

92
Lej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

Analisis Cariotípico de Algunas
Especies del Género ALLIUM



T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGIA
P R E S E N T A
MAIRA JIMENEZ RIOS

MEXICO

1 9 8 8



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.

INDICE.

RESUMEN

I. INTRODUCCION -----	1
II. ANTECEDENTES CITOGENETICOS	
II.1. GENETICA ADN Y GENES -----	2
II.2. MITOSIS -----	5
II.3. CARIOTIPO Y NUMERO BASICO -----	6
II.4. MORFOLOGIA DEL CROMOSOMA -----	7
II.5. ALTERACIONES CROMOSOMICAS -----	8
II.6. EVOLUCION DEL CARIOTIPO -----	12
II.7. IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CITOGENETICOS -----	15
III. ANTECEDENTES DEL GENERO <u>Allium</u> .	
III.1. TAXONOMIA -----	16
III.2. HISTORIA -----	17
III.3. ORIGEN -----	17
III.4. IMPORTANCIA ECONOMICA -----	21
III.5. CITOCENETICA -----	21
IV. OBJETIVO -----	23
V. MATERIAL -----	24
VI. PROCEDIMIENTO -----	24
VII. RESULTADOS -----	28
VIII. DISCUSION -----	42
IX. CONCLUSION -----	45
X. BIBLIOGRAFIA -----	46

AGRADECIMIENTOS.

A la Dra. Guadalupe Palomino H., encargada del Laboratorio de Citogenética del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, directora de esta tesis, ya que no sólo me brindó la oportunidad de recibirme, sino que con su entusiasmo y comprensión me estimuló en los momentos de flaqueza.

Al Biol. Pedro Mercado R., técnico del Laboratorio de Citogenética del Instituto de Biología de la UNAM, en la obtención de fotografías y transparencias utilizadas en este trabajo, además de su ayuda y amistad en los buenos y malos momentos, durante el tiempo que duré en el laboratorio.

Al M. en C. Juan Manuel Flores Horcasitas de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

A la Biol. Virginia Romo C. del Laboratorio de Citogenética del Instituto de Biología de la UNAM.

A la Biol. Hilda Flores O. del Instituto de Biología.

Por las sugerencias en la revisión del escrito.

A la M. en C. Raquel Galván por su ayuda en la determinación de algunas de las especies aquí analizadas.

RESUMEN.

Se reporta el análisis cariotípico de tres especies del género Allium; A. cepa, especie cultivada mundialmente; A. glandulosum, especie de origen americano y A. stoloniferum, especie endémica mexicana pertenecientes a la familia Alliaceae.

Estos estudios se llevaron a cabo en células metafásicas del meristemo radicular, usando la tinción de Feulgen.

Se muestra el cariotipo de A. cepa, $2n=16$ con un $x=8$, y fórmula cariotípica $6m + 2sm$; A. glandulosum, $2n=28$, con un $x=7$, y una fórmula cariotípica $11m + 3sm$; A. stoloniferum, $2n=28$, un $x=7$ y una fórmula cariotípica $11m + 3sm$.

Se observó variación en el número y posición de satélites en las tres especies, lo que supone que dichas variaciones pueden ser debidas a translocaciones o deleciones de algún fragmento cromosómico así como a la poliploidía e hibridación, mecanismos que han operado en la evolución del género.

INTRODUCCION.

México es un país que posee una gran variedad de especies vegetales, muchas de importancia ornamental, económica, alimenticia y otras por ser endémicas, ya que nuestro país, debido a la gran diversidad de condiciones orográficas, hidrológicas y geológicas que presenta (Rzedowsky, 1981), alberga a un sinnúmero de especies animales y vegetales que conforman un amplio rango de material diverso e invaluable que es susceptible de ser explotado para el desarrollo de estudios genéticos, citogenéticos, y evolutivos que proveen una fuente ilimitada para los fitomejoradores (Frankel y Bennett, 1970).

Tal es el caso de las especies analizadas en este trabajo donde: A. cepa y A. glandulosum, conocidas como cebolla y cebolleta respectivamente, son de gran interés económico y ampliamente utilizadas en la alimentación, mientras que para A. stoloniferum no se conoce ninguna importancia económica ni alimenticia, aunque es una especie endémica mexicana.

Estas tres especies pertenecen a la familia Alliaceae, género Allium, poseyendo éste cerca de 600 especies (Chinnappa y Basappa, 1986), de las cuales sólo se han reportado los números cromosómicos de una tercera parte, siendo a menudo la única información genética incorporada a los estudio taxonómicos, de ahí la importancia que tienen los análisis del cariotipo ya que junto con estudios taxonómicos, filogenéticos y evolutivos contribuyen a un mejor conocimiento biosistemático de la flora (Palomino, 1985; Kenton, 1986), así como un mejor entendimiento de las relaciones y tendencias evolutivas de los distintos niveles taxonómicos de los organismos (Green y Bogart, 1980; Thomas, 1973).

ANTECEDENTES CITOGENETICOS.

CITOGENETICA, ADN y GENES.

En la primera década de este siglo Bateson cit., Gardner (1979), asigna el término de Genética para referirse a la rama de la Biología que estudia las bases fundamentales, transmisión, herencia y variación de los caracteres de los individuos dentro de las poblaciones.

En la actualidad, la Genética por la magnitud de su área de estudio y por sus características peculiares, se ha dividido en varias ramas: genética general, cuantitativa fisiológica, microbiana, extranuclear, ing. genética, citogenética, fitogenética, zoogenética, genética humana etc. (Robles, 1986).

La Citogenética se desarrolló a partir de la fusión de la Citología y Genética; se basa en el estudio del material hereditario de un organismo y analiza la organización de los cromosomas, su comportamiento durante la mitosis y meiosis, su origen y relación con la transmisión y recombinación génica (Sutton, 1903).

Los cromosomas están formados linealmente por genes que son unidades hereditarias que se transmiten de generación en generación y se encuentran ubicados en un polímero largo de ácido desoxirribonucleico (ADN).

Johansen en 1909 (Johansen, 1909; Ayala, 1980; Gardner, 1979), definió al gen como la unidad básica transmisora de la herencia, con una secuencia particular de nucleótidos, a lo largo de una molécula de ADN.

Después de la década de los cincuentas, Avery y Chase (Gardner, 1979) identificaron a la macromolécula portadora de la información

genética y observaron que estaba formada por el ácido desoxirribonucleico, pero no fué, hasta la década de los cincuentas en que se estableció el modelo de esta macromolécula, la cual está formada por una doble hélice constituida por nucleótidos, formando cadenas complementarias que se aparean a todo lo largo (Watson,1957).

Cada nucleótido está formado por tres componentes:

una molécula de azúcar, un grupo fosfato, una base nitrogenada que puede ser del tipo de las purinas (adenina o guanina) o de las pirimidinas (citocina o timina). Estos tres componentes se integran en una serie número y secuencia característicos de encadenamiento y enlaces de adenina-timina y de guanina-citocina, unidos los primeros por dos átomos de hidrógeno, los últimos por tres y lateralmente por fosfatos y desoxirribosas, de tal manera que asemeja una escalera o cadena helicoidal.

La secuencia particular de los nucleótidos a lo largo de la molécula es lo que determina la información genética y es tan importante su exactitud que la sustitución de una unidad por otra diferente, provoca el fenómeno conocido como mutación, esta situación puede destruir por completo su actividad normal o bien modificar y alterar la información en él contenida. (Lacadena, 1981; Smith y Keary, 1979).

El ADN se duplica de manera semiconservativa, de tal forma que las dos cadenas se separan y cada una de ellas sirve de molde para la formación de una nueva cadena complementaria, por lo que es exacta y por lo tanto cada molécula hija tiene la misma secuencia de nucleótidos que la original.

Los cromosomas están formados por fibras empaquetadas de cromatina (ADN, proteínas histónicas, no histónicas, ARN y posiblemente otras proteínas (Saes y Cardoso, 1980); las cuales sólo son observadas en el núcleo interfásico.

Las histonas junto con el ADN, estructuran la cromatina en un primer nivel de compactación que es el nucleosoma, compuesto de un octámero formado por dos moléculas de cada una de las histonas; a este octámero lo rodea la doble hélice de ADN dándole cerca de dos vueltas completas, denominando a esta estructura corazón; después de esto la cadena de ADN presenta un puente antes de llegar al siguiente corazón. A la mitad del puente de ADN se encuentra una molécula de la histona 1, la cual estabiliza, orienta y permite sobreponer uno tras otro a los corazones o coros de cada nucleosoma (corazón y puente), este estado de fibra presenta el segundo nivel de estructuración de cromatina, siendo la compactación del ADN de 5 a 7 veces, resultando ser 1000 veces menor a la compactación del cromosoma metafásico. Si esta fibra se repliega en si misma se genera una de diámetro mayor llamada solenoide, siendo este el tercer nivel de estructuración. El empaquetamiento permite concentrar al ADN llegando a un cuarto o quinto nivel de estructuración, formando así las fibras del cromosoma que conocemos (Wolfe, 1977).

Stebbins (1971), menciona que la principal función de los cromosomas es almacenar, replicar y transmitir la información hereditaria, permitiendo su integración una ordenación y control que no serían posibles en un grupo de unidades genéticas distribuidas al azar (Swanson, 1968). También actúan independientemente de todas las demás unidades semejantes ya que solo se necesita que cada cromosoma y no cada gen pueda moverse durante su división celular para asegurar la distribución regular en las células hijas (Smith y Keary, 1979; Swanson, 1968).

MITOSIS.

Al mecanismo por el cual se reproducen las células somáticas y se pueden desarrollar los organismos multicelulares se conoce como mitosis e involucra dos etapas diferentes: la división del núcleo conocida como cariocinesis y la división del citoplasma o citocinesis (Wolfe, 1977).

Como resultado de la mitosis, los núcleos mantienen el mismo número e identidad de los cromosomas de la célula de la que se derivan, resultado que contrasta con el de la meiosis, donde en las células restantes se reduce el número de cromosomas a la mitad.

En su mayoría los estudios que nos han llevado a conocer las características de los cromosomas, han sido observados durante la mitosis, la cual de una manera convencional se ha dividido en cinco fases (Wolfe, 1977; Lacadena, 1981).

1.- Interfase. En esta etapa la célula sintetiza y duplica el material cromosómico, el núcleo aparece granuloso con excepción del nucleolo y los segmentos heterocromáticos.

2.- Profase. Los cromosomas se hacen aparentes como estructuras largas, que longitudinalmente aparecen formadas por dos unidades llamadas cromátidas, a menudo que avanza la profase, los cromosomas engrosan, las cromátidas manifiestan más su estado helicoidal y se muestran íntimamente apareados en toda su longitud; el nucleolo va disminuyendo de tamaño hasta desaparecer junto con la membrana nuclear.

3.- Metafase. Se inicia con la organización del huso acromático, al cual cada cromosoma se asocia por medio del centrómero o cinetocoro. En esta fase cada cromosoma muestra un tamaño y forma específica que los hace particularmente identificables y de

ahí la importancia que tiene esta fase en el estudio del cariotipo.

4.- Anafase. En esta fase las dos cromátidas de cada cromosoma inician su movimiento hacia los polos opuestos del huso acromático, separándose inicialmente en la región del centrómero. Cuando - están unidas son consideradas cromátidas, pero cuando su separación termina pasan a la condición de cromosoma.

Esta etapa termina una vez que cada uno de los grupos de cromosomas llegan a su respectivo polo.

5.- Telofase. Las cromátidas o cromosomas hijos llegan a los polos y se inicia la reconstrucción de la membrana nuclear a partir del retículo endoplasmático; a continuación se forma el nucleolo y los cromosomas nuevamente se dispersan. Una vez formados los dos nucleolos, se realiza la citocinesis (Lacadena, 1981; Wolfe, 1977).

CARIOTIPO Y NUMERO BASICO.

El cariotipo se define como el complemento cromosómico particular de una especie o de un grupo de individuos, definido por el número y características morfológicas de los cromosomas, como son: relación de brazos, presencia de satélites, tamaño relativo y absoluto, distribución de eucromatina y heterocromatina (Levan, 1964; Dyer, 1979; Naranjo et al., 1986).

El cariotipo permite entender las relaciones que existen entre los organismos (Dyer, 1979).

El número cromosómico básico (x) es el número haploide más pequeño de una serie de poliploides (Lacadena, 1981).

El número cromosómico puede sin lugar a dudas proveer información en lo que respecta al número básico y cuantas veces

estos se repiten, proporcionando así, un indicador sencillo y rápido de la similitud genética entre poblaciones o especies.

El número cromosómico básico (x), es usado generalmente para complementar características morfológicas y es en este sentido un marcador útil, sin embargo puede conducir a consideraciones erróneas en lo que se refiere al grado de relación entre genotipos y taxa (Kenton, 1986; Lacadena, 1981).

MORFOLOGIA DEL CROMOSOMA.

La forma del cromosoma está dada por la posición de la constricción primaria o centrómero, que es la región del cromosoma que se asocia con las fibras del huso acromático durante la mitosis y meiosis, facilitando la migración de los cromosomas hacia los polos de las células en los estados anafásicos (Dyer, 1979; Lacadena, 1981; Stebbins, 1971).

El centrómero divide a los cromosomas en dos brazos, teniendo como resultado cuatro tipos de cromosomas:

- 1.- Metacéntrico. El centrómero divide al cromosoma en dos brazos iguales o casi iguales.
- 2.- Submetacéntrico. Hay diferencia entre la longitud de los brazos pero no excesiva.
- 3.- Subtelocéntrico. Uno de los brazos es mucho más corto que el otro.
- 4.- Telocéntrico. El centrómero está en un extremo del cromosoma de manera que éste aparenta tener un sólo brazo. (Lacadena 1981; Levan et al ., 1964; Naranjo et al., 1983; 1986)

Además del centrómero, pueden observarse las llamadas constric-

ciones secundarias, entre las que hay que distinguir las constricciones secundarias propiamente dichas, que son pequeñas estrangulaciones observables sobre las cromátidas y cuya función o significado son desconocidas en algunos casos (Lacadena, 1981).

La otra clase de constricción secundaria está en el organizador nucleolar, región muy especial que aparece sólo en algunos cromosomas del complemento y que en células somáticas, aparece ópticamente vacío (por no presentar avidéz por los tintes normales para teñir el ADN (Lacadena, 1981).

ALTERACIONES CROMOSOMICAS.

La herencia es un proceso conservativo, pero no perfecto, ocasionalmente pueden ocurrir errores, por lo que las células hijas difieren de las parentales en la secuencia o cantidad de ADN. Estos cambios en el material genético se llaman mutaciones (Ayala, 1981).

DeVries (Gardner, 1979), reconoció la importancia de estos cambios los cuales son considerados como un cambio en la estructura química del ADN (Smith y Keary, 1979), cambios en la estructura o el número de cromosomas, estos son procesos genéticos fundamentales y son la fuente principal de toda nueva variación genética, favoreciendo la evolución de las especies.

Las mutaciones pueden ser de tres tipos;

1.- Cambios dentro de los genes o mutaciones puntuales. Por definición una mutación puntual siempre debe efectuarse dentro del gene, si se extiende de un gene a otro deja de ser mutación puntual y se convierte en mutación de varios sitios debiendo tener el cambio

más pequeño posible en la estructura del material genético que sea detectable como mutación (Lacadena, 1981; Smith y Keary, 1979).

Estas mutaciones pueden ser de dos tipos:

a.- Sustituciones de bases. Pueden ser dos: las primeras, llamadas transiciones, son la substitución de una purina por otra purina o de las pirimidinas; las segundas, llamadas transversiones, son la substitución de una purina por una pirimidina o viceversa.

b.- Mutaciones estructurales. Constituyen una larga fracción de muchas mutaciones espontáneas, generalmente se han observado en secuencias de pares de bases adyacentes (Ayala, 1980).

2.- Cambios en la estructura cromosómica. Estos pueden ser debidos a cambios en el número de genes en los cromosomas (delección y duplicación), o en la ubicación de los genes en los cromosomas (inversiones y translocaciones). (Ayala, 1980).

a.- Delección. Consiste en la pérdida de un segmento cromosómico y por consiguiente la información genética contenida en él. Cuando el segmento perdido es terminal se llama deficiencia y cuando es intersticial se llama delección (Lacadena, 1981; Smith y Keary, 1979).

b.- Duplicación. Se produce la repetición de un segmento de mayor o menor tamaño. Los segmentos duplicados generalmente se presentan en tandem (uno tras otro), tandem inverso (cuando el orden de la duplicación de los genes esta opuesto) y tandem terminal (cuando el segmento duplicado se encuentra al final del cromosoma). (Ayala, 1980; Lacadena, 1981)

c.- Inversiones. Un segmento cromosómico cambia de orientación dentro del propio cromosoma y por lo tanto la información que en él se encuentra esta cambiada, en relación a una secuencia considerada como típica. La inversión intersticial implica la ruptura del cromosoma en dos puntos llamados puntos de inversión y la rotación

de 180 grados (Smith y Keary, 1979).

Las inversiones pueden clasificarse en simples y complejas: las primeras se forman cuando en un cromosoma determinado hay un segmento invertido y según su relación con el centrómero pueden ser: paracéntricas, cuando el segmento invertido no incluye el centrómero; pericéntricas, cuando el centrómero está incluido en el segmento invertido, pudiendo cambiar la morfología del cromosoma.

Las inversiones complejas se originan cuando se invierten simultáneamente varios segmentos de un mismo cromosoma pudiendo ser de varios tipos (Lacadena, 1981).

d.- Translocaciones. Cuando la localización de un segmento de un cromosoma está cambiada, pudiendo ser de dos tipos: translocaciones internas o intercromosómicas. Las primeras ocurren cuando un segmento cromosómico cambia de posición dentro del propio cromosoma.

Las segundas pueden ser dos: la transposición, que se presenta cuando un segmento de un cromosoma pasa a otro y la translocación recíproca o intercambio, cuando el cambio de segmentos cromosómicos es mutuo entre dos cromosomas homólogos o no (Freese y Yoshida, 1945; Lacadena, 1981).

3.- Cambios en el número de cromosomas. Estas variaciones pueden afectar a los cromosomas en conjunto pudiendo ser de varios tipos (Ayala, 1980):

a.- Fusiones y Fisiones. También reciben el nombre de cambios Robertsonianos. En 1916 Robertson cit., Ayala (1980), postuló a las fusiones como un mecanismo de reducción del número cromosómico por fusión de dos cromosomas no homólogos, formando así un cromosoma metacéntrico a partir de dos cromosomas telocéntricos.

La fisión o disociación es el proceso inverso al anterior.

Estos cambios alteran el número de cromosomas pero no

incrementan o reducen la cantidad de material hereditario, ni cambia el número fundamental, que vendría siendo el número total de brazos mayores en un complemento cromosómico, dando valores de 2 a cromosomas metacéntricos y de 1 a cromosomas acrocéntricos (Ayala, 1980; García, 1985; Jones, 1978; Lacadena, 1981).

b.- Aneuploidía. Uno o más cromosomas del complemento cromosómico están ausentes o presentes en exceso. Los términos nulisómico, monosómico, trisómico, tetrasómico, etc., se refieren a la presencia de un cromosoma determinado, cero, una, dos, tres, cuatro veces en un organismo diploide (Ayala, 1980; Lacadena, 1981).

c.- Poliploidía. Se dice que un organismo es diploide, cuando su dotación autosómica normal está compuesta por dos juegos idénticos de cromosomas cada uno, de manera que dentro de cada juego individual los cromosomas son todos diferentes entre sí y no pueden ordenarse en grupos. Al conjunto de cromosomas se llama genomio (Lacadena, 1981).

Quando la dotación cromosómica normal de un individuo está compuesta de dos o más genomios se dice que es un individuo poliploide y se denomina tri, tetra o n-poliploide según el número de juegos idénticos de cromosomas que tenga.

En la mayoría de los casos, el incremento en el número cromosómico es debido a la formación de gametos no reducidos; también se pueden producir por repeticiones completas de juegos cromosómicos en células somáticas en las que por un error en la mitosis se ha producido la duplicación del complemento cromosómico, debido a la no separación de la pared celular de las células hijas recibiendo el nombre de endomitosis (Stebbins, 1971, Lacadena, 1981).

Los poliploides de acuerdo a su origen se han dividido en

dos grupos (deWet, 1979; Ayala, 1980; Lacadena, 1981).

a.- Autopoliploides. Se originan mediante la duplicación directa del complemento cromosómico perteneciente a un solo individuo o por medio de técnicas artificiales.

Los autopoliploides generalmente presentan un grado medio de esterilidad, debido a que no hay un perfecto y adecuado apareamiento durante la meiosis, ya que en la misma célula se encuentran más de dos pares de cromosomas homólogos, por lo que algunas veces puede causar errores en su apareamiento (deWet, 1979; Lacadena, 1981).

b.- Aloploiploides. También llamados anfidiplóides, son los individuos que se obtienen de la cruce natural o experimental entre especies o géneros distintos y contienen dos juegos cromosómicos estructural y genéticamente distintos.

Estos individuos se pueden originar por la duplicación cromosómica de híbridos interespecíficos o bien por la tetraploidización y posterior cruzamiento de los autotetraploides de especies diferentes (Lacadena, 1981).

En general la poliploidía tiende a aumentar el tamaño de las partes vegetativas de la planta; lo que hace que los autopoliploides sean más vigorosos que sus correspondientes diploides, mientras que los efectos fisiológicos y fenotípicos de los aloploiploides no son tan fáciles de predecir; sin embargo, presentan características mezcladas de las especies de las que se derivan (deWet, 1979).

EVOLUCION DEL CARIOTIPO.

La evolución del cariotipo implica, además de cambios en el número de los cromosomas eventos cromosómicos como intercambios,

inversiones, deleciones, etc., algunos de los cuales se observan durante la mitosis, pero especialmente en la meiosis (García, 1985).

En plantas superiores se aprecia que la evolución cromosómica ha sido básicamente por cambios en el nivel de ploidía.

Entre los estudios que se han llevado a cabo en el reino vegetal, Stebbins (1971), menciona que cuando se comparan plantas vasculares con otras plantas o formas menos avanzadas como musgos, hongos y briofitas, se encuentra en general que la cantidad de ADN de las plantas vasculares es mayor que la observada en las demás formas, esto parece indicar que a niveles mayores de complejidad estructural, mayor es el tamaño y contenido de ADN (Stebbins, 1971), sin embargo esto no se observa cuando se comparan plantas vasculares, ya que mientras un género va avanzando hacia una mayor especiación los cromosomas van disminuyendo de tamaño como en el caso de las Crucíferas (Arabidopsis, spp.), mientras que Lycopodium se considera planta primitiva por poseer cromosomas de mayor tamaño (Stebbins, 1971).

Esta es una característica que en algunas ocasiones puede ayudar a relacionar filogenéticamente a los organismos (Ehrendorfer, 1968; Stebbins, 1971).., así como a determinar si una especie es más primitiva que otra.

Hay dos teorías relacionadas con la evolución del cariotipo; la primera utiliza el concepto de simetría del cariotipo, usado por la escuela rusa de Levitzky cit., por Stebbins (1971).

La segunda, relacionada con los Sistemas Robertsonianos implica fisiones y/o fusiones cromosómicas (Jones, 1978).

Un cariotipo simétrico es en el cual los cromosomas son aproximadamente del mismo tamaño y presentan centrómeros medios o submedios, un cariotipo asimétrico presenta variación en el tamaño

de los cromosomas y posición del centrómero que se encuentra en la parte terminal o subterminal (Stebbins, 1971).

En la primera teoría Stebbins (1971), y Levitzky (1931), consideran que un cariotipo asimétrico es el más evolucionado, por lo que un complemento cromosómico que tenga en su mayoría cromosomas simétricos será más primitivo.

El incremento de asimetría resulta de algunas inversiones - pericéntricas y translocaciones desiguales en porciones de brazos cromosómicos, pudiendo cambiar el número de centrómeros o cromosomas independientes.

Se ha observado que entre especies cercanas, las que tienen en la mayor parte de su complemento cromosómico cromosomas meta-céntricos o submetacéntricos corresponden a un cariotipo simétrico y pertenecen a especies más primitivas, en tanto que las especies avanzadas poseen un cariotipo asimétrico, teniendo cromosomas telocéntricos o acrocéntricos (Stebbins, 1971).

La evolución de un cariotipo asimétrico a partir de uno simétrico se ha estudiado ampliamente por varios autores mencionados por Stebbins (1971), un ejemplo de esto son los observados en la familia Ranunculaceae, mencionando a Delfinium y Aconitum, plantas con flores zigomórficas sumamente especializadas con un cariotipo asimétrico; mientras que Caltha y Nigella, presentan flores actinomorfas menos especializadas y cariotipos simétricos.

Otra característica que se toma en cuenta en la evolución del cariotipo, son los cariotipos bimodales, que pueden ser explicados en dos direcciones: Stebbins (1971), sugiere que se derivan de cariotipos simétricos de origen poliploide y que los cromosomas pequeños de los cariotipos bimodales pueden ser el producto de alguna pérdida en los segmentos cromosómicos.

El otro punto de vista, supone que el cariotipo bimodal puede resultar de las translocaciones desiguales, ya que ciertos cromosomas contribuyen periódicamente con segmentos u otros restos del mismo complemento cromosómico, produciendo una reducción en el tamaño de los cromosomas donadores e incrementando su tamaño los cromosomas receptores, originando por lo tanto un cariotipo asimétrico (Stebbins, 1971).

La segunda teoría propone que la tendencia hacia la asimetría es un cambio reversible (Jones, 1977), dándose una fusión primero y después una fisión; este proceso puede continuar sobre el espacio evolutivo con ciclos de simetría y asimetría y probablemente asociados con períodos de duplicación de cromosomas.

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CITOGENETICOS.

Los estudios citogenéticos en plantas superiores, comprenden la obtención del número cromosómico, análisis de los poliploides, forma y estructura de cromosomas, así como estudios meióticos y de bandedo. Todo este tipo de análisis puede ser de gran utilidad ya que junto con otros estudios como los ecológicos, morfológicos, morfofisiológicos, químicos, etnobotánicos, etc., se obtiene una mejor clasificación taxonómica, así como el conocimiento del posible centro de origen y variación de las especies, fundamentales para apoyar estudios biosistemáticos, necesarios para poder conocer y utilizar los recursos genéticos existentes (Green, 1980; Palomino, 1985).

Hasta el momento el Laboratorio de Citogenética del Jardín Botánico de la UNAM ha trabajado con un conjunto de plantas silvestres con interés biosistemático.

Se han determinado los números cromosómicos y cariotipos de algunas especies de los siguientes géneros: Oxyrhyncus (Palomino G. y Mercado P., 1987), Loncocarpus, Sophora, Leucaena y Salvia (Palomino G., Mercado P. y Ramamoorthy P., 1987), Agastache, Datura (Palomino G., Viveros R., Bye R., 1987), Commelina (en prensa), Tradescantia y Gibasis, Echeandia (Palomino G., Romo V., 1987), Chenopodiaceae (en prensa).

ANTECEDENTES DEL GENERO ALLIUM.

TAXONOMIA.

El género Allium L. posee cerca de 600 especies, pertenece a la Clase Monocotiledonea, Super orden Liliiflorae, Orden Asparagales, Familia Alliaceae, Subfamilia Allioideae (Dahlgren y Trevor, 1982).

Este género se encuentra ampliamente distribuido. En Norte América son aproximadamente 70 las especies determinadas, perteneciendo once a Canadá y una a México, además de las que se encuentran en Centro y Sur América (Ownbey y Aase, 1957; Chinappa y Basappa, 1986), todas las demás especies se encuentran en el continente Eurasiático.

Son plantas que tienen un típico olor a cebolla cuando se les raspa (Purseglove, 1972).

El rizoma es generalmente un bulbo compuesto de hojas basales, generalmente radicales y disticas, lámina extendida o aplanada-cóncava; escapo usualmente sólido y redondo; inflorescencia umbelada, cymosa subtendida por espatas membranosas; perianto con segmentos de 6-1 nervados, libres o poco unidos, variables en tamaño y color; 6 estambres libres o unidos en la base de la corola o unos con

otros; ovario súpero, trilocular, 1-10 óvulos por lóculo, estilo corto y delgado, entero o trilobulado; fruto una pequeña cápsula con dehiscencia longitudinal.

Entre las especies más importantes de este género tenemos a la cebolla, cebolleta, ajo, poro.

HISTORIA.

En una revisión de las especies comestibles de Allium, McCollum (1979), menciona que a las cebollas (Allium cepa), se les ha cultivado desde tiempos muy remotos, se puede decir que aparecieron con la cultura y han sido usadas como alimento, medicina y objetos religiosos. En Egipto fué un alimento popular y representado en las tumbas de la primera y segunda dinastía 3200-2780 años antes de Cristo, siendo usadas también como ofrendas religiosas y en funerales por los constructores de las pirámides.

Se habla de ellas en la Biblia, al igual que el Corán. En el siglo VI antes de Cristo ya algunos autores griegos y romanos mencionan la importancia de algunas especies de este género (Jones y Mann, 1963; Purseglove, 1972; McCollum, 1979).

ORIGEN.

Wulff en 1943 cit., por Traub (1968) propone que la actual distribución de las especies es un reflejo de las revoluciones geológicas y climáticas que se han llevado a cabo en la tierra durante los períodos de su existencia.

De acuerdo a Polunin y Cain cit., por Traub (1968), la vegetación de la tierra tiende a ser ampliamente comparable en diferen-

tes regiones durante sus tempranas eras geológicas incluyendo el Mesozoico, pero esta relativa uniformidad no se mantuvo en el Cenozoico, aproximadamente 25 millones de años en el pasado, durante el cual por medio del Estrecho de Behring se pudo llevar a cabo la migración de plantas y animales, viéndose favorecida por la topografía, en donde la distribución de la flora fué por lo tanto en zonas circumpolares y circumboreales y generalmente esparcidas en el Hemisferio Norte, por lo que asume que Allium y sus géneros aliados Nothoscordum, Leucocoryne, y Agapanthus tuvieron esta distribución, la cual está corroborada por Allium schoenoprasum que se encuentra en Eurasia y Norte América.

Durante el Pleistoceno, aparentemente desaparecen la mayoría de las plantas debido a las glaciaciones, incluyendo varias especies de las Allium más primitivas disminuyendo ligeramente su número (Traub, 1968); de acuerdo a esta hipótesis las plantas fueron forzadas a situarse hacia el sur facilitando favorablemente la libre migración. Cuando las condiciones se fueron equilibrando después del período interglacial tomó lugar la inmigración hacia el Norte, así pues Allium regresó a la región montañosa del oeste de Norte América y se esparció hacia el este desde los Apalaches hasta las Costas del Atlántico.

De las tres especies que se analizaron en este trabajo A. cepa es originaria del Continente Eurasiático, mientras que A. glandulosum y A. stoloniferum son especies americanas.

En la tabla 1, se muestran las características morfológicas de estas tres especies y en la Tabla 2 su distribución.

Tabla 1. Características morfológicas y diferenciales de las tres especies del género Allium analizadas.

Nombre científico	<u>Allium cepa</u>	<u>Allium glandulosum</u>	<u>Allium stoloniferum</u>
Nombre común	cebolla	cebolleta	
Forma de vida	hierbas bianuales	hierbas anuales	hierbas anuales
Bulbo	solitario, truncado de 6-12 cm. de diámetro, con pequeñas hojas en la base.	solitario, ovoide de 1cm. de diámetro, con rizomas en la base.	solitario, ovoide con un rizoma largo y delgado que viene de la base.
Hojas	alternas, producidas por un tallo basal cilíndrico que puede ser hueco.	dos por bulbo	3-5 hojas acanaladas por bulbo.
Flores	umbela terminal - que produce numerosas cymas, cada una con 5-10 flores, segmentos del perianto 6, pétalos blanco-verdosos, 6 estambres, ovario súpero, trilocular.	umbela terminal con pocas flores (menos de 15), segmentos del perianto 6, pétalos rosados, 6 estambres, ovario súpero crestado.	umbela con pocas flores, generalmente una, segmentos del perianto 6, pétalos blancos, 6 estambres, ovario súpero no crestado.
Fruto	cápsula	cápsula	
Semilla	pequeñas y lisas	pequeñas finamente alveoladas	no se han observado
Uso	condimento alimenticio	condimento alimenticio	

Tabla 2. Cuadro de distribución de las especies analizadas.

Nombre científico	Distribución
<u>Allium cepa</u>	mundial
<u>Allium glandulosum</u>	En E.U. , va del oeste de Texas al sur de Arizona, en México, se le encuentra en la parte sur del - estado de Jalisco, Durango Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Nuevo León, Puebla, Edo. de México. También se le encuentra en Honduras y Guatemala.
<u>Allium stoloniferum</u>	En México se le localiza en Tlaxcala y en Hidalgo (El Chico).

IMPORTANCIA ECONOMICA.

Este género es importante desde el punto de vista alimenticio y por lo tanto económico, la cebolla es la especie principal de este género y una de las más importantes después del tomate (Grubben 1977).

Su valor nutricional no es tan importante como su olor y su sabor, una gran ventaja es que el bulbo puede durar mucho tiempo sin que exista deterioro alguno, con ricas en calcio y riboflavina, contienen aproximadamente 86% de agua, su olor se debe a ciertos compuestos orgánicos sulfurosos, de los cuales el que se encuentra en mayor cantidad es el n-propil disulfuro (Tindall, 1983).

Allium cepa var. cepa ha sido sujeta a selección por muchos años especialmente en la India y Medio Oriente, su reproducción es relativamente fácil, generalmente su polinización es por medio de insectos (Purseglove, 1972; Jones y Mann, 1963).

CITOGENETICA.

Traub (1968) señala que en Norte América, después del período interglacial no hubo una reducción drástica de especies de Allium de las cuales un 95% tienen un $\underline{x} = 7$ y sólo dos tienen un $\underline{x} = 8$, sugiriendo que A. tricoccum es el ancestro común y que apareció al mismo tiempo que este período, en donde la mayoría de las especies que tenían una distribución circumpolar y circumboreal presentaban un $\underline{x} = 7$, sugiriéndose que el $\underline{x} = 8$ se derivó de éste.

En Africa y Eurasia el panorama se invierte, de tal manera que sólo el 10% de las especies de Allium presentan un $\underline{x} = 7$, mientras que el $\underline{x} = 8$ incluye el 88%; muy pocas tienen un $\underline{x} = 9$

y sólo 2 un $x = 10$, esto probablemente se deba a que los sobrevivientes del interglacial empezaron a multiplicarse en Eurasia y que el $x = 8$ se derivó del $x = 7$, que vendría siendo el más primitivo, empezando a mudarse hacia una vasta zona no poblada y aparentemente empezando una mejor adaptación a las nuevas condiciones incrementando rápidamente en proporción a las especies con un $x=7$.

Stern cit., Traub (1968), propuso la hipótesis de que las especies de Allium del Viejo Mundo evolucionaron paralelamente de un protoallium el cual fué de tipo rizomatoso y forma bulbosa, sin embargo es difícil la posibilidad de que las especies del Viejo Mundo y las del Nuevo Mundo tuvieran este tipo de evolución antes del período interglacial, lo que si es probable es la aparición de un $x = 8$ a partir de un $x = 7$, teniendo como evidencia en Norte América a A. tricoccum con $2n = 32$, especie rizomatosa con hojas pecioladas; A. validum con $2n = 28, 56$ y por último a las especies más numerosas con bulbos verdaderos, hojas planas, cilíndricas o estriadas con un $x = 7$ (Traub, 1968).

En la actualidad han sido muchas las especies de Allium de las que se tienen reportes de los números cromosómicos, siendo solamente mencionados los analizados en este trabajo.

Allium cepa L. estudiada ampliamente desde fines del siglo pasado, presenta en su mayoría un $2n = 16$ (Darlington, 1955; Federov, 1974; Goldblatt, 1981), a excepción de los números reportados por Bhattacharyya (1976), que presenta un $2n = 16, 32$ y S. Roy cit., Goldblatt (1981) con un $2n = 16, 32, 64$.

Allium glandulosum Link y Otto. presenta un $2n = 28$ al igual que Allium stoloniferum Jacobsen y Ownbey. (Goldblatt, 1975).

OBJETIVO.

El objetivo de este trabajo es la obtención del número cromosómico, niveles de ploidía y el análisis cariotípico de tres especies del género Allium .:

A. cepa, A. glandulosum, A. stoloniferum, esta última especie endémica mexicana. Determinar las relaciones filogenéticas y conocer los rearrreglos cromosómicos que han intervenido en su evolución, en base a este análisis.

MATERIAL.

Los bulbos del género Allium utilizados en este trabajo, fueron proporcionados por el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM. En la tabla 3 se muestran las localidades de las tres especies analizadas.

PROCEDIMIENTO.

a.- Enraizamiento de bulbos. Se llenaron macetas con tierra en una proporción de tres partes de tierra por una de hoja y en cada una de ellas se colocaban uno o dos bulbos de cada especie. De A. cepa se utilizaron, por la facilidad que presentan para enraizar, solamente tres bulbos de la misma localidad, de A. glandulosum y A. stoloniferum se utilizaron de 20 a 30 bulbos por localidad.

Los bulbos se regaron a principios de primavera de dos a tres veces por semana, permaneciendo a una temperatura de 18-20 grados Centígrados.

b.- Pretratamiento. Una vez que empezaban a enraizar los bulbos y aparecían las raíces secundarias, se cortaron entre siete y ocho de la mañana aquéllas que tuvieron una longitud de 1 a 2 cm. en seguida se introducían en una solución de 8-hidroxiquinoleína a una molaridad de 0.002, por espacio de 5-7 horas a una temperatura de 18 grados Centígrados en la obscuridad. Este pretratamiento -- tiene como finalidad acumular la mayor parte de células en metafase.

c.- Fijación. Transcurrido el tiempo de pretratamiento, las raíces se lavaron en agua destilada y se pasaron al fijador, en este caso Farmer que es una mezcla de alcohol etílico y ácido acético en una proporción de 3:1, por un tiempo mínimo de cinco horas.

d.- Hidrólisis. Después de la fijación, las raíces fueron lavadas para después hidrolizarlas en ácido clorhídrico al 1N durante ocho minutos a una temperatura de 60 grados Centígrados, terminando esto se secaban las raíces con papel absorbente.

e.- Tinción. Las raíces fueron introducidas en una solución de Feulgen, de acuerdo a la fórmula de García (1977), hasta que los ápices tomaban una coloración violacea.

f.- Elaboración de preparaciones. Los ápices radiculares eran colocados cada uno en un portaobjetos con una gota de acetorceína al 1%, colocándose posteriormente el cubreobjetos.

Con la punta de las pinzas de relojero se golpeaba ligeramente el cubreobjetos con el fin de separar a las células y después con la goma de un lapiz hacer el aplastamiento, con el fin de tener mejores campos de observación.

Los mejores campos se hicieron permanentes por el método del hielo seco o congelación propuesto por Conger y Fairchild (1953), posteriormente se deshidrataron en alcohol absoluto y se montaron en Bálsamo de Canadá.

g.- Observación al microscopio y fotografías. Se analizaron las preparaciones con más detalle, seleccionando aquéllas que tuvieran mejores células en metafase, siendo después fotografadas en el fotomicroscopio Carl Zeiss, Optovar 1.25 y con un objetivo de 100x.

Estos mismos campos fueron dibujados usando la cámara lúcida Carl Zeiss.

h.- Cariotipos. Una vez seleccionados los mejores campos y habiendo dibujado y fotografiado, se eleboraron los cariotipos de la siguiente manera: Los cromosomas se recortaron y ordenaron por parejas de acuerdo al tamaño y posición del centrómero, siendo después clasificados de acuerdo a Naranjo et al.,(1986).

Tabla 3. Localidades de las poblaciones estudiadas del género Allium.

Especie	Colector	Núm.de colecta	Localidad
<u>A. cepa</u>	M. Jiménez	01 A	Compradas en el mercado, provenientes de Michoacán.
	M.J. Salas	02 B	
		03 C	
<u>A. glandulosum</u>	G. Palomino	128,132	Camino a los Baños de Netzahuacoyotl, Edo.de México.
	V. Romo		
	R. Galván		
	P. Mercado		

Tabla 3. Localidades de las poblaciones estudiadas del género Allium.
(continuación)

Especie	Colector	Núm. de colecta	Localidad
<u>A. stoloniferum</u>	G. Palomino	002	Ejido el Cerezo 1 km. al S.E. - del Cerro de las Ventanas, Hgo.
	P. Mercado R. Galván V. Romo		
	M. Jiménez M.J. Salas	401	"

RESULTADOS.

Los números, fórmulas cariotípicas, presencia de satélites y n.f. de las tres especies del género Allium analizadas se presentan en la Tabla 4.

A. cepa presentó un $2n = 16$, $x = 8$ y n.f. = 16, encontrando seis pares de cromosomas metacéntricos, dos de submetacéntricos y presencia de satélites. En el análisis de las tres poblaciones se observó variación en la posición y número de satélites.

En la Población A, se encontró en todas las células analizadas un par de satélites en un par de cromosomas submetacéntricos (Fig.1)

En la población B, se encontró en la mayoría de las células observadas, un satélite en un cromosoma de un par metacéntrico heteromórfico y satélites en un par de cromosomas submetacéntricos - (Fig.2), mientras que en otras células se observaron satélites en un par de cromosomas metacéntricos y en un par de cromosomas submetacéntricos (Fig.3).

En la población C, se encontró en todas las células analizadas, satélites en un par de cromosomas metacéntricos y en un par de cromosomas submetacéntricos (Fig. 4)

Estas tres poblaciones presentan el mismo número básico - $x = 8$ y n.f.-16, su cariotipo se muestra en la Fig.9.

Las poblaciones A B y C provienen del estado de Michoacán.

A. glandulosum, presentó un $2n = 28$, $x = 7$ y n.f.=28, observándose once pares de cromosomas metacéntricos y tres pares de cromosomas submetacéntricos, así como la presencia de satélites.

En las células de todos los bulbos analizados se presentó variación en el número de satélites, observándose en su mayoría

un satélite en un cromosoma de un par metacéntrico heteromórfico y otro satélite en un cromosoma de un par submetacéntrico heteromórfico (Fig.5), otras células sólo presentaban un satélite en un cromosoma de un par submetacéntrico heteromórfico (Fig.6).

Esta población se colectó en el Estado de México, su cariotipo se muestra en la Fig.10.

A. stoloniferum, presentó al igual que A. glandulosum un $2n = 28$, $x = 7$ y $n.f.=28$, observándose también once pares de cromosomas metacéntricos, 3 de submetacéntricos y variación de satélites

En la mayoría de las células analizadas, se observó un satélite en un cromosoma submetacéntrico heteromórfico y un par de satélites grandes en un par de cromosomas metacéntricos (Fig.7), mientras que otras células solo presentaron los satélites grandes en los cromosomas metacéntricos (Fig.8).

Esta población es endémica mexicana, colectada en el Estado de Hidalgo, su cariotipo se muestra en la Fig.11.

Tabla 4. Análisis cariotípico de tres especies del Género Allium.

Espece	2n	Fórmula cariotípica	Satélites	n.f.
<u>A. cepa</u>	16	A 6 m + 2 sm	1 sm	16.
	16	B 6 m + 2 sm	1 m*, 1 sm	16
	16	C 6 m + 2 sm	1 m, 1 sm	16
<u>A. glandulosum</u>	28	11 m + 3 sm	1 m*, 1 sm**	28
		11 m + 3 sm	1 sm**	28
<u>A. stoloniferum</u>	28	11 m + 3 sm	1 m, 1m*	28
	28	11 m + 3 sm	1 m	28

*Satélite en un cromosoma metacéntrico heteromórfico.

**Satélite en un cromosoma submetacéntrico heteromórfico.

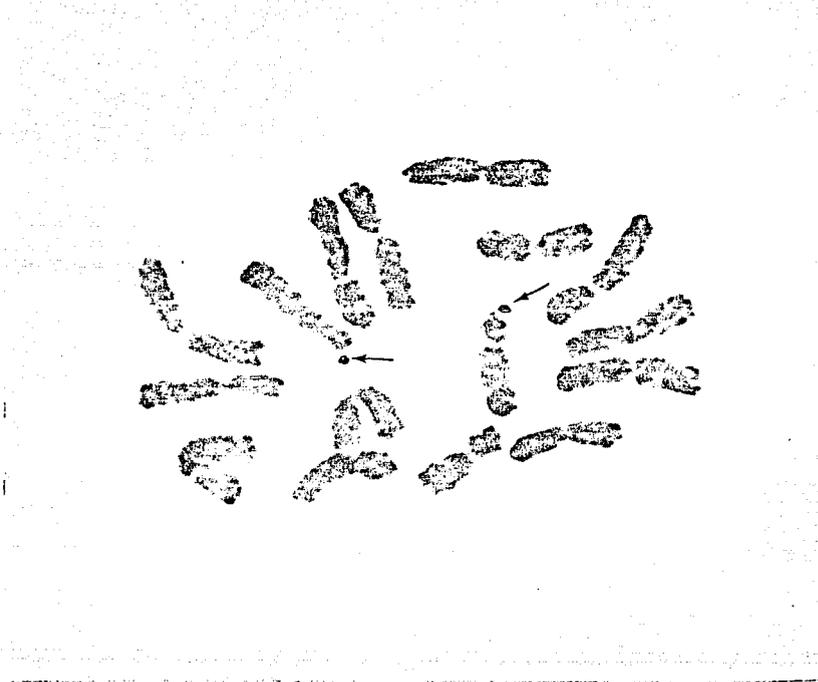


Figura 1. Célula somática de Allium cepa de la población A de Michoacán donde se observa un $2n = 16$, las flechas señalan satélites en un par de cromosomas submetacéntricos.

La barra equivale a 10 μm .

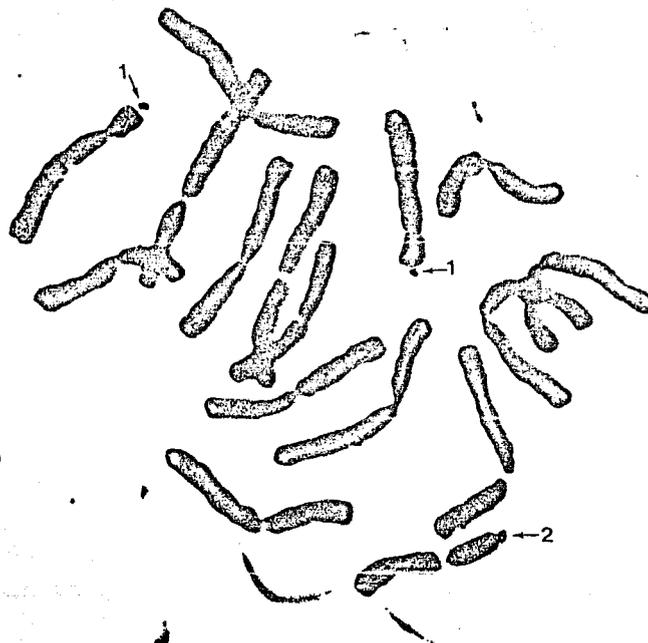


Figura 2. Célula somática de A. cepa de la población B de Michoacán donde se observa un $2n = 16$, el número 1 indica los satélites en un par de cromosomas submetacéntricos y el número 2 muestra un satélite en un cromosoma metacéntrico. La barra equivale a 10 μm .

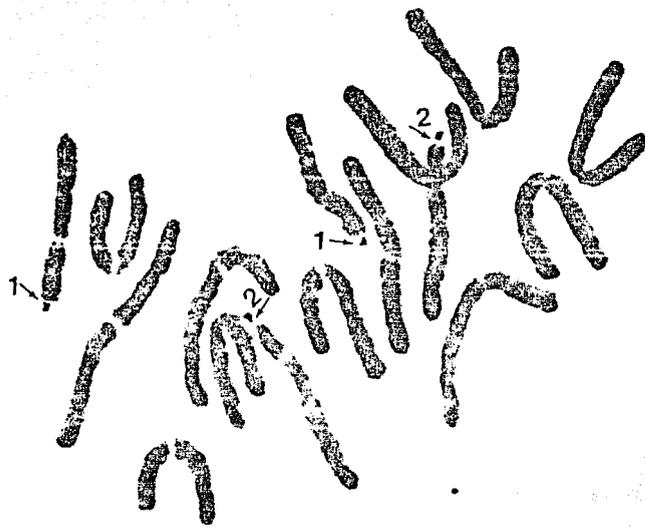


Figura 3. Célula somática de A. cepa de la población B de Michoacán, donde el número 1 indica los satélites en un par de cromosomas metacéntricos y el 2 en un par de cromosomas submetacéntricos. La barra equivale a 10 μ m.

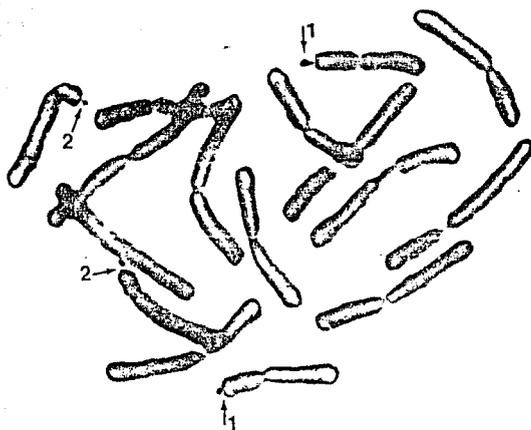


Figura 4. Célula somática de A. cepa de la población C de Michoacán donde se observa un $2n = 16$, el número 1 indica los satélites en un par de cromosomas metacéntricos y el 2 en un par de cromosomas submetacéntricos.

La barra equivale a 10 μm .

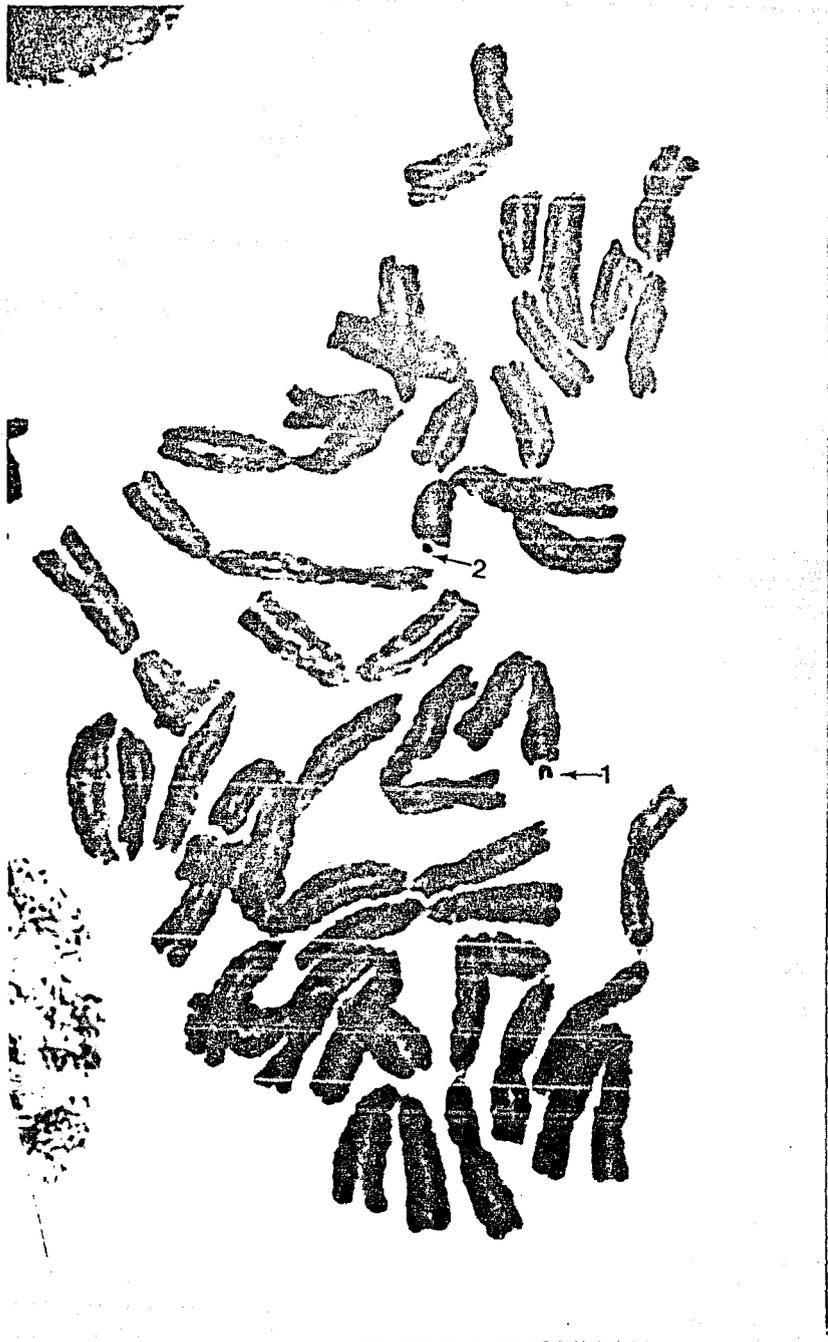


Figura 5. Célula somática de Allium glandulosum donde se observó un $2n = 28$, el número 1 muestra un satélite en un cromosoma metacéntrico heteromórfico y el número 2 un satélite en un submetacéntrico heteromórfico.

La barra equivale a 10 μm .

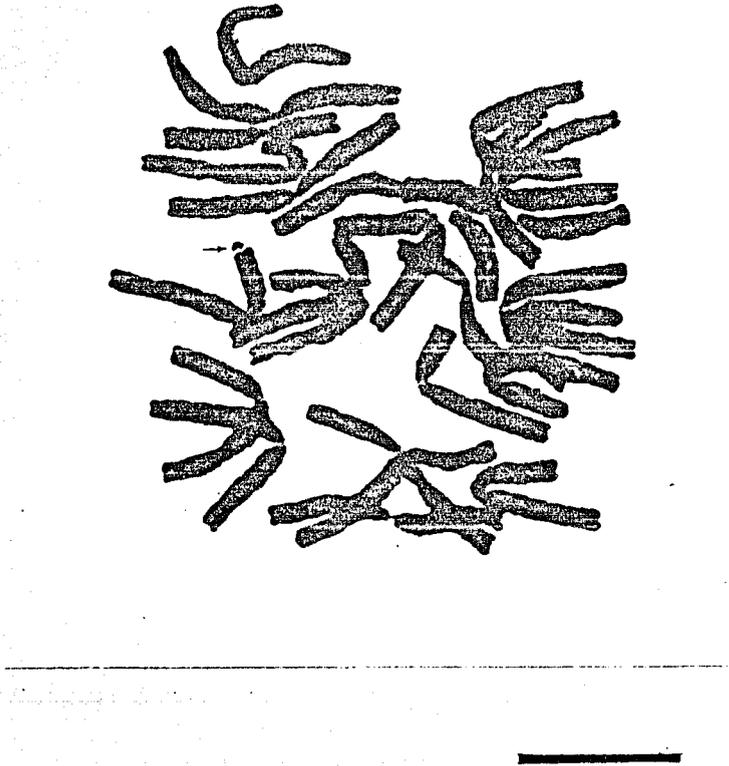


Figura 6. Célula somática de A.glandulosum donde se observa un $2n = 28$, la flecha indica un satélite en un cromosoma submetacéntrico heteromórfico.

La barra equivale a 10 μm .



Figura 7. Célula somática de Allium stoloniferum especie endémica mexicana, observándose un $2n = 28$, el número 1 indica un satélite en un cromosoma metacéntrico heteromórfico y el número 2 señala un satélite grande en un par de cromosomas metacéntricos.

La barra equivale a 10 μm .



Figura 8. Célula somática de A. stoloniferum donde se observa un $2n = 28$, mostrando con las flechas los cromosomas que presentan un gran satélite.

La barra equivale a 10 μm .

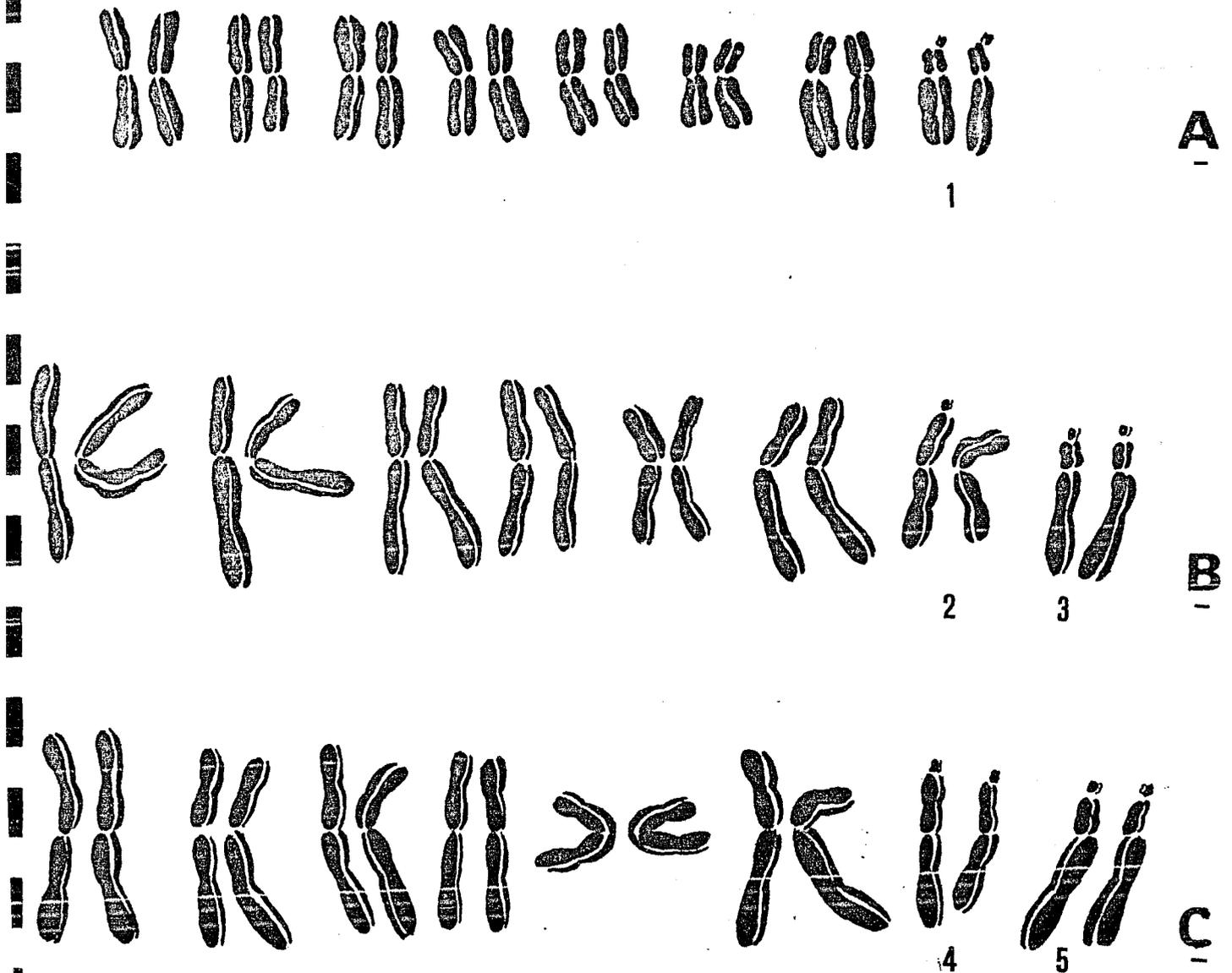


Figura 9. Cariotipo de tres poblaciones de Allium cepa.
 A.- población con $2n = 16$ y un par de submetacéntricos con satélite señalado con el núm. 1; B.- población con $2n = 16$, el núm. 2 muestra un cromosoma metacéntrico heteromórfico con satélite y el num. 3 indica un par de submetacéntricos con satélite; C.- población con $2n = 16$, el núm. 4 señala un par de metacéntricos con satélite y el 5 un par de submetacéntricos con satélite.

La barra equivale a 10 μm .

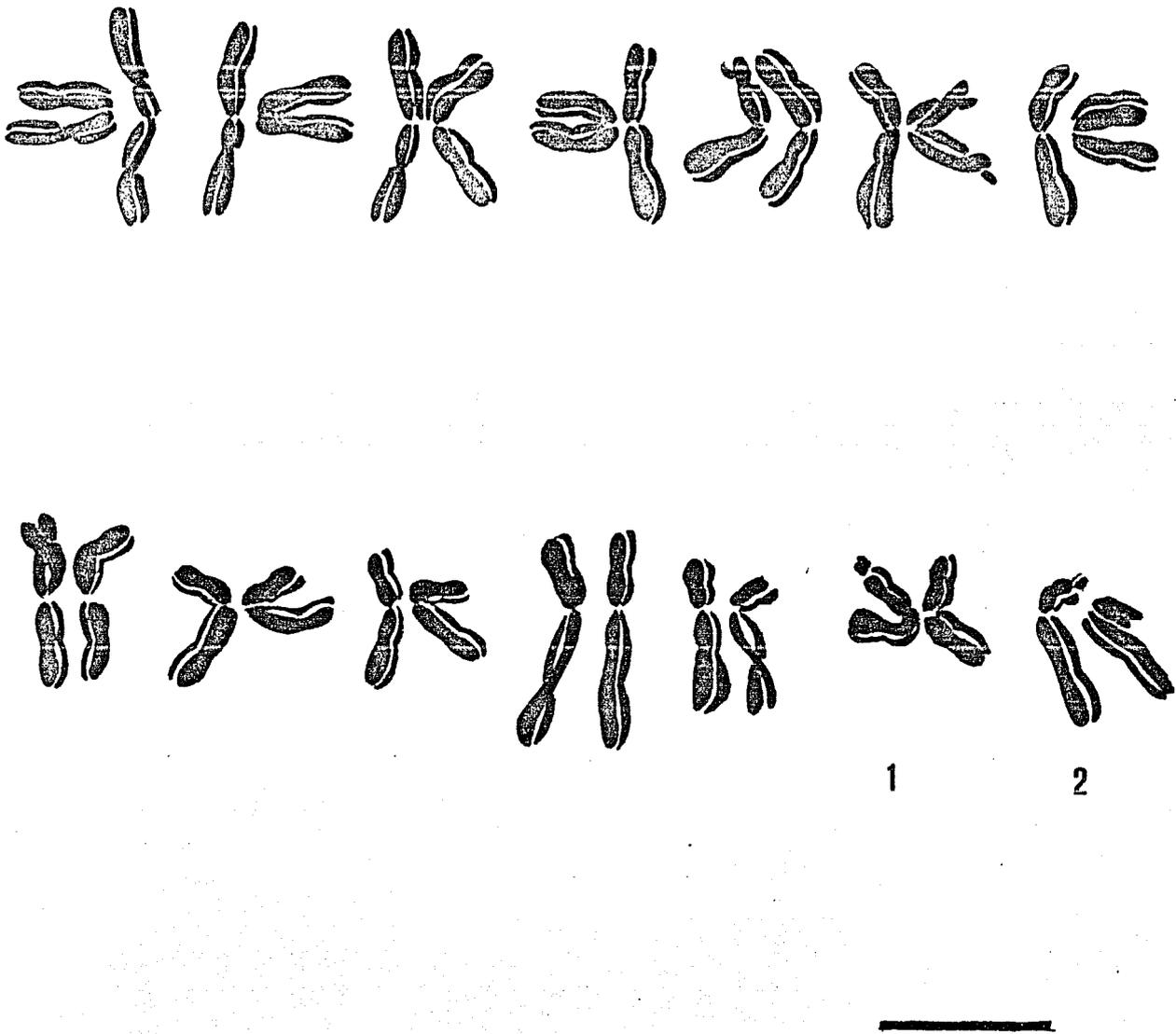
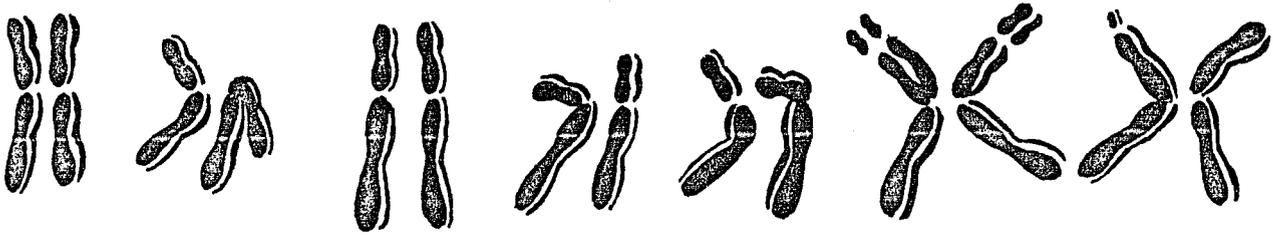
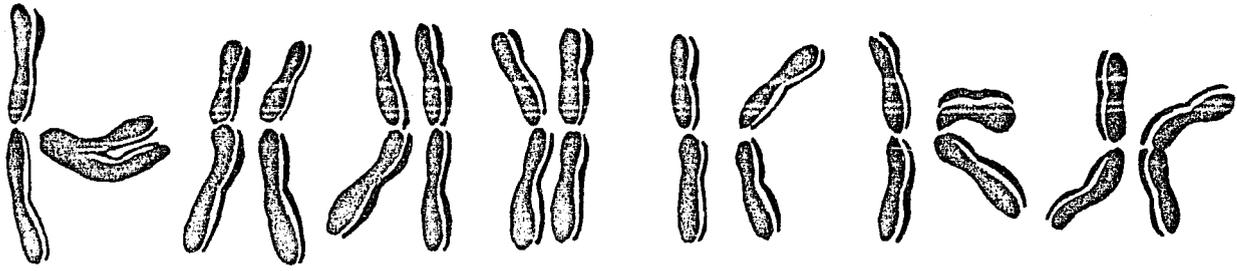


Figura 10. Cariotipo de Allium glandulosum . El núm. 1 señala un par metacéntrico heteromórfico con satélite y el núm. 2 muestra un par de cromosomas submetacéntricos heteromórficos con satélite.

La barra equivale a 10 μ m.



1

2



Figura 11. Cariotipo de *Allium stoloniferum* con $2n = 28$.
El número 1 señala al par de cromosomas metacéntricos con satélite y el num. 2 muestra al cromosoma metacéntrico heteromórfico con satélite.

La barra equivale a 10 μm .

DISCUSION.

El cariotipo diploide de A. cepa, especie originaria del Nuevo Mundo e introducida a América por los colonizadores en el siglo XV (McCollum, 1970), presentó en las tres poblaciones un $2n = 16$ coincidiendo con lo reportado por Taylor cit., Levan (1932) y otros autores como Ownbey (1955), Vosa (1976), Sato (1981), quienes proponen un $x=8$.

De acuerdo al cariotipo patrón para las especies europeas reportado por Taylor cit., Levan (1932), A. cepa consta de seis pares de cromosomas metacéntricos y dos pares de submetacéntricos presentandose un par de satélites en un cromosoma submetacéntrico, datos que coinciden con los obtenidos en este estudio para la población A de A. cepa.

La población B presentó, además del submetacéntrico con satélite un cromosoma metacéntrico heteromórfico con satélite, mientras que otras plantas de la misma población presentaron células con satélite en un par de cromosomas metacéntricos, esta variación coincide con lo reportado para las especies europeas de A. cepa por Battaglia (1957) y Sato (1981).

Todas las plantas de la población C presentaron células en las cuales se observaron cariotipos similares a los encontrados en las poblaciones A y B, es decir con satélites en dos pares de cromosomas, uno metacéntrico y otro submetacéntrico.

Las diferencias observadas en la variación de los satélites de las plantas estudiadas, probablemente se deban a que, A. cepa ha sido una especie domesticada y sujeta a selección de genotipos con ventajas comerciales por muchos años (Grubber, 1977).

Por otro lado Battaglia (1957), Levan (1932) y Sato (1981), suponen que la variación en el número de satélites y cromosomas heteromórficos se debe a traslocaciones o deleciones de fragmentos basandose en estudios llevados a cabo en poblaciones europeas de A. cepa.

Esta variación coincide con los resultados obtenidos en este estudio y realizados en tres poblaciones de A. cepa mexicanas.

Se reporta por primera vez el cariotipo de A.glandulosum, especie originaria de América, siendo ya conocido su número cromosómico $2n=28$ (Jacobsen y Ownbey, 1976), así como su $x=7$, característico de las especies americanas. Estos datos coinciden con nuestros resultados.

Esta especie consta de once pares de cromosomas metacéntricos y tres submetacéntricos, presentando también variación en el número de satélites, observándose en algunas células un satélite en un cromosoma metacéntrico y un submetacéntrico heteromórficos, mientras que en otras células el satélite sólo se presenta en el cromosoma submetacéntrico.

Estas variaciones también pudieron deberse a translocaciones y deleciones de fragmentos como lo reportado por Battaglia (1957), Levan (1932) y Sato (1981) para A. cepa.

En este estudio se reporta también por primera vez el cariotipo de A. stoloniferum, especie endémica mexicana con un $2n=28$ y un $x=7$, valores ya reportados por Jacobsen y Ownbey (1976).

Para esta especie se obtuvo al igual que A. glandulosum un cariotipo constituido por once pares de cromosomas metacéntricos y tres pares de submetacéntricos, presentándose también variación en el número de satélites, observandose en la mayoría de las células un satélite en un cromosoma metacéntrico heteromórfico y

un par de satélites grandes, como Kihlam (1975) los define para Vicia faba, en un par de cromosomas metacéntricos, otras células sólo presentaron los satélites grandes en el par de cromosomas metacéntricos.

Estas variaciones son similares a los encontrados para los cariotipos de A. glandulosum y también pudieron originarse debido a translocaciones u deleciones.

La aparición de células tetraploides en estos dos casos fué muy bajo, aproximadamente del 1%, estas irregularidades pueden deberse a no disyunciones o replicaciones endomitóticas como lo reporta Bhattacharyya (1972) para Zephyranthes (Amarilidaceae), atribuyendo que son fenómenos de adaptación de las especies debidas a condiciones del medio.

Finalmente puede sugerirse que los rearrreglos estructurales como son las translocaciones y deleciones han jugado un papel importante en la evolución de esta especie.

En A. cepa además de estos mecanismos, su evolución se ha visto favorecida por el hombre, al obtener nuevas variedades comerciales por la selección de genotipos.

Estas estrategias han sido aplicadas también en otras especies de interés comercial.

Así mismo, puede proponerse en base a la similitud en número cromosómico, número básico y estructura de sus cariotipos que A. glandulosum y A. stoloniferum pudieron tener un ancestro común.

Por otro lado la presencia de cromosomas heteromórficos evidencia el origen alopoliploide de estas especies.

Sin embargo deben llevarse a cabo estudios meióticos, de bandeos e hibridación entre estas especies para aclarar las relaciones filogenéticas entre ellas.

CONCLUSIONES.

- 1.- El cariotipo constituido de 6m + 2sm de las poblaciones mexicanas de A. cepa coincidieron con lo reportado para las especies europeas, así como la variación en el número de satélites y presencia de cromosomas heteromórficos.
- 2.- Se reportó por primera vez el cariotipo de A. glandulosum y A. stoloniferum.
- 3.- El cariotipo de A. glandulosum formado por 11m + 3sm, fué similar al de A. stoloniferum encontrando variación en el número de satélites y presencia de cromosomas heteromórficos.
- 4.- La similitud que hay entre los cariotipos de A. glandulosum y A. stoloniferum sugiere que estas especies probablemente tuvieron un ancestro común.
- 5.- A. glandulosum y A. stoloniferum pueden tener un origen alopoliploide como lo evidencia la presencia de cromosomas heteromórficos, como lo reportado para otras especies del género.
- 6.- Las variaciones en el número de satélites y presencia de cromosomas heteromórficos, pudo haberse originado por translocaciones o deleciones de fragmentos en los cromosomas.
- 7.- La poliploidía no ha sido un factor determinante en la evolución de las especies. Se observó aproximadamente 1% de células tetraploides, pudiendo haberse originado por endomitosis.

BIBLIOGRAFIA.

- Ayala F. J. and Kiger J. A., 1980.- Modern Genetics. The Benjamin Cummings Co., Inc., USA.
- Battaglia E., 1975.- Allium ascalonicum L. Allium fistulosum L. A. cepa L.. Analisis cariotipica. Cytologia 10: 1-28.
- Battacharyya N. K., 1972.- Chromosome inconstancy in Zephyranthes mesochloa Cytologia 37: 423-433.
- Bhattacharyya R., 1976.- A tetraploid Allium cepa from Bangladesh. Cytologia 41: 513-521.
- Bentzer B., Bothmer V. R., Engrstrand L. and Gustafsson M., 1971.- Some sources of error in the determination of arm ratios of chromosomes. Bot. Notisier. 124: 65-74.
- Conger A. D. and Fairchild L.M., 1953.- A quick freeze method for making smear slides permanent. Stain Technil 28: 281-283.
- Chinnappa C. C. and Basappa G. P., 1986.- Cytology of some western canadian Allium species . Amer. J. Bot. 73: 529-534.
- Darlington C. D. and Wylie A. P., 1955.- Chromosome atlas of flowering plants. George Allen and Unwin LTD, London.
- Dahlgren R. M. T. and Trevor C., 1982.- The Monocotyledons. A comparative study Academic Press, New York.
- De Wet J. M. J., 1979.- Origins of polyploids. In Polyploidy. Basic Life Science Vol. 13. Plenum Press, New York.
- Dyer F. A., 1979.- Investigating chromosomes. Edward Arnold, Great Britain.
- Ehrendorfer F., Krendl., Habeler E. and Saver W., 1968.- Chromosome numbers and evolution in primitive angiosperms. Taxon 17: 337-468.
- Federov A. A., 1974.- Chromosome numbers in flowerig plants. Leningrad.
- Frankel O. H. and Bennett E., 1970.- Genetic resources intoduction. In resources in plants. Their exploration and conservation. Blackweel. Scientifics Pub., Oxford and Edinburgh.
- Freese E. and Yoshida., 19765.- The molecular mechanisms of mutation. In glossary of genetics and citogenetics. Clasical and molecular. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.

- García V. A., 1985.- Sistemas Robertsonianos: Su papel en la evolución cromosómica en plantas superiores. En Memorias del seminario sobre la investigación genética básica en el conocimiento y evaluación de los recursos genéticos. Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, México.
- 1977.- Manual de Técnicas de Citogenética. Colegio de Postgraduados. Chapingo México.
- Gardner J. E., 1979.- Principios de Genética. Limusa, México.
- Goldblatt P., 1981.- Index to plant chromosome numbers. Braun-Brumfield, Inc., Ann Arbor.
- Grubben G.J. H., 1977.- Tropical vegetables and their genetic resources. International board for plant genetics resources (ibggr0).
- Jacobsen D., 1978.- A new species of Allium (Liliaceae). Brittonia 31: 413-415.
- 1978.- A comparative study of the three alliances of the genus Allium. Department of Botany. Washington States University, Washington.
- and Ownbey A., 1976.- In I O P B Chromosome number reports. Taxon 25: 155-164.
- Jhonson M., 1982.- Karyotypes of some Greek species of Allium. Ann. Musei Goulandris 5: 107-119.
- Johansen W., 1909.- Elemente der exakten erblichkeitslehre. Fiscery Jena. In glossary of genetics and cytogenetics. Classical and Molecular. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. New York.
- Jones K., 1977.- The role of Robertsonian change in Karyotypes evolution in higher plants. Chromosomes today 6: 121-129.
- 1978.- Aspects of chromosome evolution in higher plants. In advances in botanical research. Academic Press, Sn. Fco.
- Kenton A., 1986.- Importancia de los cromosomas en la especiación y evolución como base para el conocimiento y caracterización de especies vegetales con valor potencial. En la aplicación de la citogenética en el conocimiento biológico de los recursos vegetales en México. III Seminario Maximino Martínez, Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM.
- Lacadena J.R., 1981.- Genética. A. G. E. S. A., España.
- Levan A., 1932.- Cytological studies in Allium II. Chromosome morphological contributions. Hereditas 16: 157-194.
- Fredga K. and Sandberg A., 1964.- Nomenclature for centromeric position

- on chromosomes. Hereditas 52: 202-219.
- Lewis W.H.m 1979.- Polyploidy. Plenum Press, New York.
- Lewitsky G. A., 1931.- The "karyotype". In sistematics. Bull. appl. Bot. Genet. Pl. Breed 27: 220-239.
- McCollum D. G., 1970.- Onion Allium (Liliaceae). In evolution of crop plants. Simmonds ScDAICTA FRSEFI Biol., Edinburgh.
- Naranjo C. A.Poggio and Brandham., 1983.- A practical method of chromosome classification on the basis of centromere position. Genetica 62: 51-53.
- et al., 1986.- A new template for direct morphological classification of chromosomes. Darwiniana 27: 39-41.
- Ownbey M. and AaseH., 1955.- Cytotaxonomis studies in Allium I. The Allium canadense alliances research. Studies of the state College of Washington 23(4).
- Palomino G. and Mercado P., 1983.- Cytological studies in the genus Oxyrhyncus (Leguminosae). Kew chromosome conference II. George Allen and Unwin, London.
- 1985.- Los estudios citogenéticos como apoyo al conocimiento de los recursos genéticos . En Memorias del seminario sobre la investigación genética básica en el conocimiento de los recursos genéticos. Jardín del Instituto de Biología de la UNAM.
- Mercado P. and Ramamoorthy T., 1986 Chromosomes of Salvia, subgenus Calosphace. A preliminary report. Cytología 51: 381-386.
- Viveros R. and Bye R., 1986 Cytology of five mexican species of Datura L. (Solanaceae). The Southwestern Naturalist 33: 85-90.
- and Romo V., 1986.- Karyotypical studies in two mexican species of Echeandia (Liliaceae). The Southwestern Naturalist (en prensa).
- Purseglove W.J., 1972.- Tropical crops - Monocotyledons -. Longman, London and New York.
- Robles S.R., 1986.- Genética elemental y fitomejoramiento práctico. Limusa, México.
- Rzedowsky J., 1981.- Vegetación de México. Limusa, México.
- Saes A.F. y Cardoso ., 1978.- Citogenética básica y biología de los cromosomas. Serie de Biología . Monografía 20. Secretaría General de la OEA.
- Sato., 1981.- Cytological studies on the satellited chromosomes of Allium cepa. Caryologia 34: 431-440.

- Smith-Keary P. F., 1979.- Genética Estructura y Función.- Pub. Cultural, México.
- Stebbins G. L., 1971.- Chromosomal evolution in Higher plants. Edward Arnold LTD., London.
- Swanson M. Y., 1968.- Citogenética. UTHEA, México.
- Tindall H. D., 1983.- Vegetables in the tropics. McMillan Press, London.
- Thomas B., 1973.- Evolutionary implications of karyotypic variation in some insular Peromyscus from British Columbia, Canada. Cytologia 38: 485-495.
- Traub P. H., 1968.- The subgenera, sections and subsections of Allium L.. Plant Life 24: 147-163.
- Vosa C. G., 1976.- Heterochromatic patterns in Allium. The relationships between the species of the cepa group and its allies. heredity 36: 383-392.
- Watson J. V. and Crick F., 1953.- Molecular structure of nuclei acids. A structure of desoxyribose nuclei acid. Nature, London 17: 737-738.
- Wendelbo P., 1969.- New subgenera, sections and species of Allium. Bot. Notisier 122: 25-37.
- Wolfe L. S., 1977.- Biología de la Célula. Omega, España.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA