafase I. c. Anafase I. d. Telofase I. La barra representa 2,85  $\mu\text{m}$ .

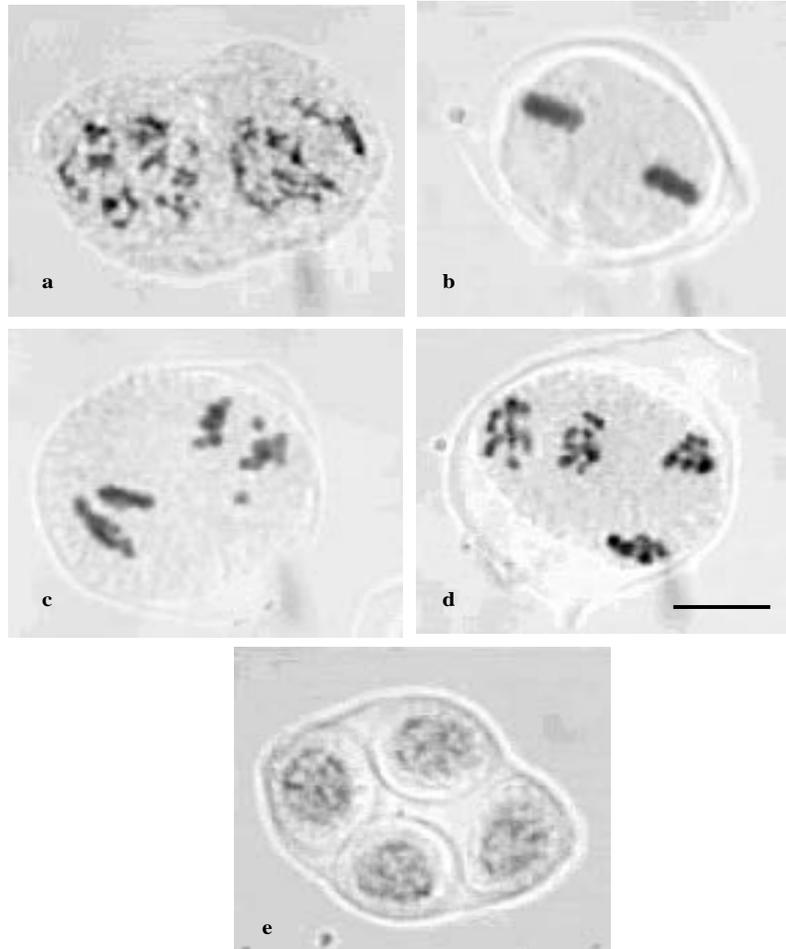


Figura 4. Meiosis II de *E. alba* a. Profase II b. Metafase II c. Anafase II. d. Telofase II e. Estado de tétrada. La barra representa 2,85  $\mu\text{m}$ .

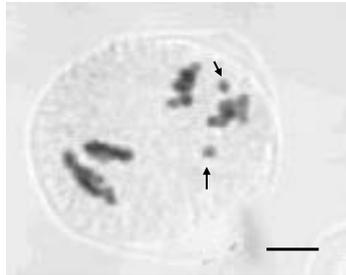


Figura. 5. Anormalidades de *E. alba*. a. Anafase II con dos cromosomas separados de los grupos de cromosomas (flechas). La barra representa 2,09  $\mu\text{m}$ .

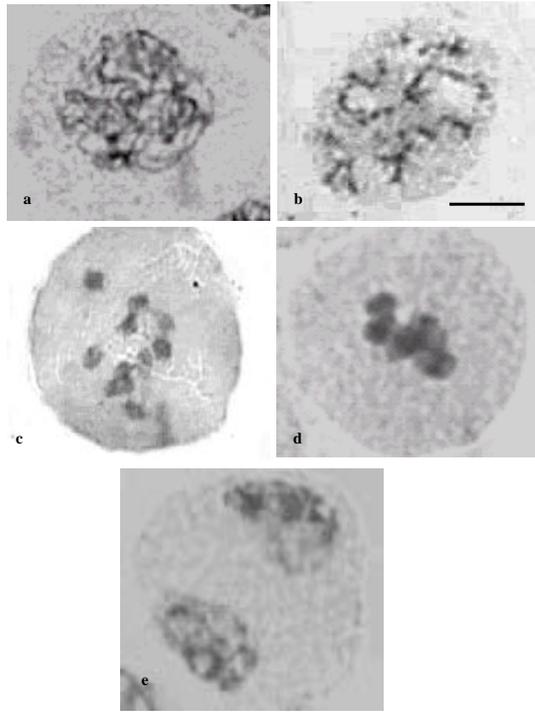


Figura. 6. Meiosis I de *Pluchea carolinensis*. a. Paquiteno. b. Diploteno. c. Diacinesis. d. Metafase I. e. Telofase I. La barra representa 3,80  $\mu\text{m}$ .

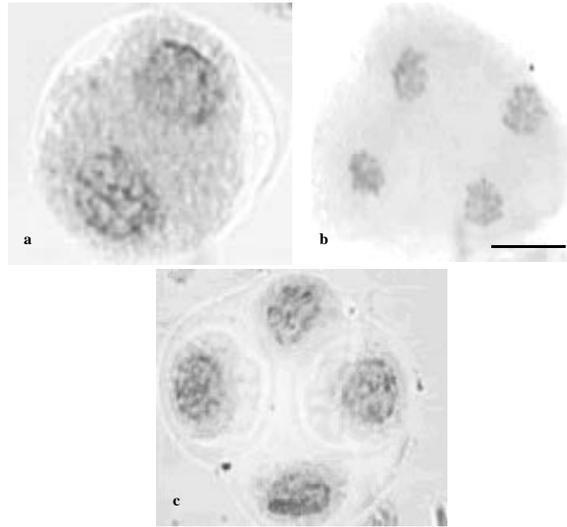


Figura. 7. Meiosis II de *P. carolinensis*. a. Profase II. b. Telofase II. c. Estado de tétrada. La barra representa 3,80  $\mu\text{m}$

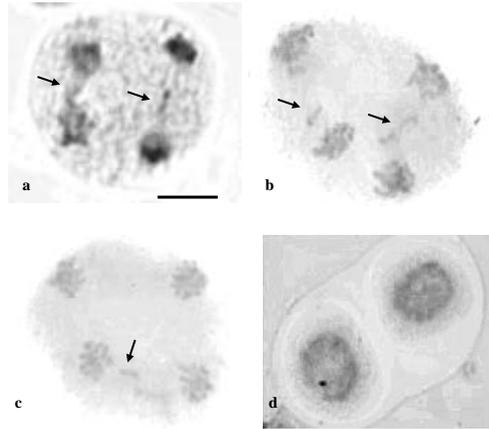


Figura. 8. Anormalidades de *P. carolinensis*. a-b. Anafase II con rompimiento de puentes dicéntricos (flechas). c. Telofase II con rompimiento de puentes dicéntricos (flecha). d. Tétrada con dos microsporas. La barra representa 2,47  $\mu\text{m}$ .

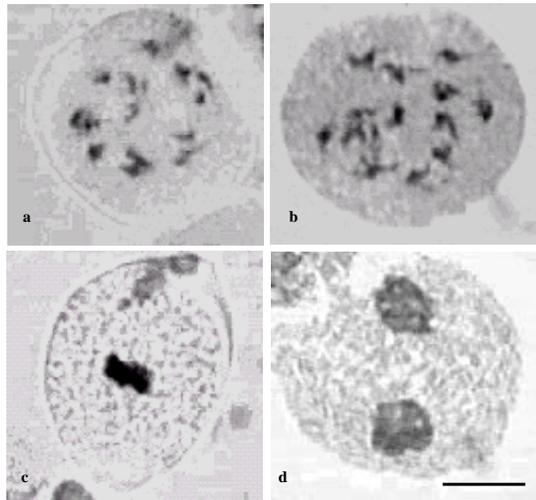


Figura. 9. Meiosis I de *W. fruticosa*. a. Diploteno. b. Diacinesis. c. Metafase I. d. Telofase I. La barra representa 3,42  $\mu\text{m}$ .

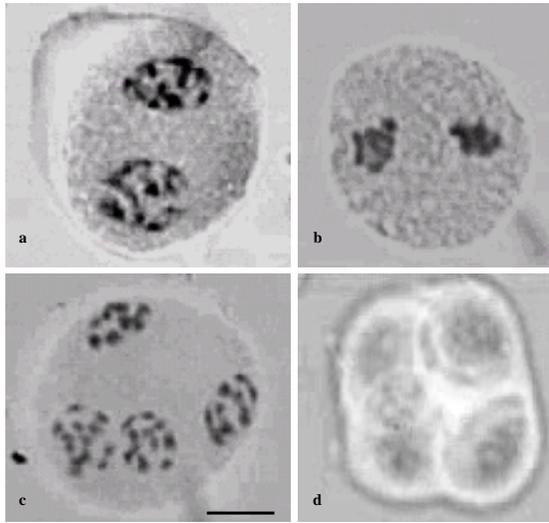


Figura 10. Meiosis II de *W. fruticosa*. a. Profase II. b. Metafase II. c. Telofase II. d. Estado de tétrada. La barra representa 2,85  $\mu\text{m}$ .

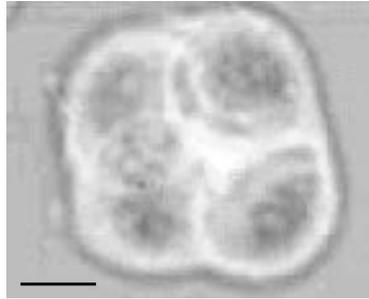


Figura. 11. Anormalidad de *W. fruticosa*. a. Estado de tétrada con cinco microsporas. La barra representa 3,23  $\mu\text{m}$ .

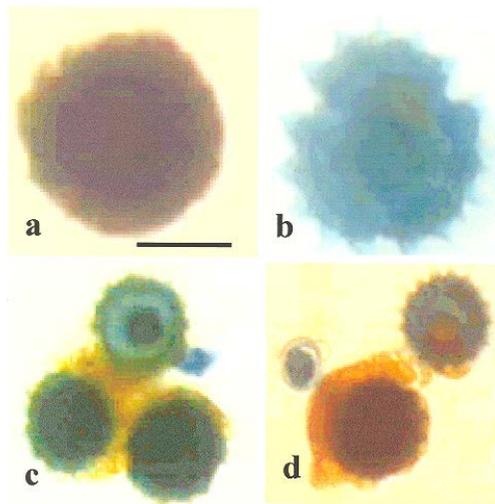


Figura 12. Granos polen de *W. fruticosa*. Grano de polen normal. b. Grano de polen anormal. c. Granos de polen normales y anormales. d. Granos de polen de diferentes tamaños. La barra representa 11,85  $\mu\text{m}$ .

## DISCUSIÓN

### Mitosis

El número de cromosomas en *P. carolinensis* (Jacq.) ( $2n = 20$ ) se corresponde con el número de cromosomas previamente reportado para esta especie (Ching-I *et al.*, 1998); mientras que el número de cromosomas para *E. alba* ( $2n = 22$ ) y *W. fruticosa* ( $2n = 26$ ) es la primera vez que se reporta en este trabajo.

Al comparar la morfología de los cariotipos de *E. alba* (7 m, 4 sm), *P. carolinensis* (8 m, 2 sm) y *W. fruticosa* (6 m, 7 sm) se observa una diferencia en el tamaño total y un número variable de cromosomas de región media y submedios, características de los cariotipos simétricos. La presencia de cariotipos simétricos es común en los géneros de la familia Asteraceae (Jackson, 1962). Los cromosomas m y sm presentan dos brazos y generalmente cada uno de éstos es formado por la unión de centrómeros de dos cromosomas telocéntricos o acrocéntricos. Mediante este mecanismo el número de brazos (el número fundamental, FN) permanece constante, aunque cambia el número básico. Esta reducción de cromosomas por la formación de los tipos m y sm es bien conocido y frecuente en varios grupos de animales, particularmente insectos, roedores y organismos marinos (White, 1954; Wahrman y Sahavi, 1958; Wahrman *et al.*, 1969; Bianchi y Bianchi, 1969) y en plantas gimnospermas en la familia Podocarpaceae y especialmente en el género *Lycoris* perteneciente a la familia Amaryllidaceae (Darlington, 1963). En consecuencia, los cariotipos de estas especies que difieren con respecto al número básico y la longitud total de los cromosomas, puede explicarse asumiendo el incremento en la asimetría del cariotipo a través de inversiones pericéntricas, transposiciones centrales y translocaciones desiguales (Stebbins, 1971; Jackson, 1973).

Mediante el análisis de los cariotipos de *E. alba*, *P. carolinensis* y *W. fruticosa* no se distinguió con exactitud la presencia de constricciones secundarias y satélites. Sin embargo, en el análisis meiótico en profase I, se pudo observar claramente la presencia de un nucléolo, lo que corrobora que en las células somáticas diploides los dos nucléolos se fusionan para formar uno solo de mayor tamaño. Probablemente, la dificultad en observar constricciones secundarias y satélites sea causada por la condensación de estos cromosomas por efecto de la colchicina durante la metafase y que la constricción secundaria sea del mismo diámetro que las regiones adyacentes a los brazos del cromosoma. Sin embargo, los cromosomas pudieron distinguirse individualmente en las células, pero fue imposible hacer el cariograma de *E. alba* y *W. fruticosa* debido a la gran condensación de los mismos.

En conclusión, los cariotipos de estas especies se caracterizan por presentar cromosomas m y sm, con un tamaño que varía entre 0,54  $\mu\text{m}$  y 4  $\mu\text{m}$ . Estos tipos y tamaño de los cromosomas se corresponden con los reportados para otras especies de la familia Asteraceae (Jackson, 1965; Gupta, 1969; Mathew y Mathew, 1976, 1982; Cequea, 1985; Dematteis y Fernández, 1998).

De acuerdo a los tipos de cromosomas observados, se podría inferir que muchas de las especies de los géneros de esta familia presentan un ancestro común y su diferenciación cromosómica, ha ocurrido principalmente a través de las inversiones pericéntricas o transposiciones centrales.

El cambio más frecuente de un cromosoma tipo "M" a un tipo "sm" o viceversa, puede ocurrir por una ruptura a ambos lados del centrómero y el segmento invertido se fusiona nuevamente en las rupturas anteriores, pero de una forma invertida, dicho evento es característico de una inversión pericéntrica (Ayala y Kiger,

1980; Russell, 1990; Griffiths *et al.*, 1999). También se puede originar por una ruptura ocurrida a ambos lados del centrómero y una adicional ocurrida en uno de los dos brazos de un cromosoma tipo “M”, “m” o “sm”, en donde el centrómero puede unirse en la ruptura adicional, originando un tipo de cromosoma diferente como consecuencia de una transposición central. Si el cambio en la posición del centrómero es consecuencia de una inversión pericéntrica, debería formarse una asa de inversión en paquiteno de la profase I de la meiosis. Por otro lado, si ocurre una transposición central no se esperarían cambios en la secuencia de los genes y el apareamiento en paquiteno sería normal, excepto en la región de los centrómeros (Jackson, 1973).

## **Meiosis**

En *E. alba* y *P. carolinensis*, el apareamiento y separación de los cromosomas fueron normales en meiosis I excepto en anafase I, pero en meiosis II se observó una serie de configuraciones meióticas anormales tales como: cromosomas retrasados y rupturas de puentes dicéntricos (Figs. 5a, 8a-c). La presencia de los cromosomas retrasados en anafase II y telofase II pueden ser el resultado de una disyunción anormal. Sin embargo, la presencia de puentes dicéntricos es el resultado de una recombinación simple en la región próxima al centrómero y otra recombinación simple en el asa que incluye tres cromátidas en paquiteno, produciendo un cromosoma en forma de asa, un fragmento acéntrico y un cromosoma normal en anafase I (McClintock, 1938; Cequea, 2003, 2006). En anafase II, cuando ocurre la división del centrómero del cromosoma en asa y los resultantes se dirigen a los polos, se forma un puente dicéntrico, que al romperse originó dos cromosomas con deficiencia o duplicación de genes terminales, trayendo como consecuencia la formación de un 50% de polen no balanceado genéticamente (anexo 1).

En consecuencia, cuando ocurren estas configuraciones cromosómicas en anafase I, II y telofase II se producen granos de polen genéticamente no balanceados

de diferentes tamaños, reduciendo la fertilidad de 100% de las plantas. En *P. carolinensis*, el promedio de fertilidad observada (52,20%), posiblemente sea el resultado de estas configuraciones cromosómicas anormales, o a la ausencia del huso acromático tanto en la primera como en la segunda división meiótica, para originar células madres del polen con un número variable de microsporas. La presencia de 2 microsporas en el estado de tétrada, es debido a una disyunción anormal de los cromosomas durante la anafase II.

*E. alba* y *W. fruticosa*, a diferencia de *P. carolinensis*, presentaron una meiosis normal con un promedio de fertilidad de 96,07% y 89,54% en lugar de 100%. Probablemente, la disminución de la fertilidad en estas especies pudo ser causada por pequeñas inversiones paracéntricas y translocaciones que ocurren con cierta frecuencia en algunos bivalentes que no pudieron ser detectadas a través del análisis microscópico.

*W. fruticosa* tuvo un desarrollo normal en todas sus fases meióticas (Figs. 9 y 10), sin embargo, se observaron células madres del polen con cinco microsporas, la quinta microspora pudo ser el resultado del fragmento acéntrico producto de inversiones paracéntricas heterocigotas ocurridas durante la meiosis (anexo 1). El porcentaje de fertilidad observado en esta especie, puede ser debido a la selección artificial que se ha hecho, ya que es ampliamente utilizada como planta ornamental en parques y jardines por su belleza, resistencia a enfermedades y a la carencia de agua en la estación seca. En el presente estudio se pudo corroborar que *P. carolinensis*, *E. alba* y *W. fruticosa* mostraron diferencias en cuanto a número, tamaño y clasificación de los cromosomas lo que sugiere que dichas especies no se encuentran relacionadas

genéticamente y cuyos orígenes divergen; permitiendo confirmar que son especies diferentes, desde el punto de vista taxonómico y genético, pero sin embargo, presentan cromosomas  $m$  y  $sm$  de diferentes tamaños, características comunes de los géneros de la familia Asteraceae.

*E. alba*, *P. carolinensis* y *W. fruticosa* mostraron bivalentes en diacinesis; posteriormente, al aplicar el método de no aleatoriedad (Jackson, 1984) sobre las configuraciones meióticas observadas, se comprobó que el número de bivalentes en forma de círculos y cadenas observados y esperados resultaron iguales. Al aplicar la prueba de Ji-cuadrado a las configuraciones cromosómicas observadas y esperadas dio como resultado un valor de cero, con una probabilidad mayor a 0,05 (Tabla 2), permitiendo confirmar estadísticamente que los bivalentes presentaron de uno a dos quiasmas y que estos ocurren en sitios específicos de los bivalentes.

La ocurrencia de la recombinación en sitios específicos de los bivalentes puede ser de gran ventaja en estas especies principalmente, si las inversiones ocurren con ciertas frecuencias, porque genes separados en el mismo cromosoma pueden ahora estar ubicados uno al lado de otro, confiriéndoles a sus portadores una mejor adaptación (Stebbins, 1971). Posteriormente, al ocurrir la recombinación en estos sitios, probablemente se transmitirán a los demás individuos de la población incrementando la variabilidad genética.

Si las inversiones paracéntricas se producen con frecuencia en las especies de esta familia, es de esperar el reordenamiento de genes y la producción de genotipos con diferentes valores adaptativos, que originarían individuos de gran adaptabilidad. Esto explicaría, la amplia distribución que tienen estas especies en varios continentes.

En conclusión, las configuraciones meióticas observadas en anafase I, II y telofase II, son características de las inversiones paracéntricas, las cuales cambian el

orden de los genes en los brazos de los cromosomas, originando nuevas combinaciones de genes que pueden resistir los rigores de la meiosis y los cambios ambientales. Esta hipótesis fue demostrada en *Drosophila*, donde se ha observado que individuos con combinaciones de genes diferentes, responden significativamente a distintos ambientes que a través del tiempo han evolucionado creando mecanismos de aislamiento reproductivo que impiden el Flujo normal de genes entre ellos, creando la formación de subespecies y especies diferentes (Jackson, 1985).

De acuerdo al estudio citogenético realizado en *E. alba*, *P. carolinensis*, y *W. fruticosa*, los principales cambios que han ocurrido en la diferenciación de las mismas han sido las inversiones, como se ha demostrado en otros estudios citogenéticos en diferentes especies de esta familia (Cequea, 1985; Otero, 2002).

## CONCLUSIONES

*Pluchea carolinensis* Jacq. presentó un complemento cromosómico de  $2n = 20$  constituido por 8 pares de cromosomas de región media (m) y 2 pares de región submedia (sm). *Wedelia fruticosa* Jacq. presentó un complemento cromosómico de  $2n = 26$  constituido por 6 pares de cromosomas de región media (m) y 7 pares de región submedia (sm) y *Eclipta alba* L. presentó un complemento cromosómico de  $2n = 22$  constituido por 7 pares de cromosomas de región media (m) y 4 pares de región submedia (sm).

Los cromosomas de estas especies presentan cromosomas “m” y “sm” con un tamaño que varió entre  $0,9 \mu\text{m}$  y  $4 \mu\text{m}$  comunes en la familia Asteraceae.

En meiosis se observaron configuraciones cromosómicas, tales como: cromosomas retrazados en anafase II, rompimientos de puentes dicéntricos en anafase y telofase II, estado de tétrada con 2, 4 y 5 microsporas, características de las inversiones paracéntricas heterocigotas.

La fertilidad observada varió entre 52,20% y 96,07%.

Las configuraciones cromosómicas observadas en la etapa de diacinesis de la profase I de la meiosis, se ajustaron al sistema genético de apareamiento normal de los cromosomas en paquiteno y a la distribución no aleatoria de los quiasmas.

De acuerdo al estudio citogenético realizado en estas especies se puede inferir que los cambios ocurridos para su diferenciación han sido las inversiones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amegnona, A.; Kodso, A.; Kwashie, E.; Koffi, A. y Messanvi, G. 2005. Efectos del extracto enólico de raíces de *Pluchea ovalis*. *Blacpma*, 4(3):52-59.
- Aristeguieta, L. 1964. *Flora de Venezuela*. Editorial Taller Gráficos Universitarios. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Avers, C. 1991. *Biología Celular*. Grupo editorial Iberoamérica. Segunda edición. México.
- Ayala, F. y Kiger, J. 1980. *Modern Genetics*. The Benjamín / Cummings Publishing company, Inc. Menlo Park, California.
- Azziou, O.; Moret y Guern, M. 1990. Karyotypes and G-banded of some *Ornithogalum* L. species in North Africa. *Cytologia*, 55: 125-134.
- Baeza, C. y Schrades, O. 2005. Análisis del cariotipo y detección de los genes 5s y 18s / 25s r ARN en *Chaentanthera microphylla* (Cass). Hook. ET. ARN (Asteraceae). *Guayana Bot.*, 62(1): 47- 49.
- Bianchi, N. y Bianchi, M. 1969. Origin of the pattern of chronology of chromosome replication in vertebrates. *Genetics*, 1: 233-242.
- Brandham, P. 1969. Inversion heterozygosity and subchromatid exchange in *Agave stricta*. *Chromosome* 26: 270-286.
- Brito, S.; Crescente, O.; Fernández, A. y Coronado, A. 2006. Eficacia de un ácido kaurinico extraído de la planta Venezolana *Wedelia trilobata* (Asteraceae) contra *Leishmania* (viannia) *braziliensis*. *Biomedica*, Vol. 26, Suppl. 1.
- Cequea, H. 1985. Estudio citogenético de los híbridos F1 de cinco especies de *Machaeranthera* (Compositae). *Acta Científica Venezolana*, 36: 265-279.
- Cequea, H.; Díaz de Cequea D.; Imery, J. y Nirchio M. 2003. Cytogenetic study of paracentric inversions in *Tridax procumbens* (Compositae). *Cytologia*, 68(4): 329-333.

- Cequea, H.; Diaz, D. y Imery, J. 2006. Identification of paracentric inversions in *Capsicum annuum* (Solanaceae). *Cytologia*, 71(4): 325-330.
- Ching-I, P.; Chih-Huei, C.; Wen-Pen, L. y Hsih-Fu, Y. 1998. *Pluchea* Cass. (Asteraceae: Inuleae) in Taiwan. *Bot. Bull. Acad.*, 39: 287-297.
- Crescente, O.; Acosta, M.; Mesa, D.; Estaba, A.; Romero, R. y Herrera, J. 1992. Aislamiento y caracterización de la naturaleza química de los compuestos con actividad biológica de la especie *Baccharis trinervis*. II Congreso Científico Universidad de Oriente. Guatamare, Isla de Margarita.
- Darlington, C. 1963. *Chromosome botany and the origins of cultivated plants*. Hafner Publishing Co., New York, and George Allen and Unwin, London.
- Dematteis, M. y Fernández, A. 1998. Karyotypes of seven South American species of *Vernonia cinerea* (Asteraceae). *Cytologia*, 63: 323-328.
- Dematteis, M. y Robinson, H. 1997. Chromosome studies and taxonomic considerations in *Acilepidopsis* (Vernoniae, Asteraceae). *Phytologia*, 83: 366-370.
- Dematteis, M. 1998. Karyotypes analysis in some from South America *Vernonia* species (Asteraceae). *Caryologia*, 51: 279- 288.
- Ekberg, I. 1974. Cytogenetic studies of three paracentric inversions in barley. *Hereditas* 76: 1-30.
- Falstocco, E. y Falcinelli, M. 1993. Karyotipe and C-banding in *Medicago noeana* Boiss. Leguminosae. *Cytologia*, 58: 151-154.
- Griffiths, A.; Gelbart, W.; Miller, J y Lewontin, R. 1999. *Genética moderna*. Primera edición. McGraw-Hill-Interamericana de España.
- Gupta, P. 1969. Cytological investigations in some Indian Compositae. *Cytologia*, 34: 429-438.
- Hienz, H. 1975. *Cromosoma*. Editorial Alhambra, S. A. Madrid.
- Jackson, R. 1962. Interspecific hybridization in *Haplopappus* and its bearing on chromosome evolution in the *Blepharodon* section. *Amer. J. Bot.*, 49: 119-132.

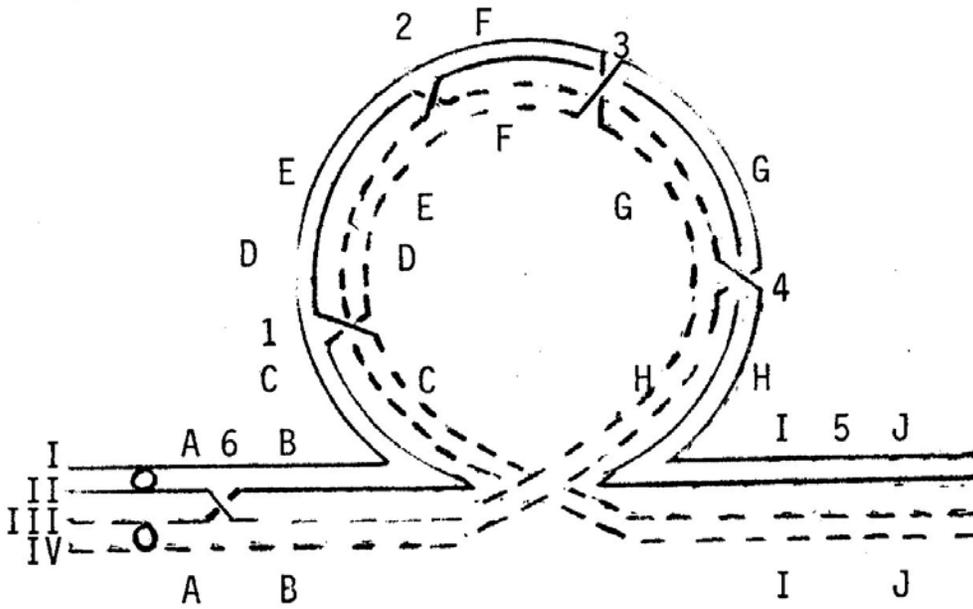
- \_\_\_\_\_. 1965. A cytogenetic study of a three-paired race of *Haplopappus gracilis* *Amer. J. Bot.*, 52: 947-953.
- \_\_\_\_\_. 1971. The karyotype in study of a three-paired race of *Haplopappus gracilis*. *Amer. J. Bot.*, 52: 946-953.
- \_\_\_\_\_. 1973. Chromosomal evolution in *Haplopappus gracilis*: a centric transposition race. *Evolution*, 27: 243-256.
- \_\_\_\_\_. 1984. Chromosome pairing in species and hybrids. In W.F. Grant ed. *Plant biosystematics*, Academic Press, Canada.
- \_\_\_\_\_. 1985. Genomic differentiation and its effect on gene flow. *Systematic Botany*, 10(4): 391- 404.
- Kulshreshtha, V. y Gupta, P. 1979. Cytogenetic studies in the genus *Helianthus* L. T. *Cytologia*, 44: 325-334.
- Levan, A.; Fredga, R. y Sandberg, A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52: 201-220.
- Lindorf, H.; Parisca, L. y Rodríguez, P. 1981. *Botánica*. Editorial Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Marcano, M. 2003. *Etnobotánica en nueve comunidades litorales de la costa norte de la península de Paria, Estado Sucre*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Mathew, A. y Mathew, P. 1976. Studies on south Indian Compositae II. Cytology of the genus *Vernonia* Schreb. *Cytologia*, 41: 401- 406.
- \_\_\_\_\_. 1982. Studies on the south Indian Compositae karyomorphology of eight species of *Vernonia* Schreb. *Cytologia*, 47: 163-169.
- McClintock, B. 1938. the fusion of broken ends of sister half-chromatids following chromatid breakage at meiotic anaphase. *Mo. Agric. Exp. Stn. Res. Bull.*, 290: 1- 48.

- Otero, K. 2002. *Estudio citogenético de las especies Synedrella nodiflora (L.) Gaertn; Tridax procumbens L. y Vernonia cinerea (L.)*. Trabajo de Pregrado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Petera, W., González, L y Payo, A. 2006. Tamizaje fotoquímico a las hojas de la especie *Pluchea carolinensis* (Asteraceae). *Rev. Cubana farma*. Volumen 40. No. 2.
- Pruski, J. 1991. Compositae of the Guyana Highland-V. The mutsiaeae of the lost world of Brasil, Colombia and Guyana. *Boletín do Museu paraense Emilio Goeldi, Serie Botánica 7*: 335-392.
- Ruas, P.; Ruas, C.; Vieira, A.; Matzenbacher, N. y Martins, N. 1991. Cytogenetics of the genus *Vernonia* Schreber (Compositae). *Cytologia*, 56: 239-247.
- Russell, P. 1990. *Genetics*. Second edition. Scott, Foresman and Company. Glenview, Illinois, Boston, London.
- Sevillano, J.; Barreno, E.; Brugués, M, Costa, M.; Deversa, J.; Fernández, F.; Gallardo, T.; Limoma, X.; Salvo, E.; Talavera, S. y Valdes, B. 1997. *Botánica*. Primera edición. Editorial McGraw – Hill. Interamericana de España. S.A.U. Madrid.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1969. *Biometry*. Editorial H. W. Freeman and Co. San Francisco, USA.
- Solbrig, O.; Kyhos, D.; Powell, M. y Raven, P. 1972. Chromosome numbers in Compositae VII: Heliantheae. *Ann. J. Bot.*, 59(8): 869-878.
- Stebbins, G.; Jenkin, J. y Walters, M. 1953. Chromosome and phylogeny in the Compositae, tribe Cichorieae. *Univ. Calif. Publ. Bot.*, 26: 401- 430.
- Stebbins, G. 1971. *Chromosomal evolution in higher plants*. Editorial Addison-Wesley Publishing Company. Massachusetts, USA.
- Steyermark, J.; Berry, P. y Holst, B. 1997. *Flora of the Venezuelan Guayana*. Editorial Missouri Botanical Garden. U.S.A.

- Wahrman, J. y Zahavi, A. 1958. Cytogenetic analysis of mammalian sibling species by means of hybridization. *Proc. Tenth Int. Congr. Genet.*, 2: 304-305.
- Wahrman, J.; Goitein, R y Nevo, E. 1969. Mole rat *Spalax* evolutionary significance of chromosome variation. *Science*, 164: 82-84.
- White, M. 1954. *Animal cytology and evolution*. Cambridge University Press, London.
- Yuzbasioglu, D. y Duman, H. 1997. Giemsa C-banding analysis of *Sternbergia lutea* (L.) Ker-gawl. Ex Sprengel and *S. sicula* Tineo ex Guss from Turkey. *Cytologia*, 62: 1-6.

# ANEXO

## ANEXO 1



Apareamiento en una asa reversa de una inversión paracéntrica heterocigota: A-B = región proximal, C-H = región invertida, I-J = región distal. Los cinco tipos de recombinación en las posiciones 1-4 y 6 se muestran en el asa. Las dos cromátidas normales se indican con líneas continuas y las dos cromátidas invertidas con líneas interrumpidas. I-IV indican las cromátidas individuales

	A I	A II	No recombinación en la posición 6 (II + III)		Recombinación en la posición 6 (II + III)		Cromátidas balanceadas %
			Recom. Simple dentro del asa de inversión en	Recom. Doble dentro del asa de inversión en	Recom. Simple dentro del asa de inversión en	Recom. Doble dentro del asa de inversión en	
N				1 Recom. Doble 2 cromátidas		1 Recom. Doble 2 cromátidas	100 100 100
BF			1 2 3 4	1+2 1+3 2+4 3+4 Recom. Doble 3 cromátidas	1 4	1+2 2+4 Recom. Doble 3 cromátidas	50 50 50 50
BBFF				1+4 2+3 Recom. Doble 4 cromátidas		1+4 Recom. Doble 4 cromátidas	0 0 0
LF					2 3	1+3 3+4 Recom. Doble 3 cromátidas	50 50
LLFF						2+3 Recom. Doble 4 cromátidas	0

Los cinco tipos de configuraciones meióticas en anafase I y II en una inversión paracéntrica heterocigota con recombinación simple y doble dentro del segmento invertido y recombinación en la región proximal. Se indican el asa de inversión y los diferentes tipos de recombinación. N = configuración normal, B = puente, F = fragmento, L = cromosoma en asa. (modificado por Ekberg, 1974; de McClintock, 1938).

# Hoja de Metadatos

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

<b>Título</b>	<b>CITOGENETICA DE <i>Eclipta alba</i> (L.) <i>Pluchea carolinensis</i> (Jacq.) Y <i>Wedelia fruticosa</i> (Jacq.) (Asteraseae).</b>
<b>Subtítulo</b>	

## Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
	CVLAC	e-mail
Salazar C., Yusmary J.		Yusipiolin@hotmail.com

## Palabras o frases claves:

<b>Cromosomas, mitosis, meiosis, Inversiones y translocaciones</b>



# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

## Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Hernan Cequea	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<b>hcequea@cantv.net</b>
	e-mail	
Jose Imery	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<b>jimery@sucre.udo.edu.ve</b>
	e-mail	
Carmen Alfonsi	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	<b>calfonsi@sucre.udo.edu.ve</b>
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

## Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
11	02	2008

Lenguaje: Spa

# Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis_yjsc.doc	Aplicación word

Alcance:

Espacial : \_\_\_\_\_ (Opcional)

Temporal: \_\_\_\_\_ (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: **Licenciatura en Biología**

---

Nivel Asociado con el Trabajo: **Licenciatura**

---

Área de Estudio:  
**Biología**

---

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

**Universidad De Oriente Núcleo De Sucre.**

---

---

---

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso –  
5/5

**Derechos:**

**Otorgo los derechos de publicación a la Universidad De Oriente  
Núcleo De Sucre.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

*Julmary S.*

**AUTOR 1**

**AUTOR 2**

**AUTOR 3**

*Juan Cezue*

**TUTOR**

**AUTOR 4**

*C. Ferrer*

**JURADO 1**

*Horizonte*

**JURADO 2**

**POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS:**

*Maribel de la Torre*

