

37
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ENEP ZARAGOZA





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.

CONTENIDO

	<i>Página</i>
Resumen	1
I INTRODUCCION	2
II OBJETIVOS	6
III ANTECEDENTES	7
1. Composición y organización del ADN	7
2. Morfología de los Cromosomas	10
3. Cromosomas B	12
4. Cariotipos y Evolución	14
5. Características del Pedregal	23
6. La Familia Commelinaceae	25
IV MATERIAL Y METODOS	30
V RESULTADOS	38
VI DISCUSION	62
VII CONCLUSIONES	75
VIII BIBLIOGRAFIA	77

RESUMEN

En el presente trabajo se determina el número y estudian los caro tipos de 10 especies agrupadas en cinco géneros de la familia Commelina ceae: Cymbispatha commelinoides, Gibasis schiedeana, Tradescantia -- crassifolia, Tinantia erecta, Commelina coelestis, C. comunis, ---- C. dianthifolia, C. diffusa, C. sp., y Commelina texcocana.

Los números cromosómicos determinados están comprendidos en el rango de $2n = 14$ a $2n = 90$.

De acuerdo al análisis de parámetros como: número, forma y tamaño de los cromosomas, presencia de cromosomas B, número fundamental y cons tricciones secundarias, se discute el número básico de las especies ana lizadas, así como los posibles mecanismos evolutivos que dieron origen a los diferentes números cromosómicos.

Se relacionan las características morfológicas con las car iológi cas de las especies estudiadas a fin de establecer posibles relaciones filogenéticas de las especies estudiadas aquí.

INTRODUCCION

El fenómeno fundamental de la evolución es la aparición de especies nuevas a través de una serie de transformaciones parciales o completas e irreversibles de la composición genética de las poblaciones. La clasificación de las especies nuevas no representa un fin por sí mismo, mas bien se trata de entender las relaciones entre especies; un criterio que ayuda a este entendimiento y a la relación filogenética es el cariológico.

El cariotipo está caracterizado por el número, tamaño y morfología de los cromosomas en estado de metafase y es un carácter definido y constante para cada especie (Benazzi, 1973) y puesto que el material genético es portado por los cromosomas, se deduce que cada genoma debe tener un patrón específico. El cariotipo puede exhibir cambios mas o menos pronunciados dentro de diferentes grupos y tener implicaciones filogenéticas al igual que otras características morfológicas, por lo que debe tratarse como un carácter taxonómico mas (Bandel, 1974; Díaz, 1979).

En el S. XIX, los citólogos encontraron que las especies diferían a menudo, aunque no siempre, por el número y forma de sus cromosomas (Dobzhansky, 1980). En 1925, Sturtevant demostró que el efecto de un locus no depende solamente de la naturaleza del gene en cuestión, sino también de su posición con respecto a otros genes. De esta manera se puso de manifiesto el valor evolutivo de las variaciones

cromosómicas (John y Lewis, 1968). Así se ha establecido que las especies relacionadas filogenéticamente son similares en sus cariotipos; - las relaciones distantes son consideradas como diferencias en los cario tipos (Fouzdar y Tandon, 1976).

Los cambios cromosómicos han tenido un significado causal en la re lación evolutiva por su valor adaptativo que puede interferir con el de sarrollo poblacional (Stebbins, 1967). La acumulación de mutaciones - que actúan sobre poblaciones separadas en un factor que influye en el - proceso de especiación. Estas mutaciones acaban por establecer dife-- rencias definitivas y características. Los factores geográficos en mu- chos casos, son determinantes en la aparición de nuevas especies, al - igual que los rearrreglos del cariotipo al producir una disminución de - la fertilidad de los ejemplares heterocigóticos en sus reordenamientos cromosómicos, estableciéndose una verdadera barrera biológica que permi te la separación de un grupo, como una nueva especie (Saez y Cardoso, 1978).

Las diferencias cromosómicas reflejan diferencias en la fuente de variación genética, mientras que diferencias bioquímicas, morfológicas y fisiológicas reflejan diferencias en los productos de la acción gené tica modificada por la influencia medioambiental (Bandel, 1974 y ---- Stebbins, 1980). Una fuente de variación genética está representada - por las diferencias en el tamaño de los cromosomas. Esto representa - las distintas clases de productos génicos o proteínas o puede reflejar duplicaciones de genes que influyen a la vez en las proteínas particula

res que pueden ser sintetizadas. De esta manera, las diferencias en la morfología del cariotipo refleja diferencias en el arreglo genético, el cual puede afectar drásticamente la forma en la que los genes pueden ser segregados y recombinados (Stebbins, 1971).

La evolución del cariotipo se realiza mediante rearrreglos cromosómicos, como son las delecciones y duplicaciones de segmentos relativamente cortos de ADN que constituyen los procesos más generales por los que se producen cambios evolutivos en la cantidad de ADN (Ayala, --- 1980 a). Las deficiencias cromosómicas juegan papeles secundarios como mecanismos evolutivos (Saez y Cardoso, 1978). En el género Crepis representan una disminución del número cromosómico, al mismo tiempo - que una pérdida de los centrómeros y parte del material heterocromático pericéntrico (Saez y Cardoso, 1978). Tipos particulares de translocaciones son las fusiones y fisiones Robertsonianas así como las inversiones pericéntricas, que representan recursos fundamentales en la evolución de los organismos superiores (Saez y Cardoso, 1978; Stebbins, - 1971). Asimismo, la poliploidia constituye un fenómeno común en la - evolución de la mayoría de los grupos de plantas (Stebbins, 1947). La primera ventaja adaptativa es el incremento en el número de genomas, - que funciona como un amortiguador genético o estabilizador que permite una gran explotación de la interacción medioambiental (Bernard, 1976).

El conocimiento del número y morfología de los cromosomas ayuda a la mejor comprensión de las interrelaciones filogenéticas. Asimismo, los conocimientos cariológicos de las especies deben ayudar a la mejor

realización de programas de mejoramiento a base de inducción de mutaciones genéticas y cromosómicas.

OBJETIVOS

Conocer las posibles relaciones filogenéticas de diez especies de Comelináceas del Pedregal de San Angel, mediante:

1. El conocimiento del número, forma y tamaño cromosómico, y
2. El análisis de las diferencias de sus fórmulas cariotípicas en relación a su número fundamental, grado de asimetría, presencia de cromosomas B y constricciones secundarias.

ANTECEDENTES

1. COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL A.D.N.

La evolución biológica consiste de cambios en la constitución genética de las poblaciones. En la mayoría de los organismos la información genética está codificada en el ácido desoxirribonucleico (ADN), - en algunos virus esta información se encuentra en el ácido ribonucleico (ARN) (Ayala, 1980b; Sánchez y Jouvé, 1982). El ADN constituye el depósito fundamental de información genética, la cual se transmite por transcripción a las moléculas de ARN, utilizadas en las síntesis de -- proteínas por el proceso de traducción (De Robertis y De Robertis, -- 1977).

Los ácidos nucleicos fueron descritos por primera vez por F. --- Miescher en 1871. En 1953 Watson y Crick propusieron el modelo de la doble hélice del ADN. Este modelo suministra una explicación plausible de las propiedades del material hereditario. El ADN y el ARN son moléculas largas (polimerizadas) compuestas por unidades llamadas nu-- cleótidos. Cada nucleótido está formado por una base nitrogenada unida a un azúcar de 5 átomos de carbono en la posición 1', un grupo fosfato en la posición 5' del azúcar. El grupo fosfato de un nucleótido está unido covalentemente al carbono 3' del azúcar del siguiente nu--- cleótido. El polinucleótido se mantiene unido por estos enlaces covalentes fosfodiéster 5' - 3'. Las cadenas de polinucleótidos se hayan polarizadas ya que pueden identificarse un extremo 3' hidroxilo y un ex tremo 5' fosfato. Las bases nitrogenadas de los nucleótidos son de dos

tipos: purinas y pirimidinas. En el ADN las bases purínicas son adenina, guanina y las pirimidínicas citosina y timina. El ARN contiene uracilo en lugar de timina y ribosa en lugar de desoxirribosa (Ayala, 1980b; De Robertis y De Robertis, 1977). Watson y Crick en 1953 propusieron que el ADN está organizado como una molécula de doble hélice formada por dos cadenas polinucleótidas complementarias, con el esqueleto fosfato-ribosa en la parte exterior y las bases nitrogenadas en la interior. Las dos cadenas de polinucleótidos del ADN tienen un giro a la derecha. Las dos cadenas son antiparalelas y se unen entre sí por medio de puentes de hidrógeno, establecidos entre los pares de bases. Durante la duplicación del ADN, ambas cadenas se disocian y cada una sirve como molde para la síntesis de dos cadenas complementarias. De esta manera se producen dos moléculas de ADN que tienen exactamente la misma constitución molecular (De Robertis y De Robertis, 1977).

Toda la información genética de un organismo vivo se encuentra almacenada en la secuencia lineal de las cuatro bases. En las plantas superiores y animales hay un exceso de AT sobre CG (Ayala, 1980b).

En los organismos eucariontes se reconocen tres fracciones de ADN por complemento haploide:

1. ADN altamente repetitivo llamado satélite. Este ADN coincide en la localización con la heterocromatina constitutiva (que se supone son regiones genéticamente inertes).
2. ADN moderada repetitivo que codifica para algunas proteínas (histonas).

3. ADN no repetitivo o simple que contiene la mayor parte de la información del ADN que se transcribe en ARN y que por lo tanto se traduce en proteínas (Sánchez y Jouvé, 1982).

Un contenido alto de ADN nuclear indica la presencia de un gran número de genes activos y por consiguiente una gran diversidad de la función genética (Stebbins, 1971). Por otro lado los organismos que tienen gran cantidad de ADN, contienen una proporción alta de ADN con secuencias desprovistas de función genética (Stebbins, 1971).

A la heterocromatina y al ADN satélite se les han atribuido diferentes funciones: organizador nucleolar, poligenes para el ARN. Se cree que la heterocromatina centromérica participa en la separación de los cromosomas durante la división celular y se supone que los virus oncogénicos se insertan a nivel de regiones heterocromáticas. La heterocromatina constitutiva al igual que el ADN satélite son característicos de los eucariontes (De Robertis y De Robertis, 1977). La heterocromatización está estrechamente asociada con estados específicos de represión genética y activación. Las regiones heterocromáticas pueden ser dispersadas y regularmente sobre los cromosomas localizadas en varias posiciones. Las principales clases de localización son:

- a) Cerca del centrómero formando cromocentros o pro-cromosomas
- b) Las protuberancias terminales o satélites
- c) La heterocromatización de los brazos completos del cromosoma o los cromosomas muchas veces asociados con la diferenciación

sexual (Stebbins, 1971).

El entrecruzamiento ocurre raramente en las regiones heterocromáticas. Así los genes contenidos en los cromocentros podrían ser transmitidos todos como una sola unidad mendeliana o supergene (Stebbins, 1971).

En sistemas eucarióticos se ha reportado la ocurrencia de material genético en exceso en el contenido de ADN, aparte del juego normal para el control de genes estructurales (De Robertis y De Robertis, 1977). Al parecer el contenido de ADN nuclear está en función de la duración del ciclo mitótico. A mayor contenido de ADN mayor duración de mitosis (Evans et al, 1972).

La semejanza de algunas secuencias repetidas es común entre especies relacionadas, pero se desvanece a medida que divergen. Se supone que en la evolución de los organismos, las familias de ADN repetidas - podrían haber surgido por una replicación abundante y desde luego esas copias se habrían integrado dentro del cromosoma y diseminado entre las especies por selección natural (De Robertis y De Robertis, 1977).

2. MORFOLOGIA DE LOS CROMOSOMAS

Un hecho fundamental de la mitosis es la formación de los filamentos nucleares o cromosomas. El núcleo celular es el portador de las bases físicas de la herencia. Un cromosoma puede considerarse como un componente nuclear dotado de organización, individualidad y funciones especiales. Es capaz de autoduplicarse y de mantener sus propiedades

a lo largo de divisiones celulares sucesivas (Bernard, 1976).

Para estudiar la organización del material hereditario en los organismos eucariontes es preciso entender los niveles externos e internos de los cromosomas. El nivel externo implica el conocimiento de la forma, tamaño y el número de los cromosomas en metafase, por ser el estado de máxima condensación durante el ciclo celular (Bernard, 1976; García, 1977; Sánchez y Jouvé, 1982). El nivel interno hace referencia al conocimiento de la organización molecular y diferenciación longitudinal del mismo (Sánchez y Jouvé, 1982).

Los cromosomas tienen como función almacenar, replicar y transmitir la información hereditaria (Stebbins, 1971). Los cambios de material genético contenido en ellos son la causa de la variación y selección en los seres vivos. Los cromosomas son entidades permanentes del núcleo celular y el hecho de que se presenten bajo diferentes aspectos depende del estado fisiológico en que se encuentre la célula, ya sea en forma de filamentos delgados, como ocurre durante la interfase nuclear, o bien como elementos gruesos, compactos de forma y tamaños característicos en las fases finales de la división celular (Saez y Cardoso, 1978).

A lo largo de los cromosomas se reconocen estrechamientos o constricciones que se dividen en primarias y secundarias. Las constricciones primarias o centrómeros se encuentran en los cromosomas de casi todos los animales y vegetales. Si los cromosomas se estudian mediante técnicas para detectar ADN se encuentra que los centrómeros contienen

menos ADN que el resto de los brazos cromosómicos (Saez y Cardoso, --- 1978).

Las constricciones secundarias son estrechamientos cromosómicos constantes en su posición y tamaño. En ciertos casos se encuentran - los organizadores nucleolares (Saez y Cardoso, 1978), y en otros ca- - sos significan procesos de translocaciones (Kenton, 1981).

Los cromosomas se clasifican en cuatro tipos en base a la morfología determinada por la posición del centrómero durante la metafase y - la anafase:

- a) Metacéntricos, con brazos iguales en forma de V
- b) Submetacéntricos, con dos brazos perceptiblemente desiguales
- c) Acrocéntricos o subtelocéntricos, con un brzo muy pequeño casi im perceptible.
- d) Telocéntricos, con el centrómero ubicado en el extremo proximal (De Robertis y De Robertis, 1977).

3. CROMOSOMAS "B"

En algunas especies de animales y vegetales se encuentran además de los cromosomas del complemento normal o cromosomas A, otros llama- dos supernumerios ó B. Su tamaño suele ser más pequeño que los del - complemento normal, aunque esto no lo es siempre.

Los cromosomas B fueron nombrados por primera vez por Longley en maíz (Hewitt, 1974). Pueden originarse por fragmentación; generalmen- te son los brazos pequeños de los cromosomas A telocéntricos, rotos -

por fisión Robertsoniana del centrómero; aunque algunos supernumerarios son isocromosomas o derivados de isocromosomas, implicando origen por fusión de telocéntricos (Bernard, 1976). En otros casos, pueden considerarse como reliquias de mutaciones estructurales, ocurriendo continuamente y casi siempre produciendo variantes, los cuales son eliminados rápidamente (Shaw, 1983).

En general los cromosomas supernumerarios se caracterizan por las conductas siguientes:

- a) Su número varia tanto entre las poblaciones de una especie como entre los individuos de una misma población; asimismo de un tejido a otro en un organismo (Stebbins, 1971).
- b) Producen efectos fenotípicos que suelen aumentar con respecto al número y que afectan al vigor y fertilidad, especialmente cuando se presentan en número impar.
- c) En meiosis pueden afectar a las frecuencias de recombinación, ya sea en cromosomas determinados o en segmentos de cromosomas A.
- d) Aumentan o disminuyen su número en los descendientes a través de una no-disyunción polarizada en la primera mitosis del polen y su inclusión en el núcleo generativo, o una no-disyunción en la segunda mitosis pollínica (Darlington, 1976; Sánchez y Jouvé, 1982).
- e) El contenido de heterocromatina de los cromosomas B es variable. Estos cromosomas podrían representar repetición de un solo gene (Dover, 1976).
- f) Los cromosomas B son más comunes en las especies diploides que en las poliploides (Sharma, 1983a; Stebbins, 1971). La adaptabili-

dad proporcionada por poliploidia está asociada con la eliminación de los cromosomas B (Hewitt, 1974).

Las diferencias de la frecuencia de los cromosomas B entre poblaciones son debido a las diferencias en el potencial de los mecanismos evolutivos. Descubrimientos recientes en centeno indican que los cromosomas supernumerarios son favorecidos por algunos medios ambientes y otros no. (Hewitt, 1974). Hay ocasiones en que un mismo tipo de variación ambiental tiende unas veces a aumentar la frecuencia de los cromosomas B y otras a disminuirla. Tal fue el caso observado en dos poblaciones vegetales de Secale cereale y Lolium perenne. El aumento de la densidad de siembra tendía a eliminar los cromosomas B del centeno y a incrementar su frecuencia en Lolium. Se ha sugerido que estos cromosomas pueden representar una respuesta adaptativa (Sánchez y Jové, 1982).

En Gibasis linearis (Commelinaceae) los cromosomas B determinan un aumento en la frecuencia de quiasmas con respecto a las plantas que no los poseen. Asimismo los cromosomas presentes en esta especie son acrocéntricos muy pequeños y son visibles en interfase como cromocentro indicando que son de heterocromatina (Brandham y Bhattarai, 1977).

4. CARIOTIPOS Y EVOLUCION

Los procesos de evolución biológica consisten de cambios en las constituciones genéticas de los organismos (Ayala, 1978). El aisla--

miento reproductivo puede desarrollarse como una acumulación gradual de diferencias genéticas en poblaciones separadas geográficamente. Bajo estas circunstancias es probable que especies nuevas posean alelos nuevos en muchos loci genéticos y posiblemente patrones de regulación genéticos también nuevos. La evolución de los cromosomas ha sido gobernada por las necesidades de propagación en mitosis y también ha sido promovida por las necesidades de recombinación en meiosis (Darlington, 1977).

La evolución del cariotipo puede involucrar intercambios, inversiones, deleciones, duplicaciones, divisiones céntricas y fusiones, así como cambios debidos a aneuploidias y poliploidias (Riley, 1977; Saez y Cardoso, 1978).

Las translocaciones son reordenamientos cromosómicos por el cual se intercambian porciones entre cromosomas, o bien se transfiere una porción de un cromosoma a una parte distinta de éste (De Robertis y De Robertis, 1977). Las translocaciones tienen un papel preponderante en los procesos de especiación ya que pueden alterar los valores de sobre cruzamiento y de ligamiento (Sánchez y Jouvé, 1982). Los cambios Robertsonianos que son un tipo de translocación son mecanismos que alteran el número y estructura cromosómica. Pueden deberse a:

- intercambios recíprocos por roturas muy próximas al centrómero en dos cromosomas subtelocéntricos con pérdida posterior del cromosoma di minuto originado.

- Fusiones de verdaderos telecéntricos

- Fusines de extremos de los brazos cortos de subtelocéntricos originándose un doble centrómero con funcionalidad única. Los dos últimos mecanismos son reversibles (Bernard, 1976; Sánchez y Jouvé, 1982)

Hay evidencias indirectas de pérdida cromosómica acompañada de cambios evolutivos, en particular fenómenos de intercambios Robertsonianos involucrando fisión o fusión en cromosomas acrocéntricos (los pequeños brazos de los cromosomas acrocéntricos son perdidos). Tal vez estos brazos pequeños presentan ADN no indispensable y posiblemente de efectos deletereos (Marks, 1983).

Las duplicaciones son repeticiones de segmentos cromosómicos que pueden ser directas o inversas, según que el segmento cromosómico se repita en el mismo orden o invertido. La duplicación puede ser un importante mecanismo evolutivo ya que dos loci duplicados, al mutar independientemente, uno de otro pueden dar origen a genes diferentes, aumentando la información genética (Sánchez y Jouvé, 1982).

Las deleciones y duplicaciones de segmentos relativamente cortos de ADN constituyen los procesos más generales por los que se producen cambios evolutivos en la cantidad de ADN. (Ayala, 1980c).

Las inversiones constituyen un tipo de cambio estructural en el que no hay ganancia ni pérdida de material genético. Se dice que es una inversión paracéntrica si el rompimiento no involucra al centrómero y pericéntrica si el rompimiento incluye el centrómero. (Brandham, 1976)

Las inversiones pericéntricas y los cambios centricos alteran la morfología cromosómica, pero no alteran el número de los cromosomas o el número de brazos cromosómicos. Las inversiones posiblemente ocurren en la profase de mitosis y meiosis y son consideradas como supresoras del entrecruzamiento ya que este depende del apareamiento de gen por gen - en profase meiótica (Sinha y Roy, 1979b; Stebbins, 1971). La importancia evolutiva de las inversiones sería la de mantener regiones cromosómicas sin recombinación. Tales regiones podrían contener la información requerida para una adaptación mejor a un cierto ambiente (Ayala, 1980a; Saez y Cardoso, 1978).

Las variaciones en el número cromosómico pueden deberse a:

- a) Poliploides, que es la presencia de dos o más juegos haploides de cromosomas. Los poliploides presentan cromosomas múltiples del número gamético básico (De Robertis y De Robertis, 1977; Stebbins, 1971)
- b) Aneuploidia, donde el número gamético forma series que difieren en dos o más cromosomas, esto es por una no-disyunción de un par de cromosomas en la meiosis (Stebbins, 1971).

La poliploidia es una característica conspicua de la evolución cromosómica en plantas vasculares. Los hábitos, el habitat y los sistemas de cruzamiento contribuyen al origen de poliploides. Como una definición general un poliploide combina tres o más genomas básicos (Stebbins, 1947). La poliploidia es un proceso por el cual el contenido total de ADN es duplicado (Ayala, 1980a). Si en un locus determinado pueden darse varios genes en una serie alélica, en un poliploide po

drán estar presentes mas de dos alelos al mismo tiempo. Pero aún tratándose de un sólo par de alelos, el número de combinaciones génicas - heterocigotas que pueden darse en un poliploide es mucho mayor que en el correspondiente diploide, con lo que aumenta la capacidad de adaptación. Esta es la razón por la que el poliploide confiere ciertas ventajas adaptativas en el reino vegetal, ya que alrededor de un 40% de las especies vegetales son poliploides naturales (Saez y Cardoso, 1978).

El número de ploidía depende de la domesticidad de la planta. La multiplicidad de conjuntos de genes de una especie brindará a esta una mayor adaptabilidad tanto a nuevos nichos ecológicos como a aquellos que ofrecen variabilidad periódica. No se han encontrado poliploides en las gimnospermas ni en las angiospermas leñosas de zonas templadas que se encuentran en nichos de escasa variación. (Saez y Cardoso, 1978).

Casi siempre se presenta infertilidad en triploides y pentaploides, esto es debido a la producción de gametos genéticamente desbalanceados, resultando una segregación irregular de cromosomas en anafase I de meiosis. La baja fertilidad en algunos tetraploides puede ser consecuencia de una disyunción irregular de cromosomas en anafase I de meiosis (Evans y Davies, 1983; Sinha y Roy, 1979b).

Cuando el equilibrio genético es alterado por cambios aneuploides puede ser que se llegue a un nuevo equilibrio, un equilibrio secunda-

rio, conformación de una nueva especie, cuyo número de cromosomas no será múltiplo del número básico de las especies originarias, sino el múltiplo de un nuevo número básico. El aneuploide así formado, que ya es capaz de perpetuarse, así como los poliploides que de él se derivan se llaman poliploides secundarios (Sánchez y Jouvé, 1982). El número básico está representado por el número primitivo u original - de los números poliploides que han sido derivados (Fouzdar y Tandon, 1976).

La reducción en el tamaño cromosómico como indicador de avance evolutivo en plantas vasculares fue postulado por vez primera por Delaunay (1927) y Srivastava (1963) en Vicia faba. Stebbins, (1971) menciona que los géneros que pertenecen a familias altamente especializadas como Arabidopsis (Cruciferae) y Panicum (Gramineae) tienen cromosomas de tamaño menor que los pertenecientes a plantas vasculares primitivas como Psilotum, Tmesipteris y Lycopodium. Lo mismo ocurre en géneros como Bambusea donde la evolución cromosómica conduce a una alta poliploidia y a un tamaño reducido de los cromosomas (Sharma, 1983b).

Al parecer la reducción en el tamaño cromosómico está relacionada por un lado hacia un decremento en el tamaño celular y por otro, con un incremento en el número de cromosomas, por consiguiente es una característica adaptativa sujeta a cambios probablemente reversibles (Stebbins, 1971).

Los cambios en el tamaño de los cromosomas de los descendientes pueden ser resultado de fragmentación o fusión. Stebbins en 1971 y otros observaron que los cromosomas mas pequeños son encontrados en especies de Crepis de tipo herbáceo y hábitat anual, especialmente aquellos que viven bajo condiciones extremas. En Dianthes y Chrysothemum se ha encontrado regularmente que las especies poliploides tienen cromosomas mas pequeños que los diploides (Darlington, 1976). Por otro lado se ha notado una tendencia hacia cromosomas grandes en muchas familias de angiospermas como Commelinaceae, Liliaceae, Polemoniales y Leguminosas, cuando éstas son localizadas en latitudes templadas o hacia regiones frías. (Bennett, 1976). En ciertos grupos de pastos, el aumento en el tamaño cromosómico se relaciona con cierta especialización (Sharma, 1983a).

Sharma (1983b) así mismo ha sugerido que ciertas deficiencias nutricionales en el medio, especialmente en fósforo son responsables de la reducción del tamaño cromosómico.

El incremento en el número cromosómico en ciertos grupos relacionados puede ser producto de diferencias en el número de telocéntricos y metacéntricos pero el número de brazos puede ser similar (Phillips y Burnham, 1977).

Lewitzky (1931) desarrolló el concepto de simetría y asimetría. Un cariotipo simétrico es aquel en el cual los cromosomas son todas aproximadamente del mismo tamaño y tienen centrómeros medianos o sub-

medianos. La asimetría se incrementa por cambio de posición en el centrómero de medio a subterminal o terminal o directamente por acumulación de diferencias en el tamaño relativo de los cromosomas del complemento, haciendo así al cariotipo más heterogéneo y por consiguiente más especializado (Stebbins, 1971). La asimetría se puede relacionar con otras características. En Crepis y Delphinium el incremento de asimetría está asociado con flores zigomórficas y sumamente especializadas. Lewitzky (1931) determinó que había una tendencia predominante en plantas con flores hacia el incremento de la asimetría del cariotipo. La tendencia hacia un cariotipo asimétrico no es por medios irreversibles. Los cromosomas metacéntricos pueden formarse por fusiones entre dos acrocéntricos o telocéntricos, proceso llevado a cabo en Lycoris (Amarillidaceae) (Jones, 1977; Stebbins, 1971). Así mismo el incremento de la asimetría, resulta de inversiones pericéntricas y translocaciones desiguales, de porciones de brazos cromosómicos al convertir metacéntricos a acrocéntricos, de esta manera las inversiones pericéntricas reducen el número fundamental (Stebbins, 1971).

El cariotipo original de plantas con flores fue probablemente caracterizado por un número comparativamente pequeño de cromosomas de talla media (Takhtajan, 1969). En general la tendencia principal en angiospermas ha sido hacia un decremento en la longitud de los cromosomas junto con la poliploidia (Sharma, 1983a).

El incremento de complejidad de las series cromosómicas más avan-

zadas con respecto a las más primitivas, parece que puede traducirse - en cambios substanciales de tamaño, composición y organización del material genético para poder sostener nuevos requerimientos en desarrollo, metabolismo y reproducción cada vez más complicados a medida que se asciende en la escala evolutiva. En general se puede afirmar que a medida que aumenta la complejidad funcional y estructural de los seres vivos en la escala evolutiva, se incrementa su contenido de ADN (Sánchez y Jouvé, 1982).

5. CARACTERISTICAS DEL PEDREGAL

El Pedregal de San Angel llamado a veces, Pedregal de Tlalpan, Pedregal de Coyoacán, Pedregal de Eslava, antiguamente tambien Pedregal de San Agustín de las Cuevas, está situado en el rincón SW de la cuenca hidrográfica denominada Valle de México (Rzedowski, 1954). El Pedregal de San Angel fué producto de la erupción del volcán Xitle, su edad fluctúa alrededor de los 2500 \pm 250 años (Rzedowski, 1954). Sus límites altitudinales corresponden a los 2250 metros sobre el nivel del mar en la parte inferior y a los 3100 metros sobre el nivel del mar en la parte superior.

Datos edafológicos. Las lavas del Pedregal pueden clasificarse como basalto de olivino con microcristales. El color de lava es gris bastante oscuro. El manto en su superficie superior e inferior presenta un gran número de pequeñas oquedades que son el resultado del desprendimiento de gases durante el enfriamiento. Los suelos que se hallan por encima de la capa de lava son principalmente de origen eólico y orgánico. Todos los suelos sobre la lava son arenosos-limosos moderadamente ácidos, poseen gran cantidad de materia orgánica de potasio y calcio y son pobres en nitrógeno y fósforo aprovechables. La relativa riqueza en potasio y calcio señala el origen volcánico de las partículas acarreadas por el viento, pues estos iones provienen con toda probabilidad de la descomposición de feldespatos (Rzedowski, 1954).

Datos climatológicos. El Pedregal posee un clima templado sin estación fría pronunciada, propia de las planicies altas de regiones tropi-

cales y subtropicales. La temperatura máxima corresponde al mes de mayo, la mínima a enero. Su clasificación climática es Cwb, es decir - templado con régimen de lluvias en verano.

Los 80 km² del Pedregal, sustentan un número de especies vegetales más elevado que cualquier otra área de igual extensión dentro del Valle de México, esto debido a que convergen las regiones Neártica y - Neotropical. La superficie de la lava ofrece una gran diversidad de hábitats. Se pueden distinguir aquí macro y microambientes (Rzedowski 1954).

La especie dominante y más típica del sustrato arbustivo es --- Senecio praecox. La familia Commelinaceae está representada por las - siguientes especies:

Aneilema pulchella Woods

Callisia insignis Clarke

Commelina coelestis Willd

Commelina dianthifolia DC

Commelina pallida Willd

Commelina scabra Benth

Commelina tuberosa L

Tinantia erecta Schl

Tradescantia crassifolia Cav

Tripogandra disgrega Woods

El Pedregal de San Angel es una área de particular interés bioló-

gico por ser el único sitio conocido en el Valle de México en que crece un importante número de plantas, varias de las cuales aparentemente ya se extinguieron por completo en otras zonas (Rzedowski, 1975).

6. LA FAMILIA COMMELINACEAE

La familia Commelinaceae ha sido ideal para estudiar varios aspectos morfológicos, incluyendo diferentes tipos y conductas cromosómicas (Bhattacharya, 1975).

Las commelinaceas, llamadas así en honor al botánico danés C. Commelin (Conzatti, 1981), comprenden hierbas semisuculentas, perennes o anuales, conocidas como "hierbas del pollo" o "hierbas del perro". Su importancia etnobotánica radica en que, en México se usan ampliamente en la ornamentación. En su mayor parte estas plantas, contienen abundante mucílago, el cual se hace alimenticio por cocción (Matuda, 1955). Los rizomas tuberosos de estas hierbas son feculentos; algunas especies tienen interés medicinal ya que contienen dopamina en los segmentos púrpura de sus hojas o tallos. La dopamina es un aminosimpatomimético utilizado contra la enfermedad de Parkinson (García y Menéndez, 1971). En *Zebrina pendula* se ha encontrado "kimson-lián" remedio usado en Taiwan para enfermedades de pulmón, pleurodinia, dolor de abdomen, fiebre, hipertensión y mordeduras de serpientes (Lin y Namba, 1981).

Las flores de las commelinaceas generalmente son actinomorfas, aunque en algunos géneros son zigomórficas; son bisexuales, el perianto es de dos series, caliz de tres, generalmente libre (Lawrence, --

1963).

Las commelináceas es una familia de plantas tropicales y subtropicales representada por 37 géneros y 600 especies distribuidas sobre la parte caliente de la tierra (Lawrence, 1963).

Filogenéticamente tienen relación con miembros de la familia Fari-
nosae. Derivan según Lawrence (1963) de las Butomales y Alismatales.

El primer intento para subdividir a la familia aparece con Meis--
ner en 1842 cuya organización fue como sigue:

Tribu I Tradescantieae

Tribu II Commelineae

Después Clarke en 1881 propuso el siguiente esquema:

Tribu I Tradescantieae

Tribu II Commelineae

Tribu III Pollicae

Bruckner en 1930 propone la siguiente división:

Subfamilia I Tradescantieae

Tribu Hexandreae

Tribu Triandreae

Subfamilia II Commelineae

Tribu Declinatae

Tribu Inclinatae

Woodson en 1942 organiza dos tribus:

Tribu Commelineae

Tribu Tradescantieae

Pichon en 1946 usando una serie de características propone 10 tribus: Tradescantiae, Callisieae, Antheriocopsidae, Commelineae, Cochliostemateae, Pseudoparideae, Zebrineae, Cyanoteae, Dichrosandae y Cartonemataceae.

Rohweder en 1956 considera dos tribus como Meisner pero con diferentes características:

Tribu Tradescantieae

Tribu Commelineae

En 1964 el X Congreso Internacional de Botánica en Edimburgo provee un nuevo esquema donde se sugieren 15 grupos relacionados de acuerdo a características anatómicas, citológicas y palinológicas (Brenan, 1966).

Algunas características morfológicas de las especies estudiadas aquí, se detallan de acuerdo a la clasificación de Brenan (1966)

Cymbispatha commelinoides. Pertenece al grupo XI de la clasificación de Brenan (Brenan, 1966). Las características del grupo son tallos principalmente monopodiales, elongados o raramente abreviados, erectos o postrados. Inflorescencia en cima de cincini apareados (Cima helicoidal modificada, en la cual los pedicelos son pequeños sobre una cara desarrollada (Radford, 1974). Los cincini son terminales o axilares, no perforan la vaina de la hoja. Cincini sésil, sus ejes muy abreviados o cero. Bracteas subtendidas, pedicelos generalmente conspicuos. Pétalos iguales libres, estambres 6 fértiles, an-

droceo normalmente actinomorfo. Capsula dehiscente. Semillas con hilum linear y embriostega dorsal o lateral. Este grupo incluye géneros principalmente tropicales.

Gibasis schiedeana. Pertenece al grupo XIII de la clasificación Brenan. La tribu Gibasinae posee las siguientes características; tallo principalmente monopodial más o menos elongado, o más bien corto, erecto o postrado. Inflorescencia terminal o axilar. Cincini solitario o más o menos paniculato. Bracteas subtendidas. Pétalos iguales libres. Estambres fértiles 6 iguales o ligeramente desiguales. Cápsula dehiscente. Semillas con hilum pequeñamente linear y embriostega dorsal. Este grupo está restringido a América, principalmente en áreas tropicales.

Tradescantia crassifolia. Pertenece al mismo grupo de Cymbispatha.

Tinantia erecta. Tallo principalmente monopodial, generalmente más o menos elongado, ocasionalmente más bien corto, erecto a postrado. Inflorescencia terminal o axilar, generalmente no perforan la vaina de la hoja. Cincini generalmente agregado, raramente solitario, no unido en pares, ejes de los cincini normalmente elongados, raramente más o menos abreviados pero aparentes. Bracteas ampexicaules. Pétalos iguales a desiguales, libres. Estambres fértiles de 1-3-6, libres, raramente algo connatados, actinomorficos a zigomorficos. Cápsula dehiscente. Semillas con hilum linear y embriostega la

teral. El grupo encierra especies típicas de Africa, Asia y Australia, únicamente Tinantia está restringida a América.

Commelinas. Tallos principalmente monopodiales, simpodiales en la región de la inflorescencia, elongado, erecto a prostrado. Inflorescencia de hojas opuestas. Cimas en cincini 1-2 por inflorescencia, sus ejes cortos. Bracteas subtendidas muy cortas o ausentes. Pétalos normalmente desiguales, el más bajo reducido, libres. Estambres fértiles 3. Cápsula dehiscente. Semillas con hilum lineal y embrostega lateral. Androceo zigomorfo. El grupo es Pantropical.

MATERIAL Y METODOS

MATERIAL BIOLÓGICO

Las especies de Commelinaceas utilizadas en este trabajo fueron colectadas en las cinco áreas de la zona de reserva ecológica del Pedregal de San Angrel, durante los veranos de 1983 y 1984. Se colectaron las siguientes especies:

Commelina comunis L

Commelina diffusa Burm. f.

Commelina texcocana Matuda

Commelina coelestis Willd

Commelina sp. (intermedia entre C. coelestis y C. dianthifolia).

Cymbispatha commelinoides

Gibasis schiedeana

Tinantia erecta (Jacq.) Schl

Tradescantia crassifolia Cav

La distribución de las especies colectadas se muestra en los mapas 1 y 2.

La determinación taxonómica de las especies colectadas estuvo a cargo del Dr. David Hunt de los Royal Botanic Gardens of London.

Las plantas vivas colectadas se trasladaron a macetas con tierra preparada con partes iguales de arena, arcilla y limo y se colocaron en los invernaderos del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM.

OBTENCION DE MERISTEMOS RADICALES

Las células en metafase se obtuvieron de tejidos radicales, ya que poseen células en constante división. Los meristemos radicales fueron obtenidos de raíces primarias y secundarias con división celular activa, identificada por el color blanco en la punta de la raíz. Se hicieron cortes de 1-2 cm. de longitud, de la zona meristemática. Los cortes fueron lavados con agua destilada. Para lograr un acortamiento adecuado de los cromosomas en metafase, es necesario hacer un pretratamiento.

PRETRATAMIENTOS

Fueron usados los siguientes mitóstatos para realizar pretratamientos: solución de 8-hidroxiquinoleína 0.002M y una solución saturada de paradiclorobenceno. Ambas sustancias tienen la propiedad de contraer a los cromosomas, e inhiben la formación del huso acromático (García, 1977). Asimismo las diferentes sustancias usadas en el pretratamiento influyen de forma distinta en la tracción de los cromosomas (Bentzer et al., 1971; Sharma, 1972b).

Se realizaron los siguientes ensayos, variando parámetros como temperatura, tiempo, luz y tipo de mitostático hasta encontrar el idóneo para cada especie.

MITOSTATICO	TEMPERATURA	TIEMPO	LUZ
8-hidroxiquinoleina	18°C	5 horas	con luz
8-hidroxiquinoleina	18°C	5 horas	obscuridad
8-hidroxiquinoleina	8-10°C	5 horas	obscuridad
8-hidroxiquinoleina	8-10°C	3 horas	obscuridad
8-hidroxiquinoleina	8-10°C	4 horas	obscuridad
paradichlorobenceno	8-10°C	4 horas	obscuridad
paridichlorobenceno	5-8°C	5 horas	obscuridad
paridichlorobenceno	5-8°C	4 horas	obscuridad
paridichlorobenceno	ambiental	5 horas	obscuridad

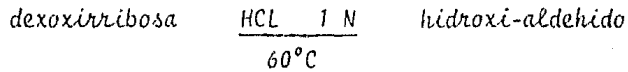
Para las especies con cromosomas grandes los mejores resultados fueron obtenidos con 8-hidroxiquinoleina o paradichlorobenceno de 8 - 10°C, con 3 a 5 horas de obscuridad. Los cromosomas pequeños y numerosos se obtuvieron con paridichlorobenceno de 5 - 10°C, con 4 a 5 horas de obscuridad.

Transcurrido el tiempo de pretratamiento, los meristemas se lavan con agua destilada y se transfieren a una solución fijadora de alcohol etílico-ácido acético en proporción 3;1 (v/v) durante 1 hora como mínimo. Este fijador preserva ciertas estructuras con un mínimo de alteraciones. El material puede ser almacenado en refrigeración por varias semanas.

OBTENCION DE CELULAS EN METAFASE

Los meristemas son hidrolizados con ácido clorhídrico 1N a 60°C -

durante 8 a 12 minutos dependiendo de la especie. La hidrólisis libera grupos aldehído de las bases púricas y los carbohidratos del ADN de acuerdo a la siguiente reacción:



(García, 1977)

Las raíces hidrolizadas previamente enjuagadas con agua destilada para eliminar el exceso de ácido, son introducidas en una solución de Feulgen, hecha según fórmula de García (1977) durante una o dos horas a temperatura ambiente, hasta que las puntas de las raíces adquieran un color violeta. El ácido sulfuroso de la fucsina (o leucofucsina) - componente de la solución de Feulgen reacciona con los grupos aldehídos liberados por la hidrólisis del ADN y es lo que produce la coloración (García, 1977). Para lograr un ablandamiento del tejido meristemático se agregó pectinasa al 5% (pH 4) durante 10 minutos.

Los meristemas radicales son cortados y colocados en un portaobjeto con una gota de acetoorceína al 1%, colocándolo sobre la gota el cubreobjetos. Con la flama de una lámpara de alcohol se calienta ligeramente la preparación, evitando que hierva la solución de acetoorceína. El calentamiento se hace con el objeto de sensibilizar el citoplasma y lograr una separación celular en un solo plano. La separación se puede lograr golpeando con la punta de un lápiz repetidas veces al cubreobjetos sobre el tejido meristemático.

Cuando las células pueden observarse en un solo plano, se procede

a presionarlas con la goma de un lápiz. El aplastamiento logra una separación adecuado de los cromosomas. Se ha visto que las diferentes presiones en el aplastamiento, frecuentemente afectan la longitud de los cromosomas, así como el radio del brazo (Bentzer, 1971).

Las preparaciones frescas fueron revisadas someramente, desechando las que no contenían metafase.

Las preparaciones con metafases se hicieron permanentes por el método del hielo seco, que consiste en la colocación de la preparación sobre un bloque de hielo seco, hasta lograr su congelamiento; el cube objetos congelado se separa fácilmente del portaobjetos con ayuda de un bisturí (Conger, 1953). El portaobjetos y el cubreobjetos son lava dos rápidamente en alcohol etílico absoluto. Se dejan secar a tempera tura ambiente. Sobre el cubreobjetos, se colocó una gota de bálsamo - Canadá y se sobrepuso con el portaobjetos, teniendo cuidado de sobrepo nerlo en el área del tejido.

Se dejaron secar las preparaciones en la estufa a 60°C por una se mana. Las preparaciones permanentes son revisadas cuidadosamente, re registrando los campos en metafase. Se analizaron 10 células por espe cie provenientes de cinco plantas por colecta. Estas células tenían los cromosomas separados y una adecuada contracción.

DETERMINACION DEL CARIOTIPO

Los mejores campos son fotografiados en un fotomicroscopio Carl Zeiss optovar 1.25 objetivo 100X. Las fotografías se amplificaron con

una amplificadora Besselër Dichro 67. Los cromosomas fueron dibujados directamente del campo microscópico, con ayuda de una cámara lúcida - Carl Zeiss.

Con ayuda de los dibujos y fotografías se ordenan los cromosomas por parejas de homólogos de acuerdo al tamaño y posición del centrómero en base a la nomenclatura propuesta por Levan y colaboradores en 1964.

A los cromosomas se les tomaron las siguientes medidas: longitud total, longitud del brazo largo, longitud del brazo corto, índice centromérico que es el cociente de la longitud del brazo corto entre la longitud total, multiplicado por 100, esta medida establece la forma de los cromosomas de acuerdo a la posición del centrómero. Su fórmula es la siguiente:

$$IC = \frac{p}{p + q} \quad (100)$$

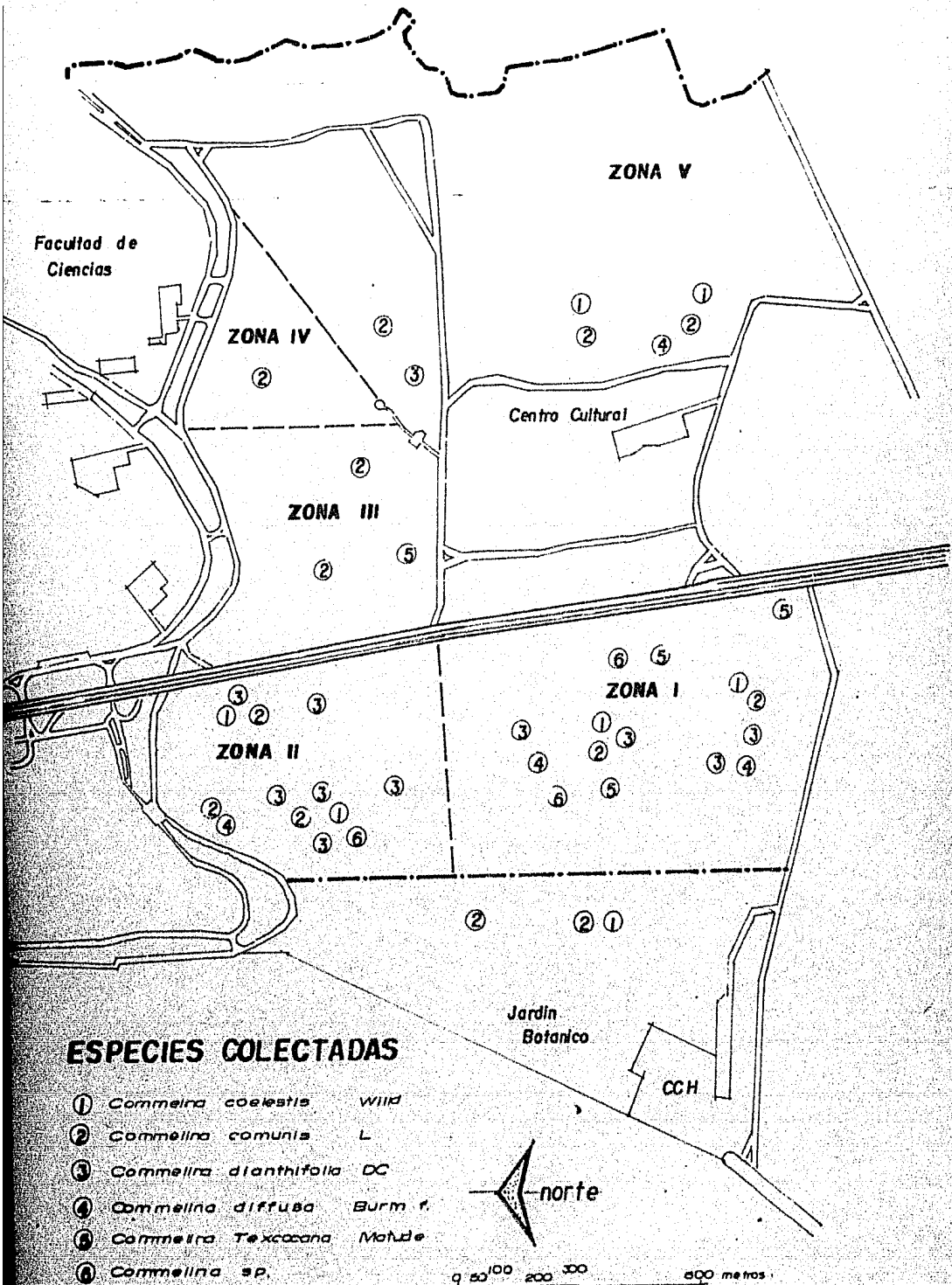
donde:

p = longitud del brazo corto

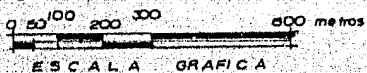
q = longitud del brazo largo (Shina, 1979a)

Para obtener estas medidas se tomó en cuenta la longitud de los cromosomas de tres células de las que se obtenían las medias.

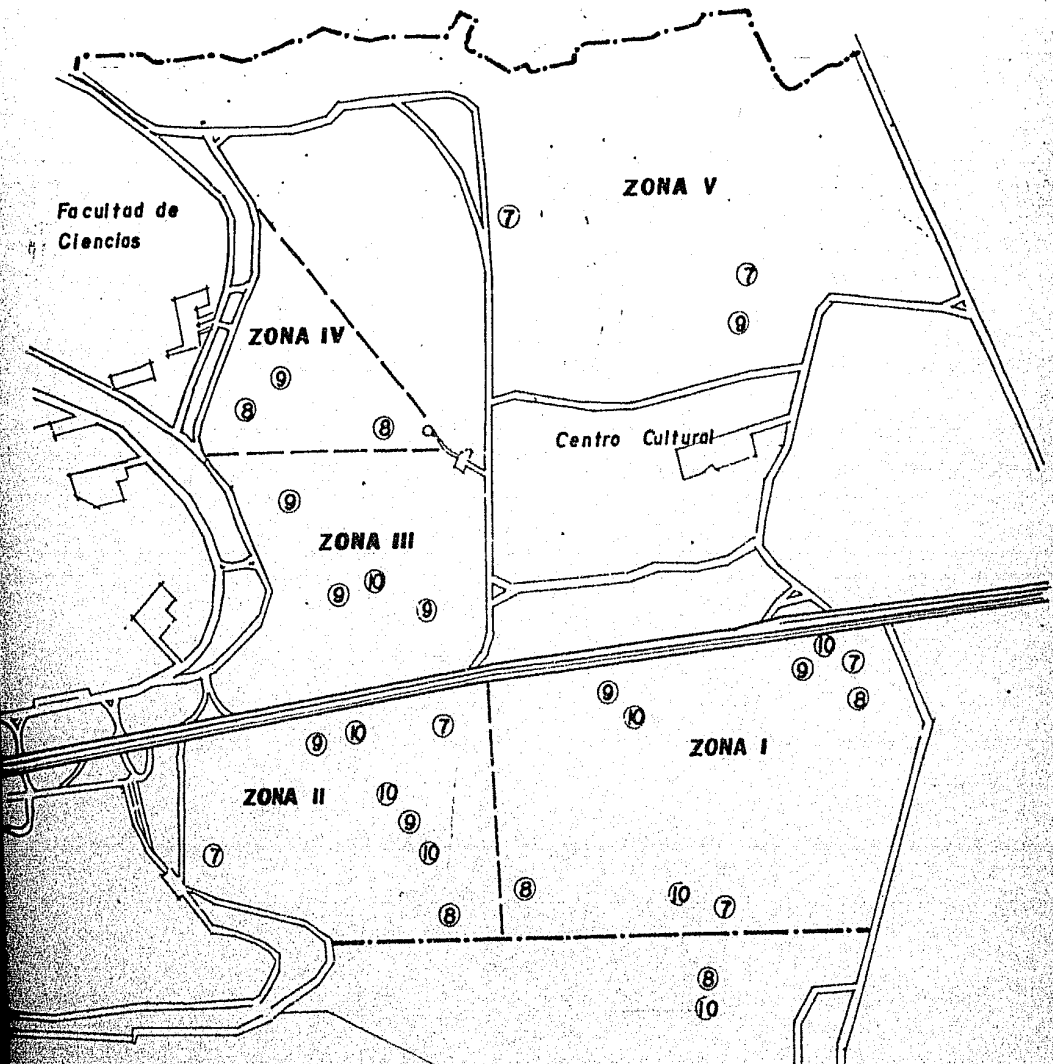
Para obtener el número fundamental (NF) o número de brazos, se asignó a los cromosomas metacéntricos y submetacéntricos el valor numérico de dos para cada uno de los cromosomas



MAPA I

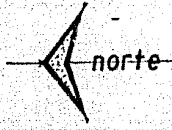


ESCALA GRAFICA



ESPECIES COLECTADAS

- ⑦ *Cymbopogon comelinoides*
- ⑧ *Gibasis schledesana*
- ⑨ *Tinantia erecta* (Jacq.) Schl
- ⑩ *Tradescantia crassifolia* Cav



MAPA 2

RESULTADOS

Los números cromosómicos, fórmula ceriográfica, número de constricciones secundarias y número fundamental de las Commelinaceae estudiadas se muestra en la tabla I.

Cymbispatha commelinoides (Fig. 1 y 1'), tiene el número cromosómico más pequeño con $2n = 14$, su cariotipo consta de 7 pares de metacéntricos grandes, comprendidos en las longitudes de 10.2μ para el más grande y 9.0μ para el menor. Su número fundamental es 28. No presenta constricciones secundarias en su complemento cromosómico.

Gibasis schiedeana (Fig. 2 y 2') presenta un número cromosómico $2n = 16$, su cariotipo consta de 6 pares de metacéntricos y 2 pares de subtelocéntricos. La longitud del cromosoma más grande es de 16.1μ y para el más pequeño de 9.0μ . El número de brazos es de 32. No presenta constricciones secundarias. Hubo presencia de cromosomas B.

Tradescantia crassifolia (Fig. 3 y 3') presenta un número de $2n = 24$, su cariotipo es de 12 pares de metacéntricos. La longitud del par de cromosomas más grandes es de 13.9μ y el más pequeño de 8.1μ . Su número de brazos es 48. No presenta constricciones secundarias. Se detectaron cromosomas B.

Commelina diffusa (Fig. 4 y 4') tiene un número de $2n = 28$, su cariotipo consta de 3 pares de metacéntricos, 4 pares de submetacéntricos y 7 pares de subtelocéntricos. La longitud del cromosoma mayor es

de $3.2\ \mu$ y la del menor $2.3\ \mu$. Su número fundamental es 56. No presenta constricciones secundarias ni cromosomas B.

Tinantia erecta (Fig. 5 y 5') posee un número cromosómico de $2n = 44$, su cariotipo consta de 13 pares de metacéntricos y 9 pares de submetacéntricos. La longitud del cromosoma más largo es de $4.6\ \mu$ y la del más pequeño de $2.09\ \mu$. El número de brazos es 88. No presenta constricciones secundarias.

Commelina sp. (Fig. 6 y 6') presenta un número cromosómico de $2n = 64$. Su cariotipo consta de 13 pares de metacéntricos, 18 pares de submetacéntricos y 1 par de subtlocéntricos. La longitud del cromosoma más grande es de $5.0\ \mu$ y la del más chico de $2.09\ \mu$. El número fundamental es de 128. No presenta constricciones secundarias.

Commelina dianthifolia (Fig. 7 y 7') tiene un número cromosómico de $2n = 72$, su cariotipo consta de 24 pares de metacéntricos, 11 pares de submetacéntricos y 1 par de subtlocéntricos. La longitud del cromosoma mayor es de $4.1\ \mu$ y la del menor de $1.8\ \mu$. El número de brazos es de 144. No presenta constricciones secundarias.

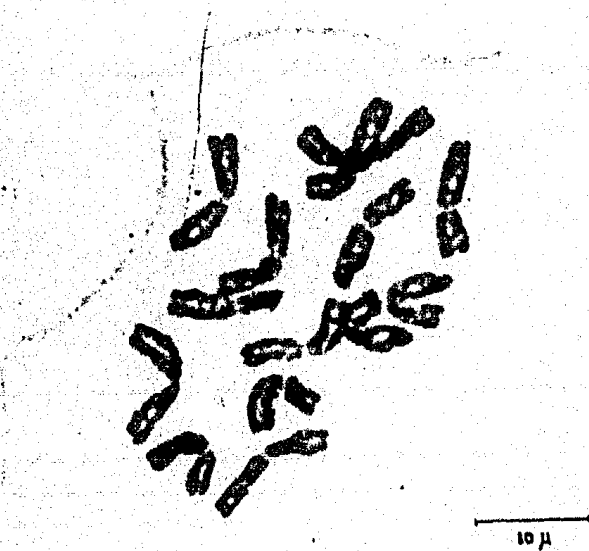
Commelina comunis (Fig. 8 y 8') presenta un número cromosómico de $2n = 88$. Su cariotipo tiene 13 pares de metacéntricos y 31 pares de submetacéntricos. La longitud del cromosoma mayor es de $3.7\ \mu$ y la del menor de $2.09\ \mu$. El número de brazos es de 176. Presenta dos pares de cromosomas con constricciones secundarias y también presenta -

cromosomas B.

Commelina coelestis (Fig. 9 y 9') Tiene un número cromosómico de $2n = 90$, su cariotipo consta de 26 pares de metacéntricos, 17 pares de submetacéntricos y 2 pares de subteloacéntricos. La longitud del cromosoma mayor es de 5.5μ y la del cromosoma menor 2.3μ . Su número de brazos es 180. No tiene constricciones secundarias.

Commelina texcocana (Fig. 10 y 10') posee un número cromosómico de $2n = 90$, su cariotipo consta de 32 pares de metacéntricos y 13 pares de submetacéntricos. La longitud del cromosoma mayor es de 3.2μ y la del cromosoma menor de 1.8μ . El número fundamental es de 180. No presenta constricciones secundarias.

Fig. 1 *Cymbispatha commelinoides*



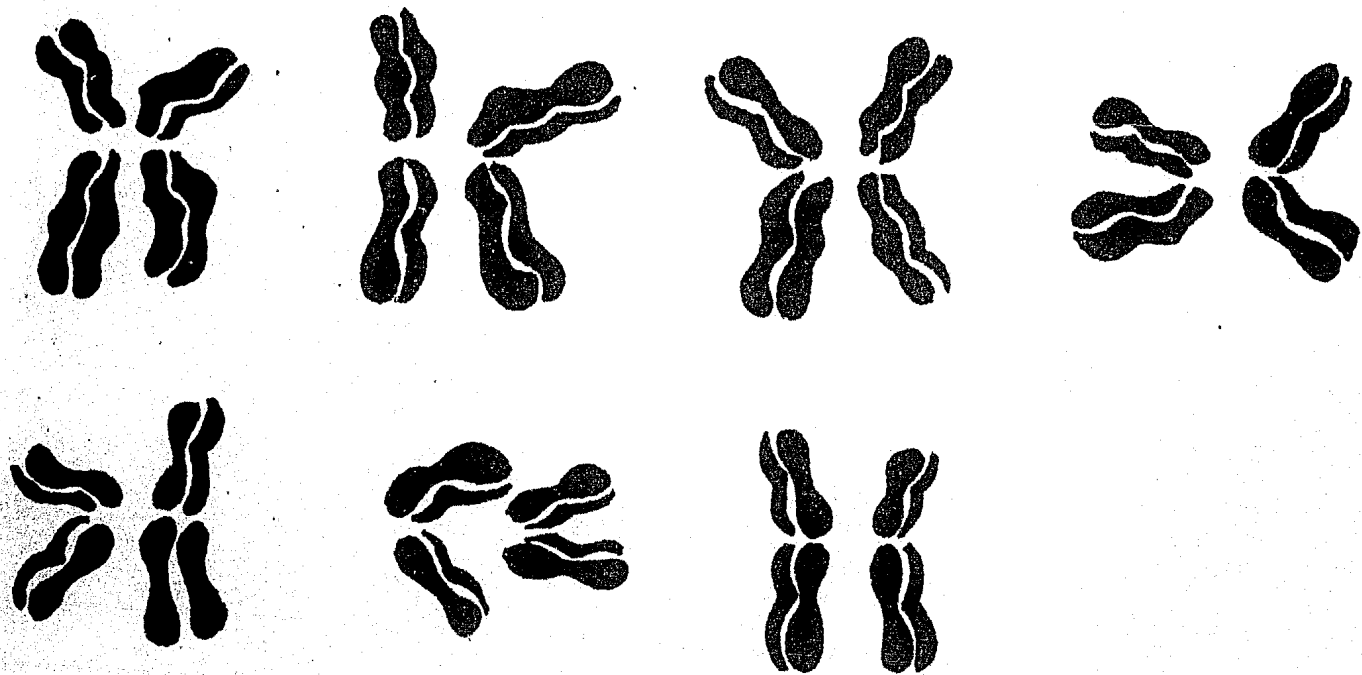


Fig. 1' *Cymbispatha commelinoides*

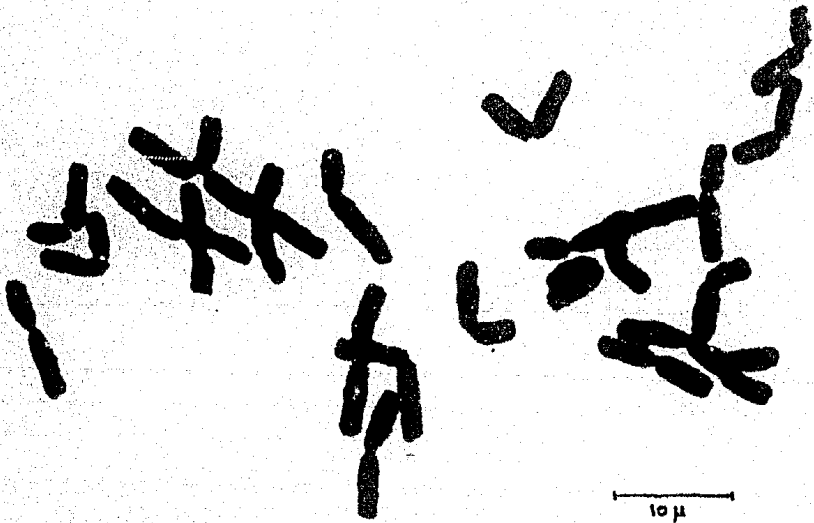
$2n = 14$

10 μ

Fig. 2

Tradescantia crassifolia

Cav.



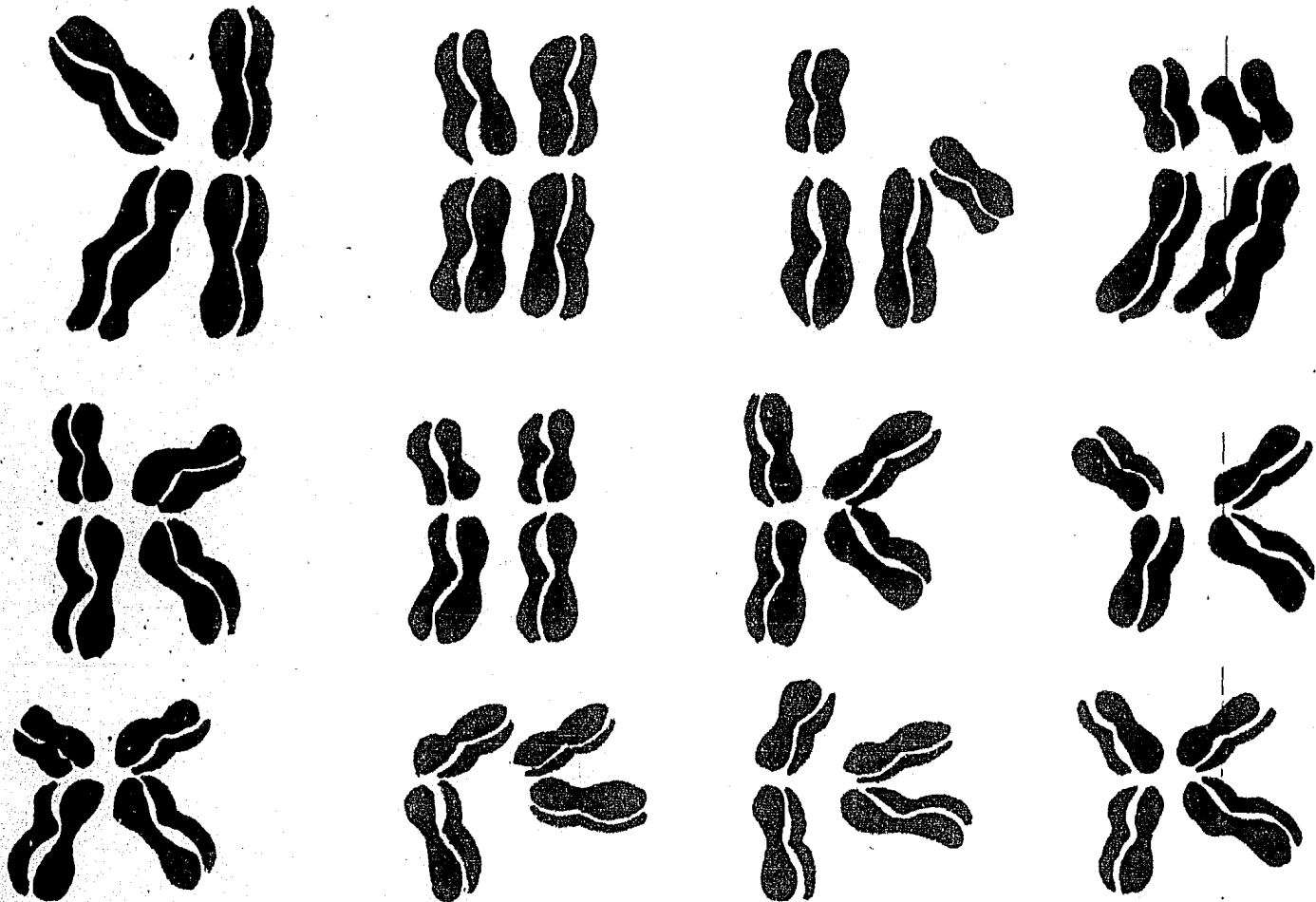


Fig. 2' *Tradescantia crassifolia* Cav. $2n=24$

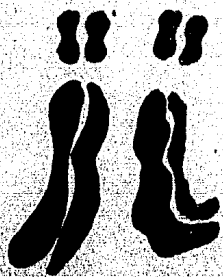
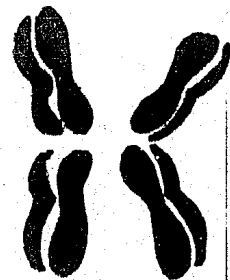
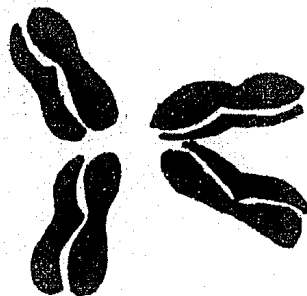
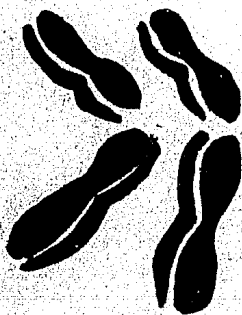
10 μ

Fig. 3

Gibasis schiedeana



10 μ



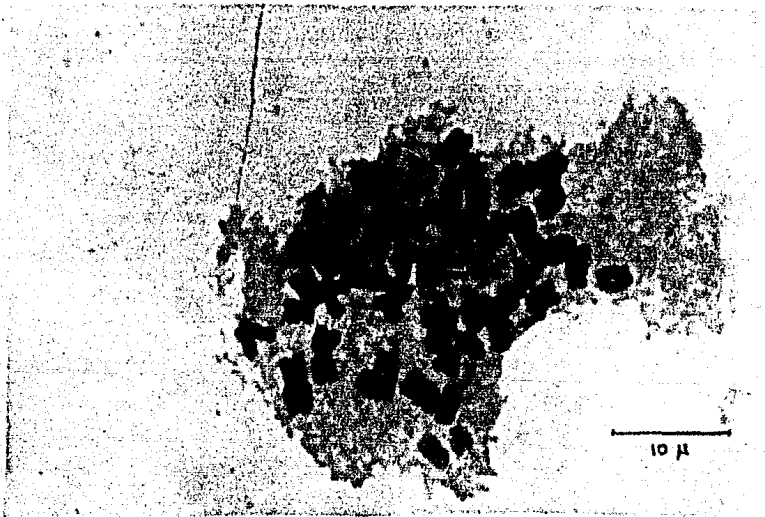
Gibasis schiedeana

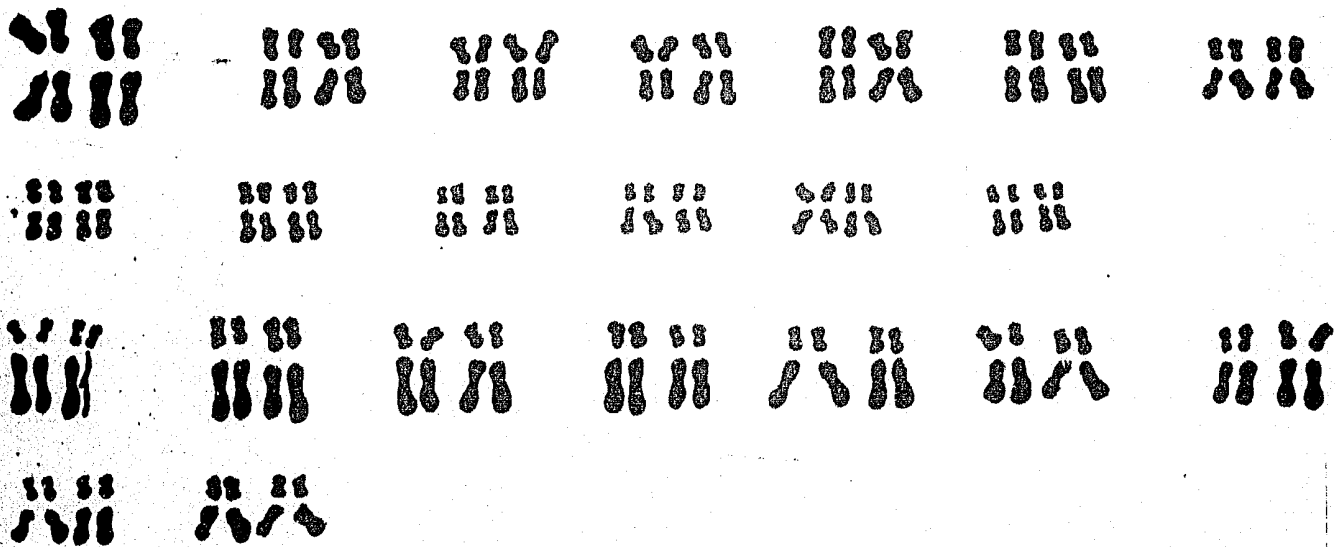
$2n=16$

Fig. 3'

10 μ

Fig. 4 *Tinantia erecta* (Jacq.) Schlecht





Tinantia erecta (Jacq) Schl.

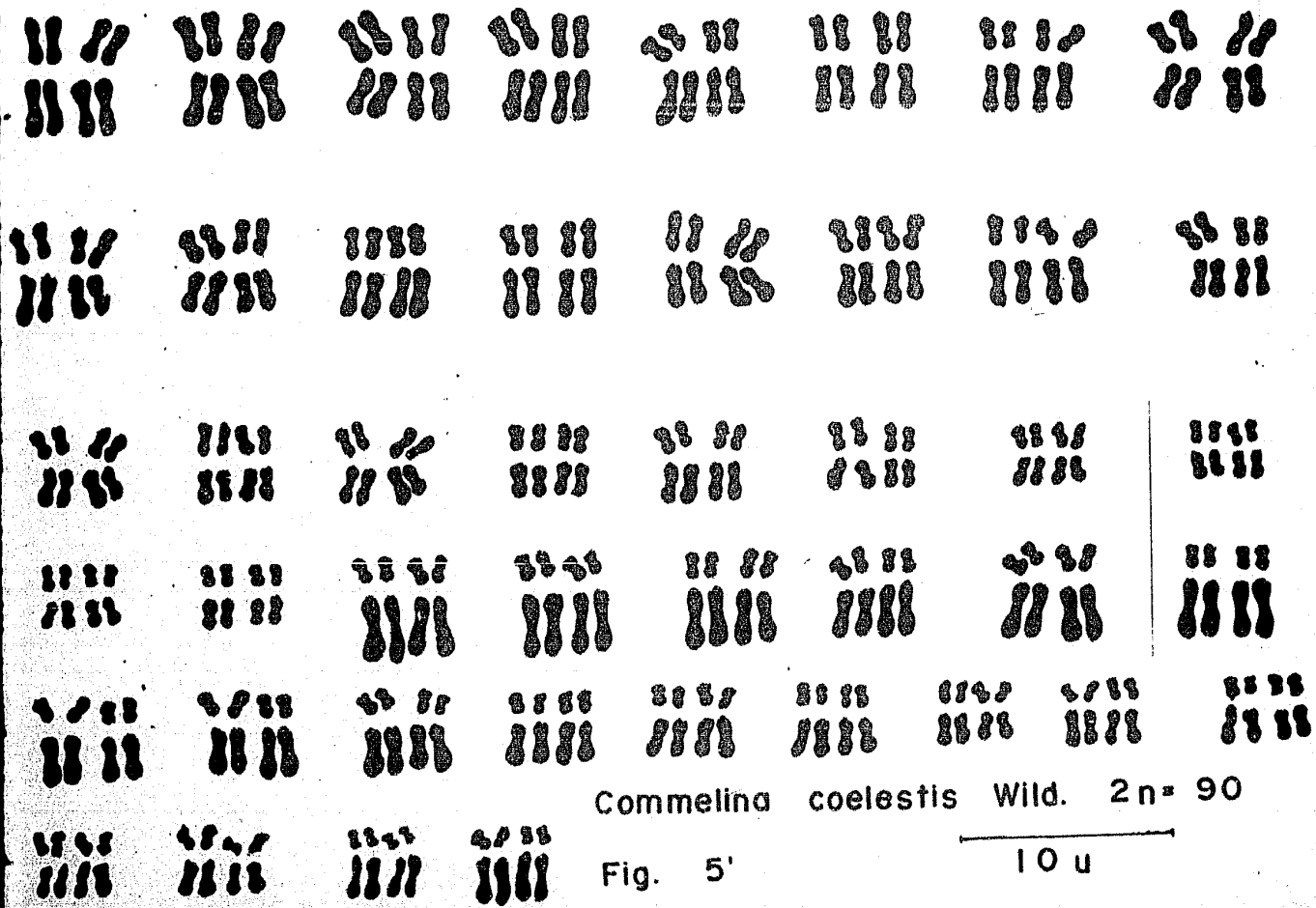
$2n = 44$

Fig. 4'

10 μ

Fig. 5 *Commelina coelestis* Willd.



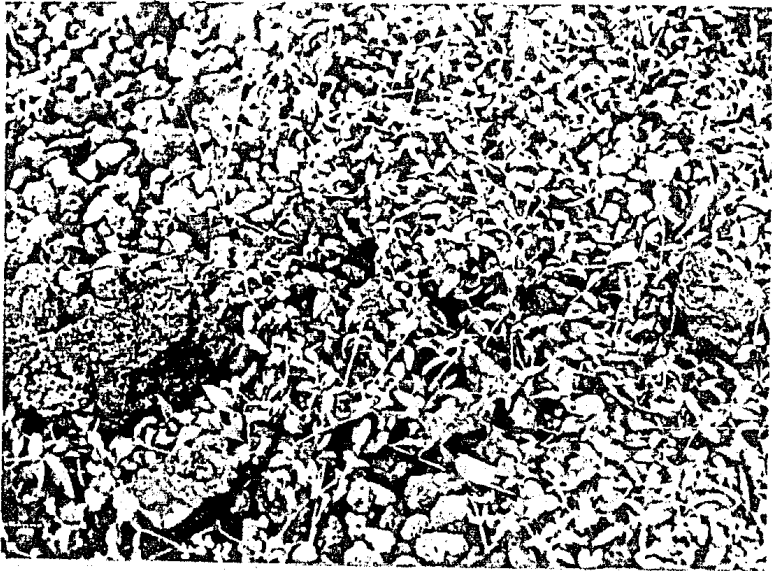


Commelina coelestis Wild. $2n = 90$

Fig. 5'

10 u

Fig. 6 *Commelina comunis* L.



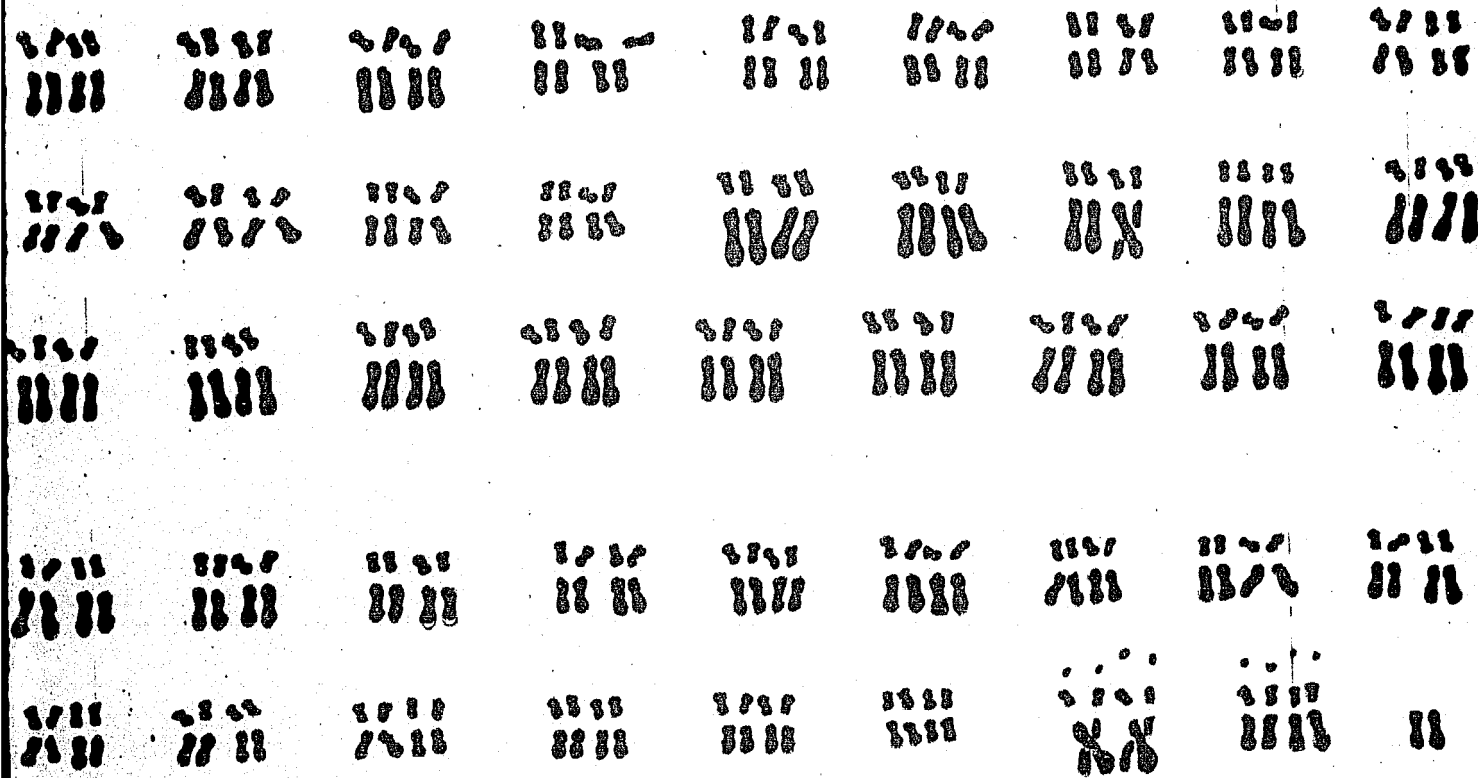


Fig. 6'

Commelina

comunis

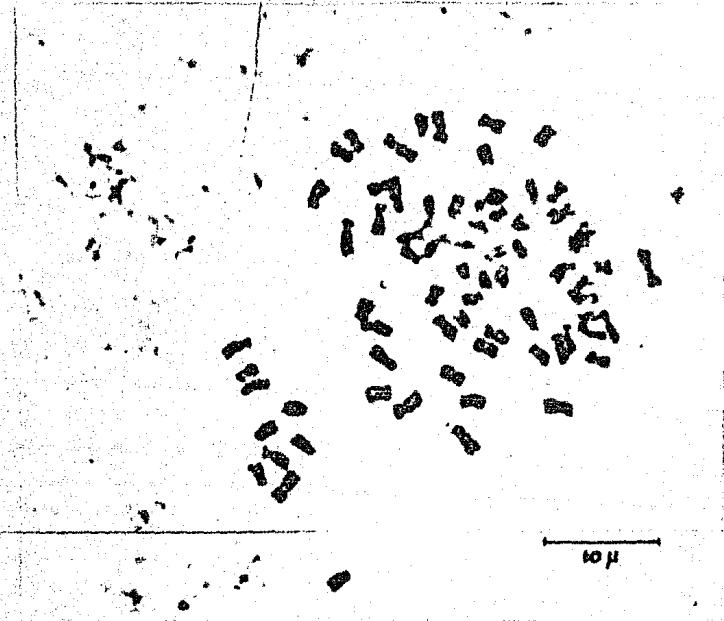
L.

2n = 88

10μ

Fig. 7

Commelina dianthifolia D.C.



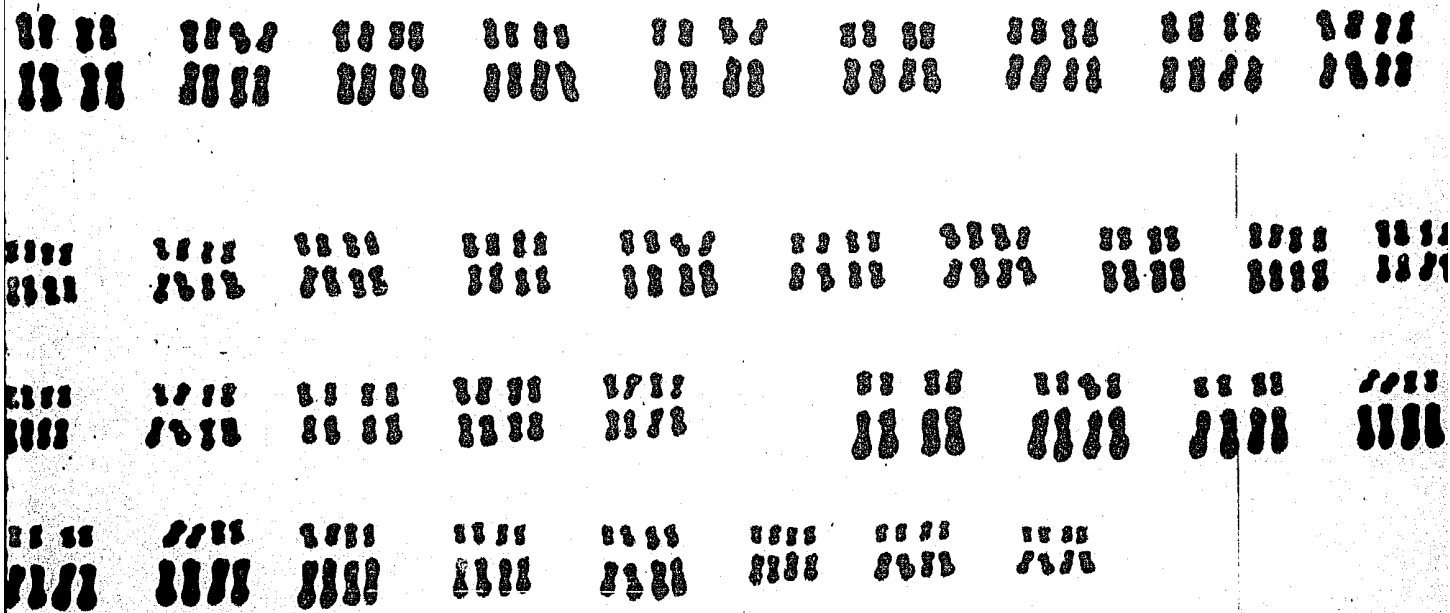


Fig. 7

Commelina dianthifolia

$2n = 72$

10 μ

Fig. 8 *Commelina diffusa* Burm.



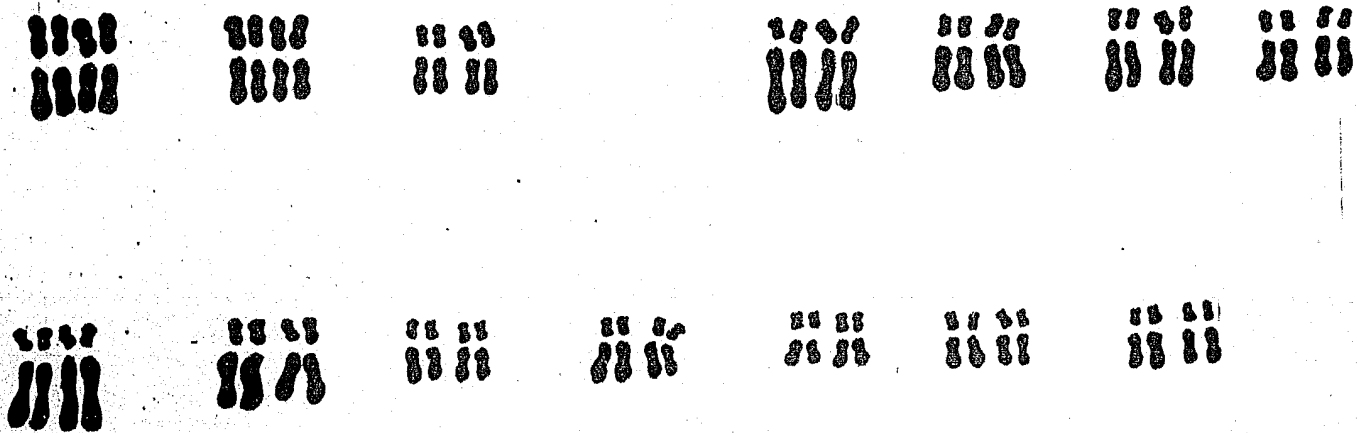


Fig. 8'

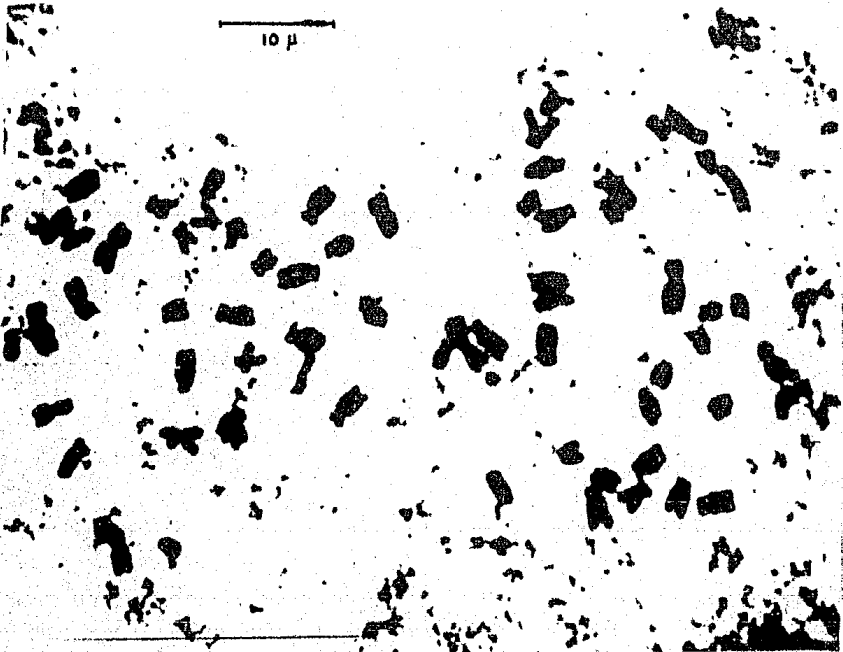
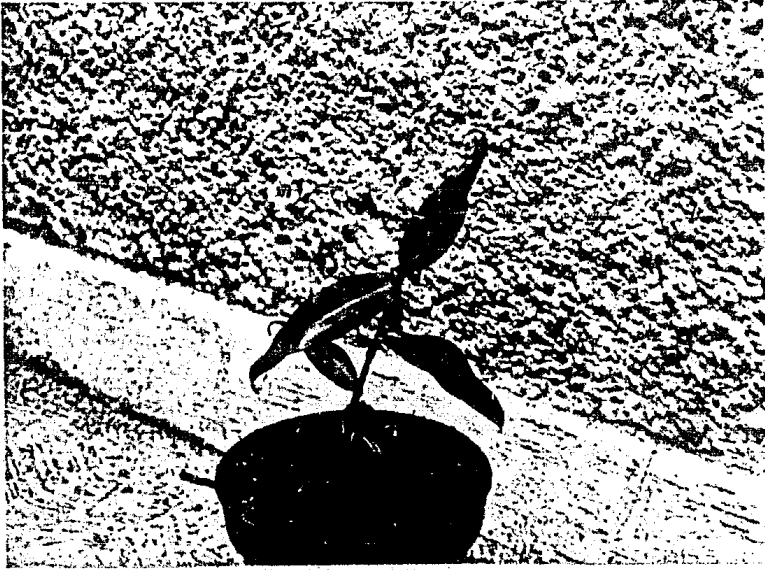
Commelina diffusa

$2n = 28$

10 μ

Fig. 9

Commelina sp.



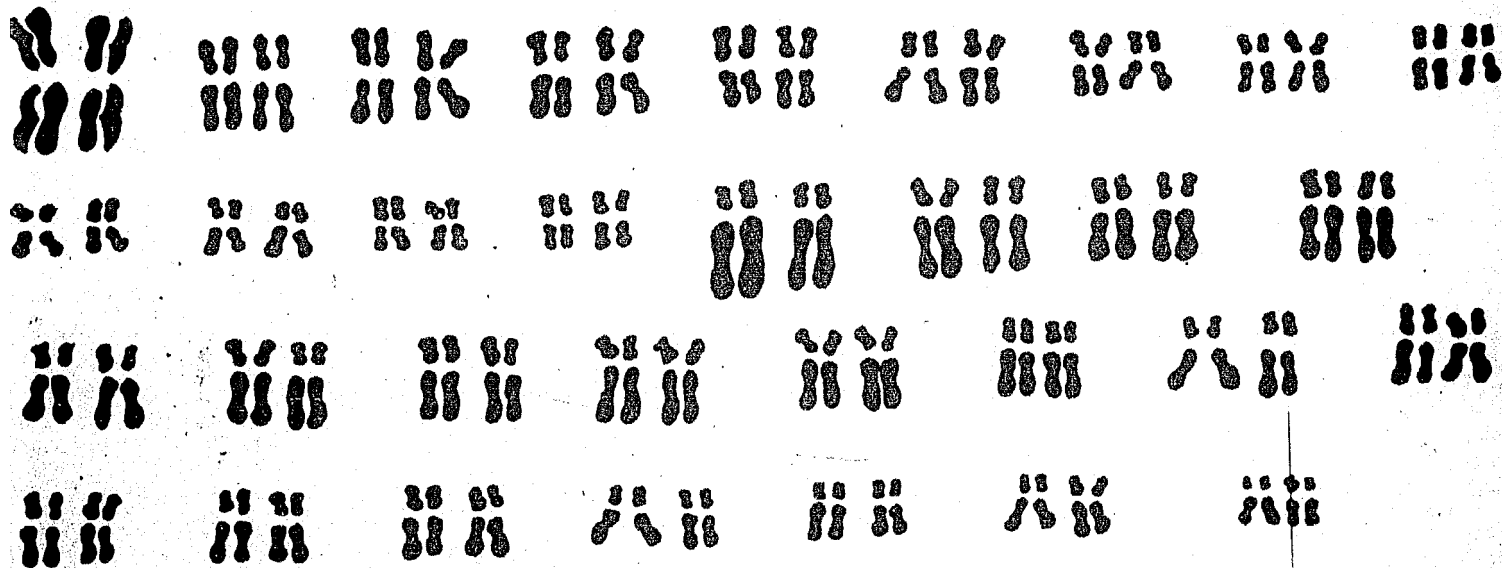


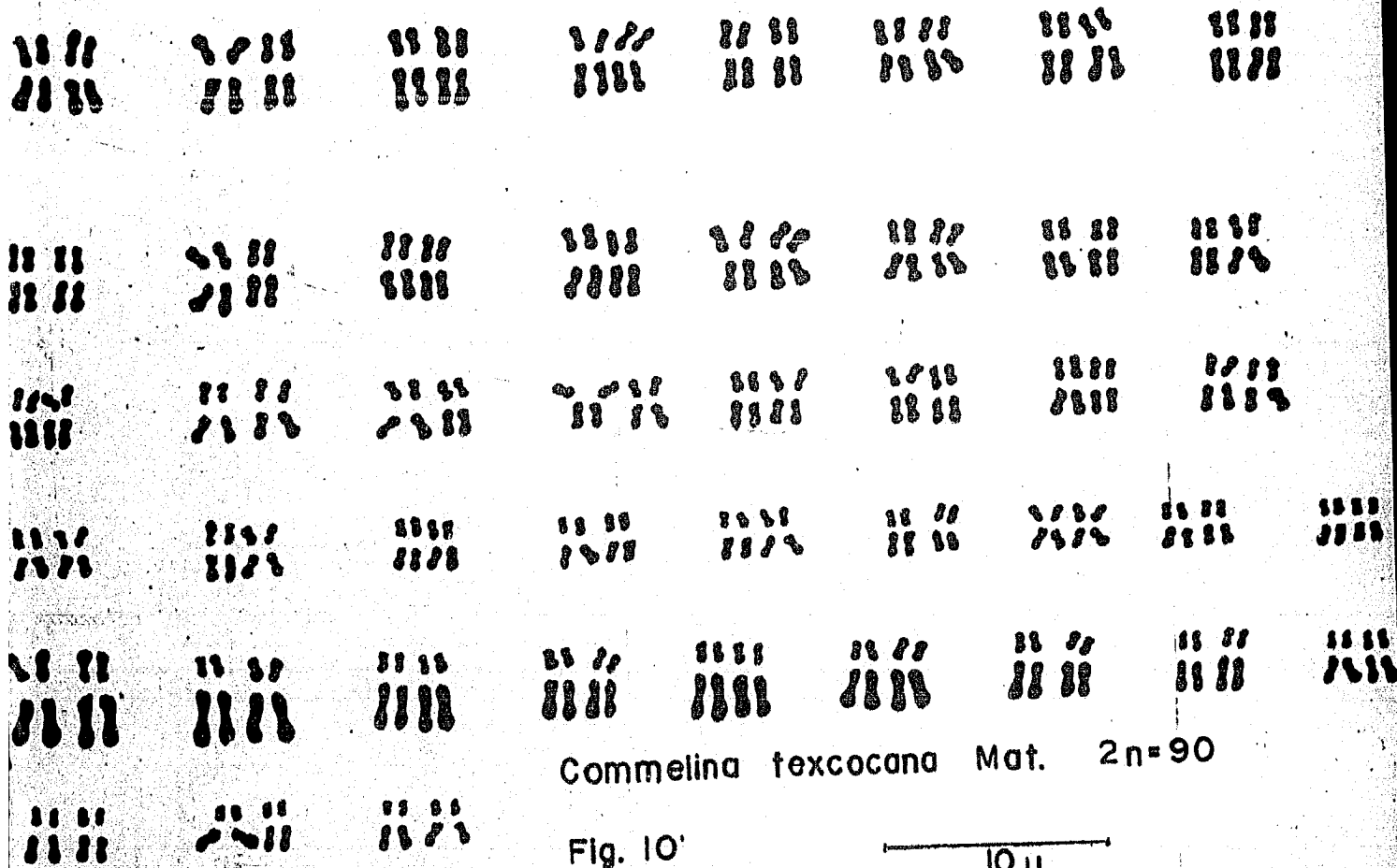
Fig. 9'

Commelina sp. $2n = 64$

10μ

Fig. 10 *Commelina texcocana* Mat.





Commelina texcocana Mat. $2n=90$

Fig. 10'

$10\ \mu$

T A B L A I

ESPECIE	No. CROMOSOMICO	FÓRMULA CARIOTÍPICA	CONST. SEC.	N.F.
1. <u>Cymbispatha commelinoides</u>	$2n = 14$	7 M	-	28
2. <u>Gibasis schiedeana</u>	$2n = 16$	6 M + 2 ST	-	32
3. <u>Tradescantia crassifolia</u>	$2n = 24$	12 M	-	48
4. <u>Commelina diffusa</u>	$2n = 28$	3 M + 4 SM + 7 ST	-	56
5. <u>Tinantia erecta</u>	$2n = 44$	13 M + 9 MS	-	88
6. <u>Commelina sp.</u>	$2n = 64$	13 M + 18 SM + 1 ST	-	128
7. <u>Commelina dianthifolia</u>	$2n = 72$	24 M + 11 SM + 1 ST	-	144
8. <u>Commelina comunis</u>	$2n = 88$	13 M + 31 SM	4	176
9. <u>Commelina coelestis</u>	$2n = 90$	26 M + 17 SM + 2 ST	-	180
10. <u>Commelina texcocana</u>	$2n = 90$	32 M + 13 SM	-	180

donde:

M = metacéntrico

SM = submetacéntrico

ST = subtelocéntrico

DISCUSION

I. CLASIFICACION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS EN BASE A OBSERVACIONES MORFOLOGICAS Y CARIOLOGICAS.

Utilizando los criterios de estructura, tamaño y número cromosómico se propone clasificar a las especies estudiadas en 3 grupos:

GRUPO I : Cymbispatha commelinoides, Tradescantia crassifolia y --
Gibasis schiedeana.

GRUPO II : Tinantia erecta.

GRUPO III: Commelina diffusa, Commelina sp., Commelina dianthifolia,
Commelina comunis, Commelina coelestis y Commelina texco-
cana.

Las relaciones entre estos grupos se describen a continuación:

En el GRUPO I, Cymbispatha commelinoides, Tradescantia crassifolia y Gibasis schiedeana se caracterizan por tener cromosomas de talla grande que van de 13.9 para los cromosomas más grandes a 8.1 para los cromosomas más pequeños. El hecho de que estas especies presenten cromosomas grandes, posiblemente se debe a la acumulación de regiones heterocromáticas a través de la duplicación de segmentos cromosómicos, durante el transcurso de la evolución, en cuanto al grosor de los cromosomas puede deberse a diferencias en la espiralización de la cromatina, como lo han propuesto Chuksanova (1969), Mosolov (1969) y -- Tshinkin (1968).

Es evidente, asimismo, la marcada dominancia de cromosomas meta--
céntricos en este grupo, como puede verse en los cariotipos correspon--
dientes a estas tres especies (Fig. 1', 2' y 3'). La presencia de -
cromosomas con centrómeros medios genera cariotipos fuertemente simé--
tricos, lo cual es indicio de un carácter cariológico primitivo --
(Stebbins, 1971). Esto concuerda con el hecho de que las especies -
clasificadas en este grupo poseen características consideradas taxonó--
micamente primitivas dentro de la familia Commelinaceae.

Cymbispatha commelinooides pertenece al grupo XI del sistema de -
clasificación taxonómica de Brenan. Las características morfológicas
consideradas como primitivas en esta familia son: androceo actinómor--
fico, pétalos iguales, tallo bien desarrollado, ramificaciones monopo--
diales, cincinni con ejes elongados, individuales, pétalos libres, -
6 estambres fértiles, los filamentos del estambre e hilum puctiforme
(Brenan, 1966). Aunado a estas características morfológicas, el aná--
lisis de las cariológicas corroboran la ubicación de Cymbispatha co--
mmelinooides como una especie primitiva.

Tradescantia crassifolia pertenece al mismo grupo taxonómico de
Cymbispatha de acuerdo a Brenan. Al igual que Cymbispatha, Tradesc--
cantia crassifolia posee características morfológicas primitivas, su
cariotipo está compuesto por 12 pares de metacéntricos que poseen -
centrómeros medianos, lo que da la fuerte tendencia simétrica y por -
consiguiente poco especializada en estas especies.

Gibasis schiedeana pertenece al grupo XIII de la clasificación de Brenan. Posee al igual que el grupo XI (donde se encuentra Cymbispatha y Tradescantia) características morfológicas consideradas como primitivas en la familia Commelinaceae. El cariotipo de esta especie está formado por 6 pares de metacéntricos y 2 pares de subtelo-céntricos. La presencia de los 2 pares de cromosomas subtelo-céntricos dan un aumento en la asimetría de la especie con relación a Cymbispatha commelinoides y Tradescantia crassifolia. Este aumento en la asimetría podría generar una mayor especialización en Gibasis schiedeana con respecto a las otras 2 especies que he catalogado en el Grupo I; esta especialización podría estar relacionada por la presencia de características morfológicas como son los estambres de iguales a desiguales, tendencia propia de las especies más avanzadas de la familia.

En el GRUPO II se encuentra catalogado un género con una sola especie: Tinantia erecta. Sus atributos morfológicos y la estructura citológica la sitúan como única en este grupo. Su cariotipo es asimétrico (Fig. 4' y Tabla 1) considerado así por la presencia de 9 pares de submetacéntricos. El carácter asimétrico del cariotipo y el tamaño cromosómico de 4.6 para el cromosoma más grande y 2.09 para el cromosoma más chico, le confieren características de especialización. Sin embargo, comparte características morfológicas primitivas con las especies del Grupo I, tales como: forma del tallo e inflorescencia y pétalos iguales y libres. Por otro lado Tinantia erecta (Fig. 5') también comparte características morfológicas con las especies más avanzadas -

de la familia, como es el androceo zigomórfico, estambres connatados y estambres fértiles de 1 a 3. Las características morfológicas de esta especie que puede considerarse en un nivel intermedio, concuerda con su estructura cromosómica que tiende a la asimetría; esta asimetría posiblemente se desarrolló a través de inversiones pericéntricas llevadas a cabo en cromosomas que originalmente eran metacéntricos. La existencia de cromosomas de talla media de esta especie, puede representar la tendencia a la reducción cromosómica, lo cual le conferirla un carácter cariológico especializado (DeLaunay, 1927; Jones, 1977; Srivastava, 1963; Stebbins, 1971; Takhtajan, 1969).

En el GRUPO III se encuentra el género *Commelina* con 6 especies, las cuales pertenecen al grupo X del sistema de clasificación de Brennan. Este grupo se caracteriza por cromosomas de menor tamaño y abundantes con excepción de *Commelina difusa* cuyo número cromosómico es $2n = 28$ (Fig. 8 y 8'). En las 6 especies de *Commelinas* existe una fuerte tendencia hacia la asimetría del cariotipo, dada por la presencia de centrómeros submedianos y subterminales (Figs. 5' a 10' y tabla 1). El cariotipo asimétrico se relaciona con características morfológicas consideradas como especializadas en la familia: tallo monopodial y simpodial en la región de la inflorescencia, pétalos desiguales, libres, 3 estambres fértiles y androceo zigomórfico. Los cromosomas de las especies de este grupo son de talla mediana a chicos de (5.5 a 1.8). La tendencia a la reducción del tamaño cromosómico y aumento del número significarla de acuerdo a Stebbins (1971) y Takhtajan (1969)

un aumento en la especialización de estas especies. La reducción del tamaño cromosómico puede deberse a la eliminación de regiones heterocromáticas, las cuales poseen ADN altamente redundante y considerado como genéticamente inerte, lo cual evitaría consecuencias letales para estas especies, ya que la eucromatina se seguiría conservando. La eliminación de heterocromatina puede determinar la aparición de una nueva especie o sólo acompañar un proceso de redistribución de la eucromatina como sucede en Crepis (Sáez y Cardoso, 1978). La poliploidía a su vez ofrece multiplicidad de conjuntos de genes que brindan mayor adaptabilidad a diversos nichos ecológicos, llegando a ser un mecanismo de formación de nuevas especies (Rieger, 1976; Sáez y Cardoso, 1978).

Se registraron cromosomas supernumerarios en Commelina communis, Gibasis schiedeana y Tradescantia crassifolia, desconociendo la relación que puedan tener estos cromosomas en la conducta de estas especies.

II. RELACIONES FILOGENÉTICAS DE LOS GENEROS ESTUDIADOS

En el Grupo I las características que comparten Cymbispatha commelinoides, Tradescantia crassifolia y Gibasis schiedeana (Fig. 1', 2', 3' y tabla 1) son el tamaño cromosómico grande, la estructura simétrica y el número cromosómico reducido de $2n = 14, 24$ y 16 respectivamente. Cymbispatha y Tradescantia pertenecen al mismo grupo taxonómico y los

cariotipos se distinguen únicamente en cuanto al número cromosómico. - Gibasis schiedeana situada en otro grupo taxonómico, pero igualmente - con cromosomas grandes y predominio de centromeros medianos, difiere - por la presencia de 2 pares de cromosomas subtelocéntricos. Las estre- chas semejanzas morfológicas y cariológicas entre Cymbispatha y Tra-- 'descantia han sugerido a Darlington en 1929 y Sharma en 1955, que el - origen de estas especies al igual que de Zebrina, ha sido a través de autopoliploidia de Tradescantia, teniendo un número básico de $x = 6$ - cromosomas.

El número cromosómico de Cymbispatha commelinoides de $2n = 14$, con 7 pares de metacéntricos grandes concuerda con el descrito por - Jones en 1977. Jones establece de acuerdo a las relaciones cariológi- cas interespecíficas del género Cymbispatha, que posiblemente el cario- tipo ancestral de este género consistió de 14 cromosomas acrocéntricos (Jones, 1977) y que a través de cambios robertsonianos se formó el ca- riotipo simétrico de 14 cromosomas metacéntricos. Sin embargo, los - cambios robertsonianos son reversibles, pudiendo ser el cariotipo simé- trico el ancestro a partir del cual se formó el cariotipo asimétrico - de cromosomas acrocéntricos (Jones, 1977).

En C. commelinoides a través de evidencias meióticas, se detecta la formación de isocromosomas estables con aumento en el tamaño cromó- sómico y simetría. Los cromosomas similares a esos que son producidos por los procesos de fusiones llevados a cabo entre homólogos (Jones, - 1977).

Aunque las 3 especies pueden agruparse de acuerdo a semejanzas amplias en base a la morfología del cariotipo (altamente simétrico) - además de que comparten características morfológicas primitivas, el género Gibasis ha sido separado de Cymbispatha y Tradescantia en base a la estructura de la flor (Brenan, 1966; Kenton, 1979). Las flores de los géneros Cymbispatha y Tradescantia son actinomorfas, mientras que las de Gibasis no son actinomorfas constantes.

Una característica notable en este grupo (Cymbispatha, Tradescantia y Gibasis) es la ausencia de constricciones secundarias en los cromosomas, (Tabla 1) lo cual puede atribuirse a las cruces accidentales interespecíficas e intraespecíficas efectuadas durante el proceso evolutivo de estos géneros. Probablemente los pares de cromosomas que tenían constricciones secundarias las perdieron o su organizador nucleolar cromosómico fue completamente reprimido debido a la hibridación (Sinha 1979a).

En Gibasis schiedeana se observaron cromosomas telocéntricos que pudieran representar cromosomas B's, pero en general estos cromosomas son menos comunes y frecuentes en poliploides (Darlington, 1976).

La simetría observada en los cariotipos de las especies de este grupo concuerda con la tendencia evolutiva a formar isocromosomas estables, con aumento en el tamaño cromosómico. Los isocromosomas son la unión de cromátidas de telocéntricos inestables, pero también pueden formarse de fusión de acros homólogos (Jones, 1977; Mattsson, 1981).

Al parecer el grupo ha utilizado como mecanismo para aumentar el tamaño cromosómico la fusión céntrica, como puede verse por la marcada metacentricidad de sus cariotipos. Los cromosomas metacéntricos característicos de las especies del Grupo I, representan el arquetipo ancestral de cromosomas en plantas vasculares (Tahktojan, 1969; Jones, 1977). La gran longitud de estos cromosomas puede deberse a la conservación de regiones heterocromáticas y al desarrollo de sistemas de poligenes, así como a la duplicación de segmentos cromosómicos (Tshinkin, 1968).

En el Grupo II, Tinantia erecta, comparte características primitivas con las especies del Grupo I y características especializadas del Grupo III.

En el mismo grupo Taxonómico de Tinantia erecta, se encuentran otros géneros que no fueron estudiados aquí, como Anellema, Murdania y Floscopa. Los estudios cariológicos de estos 3 géneros, revelan números que van de $n = 9, 10, 11, 12$ o sus múltiplos (Bhattacharya, 1975); por lo cual se presume que el número básico del que ha derivado este grupo es $x = 5$, aunque pudieran existir otros números básicos comunes como $x = 9, 11$ y 12 , que posiblemente han derivado a su vez de $x = 5$; lo cual propone una evolución en líneas paralelas para este grupo (Bhattacharya, 1975).

El Grupo III, comprende las especies pertenecientes al género Commelina, que se distingue por sus características morfológicas especializadas dentro de la familia. Sin embargo, las delimitaciones entre

las diferentes especies que componen este género es más bien controver-
sial. (Bhattacharya, 1975).

De acuerdo a Lewis, 1964, el género Commelina tuvo un número bási-
co de $x = 5$, a partir del cual se han originado otros números básicos -
comunes en el género como $x = 11, 14$ y 15 . Esto parece probable de -
acuerdo a los resultados de los estudios cariológicos realizados en el
género Commelina en India y Japón, en donde las especies muestran -
 $n = 15$ ó sus múltiplos (Bhattacharya, 1975; Fukumoto, 1965; Hirosumi, -
1975).

El análisis cariológico de las 6 especies aquí estudiadas resulta
insuficiente para determinar un posible número básico. Sin embargo a -
través de este análisis se puede establecer algunas comparaciones inte-
respecíficas.

El cariotipo más asimétrico de estas especies es el de Commelina
diffusa (Fig. 8') con cromosomas de talla media y chica. La dominan-
cia de centrómeros submedios y subtelocéntricos ofrecería un carácter -
taxonómico que la colocaría dentro de las especies de mayor especializa-
ción del género. Considerando el mismo carácter taxonómico se espera-
ría que las especies Commelina dianthifolia con $2n = 72$ (Fig. 7') y -
Commelina texcocana (Fig. 10') con $2n = 90$ fueran las especies con ca-
racterísticas más primitivas de acuerdo al porcentaje de centrómeros -
submedios y subterminales, sin embargo el número cromosómico abundante
($2n = 72$ y 90) hace incierta esta suposición.

La existencia de cromosomas submetacéntricos y subtelocéntricos en estas especies podrá explicarse por la ocurrencia de inversiones y translocaciones desiguales o por deleciones y cambios robertsonianos de los cromosomas ancestrales (Dobshanzky, 1975; Stebbins, 1971).

En Commelina comunis (Fig. 8' y Tabla 1) se registra la presencia de un par de cromosomas con satélite, lo cual posiblemente esta involucrando un mayor requerimiento de genes de ARN ribosomal en el caso de que el satélite este asociado con el nucleolo. Sin embargo puede tratarse de una constricción secundaria que no esté asociada al nucleolo y en consecuencia no es posible determinar su función (Sthal y Hartung, 1981).

Es importante destacar la variación cromosómica en relación a los diferentes ecotipos de una misma especie, así en Commelina diffusa, se ha registrado con $2n = 58$ y 72 en Japón (Fukumoto, 1982), $2n = 28$, 30 y 60 (Owens, 1981, Federov, 1969), $2n = 28$, 30 y 60 en India (Bhattacharya, 1975). Igualmente para Commelina comunis, Fukumoto en 1965 propone que la amplia gama de número cromosómicos reportados para esta especie esta en función de los diversos ecotipos. Los números cromosómicos reportados para esta especie han sido: $2n = 44$, 46 , 58 , 52 , 86 , 88 , 90 y 92 (Federov, 1969).

Por medio de los estudios cariológicos hechos anteriormente en esta familia, se han determinado dos grandes líneas evolutivas [Bhattacharya, 1975], que concuerdan con los resultados obtenidos en este es-

te estudio. La primera línea involucra géneros con cromosomas metacéntricos largos (representada aquí por Cymbispatha, Tradescantia y Gibasis) y la otra línea esta formada por géneros con cromosomas medianos a pequeños (representada aquí por Tinantia y Commelina). El número básico sugerido para la línea de cromosomas metacéntricos largos es $x = 6$ y para la segunda $x = 4$ propuestas por Sharma (1955). Lewis (1964) también propone $x = 5$. Originalmente las 2 líneas representarían a las subfamilias: Tradescantia y Commelinaceae (Bhattacharya, 1975) correspondientes a los 2 grupos taxonómicos propuestos por Meisner en 1842, Bruckner en 1930, Woodson en 1942 y Rohwder en 1956. Estas dos líneas evolutivas han originado diferentes sublíneas con números básicos diferentes grupos taxonómicos dentro de la familia (Bhattacharya, 1975).

III. IMPORTANCIA DE LA POLIPLIIDIA EN LA EVOLUCION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

La poliploidia a través del aislamiento genético, ha ocurrido en muchas ocasiones en las Commelinaceae. Muchos de estos poliploides intraespecíficos pueden ser de origen autoploide como el ocurrido en Commelina diffusa de $2n = 28$ y 56 (Bhattacharya, 1975).

El modo más efectivo de especiación en esta familia se ha puesto de manifiesto a través de la aneuploidia, particularmente en el género Commelina y de algunos géneros del grupo de Tradescantia. Los miembros del género Commelina muestran múltiplos de 11, 12, 14 y 15 cromosomas en diferentes especies, así como en los miembros de las mismas especies; tales son los casos de las especies Commelina diffusa y Commelina

comunis estudiadas en Japón e India por Fukumoto (1965) y Bhattacharya (1975) respectivamente. Las especies del género Commelina estudiadas en el Pedregal, son múltiplos de 11, como en el caso de Commelina comunis, de 12 como en Commelina dianthifolia, de 14 como en Commelina diffusa y de 15 en Commelina texcocana y Commelina coelestis (Tabla 1). El doblamiento de estos números cromosómicos nos indicaría la tendencia de estas especies a formar poliploides.

Los números cromosómicos del género Commelina en el Pedregal de San Angel, son $2n = 28, 64, 72, 88$ y 90 que representarían una serie regular a excepción de $2n = 90$, (Tabla 1) todos son múltiplos de 4. En base al número fundamental, las especies pueden ser consideradas poliploides en su constitución genética (con $x = 4$), aunque no en su número cromosómico (Tabla 1).

Los diferentes números indican mecanismos relacionados a la especiación. La gran diversidad de caracteres y hábitat en los miembros de las especies de este género, pueden establecer adaptaciones, que inician por exploraciones y ensayos fenotípicos, que son reemplazados posteriormente por variaciones genotípicas, en los que posiblemente se implicarían cambios cromosómicos o únicamente establecen las diferentes normas de reacción del genotipo (Dobzhansky, 1975).

Existe una relación interesante en la distribución de poliploides y diploides con hábitat diferentes.

Por ejemplo las formas diploides de *Commelina diffusa* $2n = 28$ y 30 han sido encontradas en llanuras tropicales, mientras que los poliploides de esta especie $2n = 56$ y 60, ocurren en montañas templadas a frías (Fukumoto, 1965; Bhattacharya, 1975). De la misma manera se han descrito diferentes tipos de poliploides con conducta semejante en *Tradescantia* americanas (Bhattacharya, 1975). Posiblemente estas especies se han originado en los trópicos y han producido tipos poliploides los cuales debido a su gran tolerancia, emigraron a las grandes altitudes.

Las alteraciones cromosómicas estructurales, como el número de cromosomas, han sido igualmente importantes en la evolución de nuevas formas. Un factor importante en el mantenimiento de las alteraciones estructurales y numéricas en diferentes poblaciones de esta familia, es que la mayoría de los miembros tropicales son propagados parcial o totalmente por medios asexuales. Una reproducción sexual permitiría el ingreso de un núcleo celular variante que conduciría a la formación de nuevas especies, adaptables a condiciones cambiantes (Darlington, 1929; Dobzhansky, 1975).

CONCLUSIONES

1. Los números cromosómicos de las especies presentadas son:
Cymbispatha commelinoides $2n=14$, Gibasis schiedeana $2n=16$, Tradescantia crassifolia $2n=24$, Commelina coelestis $2n=90$, C. comunis $2n=88$, C. dianthifolia $2n=72$, C. diffusa $2n=28$, C. sp. $2n=64$, C. texcocana $2n=90$ y Tinantia erecta $2n=44$.
2. De acuerdo a las características cariológicas analizadas, las especies estudiadas fueron organizadas en 3 grupos:
Grupo I : Cymbispatha, Gibasis y Tradescantia.
Grupo II : Tinantia erecta.
Grupo III : Género Commelina con 6 spp.
3. En base a la simetría y tamaño de los cromosomas, el Grupo I (Gibasis, Cymbispatha y Tradescantia), puede ser considerado primitivo.
4. En base a la asimetría del cariotipo y tamaño y número de los cromosomas, el género Commelina puede considerarse especializado.
5. De acuerdo a características cariológicas y morfológicas Tinantia erecta es considerada como especie intermedia entre el Grupo I y el Grupo II.
6. La similitud en el tamaño y estructura de los cromosomas en Cymbispatha y Tradescantia hace suponer que están relacionados filogenéticamente, como ya se advierte al estar ubicadas en el mismo

grupo taxonómico, por sus características morfológicas.

7. Se supone que en el género *Commelina* la poliploidía se presenta como un mecanismo evolutivo ya que los números básicos de $x=11, 12$ y 15 están relacionados con sus números cromosómicos.
8. La variedad de números cromosómicos confirman al género *Commelina* como polibásico.
9. La diversidad de números fundamentales en el género *Commelina* pudo deberse a alteraciones estructurales, lo que ha generado variación interespecífica cromosómica.
10. La tendencia a la especialización en este género (*Commelina*) es en relación al incremento de la asimetría y aumento del número cromosómico (ploidades).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ayala, F.J. 1978. *Molecular evolution*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Massachusetts, USA.
- _____ y Kieger, A.J. 1980a. *Modern Genetics*. Benjamin Cummings. USA.
- _____, 1980b. *Estructura genética de las poblaciones*. In. *Evolution*. Ed. Omega. pp: 21-58
- _____, 1980c. *El origen de la variabilidad hereditaria*. In. *Evolution*. Ed. Omega. pp: 58-95
- Bandel, G. 1974. *Chromosome numbers and evolution in the Leguminosae*. *Caryologia* 37 (1).
- Benazzi, M. 1973. *Cytotaxonomy and evolution: General remarks*. In *Cytotaxonomy and vertebrata*. A.B. Chiarelli and E. Capanna (eds). Academia Press. New York.
- Bennett, M.D. 1976. *DNA amount, latitude and crop plant distribution*. *Current chromosome. Research* 151-157.
- Bentzer, B., R.V. Bothmer., L. Engstrand., M. Gustafsson and Snugerups 1971. *Some sources of error in the determination of arm ratios of chromosomes*. *Bot. Notisier*. 124: 65-74.
- Bernard, J. 1976. *Population Cytogenetics*. Edward Arnold. London.
- Battacharya, B. 1975. *Cytological studies in some indian members of Commelinaceae*. *Cytologia* 40: 285-299.
- Brandham, P.E. 1976. *The frequency of spontaneous structural change*. *Current Chromosome Research* 77-87.

- Brandham, P.E. and S. Bhattara. 1977. The effect of B-chromosome number on chiasma frequency within and between individuals of Gibasis linearis (Commelinaceae). *Chromosoma* (Berl) 64: 343-348.
- Brenan, J.P.M. 1966. The classification of Commelinaceae. *J. Linn. Soc. Bot.* 59: 349-370.
- Bruckner, G. 1930. Commelinaceae. In Engler, A., *Nat. Pflanzengam* - 15a: 159-181. Leipzig.
- Clarke, C.B. 1881. Commelinaceae. In de Candolle, A. & C. Mongr. - *Phanerogamarum*, 3: 113-324. Paris.
- Conger, A.D. and L.M. Fairchild. 1953. A quick-freeze method for making smear slides permanent. *Stain Technology* 28. No. 6.
- Chuksanova, N. 1969. Obizmemchivosti velichiny i formy khromosom v evolyutsii pokrytosemyannykh rastenii. *Tsitologiya* 11: 785-795.
- Darlington, C.D. 1929. Chromosome behaviour and structural hybridity in the Tradescantieae. *J. Genet.* 21:207-286.
- _____. 1976. The great events in chromosome evolution. *Current Chromosome Research*. London 1-5.
- _____. 1977. The chromosome revolution. *Chromosome Today*. Vol. 6: 1-9.
- DeLaunay, L. 1927. Phylogenetische chromosomenverkürzung. *Zeitschr - Zelig-V Mikr. Anat.* 4: 338-364.
- De Robertis, J.E. y E.M.T. De Robertis. 1977. *Biología celular*. 9a. ed. Buenos Aires.

- Díaz, J.E. 1979. Meiosis microesporofítica en Dyscritothamnus filifolius Robinson y D. mirandae Paray (Compositae). Tesis profesional Esc. Nac. de Cienc. Biol. IPN. México.
- Dobzhansky, Th, 1975. Genética del proceso evolutivo. Ed. Extemporaneos 463 pp. México.
- _____. 1980. La especie y sus orígenes. In: Evolución. Omega 167-196.
- Dover, G.A. 1976. Molecular properties of B. chromosome DNA: a clue to its origin in the triticeae and orthoptera. Current Chromosome Research 1: 67-75.
- Dyer, A.D. 1979. Investigating chromosomes. Edward Arnold. London.
- Evans, G.M., H. Rees., C.L. Snell y S. Sun. 1972. The relationship between nuclear DNA amount and duration of the mitotic cycle. Chromosome Today 3: 25-31.
- Evans, G.M. y F.W. Davies! 1983. Fertility and stability of induced poliploids. Kew Chromosoma Conference II. George Allen & Unwin. London.
- Fouzdar, A. y S.L. Tandon. 1976. Cytogenetics evolution in the genus Pisum. Cytologia 41: 91-104.
- Fukumoto, K. 1965. Examination of chromosome numbers and Karyotypes in the genus Commelina I. La kromosomo 62: 2013-2017.
- _____. 1982. Chromosomes of some subtropical species of Commelina and several strains of C. communis in Japan. La kromosomo (11-23) p. 769.

- Garcla, M.M. and C. Menéndez. 1971. Blockade of antiadrenergic action of bretylium by an aqueous extract of the leaves of Rhoeo Spathacea. *Can. J. Phys. Pharm.* 49: 1106-1110.
- Garcla, V.A. 1977. *Manual de técnicas decitogenética*. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México.
- Hewitt, G. 1974. Evolution and maintenance of B-chromosomes. *Chromosoma Today* 6: 121-129.
- Hirosumi, F. 1975. Karyological studies in Commelinaceae in Commelina benghalensis L. *Kromosomo (Tokyo)* 100: 3143-3145.
- John, B. and K.R. Lewis. 1968. The chromosome complement. *Chromosome* 16: 308-344.
- Jones, K. 1977. The role of Robertsonian karyotype evolution in higher plants. *Chromosoma Today*. 6: 121-129.
- Kenton, A. 1979. Cytology of Thyrsanthemum, Gibsoides and Matudanthus (Comelinaceae). *Kew. Bull.* 34: 187-194.
- _____ .1981. Chromosome evolution in the Gibasis linearis Alliance (Comelinaceae). *Chromosoma (Berl)* 84: 291-304.
- Lawrence, G.H. 1963. *Taxonomy of vascular plants*. Macmillan Co. New York.
- Levan, A., K. Fredga., y A. Sandberg. 1964 Nomenclature of centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 209-220.
- Lewis, W.H. 1964. Meiotic Chromosomes in African Comelinaceae. *Sida* 1: 274-293.
- Lewitzky, G. 1931. Karyotypes in systematics. *Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed.* 27: 220-240.

- Lin, Ch. Ch. and T. Namba. 1981. Pharma cognostical studies on the crude drugs of Orchidaceae from Taiwan on "Kimsoan lian" *Shoyakugaku Zasshi* 35(4): 262-271.
- Marks, G.E. 1983. Evidence for the occurrence of dispersable and disadvantageous chromatin. *Kew Chromosoma Conference II*. George Allen & Unwin.
- Mattsson, O. 1981, Cytological observations within the genus Zebrina. *Bot. Tidsskrift*. 3: 218-227.
- Matuda, E. 1955. *Las Commelinaceas mexicanas del Inst. de Biol.* 26(2): 303-427.
- Meisner, C.F. 1842. *Plantae Vasculares Genera*, 1:406-407. Leipzig.
- Miescher, F. 1871. *Über die chemische Zusammensetzung der Eiterzellen*. *En Medicinisch-chemische Untersuchungen*, editado por Hoppe-Seyler (Hirschwald), Berlin, pp. 441-460.
- Mosolov, A. 1969. *Dinamicheskaya model khromosomy*. *Dokl akad nauk SSSR* 186: 704-706.
- Phillips, R.L. and Ch. R. Burnham. 1927. *Cytogenetics* Dowden, Hutchinson and Ross Inc. Pensilvania.
- Pichon, M. 1946. *Sur les Commelinacées*. *Not syst.*, 12: 217-242.
- Radford, A.E., W.C. Dickison., J.R. Masseg, and C.R. Bell. 1974. *Vascular Plants Systematics*. Harper & Row. New York.
- Rieger, A. 1976. *Glossary of genetics and cytogenetics*. Springer-erlag. Berlin. 647 pp.
- Riley, R. 1977, *The evolution of Karyotypes an Introduction*. *Chromosome Today*. 6: 119-121.

- Rohweder, O. 1956. *Die Farinosae in der Vegetation von El Salvador*.
Hamburg.
- Rzedowski, J. 1954. *Vegetación del Pedregal de San Angel, D.F. Esc.* -
Cienc. Biol. IPN. 8(1-2) 59-129. México.
- Rzedowski, J. 1975. *Flora y vegetación en la cuenca del Valle de Méxi-*
co. Sobretiro de memorias de las obras de Sistema del Drena
je Profundo Federal 1: 79-134.
- Saez, F.M. y H. Cardoso. 1978. *Citogenética básica y Biología de los* -
chromosomas. Programa Regional de Desarrollo Científico y -
Tecnológico. México.
- Sharma, A.K. 1955. *Cytology of some of the members of Commelinaceae and*
its bearing on the interpretation of phylogeny. Genética
27: 323-363.
- _____, 1972. *Chromosome techniques. Butterworth & Co.*
- _____, 1983a. *Additional genetic materials in chromosomes. Kew* -
Chromosome Conference II. George Allen & Unwin. London.
- _____, 1983b. *Chromosome evolution in Indian bambuseae. Kew Chro-*
mosome II. George Allen & Unwin.
- Sánchez, E. y N. Jouvé. 1982. *Genética. Omega. Barcelona.*
- Sthal, A., M. Hartung. 1981. *L'hétérochromatine. Ann. Genet, 24(2): 69-*
77.
- Stebbins, G.L. 1947. *Types of polyploids their classification and sig-*
nificance. Advances in Genética. 1: 405-429.

- Stebbins, G.I. 1967. *Evolutionary biology*. Merdith Publishing Co. -
1: 101-141.
- _____, 1971. *Chromosomal evolution in higher plants*. Edward -
Arnold. Ltd. London.
- _____, 1980. *La naturaleza de la evolución*. In: *Evolución*.
Omega. 3-20. Barcelona.
- Shaw, M.W. 1983. *Movement a cline for supernumerary chromosomes*. Kew
Chromosome Conference II. George Allen & Unwin. London.
- Sinha, S.S.N. and H. Roy. 1979a. *Cytological studies in the genus* -
Phaseolus I. *Mitotic analysis in fourteen species*. *Cyto-*
logia 44: 191-199.
- _____, 1979b. *Cytological studies in the genus Phaseolus* II' -
Meiotic analysis of sixteen species. *Cytologia* 4: 201-
209.
- Srivastava, L. 1963. *Cytological studies in certain species of Vicia*.
Cytologia 28: 153-169.
- Sturtevant, A.H. 1925. *The effects of unequal crossing over at the*
bar locus in Drosophila. *Genetics* 10: 117-147.
- Takhtajan, A. 1969. *Flowering origen and dispersal*. Oliver & Boyd
London.
- Tshinkein, L. 1968. *Sintez DNK i funktsionalnaya artivonost khromosom*
USP. SOVREM BIOL. 65(2): 233-244.
- Watson, J.D. and F.H.C. Chick. 1953. *Genetical implications of the*
structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, 177, 964.

Woodson, R.E., 1942. *Comentary on the North American genera of Com-*
linaceae. Ann. Mo. bot. Gdn. 29: 141-154.