



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

5
rey

FALLA DE ORIGEN

**ANALISIS CARIOTIPICO DE *Rhoeo spathacea*,
VARIETADES concolor, spathacea y variegata
(Commelinaceae)**

T E S I S

Que para obtener el Titulo de:

B I O L O G O

P r e s e n t a :

BRIONES SANCHEZ MA. FLORENCIA

Director de Tesis: Dr. Armando García Velázquez

Asesor Interno. M. en C. Susana Luna Rosales



LO HUMANO
EJE
DE NUESTRA REFLEXION

1995

México, D.F. 1996



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ANALISIS CARIOTIPICO DE *Rhoeo spathacea*, VARIEDADES *concolor*,
spathacea y *variegata* (Commelinaceae).**

Agradezco de manera particular al Programa de Genética del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (IRGP) del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México, por el apoyo recibido durante la realización del presente estudio, el cual fue dirigido por el Dr. Armando García Velázquez, Profesor Investigador Titular del laboratorio de Citogenética de dicho Instituto.

DEDICATORIA

Con dedicación especial a mi madre, un ser muy especial, por su apoyo y preocupación invaluable en mi superación profesional.

A mis hermanos (as) porque todos de una manera u otra influyeron de forma significativa en mi formación.

Con un gran cariño a mis sobrinos Xochitl, Yuani y Oscar porque logren algún día ser lo que deseen en la vida.

A mis compañeros (as) por las experiencias vividas siempre juntos a lo largo de este tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento enorme al Dr. Armando García Velázquez por su orientación, apoyo y tiempo en la realización del presente trabajo.

A los M. en C. Susana Luna Rosales y Amadeo Barba Alvarez; así como a los biólogos Balbina Vázquez Benítez y Fernando Tapia Pastrana, por su contribución en el mejoramiento de este trabajo.

A Ricardo C. T. y Severo A. R., por su tiempo y colaboración.

A Cenobio B. S. por las facilidades otorgadas en la escritura del presente trabajo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	i
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1. Translocación Múltiple Heterocigota.....	3
2.2. Definición de cariotipo.....	4
2.2.1. Importancia del cariotipo.....	4
2.2.2. Características que definen un cariotipo.....	5
2.2.3. Efecto de las mutaciones en el cariotipo.....	10
2.2.4. Evolución y cambios en el cariotipo.....	10
2.2.5. Diferencias respecto al cariotipo.....	17
2.2.6. Representación del cariotipo.....	18
2.3. La familia Commelinaceae.....	19
2.3.1. Utilidad.....	19
2.3.2. Distribución geográfica.....	19
2.3.3. Clasificación taxonómica.....	20
2.4. Descripción de <i>Rhoeo spathacea</i>	20
2.4.1. Botánica de <i>R. spathacea</i>	21
2.4.2. Distribución geográfica de <i>R. spathacea</i>	21
2.4.3. Clasificación taxonómica de <i>R. spathacea</i>	22
2.4.4. Citología de <i>R. spathacea</i>	22
III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	26
IV. MATERIAL Y METODO.....	27
4.1. Material Biológico.....	27
4.2. Cariotipo.....	27
4.2.1. Preparaciones citológicas.....	27
4.2.2. Dibujo y medición de cromosomas.....	29
4.3. Comparación de cariotipos.....	30
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	31

5.1. Cariotipo mitótico por variedad.....	32
5.1.1. Variedad <i>spathacea</i>	33
5.1.2. Variedad <i>concolor</i>	36
5.1.3. Variedad <i>variegata</i>	38
5.2. Variaciones cariotípicas entre las variedades..	40
5.3. Comparación de cariotipos.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	51
VII. BIBLIOGRAFIA.....	52
VIII. APENDICE.....	57

RESUMEN

Se llevó a cabo un análisis comparativo de cariotipos de *Rhoeo spathacea*; variedades *spathacea*, *concolor* y *variegata*, a fin de demostrar el polimorfismo cromosómico que existe entre la especie y sus variedades.

Las plantas pertenecientes tanto a la especie como a las variedades resultaron diploides con número cromosómico de $2n=2x=12$. La longitud total y relativa de los cromosomas fluctuaron en los siguientes valores: cromosomas de la variedad *spathacea*, de $12.0\mu\text{m}-7.2\mu\text{m}$ y $10.8\%-6.6\%$, respectivamente; cromosomas de la variedad *concolor*, $11.0\mu\text{m}-7.0\mu\text{m}$ y $10.7\%-6.6\%$ respectivamente y cromosomas de la variedad *variegata*, $12.2\mu\text{m}-7.0\mu\text{m}$ y $11.0\%-6.4\%$ respectivamente.

En las tres variedades se estableció un cariotipo de tipo bimodal con cromosomas metacéntricos y submetacéntricos; se observó satélite en las variedades *spathacea* y *concolor*. Las diferencias observadas en el tamaño y forma de los cromosomas de cada variedad son atribuibles a la ocurrencia de las translocaciones múltiples heterocigotas durante la profase meiótica.

Los resultados permiten concluir que: los doce cromosomas somáticos de *Rhoeo* son diferentes, ningún cromosoma es completamente homólogo con otro; cada variedad de *Rhoeo* presenta un cariotipo (no existe un cariotipo único para las tres) y es de tipo bimodal; el satélite fue más frecuente en los cromosomas de la variedad *concolor*.

I. INTRODUCCION

El Universo se caracteriza por la gran diversidad que existe en los organismos que lo integran; diferencias morfológicas y fisiológicas entre individuos de una raza, razas de una especie, especies de un género, etc. pueden ser observables (Dobzhansky, 1982).

La diversidad en las especies se debe a la ocurrencia espontánea de mutaciones, cuyo efecto es alterar la estructura de los cromosomas y ordenamiento de los genes. Tanto plantas como animales están sujetos a sufrir este tipo de alteraciones. Un tipo peculiar de mutación que sólo se presenta en algunas plantas, son las llamadas translocaciones múltiples heterocigotas. *Rhoeo* (género monotípico de las Commelinaceas) se caracteriza por presentar dicho sistema; muestra complejos heterocigotos y ninguno de sus cromosomas es exactamente homólogo con otro; forma un anillo de doce cromosomas y/o cadenas durante la meiosis; tales características hacen de *Rhoeo* un material de interés en el área de citogenética; además de tener un número cromosómico pequeño ($2n=12$) y cromosomas largos ($7.2\mu\text{m}-12.0\mu\text{m}$), lo que le permite ser un material accesible y de fácil manejo (Stebbins, 1950; Swanson, et al., 1967).

Es probable que el cariotipo de *Rhoeo* se altere como resultado de las translocaciones múltiples y entonces plantas de la misma especie, pueden no presentar el mismo cariotipo. Por tal motivo se realizó el presente estudio; mediante un análisis comparativo de cariotipos que permite encontrar las diferencias estructurales y morfológicas de los cromosomas dentro de la especie y sus variedades.

De este estudio deriva una propuesta de cariotipo para las variedades de *Rhoeo spathacea*, ya que a la fecha no

existe alguna, debido a que las investigaciones se han dirigido a otros aspectos meióticos y respecto al cariotipo existe poca información.

Por lo general un cariotipo se mantiene constante y es característico de una especie, no obstante, pueda verse modificado por la ocurrencia espontánea de mutaciones cromosómicas como las translocaciones, inversiones, deficiencias y duplicaciones (Swanson, 1957). Los cambios pueden involucrar al número cromosómico, tamaño y forma de los cromosomas, o bien sólo a alguno de estos aspectos.

Como ejemplo de un cambio en el número cromosómico y muy común en plantas, es la poliploidía y aneuploidía. Los cromosomas en un cariotipo se distinguen por ser largos o cortos o bien de ambos tamaños, según la especie. La forma de los cromosomas está definida por la posición del centrómero, que puede ser constante o modificarse por determinados rearrreglos. Por otra parte los cromosomas pueden presentar constricciones secundarias que influyen en la caracterización del cariotipo (Stebbins, 1950).

Tales cambios se suceden en el curso de la evolución con diferente frecuencia y son caracteres considerados en la biosistemática.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. TRANSLOCACION MULTIPLE HETEROCIGOTA

La translocación recíproca, se define como el proceso a través del cual dos cromosomas no homólogos se rompen e intercambian mutuamente bloques de cromatina produciendo nuevos cromosomas al modificar su estructura y grupos de ligamiento (Swanson, *et al.*, 1967). En un sistema de translocación múltiple todos los cromosomas se ven afectados por una serie de translocaciones hasta que todo el complemento se transforma (Brown y Bertke, 1979); disminuye el número de grupos de ligamiento independientes hasta que la totalidad de los cromosomas del juego haploide se comportan como un sólo grupo de ligamiento (Complejo Renner), lo que reduce el componente de variabilidad.

La translocación múltiple heterocigota se caracteriza por la presencia de asociaciones múltiples de cromosomas unidos en sus extremos por quiasmas, originando cadenas y/o anillos de tamaño variado, observados en diacinesis y metafase I (Curtis, 1976). Los cromosomas del anillo se pueden orientar de tres formas en la anafase I: a) disyunción alterna, los cromosomas alternos van al mismo polo, se forman gametos viables de dos tipos, uno tiene un juego de cromosomas normal y el otro un juego de cromosomas translocados; tienen un complemento de genes completo representado en los dos cromosomas; b) disyunción adyacente I y c) disyunción adyacente II, en ambas los cromosomas adyacentes van al mismo polo en la anafase y los gametos que se forman son diferentes. Sin embargo, ambos presentan deficiencia y duplicación en ciertas regiones de los cromosomas (Swanson, *et al.*, 1967).

De la orientación de los cromosomas en el anillo depende el grado de fertilidad de los individuos con translocaciones

heterocigotas y la transmisión de los genes en los cromosomas (Dobzhansky, 1982).

2.2. CARIOTIPO

Se denomina cariotipo al grupo de características que involucran al tamaño, forma y número de cromosomas y que pueden considerarse para identificar un complejo cromosómico particular. Este cariotipo es característico del individuo, la raza, el género y aún de grupos taxonómicos más grandes (De Robertis, et al., 1960).

Las características del cariotipo usualmente son estudiadas en cromosomas somáticos; sin embargo existen especies en las cuales durante la profase de meiosis (particularmente en paquiteno) la presencia de cromómeros es tan característica, que permite incluso diferenciar entre individuos. Entre las especies cuyos cariotipos han sido estudiados en paquiteno sobresalen el maíz (*Zea mays*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), el ricino (*Ricinus communis*) y el centeno (*Secale cereale*) (García, 1990).

2.2.1. IMPORTANCIA DEL CARIOTIPO

La elaboración de cariotipos tiene una amplia aplicabilidad, desde detectar números anormales de cromosomas hasta el establecimiento de las interrelaciones filogenéticas entre las distintas categorías taxonómicas, mediante un análisis comparativo de cariotipos. El cual indica las

diferencias existentes entre las especies y da indicios de sus tendencias evolutivas (García, 1990).

Los estudios cariotípicos de vegetales contribuyen a un entendimiento mayor de las relaciones sistemáticas dentro de un grupo destacado, y contribuyen en algunos casos, en la reorganización completa del sistema taxonómico de dicho grupo. Además son una herramienta útil en la determinación del centro de origen de un grupo vegetal y de su distribución geográfica (Stebbins, 1971).

2.2.2. CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN UN CARIOTIPO

Por lo general la forma de los cromosomas es apreciada en metafase o anafase somática, en ambas etapas los cromosomas han alcanzado su máxima contracción logrando una longitud que bajo condiciones ambientales normales permanece constante de célula a célula (Swanson, 1957).

Un cariotipo se define con base a las siguientes características (Stebbins, 1971):

- Número básico de cromosomas
- Tamaño absoluto del cromosoma
- Tamaño relativo del cromosoma
- Posición centromérica en el cromosoma
- Número y posición de satélites en el cromosoma
- Grado y distribución de las regiones heterocromáticas. Esta última característica es considerada cuando en la profase mitótica es posible observar dichas regiones.

Los estudios cariotípicos no incluyen a los cromosomas B, accesorios o supernumerarios. Los cromosomas sexuales o heterocromosomas, en el caso de existir, sí se consideran dentro del estudio cariotípico.

A) Número básico de cromosomas

El número base llamado x , es el número primitivo u original de cromosomas. A partir de él han derivado las células o individuos poliploides presentes en la mayoría de los organismos (Swanson, 1957; White, 1973).

El número básico oscila entre 12 y 50 cromosomas, esto es, entre 6 y 25 pares de cromosomas para la mayoría de las especies (García, 1990). Los números cromosómicos pequeños y grandes resultan de cambios estructurales en el cariotipo en el transcurso de la evolución (White, 1973). Diferencias en él indican diferencias en el arreglo de genes o en su duplicación, o bien ambas cosas (Stebbins, 1971).

El número básico es útil en la determinación filogenética así como en la posición taxonómica de las especies vegetales y animales (De Robertis, *et al.*, 1960). Se caracteriza por su gran constancia dentro de poblaciones y especies y por la relativa facilidad en su determinación (Moore, 1968).

El número de cromosomas en células somáticas de un organismo superior, puede expresarse como el número cigótico, diploide o somático, $2n$; mientras que en el polen y en las ovocélulas se expresa como el número gamético o haploide, n (Swanson, 1957).

B) Tamaño absoluto del cromosoma

Se refiere a la longitud y diámetro, expresados en micras del total y de cada uno de los cromosomas (García, 1990).

La longitud individual de los cromosomas metafásicos puede variar desde menos de una micra hasta más de treinta, siendo los valores más frecuentes de tres a cinco micras. El diámetro de un cromosoma metafásico está comprendido entre un valor menor a una micra hasta casi dos micras (Swanson, et al., 1968; citado por García, 1990).

C) Tamaño relativo del cromosoma (L%)

Indica la relación que guarda la longitud de un cromosoma particular con respecto a la de los demás y a la total del genomio (L%). Su constancia permite la identificación y clasificación del complejo cromosómico (García, 1990).

Los distintos pares de cromosomas se arreglan en orden decreciente de tamaño y se numeran progresivamente, asignando el número 1 al par más largo (García, 1990).

El tamaño relativo de un cromosoma dado, dentro de un genomio, se estima como un porcentaje con respecto a la longitud total del genomio tomada como 100%. Tal estimación permitirá establecer mejor las diferencias o similitudes entre los cromosomas de genomios o especies diferentes (García, 1990).

D) Posición del centrómero (r)

La forma de los cromosomas está determinada principalmente por la posición del centrómero, que se caracteriza por su gran constancia (Swanson, 1957). El centrómero separa al cromosoma en dos regiones o brazos y su localización se expresa en términos de relación de brazos, que se estima mediante la división de la longitud del brazo largo (BL) entre la del brazo corto (BC); $(BL/BC=r)$.

El centrómero generalmente no es visible en la metafase somática como una entidad definida, pero su estructura crea una constricción en el cromosoma, la cual puede localizarse en la parte media, terminal o subterminal del mismo (Swanson, 1957). Según la posición del centrómero, los cromosomas son designados como sigue (Stebbins, 1971):

- Telocéntrico, el centrómero se localiza en un extremo del cromosoma, de manera que éste tiene aparentemente sólo un brazo.

- Acrocéntrico, el centrómero se ubica cerca de un extremo del cromosoma de modo que un brazo es mucho más corto que el otro.

- Submetacéntrico (heterobraquial), el centrómero está próximo a un extremo del cromosoma, pero la diferencia de longitud de brazos no es tan amplia como en el caso anterior.

- Metacéntrico (isobraquial), centrómero localizado en la parte media o aproximadamente media del cromosoma, de modo que la longitud de ambos brazos es muy similar.

E) Número y posición de satélites

El satélite es otra estructura considerada en el análisis cariotípico; aparece como un pequeño cuerpo esférico o como un par de cuerpos esféricos unidos al resto del cromosoma por un hilo delgado de cromatina (Stebbins, 1971). Se encuentra, por lo general, sobre los brazos cortos y en un sólo par de cromosomas del complemento, existiendo excepciones al respecto (García, 1990).

F) Grado y distribución de las regiones heterocromáticas

Heitz en 1928, citado por Wagner, *et al.*, 1993; definió a la heterocromatina como ciertas regiones del cromosoma que tienen una estructura densa y se tiñen intensamente durante el ciclo celular con colorante básico; denominó heterocromatina intercalar a las regiones heterocromáticas intercaladas en forma de pequeños segmentos entre los espacios eucromáticos, puede presentarse también en áreas difusas, en bandas o bien a modo de cromómeros grandes o agrupados a lo largo del cromosoma mitótico.

A los segmentos del cromosoma que pierden gran parte de su identidad visual durante la interfase, se les denominó eucromáticos. La heterocromatina permanece condensada durante la interfase, mientras que la eucromatina se desenrolla (Curtis, 1976).

Se ha demostrado que la fracción heterocromática es inactiva genéticamente, esto puede significar que contiene pocos genes en proporción a su longitud (White, 1973).

2.2.3. EFECTO DE LAS MUTACIONES EN EL CARIOTIPO

El complemento cromosómico de una especie generalmente se mantiene constante, sin embargo llega a presentar modificaciones evolutivas producidas por mecanismos como las translocaciones, inversiones, deficiencias y duplicaciones así como por fusiones y fisiones del centrómero (García, 1990). La morfología del cariotipo se modifica entonces por diferencias en el arreglo de los genes lo cual en consecuencia afecta la forma en que éstos se segregan y recombinan según la herencia Mendeliana. Cuando el tamaño absoluto del cromosoma difiere entre especies o géneros relacionados es porque hay diferencias cuantitativas en la duplicación genética. La posición del centrómero se altera por inversiones pericéntricas o por translocaciones de tamaño desigual; éstas pueden provocar también diferencias en el tamaño relativo y alteraciones aneuploides del número básico que progresivamente incrementan las diferencias en el tamaño relativo entre cromosomas (Stebbins, 1971).

2.2.4. EVOLUCION Y CAMBIOS EN EL CARIOTIPO

Evolutivamente el cariotipo está sujeto a sufrir alteraciones en el número básico, forma y tamaño de los cromosomas, así como en la cantidad y distribución de heterocromatina.

El tipo más común de cambio en el número cromosómico en plantas superiores es la poliploidía (aumento del número total de cromosomas a más de $2n$; cambio irreversible) de modo que en una serie poliploide los miembros primitivos son aquellos que tienen un número cromosómico menor (Stebbins, 1950).

En la tribu *Tradescantieae*, más de 80 especies incluidas en todos los géneros muestran poliploidía, predominado las tetraploides. Las especies poliploides representan un importante tipo de cambio cromosómico que se ha iniciado o acompañado de discontinuidad evolutiva (Jones y Kenton, 1984).

La ocurrencia de series cromosómicas aneuploides en plantas de reproducción sexual puede clasificarse en tres tipos: a) reducción en el número básico, (*Crepis* y otras *Cichorieae*); b) aumento en el número básico (*Fritillaria pudica* y *Dorstenia*); e c) intercambio poliploide-anfidiploide (*Brassica*, *Europhila*, *Carex*, *Stipa*). La disminución en el número básico, es más frecuente que el incremento o el intercambio anfidiploide. En especies anuales la reducción en el número cromosómico, ocurre con una frecuencia mayor que el incremento (Stebbins, 1950).

La reducción del número básico implica la pérdida de un centrómero y casi siempre de un segmento cromosómico adyacente. El aumento en el número de cromosomas incluye la duplicación de un cromosoma o de un fragmento cromosómico con su centrómero respectivo (De Robertis, et al., 1960). Los cambios en el número básico de cromosomas se deben a una translocación desigual (Grant, 1975) considerando si los segmentos que llevan el centrómero son genéticamente activos o inertes; si es genéticamente inactivo, su porción distal activa puede ser translocada por otro cromosoma no homólogo, con la posibilidad de perder su centrómero y presentar así una reducción en el número básico (Stebbins, 1950).

Estudios en *Crepis* han evidenciado que las especies más primitivas de ésta, tienen números básicos altos con una tendencia evolutiva hacia la reducción del número ($x=6$, $x=5$,

$x=4$, y $x=3$), acompañada de cambios en la forma, longitud y simetría de los cromosomas (De Robertis, et al., 1960).

Por otra parte se ha sugerido el incremento en el número básico en un número reducido de plantas, sin embargo no existe evidencia experimental al respecto. *Fritillaria pudica* con número cromosómico de $x=13$ ha surgido a partir de $x=12$; las especies más primitivas de *Allium* son las que se encuentran en Norte América ($x=7$) en tanto que las especies Eurasiáticas han derivado de ellas ($x=8$) (Stebbins, 1950).

El proceso a través del cual el número básico tiende a incrementarse, es la duplicación de un par de cromosomas homólogos. Otro tipo de aneuploidía que simula un incremento en el número cromosómico puede derivar de la combinación de un incremento o una disminución del número base, seguido o acompañado de anfidiploidía

Las especies vegetales presentan ocasionalmente, además del complemento cromosómico normal, un número variado de cromosomas mucho más pequeños y heterocromáticos, denominados cromosomas accesorios o cromosomas B, que difieren de los cromosomas grandes y pequeños de un complemento normal por sus propiedades de tinción, entre otras cosas (Stebbins, 1971).

Por su parte los cambios en el tamaño absoluto del cromosoma (reducción o aumento) suceden con una frecuencia equitativa y reversible. En la filogenia del género *Muscari* de las Liliaceae, se ha descrito una reducción en el tamaño del cromosoma, las especies *M. tenuiflorum*, *M. caucasicum* y *M. monstrosum* muestran una destacada especialización morfológica y presentan cromosomas pequeños en comparación con la especie primitiva *M. longipes*. Esto está asociado con la reducción en la cantidad de tejido meristemático en el

ápice de raíz y probablemente en los brotes dado que en *M. tenuiflorum* el raquis de la inflorescencia es corto y más delgado, además los pedicelos florales son cortos y las flores son más pequeñas a diferencia de *M. longipes* (Stebbins, 1950).

Un incremento en el tamaño del cromosoma se ha observado en la filogenia de *Polygonaceae* (angiospermas), el grupo *Rumex acetosa* tiene cromosomas más grandes que cualquier otro miembro de la familia o género al cual pertenecen. En *Cruciferae*, la mayoría de las especies tienen cromosomas pequeños, sin embargo hay dos grupos especializados que tienen cromosomas grandes (*Hesperis* y *Mattiola*). *Dianthus armeria*, especie anual, presenta cromosomas más pequeños que las especies perenes. Esto está asociado con la resistencia al frío, ya que las especies con grandes cromosomas se encuentran en áreas alpinas elevadas; es posible que la especie primitiva de *Dianthus* tenga cromosomas de un tamaño intermedio cuya dirección filogenética se orientó hacia la reducción en unas e incremento en otras (Stebbins, 1950).

En plantas de complejidad estructural inferior, la tendencia evolutiva indica incremento tanto en el tamaño del cromosoma como en el contenido de ADN nuclear. Sin embargo esta asociación no se observa en géneros de plantas vasculares pertenecientes a familias altamente especializadas, tales como *Cruciferae* (*Arabidopsis*), *Gramineae* (*Panicum*) y *Gesneriaceae* (todo el género) ya que tienen cromosomas pequeños y bajo contenido de ADN nuclear en comparación con las plantas vasculares primitivas tales como *Psilotum*, *Tmesipteris*, *Lycopodium* y *Botrychium* (Stebbins, 1971)

En los géneros más primitivos de *Tradescantieae* (*T. fluminensis* y *Thyrsanthentum*) que presentan cariotipo bimodal

y cromosomas pequeños, se ha encontrado una menor cantidad de ADN, en reciprocidad con tradescantias con $x=6$, cromosomas grandes y metacéntricos que presentan una mayor cantidad de ADN (*Gibasis pulchella* y *Phyodina rosea*), sin embargo en las tradescantias mexicanas con $x=6$ hay notables diferencias en la cantidad de ADN por genoma (Jones y Kenton, 1984). En *Gibasis venustula* spp *venustula* y *G. linearis* hay una significativa correlación entre la cantidad de ADN y altitud (a mayor altitud mayor cantidad de ADN), la misma situación se observa en *G. karwinskyana*. Se sugiere que el incremento en el ADN es un cambio adaptativo (Jones y Kenton, 1984).

Las diferencias en el tamaño de los cromosomas entre las especies pueden estar controladas por factores externos al cromosoma mismo; Pierce (1937), citado por Swanson, 1957, sugiere lo anterior al encontrar que la carencia de fósforo en la nutrición de la planta provoca una reducción en el tamaño de los cromosomas de *Viola*. Existen indicios de una correlación entre el tamaño del cromosoma y condiciones climáticas, en las gramíneas, los géneros de zonas templadas y tropicales presentan cromosomas pequeños y medianos en tanto que los géneros de zonas frías presentan cromosomas largos; una relación similar se encontró en las Liliales, en leguminosas y en Polemoniaceae. Una posible explicación a la existencia de esta correlación es la propuesta por Stebbins, quién señala que los procesos fisiológicos en climas fríos requieren de medios de regulación complejos (Grant, 1975).

En un cariotipo, los cromosomas pueden tener una longitud uniforme o bien pueden existir cromosomas de diferente tamaño, pequeños y grandes, agrupándose los primeros en el centro del huso y los grandes en la periferia. Un cariotipo homogéneo con cromosomas de tamaño similar, es considerado el más primitivo y un cariotipo heterogéneo, con cromosomas de

diferente longitud, exhibe caracteres morfológicos más especializados (Stebbins, 1971).

La morfología de los cromosomas también está sujeta a cambios ocasionados por inversiones o translocaciones (Swanson, 1957), presencia y localización de constricciones primarias y secundarias (Moore, 1968; y Stebbins, 1971). Los cromosomas monocéntricos, son característicos de eucariontes (White, 1973), y exhiben una constricción primaria que separa al cromosoma en dos brazos; son clasificados según la posición del centrómero (media, terminal o subterminal), en metacéntricos, telocéntricos o acrocéntricos. Los cromosomas telocéntricos se forman a partir de los metacéntricos o acrocéntricos por el rompimiento de la región centromérica. Los cromosomas metacéntricos se originan por la fusión de dos telocéntricos sin ninguna alteración en el contenido cromosómico o en el arreglo de los genes (Stebbins, 1971).

El satélite es otra estructura a considerar en la caracterización de un cariotipo. Su tamaño depende de la distancia que guarda la constricción respecto al extremo de cromosoma; si está cerca del extremo terminal entonces el satélite es pequeño, pero si existe una región del organizador nucleolar intersticial, entonces el satélite es grande (Stebbins, 1950). La región del organizador nucleolar no siempre forma nucléolo (Wagner, et al., 1993).

El satélite por lo general se encuentra en el extremo del brazo corto del cromosoma, con centrómero subterminal; es poco común en cromosomas metacéntricos. En las especies diploides se encuentra por lo regular un par de satélites; sin embargo se conocen especies con dos, tres o más cromosomas con satélites (Stebbins, 1950). Bhaduri (1942), observó en *Rhoeo* hasta ocho cromosomas con satélite, sin embargo en *Rhoeo*, no hay ocho nucléolos.

La amplia distribución de esta estructura en el Reino vegetal indica que tiene una función importante, si no esencial sí como parte del complemento cromosómico. La distribución y parentesco de especies que tienen diferente número y tamaño de nucléolo y satélite sugiere que el organizador nucleolar con satélite puede perderse o ganarse durante la evolución, del mismo modo su tamaño puede incrementarse o disminuirse (Stebbins, 1950).

La presencia de heterocromatina juega también un papel trascendente en la evolución del cariotipo. La pérdida o ganancia de ésta provoca modificaciones en el mismo; una cierta cantidad de heterocromatina es evolutivamente indispensable para el incremento en la variabilidad del cariotipo, y en los mecanismos de regulación genética y por tanto en la especiación (Swanson, 1957). La eucromatina participa en la codificación de genes.

Evolución en Commelinaceae. Dentro de la tribu *Tradescantieae* existe una diversidad en el tamaño del cromosoma y número básico del mismo. La evolución de los cromosomas incluye cambios en la dimensión del cromosoma, forma y número. En *Tradescantia* la primitividad está asociada con complementos de cromosomas pequeños, acrocéntricos y número básico alto, y las especies avanzadas con cromosomas grandes, alto grado de simetría y número básico pequeño (Jones y Kenton, 1984). En la tribu *Commelineae*, en las series aneuploides, la evolución del número básico se orienta hacia la reducción, conjuntamente con incremento en el tamaño del cromosoma; en el caso de *Aneilema*, una correlación de datos morfológicos y anatómicos indican que especies con $x=16$ son menos avanzadas que aquellas con $x=9$. En *Commelinaceae* no se puede considerar en forma generalizada a la simetría como

un caracter avanzado puesto que hay especies en las que se considera a la asimetría como caracter avanzado: en *Cymbispatha* la evolución tiende hacia el incremento en la simetría del cariotipo, en contraste con *Aneilema* y *Cyanotis* cuyo cariotipo asimétrico es considerado más avanzado (Faden y Suda, 1980), sin embargo Jones y Kenton (1984) consideran a la simetría como caracter avanzado; por su parte, con base en un estudio en commelináceas, Chmielewska (1989) menciona que cariotipos asimétricos con cromosomas de diferente longitud y posición centromérica son filogenéticamente más jóvenes.

2.2.5. DIFERENCIAS RESPECTO AL CARIOTIPO

En general una especie animal o vegetal tiene un cariotipo característico, sin embargo existen excepciones en las que éste muestra diferentes variaciones (White, 1973) :

- Diferencias de cariotipos entre los dos sexos.
- Diferencias entre el cariotipo meiótico y mitótico.
- Diferencias del cariotipo entre individuos de una población, debido a algún tipo de polimorfismo.
- Variación geográfica en cariotipos dentro de una especie.
- Ocurrencia de anomalías cariotípicas individuales en una población.

2.2.6. REPRESENTACION DEL CARIOTIPO

Para un análisis individual y comparativo de cariotipos es necesaria una representación ordenada de los distintos elementos cromosómicos metafásicos, en mitosis o de paquíteno en meiosis. Tal representación puede consistir de un cariograma o idiograma:

Cariograma, consiste en la representación del complejo cromosómico a través del arreglo de fotomicrografías de cada uno de los cromosomas, los cuales se disponen en pares de homólogos y en series de tamaños decrecientes (García, 1990).

Idiograma, cada cromosoma es representado por una línea o barra en la que se indica la posición relativa del centrómero, la localización de satélite, cromómeros y otras marcas citológicas. Esta representación diagramática del cariotipo se integra con la información de varias células (García, 1990).

Tanto el idiograma como el cariograma permiten realizar comparaciones de cariotipos con la finalidad de establecer el grado de homología entre genomios de grupos o individuos diferentes o bien la presencia de mutaciones cromosómicas (García, 1990). Otra alternativa es la comparación de cariotipos a través de datos numéricos, basada en el tamaño relativo y relación de brazos de los cromosomas.

2.3. LA FAMILIA COMMELINACEAE

Las Commelináceas son plantas herbáceas de tamaño mediano; semisuculentas; perenes o anuales, con los tallos nudosos; raíces fibrosas o tuberosas; hojas alternas enteras, lineares, lanceoladas; inflorescencia terminal y axilar, simple o compuesta; flores hermafroditas, pequeñas, tres pétalos de color blanco, azul, rosado o púrpúreos, y libres; estambres tres o seis, todos fértiles; fruto capsular dehiscente con semillas rugosas. Son plantas conocidas con el nombre común de "hierbas de pollo" (Matuda, 1956). En su mayoría se tornan cosmopolitas debido a su adaptabilidad reproductiva (Sampaio, 1987).

2.3.1. UTILIDAD

Sus hojas se aplican sobre superficies sangrantes para detener hemorragias. En su mayor parte, estas plantas contienen abundante mucílago, que se utiliza como elemento alimenticio (Matuda, 1956). Algunas especies de commelináceas se consideran plantas invasoras de cultivos agrícolas, otras tienen utilización ornamental en jardines e invernaderos.

2.3.2. DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Las commelináceas por lo general habitan en condiciones húmedas; se encuentran distribuidas en zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo, siendo menos abundantes en esta última zona. Están poco representadas en el Sur de Estados Unidos, Japón, China y Australia; en la República Mexicana están representadas en su mayoría por la tribu

Tradescantieae en zonas tropicales y subtropicales (Heywood y Moore, 1978).

2.3.3. CLASIFICACION

La familia Commelinaceae pertenece a las angiospermas, comprende de 30 a 40 géneros y más de 600 especies. Existen varios sistemas para su clasificación; uno de ellos divide a la familia en dos tribus: la *Tradescantieae* (flores regulares) del Nuevo Mundo, y la *Commelineae* (flores irregulares), del Nuevo y Viejo Mundo. Los miembros de la *Tradescantieae* son en su mayoría de origen mexicano; mientras que la tribu *Commelineae* es predominantemente africana (Matuda, 1956; Heywood y Moore, 1978; Sánchez, 1979; Owens, 1981).

2.4. DESCRIPCION DE *Rhoeo spathacea*

Rhoeo spathacea pertenece a la familia de las commelináceas; puede encontrarse en la literatura con diversos sinónimos. Algunas veces es referida como *Rhoeo discolor*; sin embargo, según Stearn (1957), la planta conocida como *Rhoeo discolor* (L' Heritier) Hance, ha sido descrita por Olof Swartz como *Tradescantia spathacea*. De acuerdo a la sistemática, el nombre correcto de esta especie es *Rhoeo spathacea* (Swartz) Stearn (Satterfield y Mertens, 1972).

2.4.1. BOTANICA DE *R. spathacea*

Es una planta monocotiledónea, perenne, con tallo corto y de tamaño mediano; suculenta; posee hojas linear-lanceoladas, imbricadas, verdes en la cara superior y púrpura en la inferior; sus flores son hermafroditas, pequeñas, agrupadas en inflorescencias axilares, con pétalos blancos; ovario de tres lóculos con un óvulo en cada cavidad; seis estambres todos fértiles; sus semillas son rugosas (Matuda, 1956; Heywood y Moore, 1978; Sánchez, 1979).

Las variedades de *Rhoeo* se diferencian por el color de sus hojas: en *spathacea* son de color verde en el haz y púrpura en el envés; en *concolor* son de color verde en ambas caras; y en *variegata* las hojas son de color verde con franjas longitudinales amarillas en el haz, y el envés es de color púrpura (Stearn, 1957; Baker y Mertens, 1975).

Rhoeo spathacea es muy frecuente en jardines como planta ornamental, también es muy apreciada por sus cualidades medicinales (Matuda, 1956).

2.4.2. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE *R. spathacea*

Se encuentra en bosque húmedo de poca elevación, a veces sobre rocas húmedas, generalmente en climas tropicales y subtropicales con temperaturas elevadas (Matuda, 1956; Heywood y Moore, 1978).

Probablemente *Rhoeo spathacea* fue originalmente endémica de Nicaragua y Honduras; posteriormente se propago a otras áreas donde las condiciones climáticas, relacionadas con la humedad y la temperatura le fueron favorables para su

establecimiento (Simmonds, 1945; Stearn, 1957; citados por Wimber, 1968).

En la República Mexicana se ha observado creciendo silvestre en los Estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Michoacán, México y Chiapas (García, com. personal).

2.4.3. CLASIFICACION TAXONOMICA DE *R. spathacea*

Es una angiosperma que pertenece al grupo de las monocotiledóneas. De acuerdo a Ibarra, 1979 y Cronquist, 1988; se ubica en las siguientes categorías taxonómicas :

Orden : Commelinidae

Familia : Commelinaceae

Género : *Rhoeo*

Especie : *spathacea*

Variedades: *spathacea*, *concolor* y *variegata*

2.4.4. CITOLOGIA DE *R. spathacea*

Suessenguth (1920) citado por Darlington (1929); determinó a través del conteo en ápices radicales que *Rhoeo*

spathacea, es una especie diploide con un número cromosómico de $2n = 12$.

Belling (1927) fue el primero en observar la formación de un anillo de 12 cromosomas durante la meiosis I. Menciona además que ninguno de los doce cromosomas en *Rhoeo* son idénticos, todos están involucrados en una translocación con otros dos cromosomas, produciendo una relación sináptica inusual.

Darlington (1929) describió los cambios meióticos ocasionados por la translocación múltiple que involucra los doce cromosomas de *Rhoeo*: la formación de un anillo de 12 cromosomas en la diacinesis y metafase I, y la presencia de una a tres cadenas de cromosomas durante la metafase I. Considera que la separación de las cadenas es producto de una interrupción en la formación del quiasma o por el rompimiento del mismo una vez que se ha formado.

Sax (1931) observó que los cromosomas están siempre arreglados en el anillo en una secuencia definida y asignó letras a los cromosomas:

eE-ED-Dc-cC-Cb-bB-

1 2 3 4 5 6

Ba-aA-Af-fF-Fd-de

7 8 9 10 11 12

El cromosoma 12, de se une al cromosoma 1, eE para completar el anillo de doce. En la metafase I de meiosis, los cromosomas de la diacinesis se alinean en el ecuador del huso en forma alterna; todos los cromosomas numerados como impares migran a un polo y los numerados como pares migran al polo opuesto; lo que se llama orientación alterna, resultando seis cromosomas en cada polo en la anfase I (Sax, 1931).

Los cromosomas numerados como pares constituyen el complemento α (o complejo α) y los numerados como impares constituyen el complemento β (complejo β). Las plantas de *Rhoeo*, parecen haber resultado de la fusión de un gameto que contiene el complemento α con uno que contiene el complemento β . No se producen homocigotos (α/α o β/β) por la presencia de un sistema letal que impide la formación de gametos iguales.

Si se presenta un alineamiento cromosómico imperfecto en la metafase I y una segregación imperfecta en la anafase I, con cromosomas adyacentes migrando al mismo polo, entonces pueden resultar microesporas con número cromosómico anormal.

Lo mencionado hasta aquí son características básicas del comportamiento meiótico de *Rhoeo* que han sido descritas en diferentes trabajos. En los años posteriores a los treinta, los estudios en *Rhoeo* se encaminaron a dilucidar aspectos del comportamiento meiótico, por lo cual no se consideró necesario incluirlos aquí; y sólo se mencionan los que se relacionan con el presente trabajo.

Bhaduri (1942) en sus investigaciones sobre análisis citológico y estructura híbrida en *Rhoeo discolor*, observó ocho constricciones secundarias pero sólo seis nucléolos por lo que concluye que el elevado número de constricciones resulta de las translocaciones sucesivas nucleolares y no nucleolares.

Natarajan y Natarajan (1972) observaron que *Rhoeo discolor* es una especie diploide con $2n=12$ y ningún cromosoma del complemento es completamente homólogo con otro; con base en la localización del centrómero se dividieron en dos grupos, metacéntricos y submetacéntricos; seis cromosomas en cada grupo.

Farías (1989) determinó el cariotipo de plantas de *Rhoeo* originadas por semilla y de un clon; él observó un gran heteromorfismo relacionado con la longitud cromosómica y una predominancia de cromosomas metacéntricos.

García (1991) en un estudio citogenético en *Rhoeo spathacea*, observó que las plantas son diploides, con $2n=2x=12$; y que ningún cromosoma es completamente homólogo con otro, todos son diferentes como resultado de complejos intercambios híbridos. Basado en la posición del centrómero los cromosomas se dividieron en dos grupos, meta y submetacéntricos (siete metacéntricos y cinco submetacéntricos). Posteriormente (1995) el mismo autor observó diferencias morfológicas entre los cromosomas, estableciendo ocho cromosomas metacéntricos y cuatro submetacéntricos. La diferencia en la clasificación de los cromosomas observada entre la primera y la segunda investigación puede explicarse en base a que en *Rhoeo* el apareamiento cromosómico está confinado a segmentos terminales desiguales.

III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

HIPOTESIS:

Las translocaciones múltiples heterocigotas de *Rhoeo* se mantienen mediante intercambios desiguales de segmentos cromosómicos. Entonces si éstas originan cambios en la estructura de los cromosomas durante la meiosis, las poblaciones de individuos que constituyen la especie han de presentar cariotipos que difieren entre sí.

OBJETIVO GENERAL:

- Demostrar el polimorfismo cromosómico que se presenta en las tres variedades de *Rhoeo spathacea* (Commelinaceae); variedad *spathacea*, variedad *concolor* y variedad *variegata*; procedentes de poblaciones de diferentes Estados de la República Mexicana.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Determinar y analizar el cariotipo de células somáticas de cada variedad de *Rhoeo*.

- Establecer semejanzas y diferencias entre los cariotipos de las tres variedades de *Rhoeo*.

IV. MATERIAL Y METODO

4.1. Material Biológico

El material biológico utilizado se constituyó de plantas de *Rhoeo spathacea*; variedades *spathacea*, *concolor* y *variegata* procedentes de poblaciones de los Estados de Quintana Roo, Michoacán, Chiapas, Veracruz, Yucatán y México. Actualmente estas plantas crecen en el invernadero de la Universidad de Chapingo, Estado de México.

4.2. Cariotipo

Para la determinación y análisis del cariotipo de cada variedad, se trabajó con células somáticas en metafase de ápices radicales; siguiendo el método descrito por García (1991).

4.2.1. Preparaciones citológicas

4.2.1.1. Obtención de ápices de raíz: la planta fue removida de la maceta con el mayor cuidado posible para evitar dañar el sistema radical, el cual se dejó libre de tierra al sumergirlo en agua; una vez visible y libre de partículas se procedió a cortar, con unas pinzas de disección, la porción apical (1 a 1.5 cm. de longitud).

4.2.1.2. Pretratamiento: consistió en colocar los ápices en una solución acuosa 0.002M de 8-hidroxiquinoleína durante seis horas a 17°C, logrando con esto un acortamiento de los cromosomas, suficientes metafases y claridad de constricciones.

4.2.1.3. Fijación: los ápices se fijaron por 24 horas en mezcla Farmer (etanol-ácido acético 3:1 v/v) a temperatura ambiente; esto se realizó con la finalidad de detener los procesos vitales y preservar los cromosomas con un mínimo de alteraciones.

4.2.1.4. Hidrólisis: una vez fijados los ápices se hidrolizaron por ocho minutos en ácido clorhídrico (HCl) 1N a 60°C.

4.2.1.5. Tinción: los ápices radicales se colocaron en solución colorante (Feulgen) durante cinco minutos a 60°C, lo cual permitió, conjuntamente con la hidrólisis, una coloración intensa de los cromosomas y un buen contraste de éstos con el citoplasma.

Una vez teñidos, los ápices, se maceraron en la enzima citasa (enzima del jugo gástrico del caracol de jardín, *Helix* sp.), durante media hora a temperatura ambiente, con la finalidad de ablandar los tejidos y obtener la separación de las células.

4.2.1.6. Aplastado: transcurrido el tiempo de tratamiento de los ápices en citasa, se colocó cada ápice en un portaobjetos, cortando con un bisturí una sección de aproximadamente 1.5mm, para luego agregarle una gota de ácido propiónico 45%; se colocó encima el cubreobjetos, golpeando ligeramente sobre él con la parte superior de una aguja de disección logrando dispersar las células. El calentamiento

suave sobre la flama de una lámpara de alcohol, permitió una mayor intensidad en la coloración de los cromosomas; por último, la preparación se aplastó entre dos hojas de papel absorbente, mediante presión con el dedo pulgar.

Se seleccionaron las preparaciones que presentaron cromosomas bien separados y en un solo plano para ser dibujados y medidos.

4.2.2. Dibujo y medición de los cromosomas

De cada célula se dibujó y midió cada uno de los cromosomas, mediante proyección en papel; trabajando con el objetivo de 100x de un microscopio compuesto (Zeiss), equipado con una cámara lúcida. Los dibujos se hicieron a 2000x. Para medir los cromosomas dibujados se empleó también la cámara lúcida, reemplazando la preparación en la que están los cromosomas por el micrómetro objetivo y utilizando las mismas lentes, ocular y objetivo, se trazó junto al dibujo de los cromosomas parte de la escala micrométrica (10 micras) la cual ya trazada en el papel se midió en mm. Los brazos de cada uno de los cromosomas también se midieron en mm, cuyo valor en μm se obtuvo mediante una regla de tres.

A partir de la medida de los brazos, se determinaron la longitud total (Lt), longitud relativa (Lr) y relación de brazos (r) de cada uno de los cromosomas; su clasificación morfológica se asignó de acuerdo a Levan, *et al.*, 1964. Con esto se obtuvo un cariotipo por planta, el cual a su vez se promedió para obtener el cariotipo por variedad botánica, cuya representación aparece más adelante en cuadros y gráficas.

4.3. Comparación de cariotipos

Para la comparación de los cariotipos se utilizaron los datos numéricos de longitud relativa ($L\%$) y relación de brazos (r) de cada uno de los cromosomas, mediante la graficación de los mismos e interpretación de los resultados que mostró cada una de las gráficas.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Los cariotipos observados en cada planta de manera individual e independientemente de la variedad y de su origen geográfico, se presentan en forma anexa al final del presente trabajo (Apéndice). Este cariotipo es promedio de cinco células por planta.

La presentación que se incluye a continuación; es el cariotipo promedio por variedad botánica; variedades *spathacea*, *concolor* y *variegata* (Fig. 1).



Figura 1. Plantas de *Spathiphyllum*. De izquierda a derecha var. *variegata*, var. *concolor* y var. *spathacea*.

5.1. CARIOTIPO MITOTICO POR VARIEDAD

Número cromosómico

Las plantas analizadas citológicamente en el presente estudio resultaron diploides, con un número cromosómico $2n=2x=12$ (Fig. 2); ello concuerda con lo reportado por Sax (1931); Bhaduri (1942); Verma y Ohri (1979); Stack y Soulliere (1984) y García (1991, 1994, 1995).

Aún cuando se considera que *Rhoeo spathacea* es una especie diploide ($2n=2x=12$), debido a las translocaciones múltiples heterocigóticas, no existe un par de cromosomas completamente homólogo (García, com. personal).

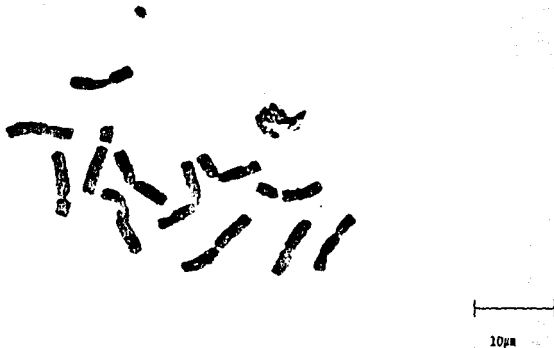


Figura 2. Complemento cromosómico en célula de ápice radical de *Rhoeo spathacea*. Escala 10 μ m (19 μ m).

5.1.1. Variedad *spathacea*

Longitud total (Lt)

Respecto a esta característica los cromosomas se numeraron en orden decreciente de tamaño: 1, el más largo y 12, el más corto. La longitud total es el resultado de la suma de las longitudes del brazo corto y brazo largo del cromosoma, en el caso de las variedades de *Rhoeo*.

La longitud total de los cromosomas de la variedad *spathacea*, quedó establecida dentro del rango $7.2\mu\text{m}$ - $12.0\mu\text{m}$. Correspondiendo el valor máximo al cromosoma 1, el más largo; y el valor mínimo, según el orden decreciente de tamaño, al cromosoma 12, el más corto. Los restantes cromosomas tienen una Lt dentro de dichos límites (Cuadro 1).

CUADRO 1. Características del cariotipo promedio de 4 plantas y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, variedad *spathacea*.

Cr	L O N G I T U D (μm)			LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
	B.C.	B.L.	TOTAL		
1	5.6 \pm 0.8	6.3 \pm 0.6	12.0 \pm 1.4	10.8 \pm 0.4	1.1 \pm 0.1m
2	4.8 \pm 0.6	6.3 \pm 0.7	11.2 \pm 1.1	10.0 \pm 0.2	1.4 \pm 0.2m
3	3.5 \pm 0.3	7.1 \pm 1.2	10.7 \pm 1.1	9.6 \pm 0.3	2.1 \pm 0.5sm
4	3.7 \pm 0.6	6.1 \pm 0.1	9.8 \pm 0.8	8.9 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2sm
5	3.7 \pm 0.2	5.8 \pm 0.7	9.5 \pm 0.8	8.6 \pm 0.1	1.7 \pm 0.3m
6	3.0 \pm 0.2	6.3 \pm 0.6	9.3 \pm 0.8	8.4 \pm 0.1	2.2 \pm 0.2sm
7	3.2 \pm 0.3	5.7 \pm 0.4	8.9 \pm 0.6	8.0 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1sm
8	3.1 \pm 0.3	5.5 \pm 0.6	8.6 \pm 0.7	7.7 \pm 0.1	1.8 \pm 0.2sm
9	3.0 \pm 0.4	5.4 \pm 0.4	8.4 \pm 0.6	7.6 \pm 0.2	1.9 \pm 0.2sm
10	2.8 \pm 0.2	5.3 \pm 0.5	8.1 \pm 0.7	7.3 \pm 0.1	2.0 \pm 0.2sm
11	2.8 \pm 0.3	4.9 \pm 0.4	7.7 \pm 0.6	7.0 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2sm
12	2.6 \pm 0.3	4.6 \pm 0.6	7.2 \pm 0.8	6.6 \pm 0.2	1.8 \pm 0.2sm

Cr: cromosoma; B.C.: brazo corto; B.L.: brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m: metacéntrico y sm: submetacéntrico.

Existe variabilidad en la longitud de un cromosoma respecto a otro; los cromosomas 3 y 4, difieren en $0.9\mu\text{m}$, mientras que los cromosomas 5 y 6, al igual que el 8 y 9 difieren sólo en $0.2\mu\text{m}$ (Cuadro 1).

Longitud de brazos

Los cromosomas de *Rhoeo* presentan dos brazos, con diferencias en tamaño entre uno y otro brazo. Ello permite identificar un brazo largo (BL) y un brazo corto (BC).

En esta variedad, la longitud del brazo corto de los cromosomas, se ubica dentro del rango $2.6\mu\text{m}$ - $5.6\mu\text{m}$; y la del brazo largo dentro del rango $4.6\mu\text{m}$ - $7.1\mu\text{m}$ (Cuadro 1).

En el cromosoma 1, la longitud del brazo corto es mayor ($5.6\mu\text{m}$) y la del brazo largo es idéntica a la del cromosoma 2 ($6.3\mu\text{m}$); en el cromosoma 3, la longitud del brazo largo es mayor ($7.1\mu\text{m}$); los cromosomas 4 y 5 presentan la misma longitud en brazo corto ($3.7\mu\text{m}$), del mismo modo los cromosomas 10 y 11 ($2.8\mu\text{m}$); el cromosoma 12 presenta en ambos brazos la menor longitud (BC= $2.6\mu\text{m}$; BL= $4.6\mu\text{m}$) (Cuadro 1).

Cada cromosoma difiere mínimamente tanto en longitud de brazo corto como en longitud de brazo largo, apreciándose más la diferencia en longitud de brazo largo.

Tamaño Relativo (L%) y Relación de Brazos (r)

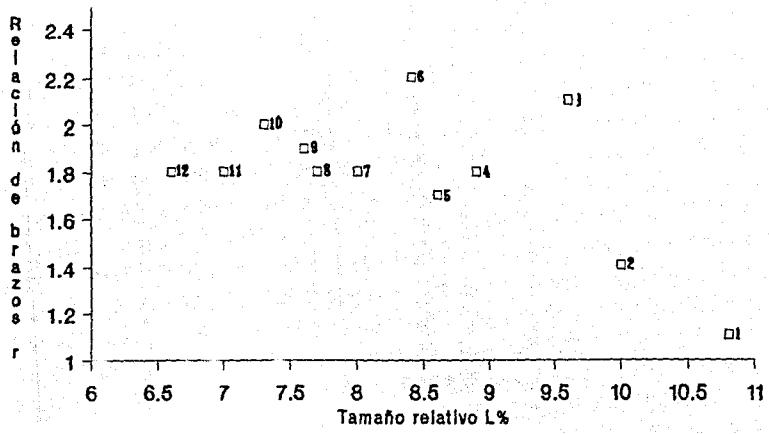
El tamaño relativo y la relación de brazos de los cromosomas de la variedad *spathacea* se ubican en los intervalos 6.6%-10.8% y 1.1-2.2, respectivamente (Cuadro 1).

Los primeros cuatro cromosomas presentan más variación en el tamaño relativo, que los restantes ocho cromosomas (Fig. 3). La diferencia en los primeros cuatro cromosomas no sólo se manifiesta en el tamaño relativo, sino también en la relación de brazos; en la que se incluye al cromosoma 6. Entre el resto de los cromosomas tiende a estabilizarse dicha diferencia y su relación de brazos muestra una tendencia hacia los valores 1.7-2.0 (Fig. 3).

Los cromosomas 1 y 2 a pesar de diferir considerablemente en la relación de brazos, el valor de ésta en ambos al igual que en el cromosoma 5 se ubica abajo de 1.7. Para los cromosomas 3, 4, 6, al 12, la relación de brazos es mayor a 1.7; principalmente en los cromosomas 3 y 6 (Fig. 3).

Presencia de satélites

El cromosoma 12 submetacéntrico de la planta número 2 de la variedad *spathacea*, presentó satélite (Apéndice, tabla 2).



□ cromosomas 1 al 12

Fig. 3. Tamaño relativo L% y relación de brazos (r) de los cromosomas somáticos de var. spathacea (Datos del cuadro 1).

5.1.2. Variedad Concolor

Longitud total (Lt)

La longitud total que presentan sus cromosomas varía dentro de los límites $7.0\mu\text{m}$ - $11.2\mu\text{m}$. Al igual que en la variedad *spathacea*; en la variedad *concolor*, la variación en Lt entre uno y otro cromosoma, es menor a una micra; en este caso los cromosomas 1 y 2 difieren en $0.9\mu\text{m}$ y los cromosomas 4 y 5 difieren en $0.2\mu\text{m}$, así como los cromosomas 6, 7 y 8 (Cuadro 2).

Longitud de brazos

En esta variedad, los intervalos establecidos para la longitud del brazo corto y brazo largo, son $2.4\mu\text{m}$ - $5.1\mu\text{m}$ y $4.6\mu\text{m}$ - $6.1\mu\text{m}$; respectivamente (Cuadro 2).

CUADRO 2. Características del cariotipo promedio de 6 plantas y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, variedad *concolor*.

Cr	L O N G I T U D (μm) B.C.	B.L.	TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
1	5.1 ± 0.6	6.1 ± 0.3	11.2 ± 0.8	10.7 ± 0.4	$1.2\pm 0.2\text{m}$
2	4.6 ± 0.5	5.7 ± 0.4	10.3 ± 0.6	9.8 ± 0.2	$1.3\pm 0.3\text{m}$
3	4.0 ± 0.2	5.8 ± 0.6	9.8 ± 0.6	9.3 ± 0.1	$1.6\pm 0.2\text{m}$
4	3.4 ± 0.2	5.9 ± 0.5	9.3 ± 0.4	8.8 ± 0.0	$1.3\pm 0.3\text{sm}$
5	3.1 ± 0.1	5.9 ± 0.4	9.1 ± 0.4	8.6 ± 0.1	$2.0\pm 0.1\text{sm}$
6	3.2 ± 0.2	5.5 ± 0.2	8.7 ± 0.4	8.3 ± 0.1	$1.8\pm 0.1\text{sm}$
7	3.2 ± 0.2	5.2 ± 0.3	8.5 ± 0.4	8.0 ± 0.1	$1.8\pm 0.1\text{sm}$
8	3.0 ± 0.3	5.3 ± 0.6	8.3 ± 0.3	7.9 ± 0.1	$1.9\pm 0.4\text{sm}$
9	2.9 ± 0.3	5.1 ± 0.2	8.0 ± 0.3	7.6 ± 0.2	$1.8\pm 0.3\text{sm}$
10	2.7 ± 0.2	5.0 ± 0.3	7.7 ± 0.2	7.3 ± 0.2	$1.9\pm 0.2\text{sm}$
11	2.7 ± 0.2	4.7 ± 0.2	7.4 ± 0.3	7.0 ± 0.2	$1.8\pm 0.2\text{sm}$
12	2.4 ± 0.2	4.6 ± 0.4	7.0 ± 0.4	6.6 ± 0.2	$2.0\pm 0.2\text{sm}$

Cr: cromosoma; B.C.: brazo corto; B.L.: brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m: metacéntrico; sm: submetacéntrico.

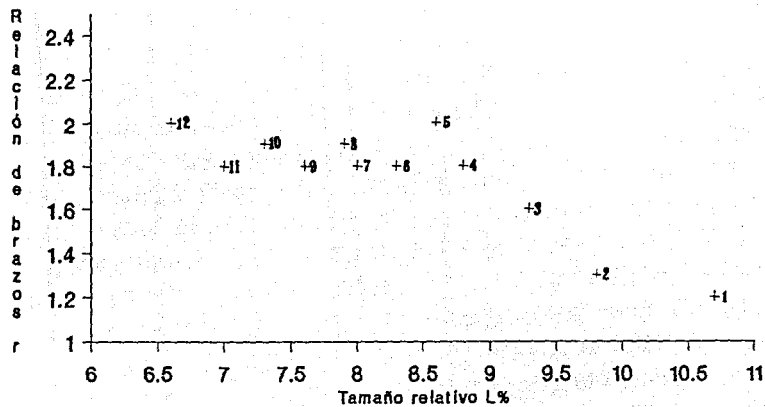
La longitud de ambos brazos del cromosoma 1 es superior a la del resto de los cromosomas del complemento (BC=5.1 μ m y BL=6.1 μ m); los cromosomas 4 y 5 presentan la misma longitud en brazo largo (5.9 μ m); en los cromosomas 6 y 7 como en el 10 y 11, la longitud del brazo corto es la misma (3.2 μ m y 2.7 μ m, respectivamente); el cromosoma 12 presenta una longitud inferior en ambos brazos (BC=2.4 μ m, BL=4.6 μ m) (Cuadro 2).

Tamaño Relativo (L%) y Relación de Brazos (r)

En esta variedad el tamaño relativo y la relación de brazos de los cromosomas, se ubican dentro de los límites 6.6%-10.7% y 1.2-2.0; respectivamente (Cuadro 2).

El tamaño relativo de los primeros cuatro cromosomas tiende a diferir más; mientras que en los cromosomas 4 al 12 la diferencia es más estrecha (Fig. 4). Un comportamiento similar se observó en el L% de los cromosomas de la variedad *spathacea*.

De igual forma, en términos de relación de brazos, como en la variedad *spathacea*, los cromosomas 1 al 4 muestran más variación. Solo que en *concolor* los cromosomas 1, 2 y 3 presentan una relación de brazos menor a 1.7; y mayor a 1.7 la presentan los restantes cromosomas (4 al 12) (Fig. 4).



+ cromosomas 1 al 12

Fig. 4. Tamaño relativo L% y relación de brazos (r) de los cromosomas somáticos de var. concolor (Datos del cuadro 2).

Presencia de satélites

Esta estructura se observó en los cromosomas 5 y 8 sm; 10 y 11 m y 12 sm de las plantas 3, 4, 5 y 6 de la variedad *concolor* (Apéndice, tablas 7, 8, 9 y 10).

5.1.3. Variedad Variegata

Longitud total (Lt)

Los cromosomas de la variedad *variegata*, tienen una longitud que fluctúa entre $7.0\mu\text{m}$ - $12.2\mu\text{m}$ (Cuadro 3).

CUADRO 3. Características del cariotipo promedio de 1 planta y desviación standard de *Rhoeo spathacea*, variedad *variegata*.

Cr	L O N G I T U D (μm)		LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)	
	B.C.	B.L.			
1	5.6 \pm 0.7	6.5 \pm 1.3	12.2 \pm 1.9	11.0 \pm 0.8	1.1 \pm 0.1m
2	4.3 \pm 1.2	6.7 \pm 1.0	11.0 \pm 1.8	10.0 \pm 0.7	1.6 \pm 0.5m
3	4.3 \pm 0.8	6.3 \pm 1.1	10.6 \pm 1.4	9.6 \pm 0.5	1.5 \pm 0.4m
4	4.1 \pm 0.3	5.7 \pm 1.5	9.7 \pm 1.5	8.8 \pm 0.4	1.4 \pm 0.4m
5	3.5 \pm 0.5	6.2 \pm 1.6	9.6 \pm 1.3	8.7 \pm 0.3	1.8 \pm 0.7sm
6	3.1 \pm 0.4	6.0 \pm 1.4	9.1 \pm 1.3	8.3 \pm 0.2	2.0 \pm 0.5sm
7	2.8 \pm 0.9	6.1 \pm 1.2	9.0 \pm 1.5	8.1 \pm 0.5	2.4 \pm 0.9sm
8	3.3 \pm 0.9	5.2 \pm 1.0	8.5 \pm 1.3	7.7 \pm 0.2	1.7 \pm 0.8sm
9	3.6 \pm 1.0	4.7 \pm 0.7	8.2 \pm 1.6	7.4 \pm 0.5	1.3 \pm 0.3m
10	2.7 \pm 0.4	5.3 \pm 1.0	8.0 \pm 1.3	7.2 \pm 0.4	2.0 \pm 0.4sm
11	2.8 \pm 0.8	4.5 \pm 0.5	7.4 \pm 0.7	6.7 \pm 0.7	1.8 \pm 0.7sm
12	2.8 \pm 0.6	4.2 \pm 0.5	7.0 \pm 0.9	6.4 \pm 0.9	1.5 \pm 0.3m

Cr: CROMOSOMA; B.C.: brazo corto; B.L.: brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m: metacéntrico; sm: submetacéntrico.

Los cromosomas 1 y 2 mostraron una diferencia en longitud total en más de una micra ($1.2\mu\text{m}$), en contraste con los cromosomas 4 y 5 así como el 6 y 7 que difieren en tan sólo $0.1\mu\text{m}$; en los restantes cromosomas la diferencia no sobrepasa la micra (Cuadro 3). Lo anterior indica variación en el tamaño de los cromosomas de variedad *variegata*.

Longitud de brazos

En esta variedad la longitud del brazo corto y brazo largo, varía dentro de los rangos $2.7\mu\text{m}$ - $5.6\mu\text{m}$ y $4.2\mu\text{m}$ - $6.7\mu\text{m}$; respectivamente (Cuadro 3).

El brazo corto ($5.6\mu\text{m}$) y brazo largo ($6.7\mu\text{m}$) de mayor longitud se observaron en los cromosomas 1 y 2 respectivamente; el brazo corto en los cromosomas 2 y 3 mide lo mismo ($4.3\mu\text{m}$), en el cromosoma 10 su longitud es menor a todos los cromosomas ($2.7\mu\text{m}$) y en los cromosomas 7, 11 y 12 su tamaño es idéntico ($2.8\mu\text{m}$). En esta variedad a diferencia de las dos anteriores, no se observó que dos o más cromosomas presentaran la misma longitud en brazo largo (Cuadro 3).

Tamaño Relativo (L.%) y Relación de Brazos (r)

Los cromosomas de la variedad *variegata* comprenden un tamaño relativo y una relación de brazos dentro de los intervalos 6.4%-11.0% y 1.1-2.4; respectivamente (Cuadro 3).

Al igual que en las variedades anteriores, el tamaño relativo de los cromosomas 1, 2, 3 y 4 es más variable, sobre todo entre los dos primeros que son a su vez recíprocos con

los cromosomas 4 y 5 cuya diferencia en tamaño relativo es mínima (Fig. 5).

Respecto a la relación de brazos, ésta muestra un comportamiento distinto en los cromosomas de la variedad *variegata* en comparación con las variedades *spathacea* y *concolor*. En este caso los cromosomas 1, 2, 3, 4, 9, y 12, presentan una relación de brazos menor a 1.7; y los cromosomas 5, 6, 7, 8, 10, y 11, mayor a 1.7. Destacando el cromosoma 7 cuya relación de brazos es superior a 2.3 (Fig.5).

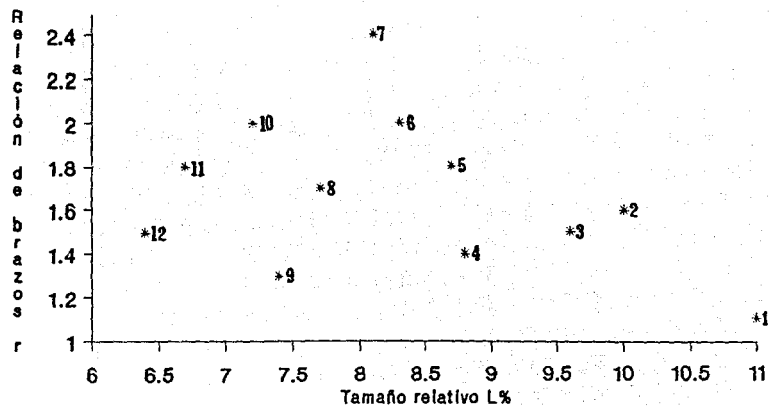
En todos los cromosomas se aprecia una diferencia en la relación de brazos. Sin embargo esta es más acentuada en los siguientes cromosomas: el cromosoma 1 es discordante con el cromosoma 2, de igual forma los cromosomas 4 y 5, 6 y 7, y los cromosomas 7 al 10 (Fig.5).

Presencia de satélites

Esta variedad se distingue de las otras por la ausencia de satélite en sus cromosomas.

5.2. VARIACIONES CARIOTÍPICAS ENTRE LAS VARIEDADES

Una comparación entre los cromosomas de las tres variedades, en términos de longitud total, mostró que los cromosomas de una varían respecto a los de la otra en décimas de micra. Los cromosomas de la variedad *spathacea* se asemejan



* cromosomas 1 al 12

Fig. 5. Tamaño relativo L% y relación de brazos (r) de los cromosomas somáticos de var. variegata (Datos del cuadro 3).

a los de la variedad *variegata* en longitud total en tanto que los de la variedad *concolor* difieren de ellos, principalmente respecto a los cromosomas de la variedad *spathacea*.

Los cromosomas de la variedad *spathacea* en su mayoría son más largos; excepto los cromosomas 1, 5 y 7 cuya longitud es mayor en *variegata*; en *concolor*, los cromosomas son cortos. Los cromosomas 11 y 12 de las variedades *concolor* y *variegata*, tienen la misma longitud total pero desigual longitud de brazos.

En relación a la longitud de brazos, se observó lo siguiente: el brazo corto del cromosoma 7 y el brazo largo del cromosoma 12 miden lo mismo en las variedades *spathacea* y *concolor*. El brazo corto de los cromosomas 1 y 11 y el brazo largo del cromosoma 10 tienen idéntica longitud en las variedades *spathacea* y *variegata*. El brazo corto del cromosoma 10 presenta la misma longitud en las variedades *concolor* y *variegata*.

La variación en el tamaño relativo y relación de brazos entre los cromosomas de las tres variedades se debe probablemente a los múltiples intercambios de segmentos cromosómicos desiguales que ocurren durante la meiosis. Respecto al tamaño relativo de los cromosomas las variedades *concolor* y *variegata* presentan una diferencia más obvia.

Referente a la presencia y localización de satélites, se observaron (cuando fue el caso) en el brazo corto del cromosoma (variedades *spathacea* y *concolor*).

La planta 2 de la variedad *spathacea*, presentó un satélite en el cromosoma 12, submetacéntrico, brazo corto

(Apéndice, tabla 2). La variedad *concolor* destacó por presentar un mayor número de satélites: en el brazo corto de los cromosomas 5, 8 y 12, submetacéntricos; y en los cromosomas 10 y 11 ambos metacéntricos (plantas 3, 4, 5 y 6) (Apéndice, tablas 7, 8, 9 y 10). La posición del satélite es variable lo que muestra por tanto un polimorfismo, resultado de las translocaciones múltiples heterocigotas de *Rhoeo*.

Por otra parte el satélite es una estructura que ha sido considerada en la literatura como un organizador nucleolar, participando en la formación del nucléolo; sin embargo en *Rhoeo* se ha observado que dicha aseveración no es genérica. Bhaduri (1942), observó en *Rhoeo* ocho constricciones secundarias, considerada cada una como una constricción nucleolar; sin embargo se notaron únicamente seis nucléolos en un núcleo. Por tanto, él concluye que el elevado número de organizadores nucleolares en dicha especie se debe a las translocaciones sucesivas entre cromosomas nucleolares y no nucleolares.

McClintock (1934) utilizando translocaciones recíprocas, que resultaron en cromosomas 6^9 y 9^6 incluyendo cada uno un segmento del organizador nucleolar, demostró que cada uno de estos cromosomas es capaz de formar nucléolo. Ello sugiere al menos una forma mediante la cual el complemento cromosómico puede obtener dos o más cromosomas organizadores nucleolares. Cariotipos de cinco especies del complejo de *Rumex acetosa* muestran una transferencia del organizador nucleolar del cromosoma 3 al 1 (Parker, et al., 1988).

Por su parte en el presente estudio, el satélite se observó en dos variedades (*spathacea* y *concolor*), sin embargo el nucléolo es apreciado en las tres variedades. Esto indica que no necesariamente el satélite debe ser considerado como un organizador nucleolar.

5.3. COMPARACION DE CARIOTIPOS

(basada en los datos de tamaño relativo ($L\%$) y relación de brazos (r) de los cromosomas de las variedades *spathacea*, *concolor* y *variegata*).

Del análisis simultáneo de las variables tamaño relativo y relación de brazos que se presentan en los Cuadros 1, 2 y 3, y en la figura 6, se deduce que existen diferencias en ambas variables para todos y cada uno de los doce cromosomas de las tres variedades.

CROMOSOMA 1

Este cromosoma es metacéntrico en las tres variedades; es un cromosoma isobraquial. En términos de tamaño relativo, la variedad *spathacea* ($L\%=10.8$) es similar con la variedad *concolor* ($L\%=10.7$) y diferentes ambas con *variegata* ($L\%=11.0$); sin embargo en cuanto a la relación de brazos hay semejanza, en las variedades *spathacea* y *variegata* es idéntica ($r=1.1$) y similar con *concolor* ($r=1.2$) (Fig. 6).

CROMOSOMA 2

El cromosoma abarca el mismo tamaño relativo ($L\%=10.0$) en las variedades *spathacea* y *variegata*, pero es menor en la variedad *concolor* ($L\%=9.8$). Respecto a la relación de brazos, pese a que en las tres variedades el cromosoma es metacéntrico, existe diferencia entre ellas en tamaño de brazos, específicamente entre el cromosoma de las variedades *concolor* ($r=1.3$) y *variegata* ($r=1.6$) (Fig. 6).

CROMOSOMA 3

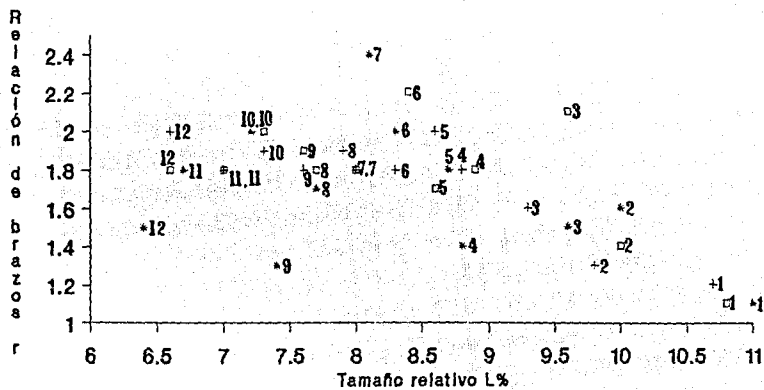
Comprende el mismo tamaño relativo ($L\% = 9.6$) en las variedades *spathacea* y *variegata*; sin embargo hay una diferencia muy evidente en la longitud de brazos. En la variedad *spathacea* ($r = 2.1$) el cromosoma es submetacéntrico (heterobraquial) y en la variedad *variegata* ($r = 1.5$) es metacéntrico (isobraquial), también en la variedad *concolor*; en la cual el tamaño relativo del cromosoma es menor ($L\% = 9.3$) al de las otras variedades (Fig. 6).

CROMOSOMA 4

Presenta el mismo tamaño relativo ($L\% = 8.8$) en las variedades *concolor* y *variegata* y poca diferencia con la variedad *spathacea* ($L\% = 8.9$); sin embargo en cuanto a la relación de brazos, el cromosoma de la variedad *concolor* ($r = 1.8$) contrasta con el de la variedad *variegata* ($r = 1.4$) y es idéntico con *spathacea* ($r = 1.8$). En las variedades *concolor* y *spathacea* el cromosoma es submetacéntrico (heterobraquial); mientras que en la variedad *variegata* es metacéntrico (isobraquial) (Fig. 6).

CROMOSOMA 5

El tamaño relativo de este cromosoma es idéntico ($L\% = 8.6$) en las variedades *spathacea* y *concolor*, guardando una estrecha semejanza con la variedad *variegata* ($L\% = 8.7$); si bien en cuanto al $L\%$ el cromosoma de las variedades *spathacea* y *concolor*, no presenta diferencias, si las hay en cuanto al tamaño de brazos, siendo en *spathacea* metacéntrico ($r = 1.7$) en



□ Crs var. spathacea + Crs var. concolor
 ▴ Crs var. variegata

Fig. 6. Tamaño relativo L% y relación de brazos (r) de los cromosomas somáticos de var. spathacea, concolor y variegata.

tanto que en *concolor* ($r=2.0$) y *variegata* ($r=1.8$) es submetacéntrico (Fig. 6).

Cromosoma 6

En las tres variedades el cromosoma 6 es submetacéntrico (heterobraquial); aunque no mantienen similitud en la relación de brazos, principalmente las variedades *spathacea* ($r=2.2$) y *concolor* ($r=1.8$). Respecto al tamaño relativo, éste es idéntico en los cromosomas de las variedades *concolor* ($L\% = 8.3$) y *variegata* ($L\% = 8.3$) y guarda una estrecha semejanza con el cromosoma de la variedad *spathacea* ($L\% = 8.4$) (Fig. 6).

Cromosoma 7

El cromosoma 7 es submetacéntrico en las tres variedades (heterobraquial). El cromosoma en las variedades *spathacea* y *concolor* presenta igualdad tanto en el tamaño relativo ($L\% = 8.0$) como en la relación de brazos ($r=1.8$); la variedad *variegata* mantiene semejanza estrecha con dichas variedades, en términos de tamaño relativo ($L\% = 8.1$); sin embargo en cuanto a la relación de brazos ($r=2.4$), hay una diferencia muy evidente con respecto a ellas; pese a que el cromosoma también es submetacéntrico (Fig. 6).

Cromosoma 8

Es submetacéntrico (heterobraquial) en las tres variedades); existiendo en todas una diferencia en cuanto a

la relación de brazos; sin embargo es mínima si se considera la existente en los cromosomas anteriores. En las variedades *spathacea* y *variegata*, el tamaño relativo del cromosoma es idéntico ($L\% = 7.7$), presentando similitud con el de la variedad *concolor* ($L\% = 7.9$) (Fig. 6).

Cromosoma 9

El tamaño relativo de este cromosoma es igual ($L\% = 7.6$) en las variedades *spathacea* y *concolor*, y la relación de brazos es muy parecida ($r = 1.9$ y $r = 1.8$ respectivamente); en ambas el cromosoma es submetacéntrico (heterobraquial). El cromosoma de la variedad *variegata* mantiene una semejanza muy estrecha con el de las otras variedades, pero sólo en términos de tamaño relativo ($L\% = 7.4$); ya que es un cromosoma metacéntrico, (isobraquial) y la longitud de sus brazos es diferente respecto a las otras variedades (Fig. 6).

Cromosoma 10

El tamaño relativo como la relación de brazos de este cromosoma guardan una similitud en las tres variedades, aún más que aquella del cromosoma 1 y 8. Su tamaño relativo es idéntico ($L\% = 7.3$) en las variedades *spathacea* y *concolor*; y la relación de brazos ($r = 2.0$) es idéntica en las variedades *spathacea* y *variegata*. Es un cromosoma submetacéntrico (heterobraquial) en las tres variedades (Fig. 6).

Cromosoma 11

Su tamaño relativo es idéntico ($L\%=7.0$) en las variedades *spathacea* y *concolor*, pero diferente con la variedad *variegata* ($L\%=6.7$); sin embargo, el cromosoma mantiene una misma relación de brazos ($r=1.8$) en las tres variedades, y es submetacéntrico, heterobraquial (Fig. 6).

Cromosoma 12

El tamaño relativo de éste, es idéntico ($L\%=6.6$) en las variedades *spathacea* y *concolor* y aunque difieren en la relación de brazos ($r=1.8$ y $r=2.0$ respectivamente), en ambas el cromosoma es submetacéntrico. Se distinguen de la variedad *variegata* tanto en tamaño relativo ($L\%=6.4$) como en relación de brazos ($r=1.5$), particularmente respecto a esta última. En la variedad *variegata* el cromosoma es metacéntrico (isobraquial) y la diferencia en longitud de brazos es más evidente entre ésta y la variedad *concolor* (Fig. 6).

En términos de tamaño relativo se aprecian diferencias entre los cariotipos en las tres variedades, mismas que se acentúan debido a la variabilidad en la relación de brazos.

El tamaño relativo de los cromosomas 1, 2, 3, 8, y 11 mantiene una diferencia menos estrecha entre las tres variedades, que el resto de los cromosomas. De igual forma la relación de brazos de los cromosomas 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12, sobre todo, los cromosomas 3, 7, y 9.

Asimismo, en general se observa un comportamiento inversamente proporcional de las variables $L\%$ y r entre las variedades; sobre todo en los cromosomas 3, 4, 7, 9, y 12.

Cariotipo Bimodal: cromosomas metacéntricos y submetacéntricos en *Rhoeo spathacea*.

Con base a la relación de brazos y la posición del centrómero se identifica un cariotipo bimodal para *Rhoeo*: cromosomas meta y submetacéntricos; de acuerdo a la nomenclatura de Levan, *et al*: 1964.

Aún cuando las tres variedades de *Rhoeo spathacea* presentan cariotipos bimodales, cada variedad presenta diferentes cromosomas meta y submetacéntricos.

En la variedad *spathacea*, los cromosomas clasificados como metacéntricos son el 1, 2 y 5; y como submetacéntricos el 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 (Cuadro 4).

En la variedad *concolor*, los cromosomas metacéntricos son el 1, 2 y 3; y como submetacéntricos el 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 (Cuadro 4).

CUADRO 4. Posición del centrómero en los cariotipos de las variedades *spathacea*, *concolor* y *variegata*, conforme a la terminología de Levan *et al*: 1964.

Variedad	C R O M O S O M A S	
	Metacéntrico (m)	Submetacéntrico (sm)
<i>Spathacea</i>	1,2,5	3,4,6,7,8,9,10,11,12
<i>Concolor</i>	1,2,3	4,5,6,7,8,9,10,11,12
<i>Variegata</i>	1,2,3,4,9,12	5,6,7,8,10,11

En la variedad *variegata*, los cromosomas metacéntricos son el 1, 2, 3, 4, 9 y 12 y como submetacéntricos son el 5, 6, 7, 8, 10 y 11 (Cuadro 4).

Existe una predominancia de cromosomas submetacéntricos en las variedades *spathacea* y *concolor* (tres metacéntricos y nueve submetacéntricos en ambas); mientras que en *variegata* la distribución es proporcional, seis metacéntricos y seis submetacéntricos. Al respecto Natarajan y Natarajan (1972), también observaron seis cromosomas metacéntricos y seis submetacéntricos en *Rhoeo*; aunque no mencionan cuales cromosomas corresponden a cada categoría.

En relación al origen del cariotipo de tipo bimodal, Darlington, citado por Stebbins, 1971, ha propuesto que surge a partir de un cariotipo simétrico de origen poliploide, que supone la presencia de muchos loci duplicados, de modo que la pérdida de un segmento mayor puede ser tolerado; y el cromosoma pequeño del cariotipo bimodal es producto de la pérdida diferencial de segmentos cromosómicos (Stebbins, 1971).

Otro posible origen supone el incremento en la asimetría del cariotipo (Principio de Levitzky): el cariotipo bimodal resulta de una translocación desigual, en la que un cierto cromosoma cede un segmento a otro cromosoma del mismo complemento. El tamaño del primer cromosoma se reduce y el del segundo se incrementa (Stebbins, 1971).

Considerando lo mencionado en el párrafo anterior y dado que *Rhoeo* se caracteriza por presentar un sistema de translocaciones múltiples heterocigóticas, la existencia de un cariotipo bimodal en sus variedades, posiblemente sea el resultado de la ocurrencia de dicho mecanismo (García 1995, postula este mecanismo en *Rhoeo*).

Los cambios observados en la morfología cromosómica de plantas de *Rhoeo*, parecen no alterar su fenotipo. Jackson (1971) considera que los cambios en la morfología cromosómica pueden afectar o no el fenotipo de la planta portadora. Stebbins (1958) propone que los cambios en el cariotipo, sin alterar el número de cromosomas, son ocasionados por translocaciones recíprocas desiguales. Kenton *et al* (1987) indentificaron intercambios desiguales de pequeños segmentos terminales en *Gibasis pulchella* (Commelinaceae), estos intercambios desiguales están limitados a pequeñas regiones terminales; de igual forma Stack y Soulliere (1984) señalan que el apareamiento cromosómico en *Rhoeo* está confinado a segmentos terminales. García (1995) sugiere que las variaciones en cariotipos entre plantas hermanas, obedece a este mecanismo de intercambio desigual, coincidiendo con Darlington (1929) quién propone el intercambio de pequeños segmentos, como el mecanismo de formación de sistemas de translocaciones múltiples.

VI. CONCLUSIONES

- Los doce cromosomas somáticos en *Rhoeo spathacea*, son diferentes, no hay dos cromosomas completamente homólogos fenotípicamente.

- La longitud total de los cromosomas fluctúa entre $7.0\mu\text{m}$ - $12.0\mu\text{m}$.

- En cada variedad de *Rhoeo* el cariotipo es diferente. No existe un cariotipo único para las tres variedades.

- Los cariotipos son bimodales con cromosomas metacéntricos y submetacéntricos.

- El satélite predominó en 0, 1, 2 y 3 cromosomas por planta, particularmente en la variedad *concolor*. Su presencia no necesariamente influye en la formación del nucléolo.

- El polimorfismo cromosómico observado en las variedades de *Rhoeo* ocasionado por el mecanismo de las translocaciones múltiples heterocigóticas pudiera conducir a la especiación de las variedades.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Baker, R.F. and T.R. Mertens. 1975. Meiosis in variegated and anthocyaninless varieties of *Rhoeo*. J. of Heredity 66:381-383.

- Belling, J. 1927. The attachment of chromosomes at the reduction division in flowering plants. J. Genetics 8:177-205.

- Bhaduri, P.N. 1942. Cytological analysis and structural hybridity in *Rhoeo discolor* Hance. J. Genetics 44:73-85.

- Brown, W.V. and E.M. Bertke. 1979. Citología. Ed. Omega, S.A. Barcelona. 529pp.

- Chmielewska, W. E. 1989. An investigation of the karyotypes of four species from the genera *Setcreasea*, *Spirocnema* and *Tradescantia* (Commelinaceae). Acta Societatis Botanicorum Poloniae. Vol. 58:527-540.

- Cronquist, A. 1988. The evolution and classification of flowering plants. The New York Botanical Garden. USA. 2nd ed. 555pp.

- Curtis, J.P. 1976. Introducción a la Citología Vegetal. Ed. Patena, A.C. Chapingo, México. 262pp.

- Darlington, C.D. 1929. Chromosome behavior and structural hybridity in the *Tradescantieae*. J. Genetics 21:207-286.

- De Robertis, E.D.P.; W.W. Nowinski; F.A. Sáez. 1960. Citología General. Ateneo, Buenos Aires. 4 ed. 604pp.

- Dobzhasky, T. 1982. Genetics and the origins of species. Columbia University. New York. 364pp.
- Fariás, Ch. A. 1989. Estudio cromosómico en plantas de origen sexual y un clon de *Rhoeo spathacea* (Hance). Tesis profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Mich. 61pp.
- Faden, B.R. and Y. Suda. 1980. Cytotaxonomy of Commelinaceae: chromosome numbers of some African and Asiatic species. Bot. J. Linn. Soc. 81:301-325.
- García, V.A. 1990. Técnicas y procedimientos de citogenética vegetal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 144pp.
- García, V.A. 1991. Cytogenetical studies in *Rhoeo spathacea* (Commelinaceae). I. A. desynaptic and second division restitution mutant. Genome 34:895-899.
- García, V.A. 1994. A desynaptic mutant in *Rhoeo spathacea* (Commelinaceae). Cytología 59:399-404.
- García, V.A. 1995. Cytological studies in *Rhoeo spathacea* (Commelinaceae).II. Characterization of an acrotrisomic plant. Cytología (en prensa).
- Grant, V. 1975. Genetics of flowering plants. Columbia University Press. New York. 514pp.
- Heywood, V.H. and D.M. Moore. 1978. Flowering plants of the world. Oxford University Press. 335pp.
- Ibarra, O.R. 1979. Clasificación alfabética de las familias de la división Angiospermae. IMEPLAM. México. 58pp.

- Jackson, R.C. 1971. The Karyotype in systematics. Ann. Rev. Ecol. Sytematics. 2:327-369.

- Jones, K. and A. Kenton, 1984. Mechanism of chromosome change in the evolution of tribe Tradescantieae (Commelinaceae) in : Chromosomes in evolution of eukaryotic groups. Vol.II. Sharma, A. and A. Sharma (ed). CRC Press. Florida. 269pp.

- Kenton, A.A. Davis, and K. Jones. 1987. Identification of Renner complexes and duplication in permanent hybrids of Gibasis pulchella (Commelinaceae). Chromosoma (Berl). 95: 424-434.

- Levan, A.; K. Fredga; and A.A. Sandberg, 1964. Nomenclature for centromeric position of chromosomes. Hereditas 52:201-220.

- Matuda, E. 1956. Las Comelináceas del Estado de México. Dirección de Agricultura y Ganadería. Toluca, México. 45pp.

- McClintock, B. 1934. The relation of particular chromosomal element to the development of nucleoli in Zea mays. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat. 21:294-328.

- Moore, D.M. 1968. The Karyotype in Taxonomy. In: Modern methods in plant taxonomy. V.H. Heywood (ed). Academic Press, London: 61-75pp.

- Natarajan, A.T. and S. Natarajan. 1972. The heterochromatin of Rhoeo discolor. Hereditas 72:323-330.

- Owens, S.J. 1981. Self-incompatibility in the Commelinaceae. Ann. Bot. 47:567-581.

- Parker, J.S.; A.S. Wilby; and S. Taylor. 1988. Chromosome stability and instability in plants. Key Chromosome Conference III. 131-140.

- Sampaio, T.P. 1987. Commelinaceae: Estudo do desenvolvimento pos-seminal de algumas especies. Acta Biológica Leopoldensia. 9:49-80.

- Sánchez, O.S. 1979. La flora del Valle de México. Ed. Herrero, S.A. México, D.F. 519pp.

- Satterfield, S.K. and T.R. Mertens. 1972. *Rhoeo spathacea*: A tool for teaching meiosis and mitosis. J. Heredity 63:375-378.

- Sax, K. 1931. Chromosome ring formation in *Rhoeo discolor*. Citología 3:36-53.

-Stack, S.M. and D.L. Soulliere. 1984. The relation between synapsis and chiasma formation in *Rhoeo spathacea*. Chromosoma (Berl.) 90:72-83.

- Stearn, W.T. 1957. The boat-lily (*Rhoeo spathacea*). Baileya 5:195-198.

- Stebbins, L. Jr. 1950. Variation and evolution in plants. Columbia University Press. New York. 643pp.

- Stebbins, G.L. 1958. Longevity, habitat, and the release of genetic variability in the higher plants. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 23:365-378.

- Stebbins, G.L. 1971. Chromosomal evolution in higher plants. Edward Arnold (Publishers) Ltd London. 216pp.

- Swanson, C.P. 1957. Cytology and Cyto genetics. Prentice-Halls. New York. 596 pp.

- Swanson, C.P.; T. Mertz; W.J. Young. 1967. Cytogenetics. Prentice-Halls. New Jersey. 194pp.

- Verma, S.C. and Ohri, D. 1979. Breakdown of the classical meiotic system in *Rhoeo spathacea* (Commelinaceae). Cytologia. 44:91-102.

- Wagner, P.R.; M.P. Maguire and R.L. Stallings. 1993. Chromosomes & Synthesis. Wiley-Liss. E.U.A. 523pp.

- White, M.J. 1973. The chromosomes. Chapman and Hall. London. 6 ed. 214pp.

- Wimber, D.E. 1968. The nuclear cytology of bivalent and rising-forming *Rhoeos* and their hybrids. Am. J. Bot. 55:572-574.

VIII. APENDICE

TABLA 1(Planta 1). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandard de *Rhoo spathacea*, var. *spathacea* del Edo. de Quintana Roo.

Cr	L O N G I T U D B. C.	B. L.	(μ m) TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
1	6.3±0.7	6.9±0.5	13.3±1.0	10.8±0.5	1.1±0.1m
2	5.7±0.5	6.6±0.3	12.3±0.8	10.0±0.4	1.2±0.1m
3	3.7±1.0	8.2±1.5	11.9±0.0	9.7±0.6	2.4±0.9sm
4	4.3±1.2	6.2±0.9	10.5±0.4	8.6±0.1	1.6±0.8sm
5	3.6±1.0	6.8±1.2	10.4±0.7	8.5±0.1	2.1±0.9sm
6	3.2±0.9	7.1±1.2	10.3±0.7	8.4±0.2	2.5±1.3sm
7	3.6±0.5	5.9±0.7	9.5±0.5	7.8±0.2	1.7±0.4m
8	3.2±0.5	6.2±0.9	9.4±0.5	7.7±0.2	2.0±0.6sm
9	3.5±0.8	5.7±0.8	9.2±0.3	7.5±0.2	1.8±0.7sm
10	3.0±0.7	5.9±0.7	8.9±0.3	7.2±0.3	2.1±0.6sm
11	3.1±0.4	5.5±0.8	8.6±0.5	7.0±0.2	1.8±0.5sm
12	2.8±0.3	5.3±0.5	8.2±0.5	6.7±0.2	1.9±0.4sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sa:submetacéntrico.

TABLA 2(planta 2). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandard de *Rhoo spathacea*, var. *spathacea* del Edo. de Chiapas.

Cr	L O N G I T U D B. C.	B. L.	(μ m) TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
1	4.4±0.8	5.6±1.0	10.0±1.4	10.2±0.6	1.3±0.3m
2	4.3±0.5	5.3±1.0	9.6±1.6	9.7±0.5	1.2±0.1m
3	3.7±0.4	5.5±1.5	9.2±1.7	9.3±0.5	1.5±0.4m
4	2.8±0.5	5.9±1.9	8.7±1.8	8.8±0.6	2.2±0.9sm
5	3.4±1.0	5.1±0.9	8.5±1.6	8.6±0.3	1.6±0.5m
6	2.7±0.5	5.6±1.3	8.3±1.4	8.4±0.2	2.1±0.7sm
7	2.8±0.3	5.1±1.3	8.0±1.3	8.1±0.2	1.8±0.5sm
8	2.8±0.6	5.0±0.9	7.7±1.1	7.9±0.2	1.8±0.6sm
9	2.7±0.8	5.0±0.8	7.6±1.1	7.8±0.2	2.0±0.7sm
10	2.6±0.8	4.7±0.4	7.3±0.8	7.5±0.3	1.9±0.6sm
11	2.4±0.5	4.6±0.7	7.1±1.0	7.2±0.3	2.0±0.5sm
12	2.4±0.5	4.0±0.3	6.3±0.7	6.6±0.4	1.7±0.3sm*

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sa:submetacéntrico; *: cr con satélite.

TABLA 3(Planta 3). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, var *spathacea* del Edo. de Michoacán.

Cr	L O N G I T U D (μ m)		LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)	
	B.C.	B.L.			TOTAL
1	5.9±0.5	6.6±1.0	12.5±1.5	11.1±0.7	1.1±0.1m
2	4.8±1.3	6.7±1.1	11.5±1.1	10.3±0.4	1.6±0.9m
3	3.6±1.0	6.9±1.1	10.5±0.6	9.4±0.2	2.1±0.9sm
4	3.8±1.1	6.2±1.1	10.0±0.7	9.0±0.4	1.8±0.9sm
5	3.8±0.3	5.7±0.8	9.5±0.9	8.5±0.4	1.5±0.2m
6	3.1±0.8	6.1±1.2	9.2±0.7	8.2±0.2	2.1±0.7sm
7	3.2±0.5	5.8±0.7	9.0±0.5	8.1±0.2	1.9±0.5sm
8	3.5±0.7	5.1±0.8	8.5±0.5	7.6±0.4	1.5±0.6m
9	3.1±0.4	5.2±0.5	8.3±0.3	7.4±0.2	1.7±0.4sm
10	2.6±0.3	5.6±0.8	8.2±0.5	7.3±0.3	2.2±0.4sm
11	2.7±0.7	4.8±0.8	7.6±0.5	6.8±0.5	1.9±0.8sm
12	2.3±0.5	4.6±0.7	6.9±0.7	6.2±0.7	2.0±0.6sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC-r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico.

TABLA 4(Planta 4). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, var. *spathacea* del Edo. de Veracruz.

Cr	L O N G I T U D (μ m)		LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)	
	B.C.	B.L.			TOTAL
1	5.8±0.7	6.3±0.5	12.1±1.1	10.9±0.7	1.1±0.1m
2	4.6±1.1	6.8±1.4	11.4±1.2	10.0±0.4	1.6±0.8m
3	3.1±0.6	7.9±0.8	11.0±1.3	9.9±0.8	2.6±0.4sm
4	3.8±1.1	6.2±0.4	10.0±1.0	9.0±0.8	1.7±0.6sm
5	4.0±0.8	5.7±0.8	9.7±1.1	8.7±0.7	1.5±0.4m
6	3.1±1.0	6.3±1.3	9.4±1.0	8.4±0.3	2.3±1.0sm
7	3.2±0.5	5.8±0.9	9.0±0.9	8.1±0.3	1.9±0.5sm
8	3.0±0.3	5.7±1.0	8.7±0.8	7.8±0.3	2.0±0.6sm
9	2.7±0.5	5.8±0.3	8.6±0.5	7.7±0.4	2.2±0.4sm
10	3.0±0.5	5.1±1.0	8.1±0.8	7.2±0.3	1.8±0.6sm
11	3.1±0.4	4.6±1.0	7.7±0.5	6.9±0.1	1.5±0.6m
12	2.8±0.3	4.7±0.3	7.6±0.3	6.8±0.3	1.7±0.3m

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC-r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico.

TABLA 5(Planta 1). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (μ m)		TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
	B.C.	B.L.			
1	5.3 \pm 0.5	6.1 \pm 0.5	11.4 \pm 1.0	10.9 \pm 0.5	1.1 \pm 0.1m
2	5.0 \pm 0.4	5.6 \pm 0.6	10.5 \pm 0.9	10.1 \pm 0.5	1.1 \pm 0.1m
3	3.7 \pm 1.0	5.8 \pm 1.3	9.5 \pm 0.9	9.1 \pm 0.5	1.7 \pm 0.8sm
4	3.6 \pm 0.3	5.6 \pm 0.4	9.2 \pm 0.5	8.8 \pm 0.2	1.5 \pm 0.1m
5	3.0 \pm 0.5	5.9 \pm 0.7	8.9 \pm 0.6	8.5 \pm 0.2	2.1 \pm 0.5sm
6	3.2 \pm 0.7	5.3 \pm 1.0	8.6 \pm 0.7	8.2 \pm 0.2	1.7 \pm 0.6sm
7	3.0 \pm 0.8	5.2 \pm 0.9	8.2 \pm 0.5	7.8 \pm 0.2	1.9 \pm 0.9sm
8	3.2 \pm 0.5	5.0 \pm 0.8	8.2 \pm 0.5	7.8 \pm 0.2	1.6 \pm 0.5m
9	2.7 \pm 0.7	5.2 \pm 1.0	7.9 \pm 0.5	7.6 \pm 0.2	2.1 \pm 0.9sm
10	2.5 \pm 0.0	5.1 \pm 0.5	7.6 \pm 0.5	7.2 \pm 0.2	2.0 \pm 0.2sm
11	2.4 \pm 0.5	5.0 \pm 0.4	7.3 \pm 0.3	7.0 \pm 0.3	2.2 \pm 0.6sm
12	2.2 \pm 0.3	4.8 \pm 0.5	7.1 \pm 0.5	6.8 \pm 0.2	2.2 \pm 0.5sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico.

TABLA 6(Planta 2). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (μ m)		TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
	B.C.	B.L.			
1	5.5 \pm 0.7	6.2 \pm 1.0	11.7 \pm 1.4	10.9 \pm 0.7	1.1 \pm 0.2m
2	4.9 \pm 0.7	5.7 \pm 0.3	10.6 \pm 0.9	9.9 \pm 0.6	1.2 \pm 0.2m
3	3.8 \pm 1.0	6.2 \pm 1.2	10.0 \pm 0.7	9.3 \pm 0.5	1.8 \pm 0.8sm
4	3.2 \pm 0.5	6.3 \pm 0.7	9.4 \pm 0.7	8.8 \pm 0.3	2.0 \pm 0.4sm
5	3.1 \pm 0.6	6.2 \pm 1.3	9.3 \pm 0.7	8.7 \pm 0.2	2.1 \pm 0.8sm
6	3.1 \pm 1.0	5.7 \pm 0.5	8.8 \pm 0.5	8.2 \pm 0.4	2.0 \pm 0.9sm
7	3.4 \pm 0.7	5.2 \pm 0.8	8.6 \pm 0.5	8.1 \pm 0.5	1.6 \pm 0.6m
8	3.5 \pm 0.3	4.8 \pm 0.7	8.3 \pm 0.7	7.8 \pm 0.5	1.4 \pm 0.2m
9	2.7 \pm 0.8	5.3 \pm 0.7	8.1 \pm 0.6	7.5 \pm 0.2	2.2 \pm 0.9sm
10	2.7 \pm 0.5	5.0 \pm 1.1	7.7 \pm 0.9	7.2 \pm 0.3	1.9 \pm 0.8sm
11	2.8 \pm 0.5	4.5 \pm 0.8	7.4 \pm 0.9	6.7 \pm 0.4	1.6 \pm 0.4m
12	2.2 \pm 0.5	4.8 \pm 1.0	7.1 \pm 0.8	6.6 \pm 0.4	2.3 \pm 0.8sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

TABLA 7(Planta 3). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rheoo spathacea*, var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (μm)	LONGITUD	BL/BC		
	B.C. B.L. TOTAL	RELATIVA(L%)	(r)		
1	5.6±0.8	6.5±0.6	12.1±1.0	11.1±1.2	1.2±0.2m
2	5.1±0.8	5.7±1.0	10.8±1.7	9.8±0.5	1.1±0.1m
3	4.1±1.6	6.3±1.1	10.4±1.5	9.5±0.4	1.9±1.2sm
4	3.3±0.5	6.4±1.5	9.8±1.7	8.9±0.1	2.0±0.4sm
5	3.3±0.9	6.3±1.3	9.6±1.7	8.7±0.4	2.0±0.6sm
6	3.6±0.9	5.7±1.2	9.4±1.8	8.5±0.2	1.7±0.5m
7	3.4±0.9	5.6±1.2	9.0±1.8	8.1±0.3	1.7±0.6m
8	2.5±0.5	6.2±1.4	8.7±1.7	7.8±0.4	2.5±0.6sm*
9	3.4±1.1	4.7±0.9	8.1±1.8	7.3±0.3	1.4±0.3m
10	2.5±0.8	5.3±1.5	7.8±2.0	7.0±0.5	2.2±0.7sm
11	2.9±1.0	4.6±0.8	7.5±1.7	6.7±0.3	1.6±0.5m
12	2.4±0.6	4.8±1.7	7.2±2.0	6.4±0.7	2.1±0.5sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico; *:cr con satélite.

TABLA 8(Planta 4). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rheoo spathacea*, var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (μm)	LONGITUD	BL/BC		
	B.C. B.L. TOTAL	RELATIVA(L%)	(r)		
1	4.1±0.9	5.9±1.6	10.0±0.9	10.1±0.5	1.6±1.0m
2	4.4±0.5	5.2±0.5	9.6±1.0	9.6±0.4	1.3±0.2m
3	3.7±0.4	5.5±0.9	9.2±0.9	9.2±0.3	1.6±0.3m
4	3.5±0.6	5.3±0.4	8.8±0.7	8.8±0.4	1.5±0.3m
5	3.1±0.6	5.6±0.4	8.7±0.7	8.7±0.4	1.9±0.4sm*
6	3.0±0.7	5.4±0.6	8.4±0.7	8.4±0.2	1.9±0.6sm
7	3.2±1.0	5.0±0.6	8.2±0.5	8.2±0.4	1.7±0.8sm
8	3.0±0.8	5.0±0.8	7.9±0.7	7.9±0.7	1.8±0.9sm
9	2.7±0.5	5.0±0.6	7.7±0.9	7.7±0.5	1.9±0.4sm
10	3.0±0.3	4.5±1.1	7.5±1.0	7.5±0.2	1.6±0.6m
11	2.6±0.5	4.6±1.4	7.2±1.1	7.2±0.6	1.9±1.0sm
12	2.4±0.6	4.1±1.1	6.5±0.7	6.5±0.2	1.9±0.9sm

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico; *: cr con satélite.

TABLA 9(Planta 5). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandard de *Rhoeo spathacea*, Var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (µm) B.C.	B.L.	T U D (µm) TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
1	4.8±0.5	5.6±0.4	10.4±0.9	10.4±0.5	1.1±0.1m
2	3.7±0.9	5.9±1.0	9.7±0.8	9.7±0.0	1.7±0.7sm
3	4.3±0.6	4.9±0.5	9.2±1.0	9.2±0.2	1.2±0.2m
4	3.2±0.6	5.6±0.8	8.8±0.6	8.8±0.3	1.9±0.7sm
5	3.1±0.8	5.4±0.9	8.5±0.7	8.5±0.3	1.8±0.7sm*
6	3.0±0.7	5.5±1.1	8.4±0.7	8.4±0.2	2.0±0.8sm
7	3.1±0.9	5.0±0.5	8.1±0.6	8.0±0.1	1.7±0.6sm
8	3.1±0.8	4.8±0.5	7.9±0.7	7.9±0.2	1.6±0.4m
9	2.9±0.7	4.9±0.4	7.8±0.8	7.8±0.3	1.7±0.3sm
10	2.5±0.5	5.0±0.7	7.5±0.9	7.5±0.1	2.0±0.5sm
11	2.5±0.3	4.5±0.7	7.1±0.6	7.1±0.2	1.8±0.5sm
12	2.3±0.5	4.0±0.7	6.4±0.7	6.4±0.4	1.8±0.5sm*

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC:r:relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico; *cr con satélite.

TABLA 10(planta 6). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandard de *Rhoeo spathacea*, var. *concolor* del Edo. de Yucatán.

Cr	L O N G I T U D (µm) B.C.	B.L.	T U D (µm) TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
1	5.3±0.5	6.3±0.9	11.6±1.4	10.6±0.9	1.2±0.1m
2	4.5±1.3	6.4±1.4	10.8±1.4	9.8±0.5	1.6±0.8m
3	4.1±1.0	6.3±1.3	10.5±1.3	9.5±0.1	1.6±0.6m
4	3.3±1.2	6.4±1.0	9.7±0.9	8.8±0.3	2.1±0.9sm
5	3.3±0.9	6.0±1.3	9.4±1.1	8.5±0.3	1.9±0.8sm
6	3.5±1.0	5.5±0.8	8.9±1.1	8.2±0.2	1.8±0.9sm
7	3.2±0.5	5.6±1.5	8.8±1.3	7.9±0.3	1.8±0.8sm
8	2.8±0.5	5.8±1.5	8.7±1.2	7.8±0.2	2.1±0.8sm
9	3.2±0.6	5.3±0.5	8.4±1.0	7.6±0.3	1.7±0.3sm
10	3.0±0.5	5.1±1.2	8.1±1.2	7.3±0.2	1.7±0.5m*
11	3.0±0.5	4.8±0.5	7.8±0.9	7.1±0.2	1.6±0.2m*
12	2.7±0.6	4.8±0.6	7.5±0.9	6.8±0.3	1.8±0.5sm*

Cr:cromosoma; B.C.:brazo corto; B.L.:brazo largo; BL/BC:r: relación de brazos y posición centromérica; m:metacéntrico; sm:submetacéntrico; *cr con satélite.

TABLA 11(Planta 1). Características del cariotipo promedio de 5 células por planta y desviación estandar de *Rhoeo spathacea*, var. *variegata* del Edo. de México.

Cr	L O N G I T U D (μ m)		TOTAL	LONGITUD RELATIVA(L%)	BL/BC (r)
	B.C.	B.L.			
1	5.6 \pm 0.7	6.5 \pm 1.3	12.2 \pm 1.9	11.0 \pm 0.7	1.1 \pm 0.1m
2	4.3 \pm 1.2	6.7 \pm 1.0	11.0 \pm 1.8	10.0 \pm 0.7	1.6 \pm 0.9m
3	4.3 \pm 0.8	6.3 \pm 1.1	10.6 \pm 1.4	9.6 \pm 0.5	1.5 \pm 0.4m
4	4.1 \pm 0.3	5.7 \pm 1.5	9.7 \pm 1.5	8.8 \pm 0.4	1.4 \pm 0.4m
5	3.5 \pm 0.5	6.2 \pm 1.6	9.6 \pm 1.3	8.7 \pm 0.3	1.8 \pm 0.7sm
6	3.1 \pm 0.4	6.0 \pm 1.4	9.1 \pm 1.3	8.3 \pm 0.2	2.0 \pm 0.5sm
7	2.8 \pm 0.9	6.1 \pm 1.2	9.0 \pm 1.5	8.1 \pm 0.5	2.4 \pm 0.9sm
8	3.3 \pm 0.9	5.2 \pm 1.0	8.5 \pm 1.3	7.7 \pm 0.2	1.7 \pm 0.8sm
9	3.6 \pm 1.0	4.7 \pm 0.7	8.2 \pm 1.6	7.4 \pm 0.5	1.3 \pm 0.3m
10	2.7 \pm 0.4	5.3 \pm 1.0	8.0 \pm 1.3	7.2 \pm 0.4	2.0 \pm 0.4sm
11	2.8 \pm 0.8	4.5 \pm 0.5	7.4 \pm 0.7	6.7 \pm 0.7	1.8 \pm 0.7sm
12	2.8 \pm 0.6	4.2 \pm 0.5	7.0 \pm 0.9	6.4 \pm 0.9	1.5 \pm 0.3m

Cr: cromosoma; B.C.: brazo corto; B.L.: brazo largo; BL/BC=r: relación de brazos y posición centromérica; m: metacéntrico; sm: submetacéntrico.