

117
2^o

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO CARIOTIPICO DE LA ESPECIE Echeandia nana (Baker) Cruden
DE LA FAMILIA LILIACEAE.

T E S I S :

PRESENTADA PARA OBTENER EL TITULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

FRANCISCO JAVIER MARTINEZ RAMON



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.

I N D I C E

RESUMEN	I
I. INTRODUCCION.	
I.1 LA CITOGENETICA.	1
I.2 CONSTITUCION DE ADN Y GENES.	2
I.3 MORFOLOGIA CROMOSOMICA Y CLASIFICACION.	3
I.4 CARIOTIPO Y NUMERO BASICO (X).	4
I.5 MUTACION.	5
I.6 TIPOS DE MUTACIONES.	6
I.7 TEORIAS DE LA EVOLUCION DEL CARIOTIPO.	9
I.8 REPRODUCCION VEGETATIVA.	13
I.9 CROMOSOMAS B.	14
II. IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CITOLOGICOS...	17
II.1 ANTECEDENTES TAXONOMICOS DEL GENERO <u>ECHEANDIA</u> Ort.	18
II.2 OBJETIVOS.	24
II.3 MATERIAL.	25
II.4 METODO.	26
II.5 RESULTADOS.	29
II.6 DISCUSION.	32
II.7 CONCLUSION.	
II.8 BIBLIOGRAFIA.	

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el análisis cariotípico que se realizó en ocho poblaciones de la especie Echeandia nana, pertenecientes a la familia Liliaceae provenientes del estado de México e Hidalgo. Se informa por primera vez la condición de mosaicos cromosómicos en células mitóticas de meristemo radicular en el género con números cromosómicos de $2n = 16, 32, 15, 16 + 1B$ y $16 + 3B$. En células madres del polen (CMP) se determinó el número haploide de $n = 8$, observándose en menor porcentaje células con $n = 8 + 1B$ y células en anafase I (AI) con puentes originados por retardos de los cromosomas B.

De acuerdo al análisis citogenético, existen dos citotipos: uno de ellos localizado en ambientes poco perturbados de Pino-encino en la parte oriental del estado de Hidalgo, con un cariotipo de $4m + 4sm$, en las poblaciones 277, 278, 282, 283., y el citotipo B, localizado en regiones con perturbación muy alta, presentando un cariotipo de $3m + 5sm$, con un par metacéntrico y submetacéntrico con satélite en las poblaciones 009, 009.3, 115 y 242 y 265.

Se sugiere que los mosaicos cromosómicos son favorecidos por la presencia de pocos cromosomas B, situación que combinada con ciertos rearrreglos estructurales permiten a la planta tener una abundante propagación. Todos estos mecanismos les permiten adaptarse y colonizar ambientes perturbados.

LA CITOGENETICA

La citogenética es un campo de investigación que se desarrolló de la confluencia de dos ciencias separadas originalmente : la Genética y la Citología y estudia problemas basados en la correlación de las características genéticas y citológicas , especialmente en los cromosomas que caracterizan a un organismo. Esencialmente , el campo de estudio comprende el comportamiento cromosómico durante la meiosis y la mitosis , su origen y relación con la transmisión y recombinación génica (Sutton, 1903)

El extraordinario desarrollo de la Citogenética ha , permitido el descubrimiento de nuevas y más refinadas técnicas y de la readaptación de técnicas antiguas de gran utilidad. Así , los adelantos llevados a cabo en los estudios de Citogenética , con su enorme repercusión en disciplinas como la Taxonomía , se deben principalmente :

1).- Al desarrollo de las técnicas de cultivos de tejidos , que permiten una acumulación de células ya sea en suspensión o en capa única.

2).- La introducción de la colchicina y sus derivados y al uso de otros mitostáticos como la 8-Hidroxiquinoleína , el Paradiclorobenceno y el Alfa-Bromonaftaleno usados durante mucho tiempo por los especialistas en Citogenética de plantas. Estas sustancias interfieren en la formación del huso acromático y detienen la división celular en metafase , al tiempo que producen un acortamiento de los cromosomas por contracción de sus cromátidas y una separación de las mismas.

3).- Por último la adaptación del método de aplastamiento , técnicas que sitúan a los cromosomas , ya extendidos en un solo plano , facilitando así su estudio morfológico. Con estos adelantos , se logró hacer realidad el objetivo del Citogenetista ; es decir obtener cromosomas en metafase , relativamente contraídos , de cromátides separadas , sin superposiciones y extendidos en un solo plano (Egozcue, 1971)

CONSTITUCION DE ADN Y GENES

Las unidades hereditarias , transmitidas de generación en generación se denominan genes y se encuentran ubicadas en un polímero largo del ácido desoxirribonucleico o ADN , conformado por gran cantidad de unidades básicas conocidas como nucleóproteínas. Estos , están constituidos por tres componentes químicos diferentes : el primero de ellos es una pentosa que corresponde a la desoxirribosa ; el segundo , que es una base nitrogenada derivada de una purina que puede ser la adenina o guanina o de una pirimidina , la citosina o timina y el tercero es un grupo fosfato. La base nitrogenada se une covalentemente con la pentosa formando un nucleósido y los nucleósidos establecen puentes fosfodiéster con el grupo fosfato , enlazándose entre sí para formar , finalmente , a los nucleósidos (Ayala y Kiger, 1980). Los desoxirribonucleótidos se presentan en pares , adenina con timina y citocina con guanina , de modo que la molécula de ADN consta de dos cadenas complementarias de nucleótidos apareados con una secuencia determinada , codificándose de este modo la información hereditaria (Smith y Keary, 1979).

El ADN , por su parte , en conjunción con una matriz proteínica forma nucleoproteínas organizándose en estructuras filamentosas (Watson, 1976) o lineales (Ayala y Kiger, 1980) , llamadas cromosomas que se encuentran contenidas en el núcleo de las células y que presentan propiedades de tinción especiales (Dyer, 1979).

La duplicación de la molécula de ADN es semiconservativa , las dos cadenas se separan y cada una de ellas, sirve de molde para la formación de una nueva cadena complementaria. El apareamiento es muy exacto y por lo tanto cada molécula hija tiene la misma secuencia de nucleótidos que la molécula progenitora , de este modo la información genética se conserva inalterada (Watson y Crick, 1953).

Se denomina gen a la unidad básica , con una secuencia particular de nucleótidos a lo largo de una molécula de ADN y representa una unidad funcional hereditaria que actúa determinando la biosíntesis de un polipéptido específico a menudo una enzima o una

sustancia reguladora de la biosíntesis (Johannsen, 1909 ; watson y Crick, 1953)

MORFOLOGIA CROMOSOMICA Y CLASIFICACION

La información genética se encuentra almacenada en los cromosomas localizados generalmente dentro del núcleo celular y que caracterizan a las células eucarióticas. Un cromosoma está constituido por una secuencia lineal y específica de genes (Watson y - Crick, 1953)

Las funciones de los cromosomas son : el almacenamiento, duplicación y transmisión de la información hereditaria contenida en los genes. Esto se lleva a cabo gracias a - los procesos de la meiosis y la mitosis (Stebbins, 1971 ; Lacadena, 1981). La estructura de los cromosomas se vuelve particularmente visible durante el período de la mitosis del ciclo celular. Este es un proceso de división nuclear, mediante el cual una célula progenitora da origen a dos células hijas, cada una de las cuales contiene el mismo complemento cromosómico de la célula original. Antes de iniciarse la mitosis los cromosomas de la célula madre se duplica en un período de S de síntesis ; en el cual se sintetizan nuevas hebras de ADN el cual es precedido por el período G1 y seguido por el período G2. Durante éstos procesos, la célula se encuentra creciendo y metabolizando activamente.

Después del G2 la célula entra en mitosis, distinguiéndose en ésta las siguientes cuatro fases principales : Profase , Metafase , Anafase y Telofase. En la Profase , -- los cromosomas comienzan a condensarse , aunque aún se encuentran en forma laxa , por lo que su estructura no es apreciable y la membrana nuclear comienza a desaparecer ; en la metafase los cromosomas se encuentran ya completamente condensados y se esparcen por el citoplasma , puesto que la membrana nuclear ha desaparecido por completo. En la anafase ; los cromosomas duplicados se dividen en dos grupos , se separan y se mueven hacia los polos opuestos . Por último en la telofase , los dos juegos de cromosomas se reúnen en cada polo , formándose una membrana nuclear alrededor de cada uno de ellos y dándose la citocinesis o división ce -

lular (Ayala y Kiger, 1980). Es en la metafase , cuando los cromosomas se encuentran completamente condensados y donde es posible distinguir y apreciar su estructura (Lacadena, 1981).

Los cromosomas son clasificados , principalmente , en base a la posición del centrómero o región que divide al cromosoma en dos brazos mediante el cual se asocian a las fibras del huso acromático (Stebbins, 1971 ; John, 1976 ; Dyer, 1979 ; Lacadena, 1981) y al índice centromérico o relación existente entre los brazos del cromosoma (Levan, et. al., 1964 ; Naranjo, et. al., 1983 ; 1986) . En base a ésto es posible clasificar a los cromosomas como metacéntricos , si presentan el centrómero en la región media ; submetacéntricos , si lo presentan desplazado hacia uno de los brazos ; subtelocéntricos , si el centrómero se encuentra en una región muy cercana a la terminal de alguno de los brazos y telocéntrico , si presentan el centrómero en la región terminal del cromosoma. Otras características utilizadas para clasificar a los cromosomas son la longitud total y relativa de los mismos , la presencia de constricciones secundarias o satélites unidos al resto del cromosoma por una hebra fina de ADN ribosómico (Dyer, 1979 ; Lewis, 1979).

CARIOTIPO Y NUMERO BASICO (X)

El cariotipo es el complemento cromosómico particular de un individuo o de un grupo de individuos relacionados , definido por el número y morfología de los cromosomas normalmente de la metafase mitótica (Dyer, 1979). El estudio de las características del cariotipo puede ayudar en algunas ocasiones para relacionar filogenéticamente a los organismos (Stebbins, 1971)

El cariotipo es el fenotipo del complemento cromosómico , es decir la suma de todas las características detectables de los cromosomas. El cariotipo es un caracter fenotípico y el análisis de éste permite entender las relaciones que existen entre los

organismos (John, 1976 ; Dyer, 1979)

El número cromosómico básico (X) representa el número monoploide más pequeño de cromosomas de una serie poliploide (Sinoto y Sato, 1940 ; Lacadena, 1981). Todos los números cromosómicos que sean múltiplos exactos del número básico se llaman euploides. Todos los números que se desvían del X por cromosomas únicos se llaman aneuploides (Sinoto y Sato, 1940). El nivel poliploide en células o tejidos somáticos y en individuos poliploides corresponde a aquéllos que tienen tres o más veces repetido el complemento haploide de esa especie (Lacadena, 1981) . El cariotipo específico que contenga el número básico es el basicariotipo (Sinoto y Sato, 1940).

El número cromosómico somático puede , sin lugar a dudas , proveer información en lo que respecta al número de grupos de ligamiento génico y cuantas veces éstos se repiten , proporcionando así un indicador sencillo y rápido de la similitud genética general 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. Un muestreo adecuado entre y dentro de las poblaciones es de fundamental importancia para definir a las especies citológicamente , ya que las diferencias en el número básico debidas a aneuploidias o cambios estructurales , pueden estar presentes en las mismas , como ocurre en Crocus speciosus , donde seis diferentes números cromosómicos somáticos y básicos se encuentran entre y dentro de dos subespecies que difieren muy poco en cuanto a morfología externa (Kenton, 1986)

. MUTACIONES

La herencia constituye un proceso conservativo , aunque no lo sea de manera per -

fecta , la información contenida en la secuencia de nucleótidos del ADN es por lo general reproducida fielmente durante la replicación, de modo que cada replicación da lugar a dos moléculas de ADN idénticas entre sí a la molécula paterna. De vez en cuando "errores" en el proceso de replicación , dan lugar a secuencias distintas de nucleótidos en la molécula de ADN paterno en el de las células hijas. Los cambios en el material hereditario se denominan mutaciones (John, 1976 ; Dobzhansky, 1980).

TIPOS DE MUTACIONES

Pueden clasificarse en dos categorías principales ; las mutaciones génicas producidas por cambios puntuales , que implican el cambio de una o más bases nitrogenadas , por lo que este tipo de mutaciones afecta a un solo gene (John, 1976) y las mutaciones cromosómicas o aberraciones , que afectan al número de cromosomas o bien al número o a la disposición de los genes de un cromosoma (John, 1976) . Las mutaciones cromosómicas pueden clasificarse de la siguiente forma (Herskowitz, 1965).

1.- Cambios en el número de genes presentes en los cromosomas

A).- DEFICIENCIA O DELECIÓN : Son cambios estructurales que resultan al perderse una sección del material hereditario , variando el tamaño de éste desde un sólo nucleótido hasta segmentos mayores que contengan cierto números de genes ; o incluso , porciones completas de un cromosoma (Smith y Keary, 1979). Cuando el segmento cromosómico perdido es terminal se llama deficiencia (Bridges, 1917) y cuando es intersticial, deleción propiamente dicha (Lacadena, 1981)

B).- DUPLICACION : Son un cambio estructural , que produce la repetición de un segmento cromosómico de mayor o menor extensión (Bridges, 1919)

2.- Cambios en la situación de los genes en los cromosomas

A).- **INVERSION** : Implican el cambio de un segmento de cromosoma de manera que se encuentra invertido con respecto al resto del cromosoma ,por lo que los genes contenidos en este segmento están en sentido opuesto a lo normal (Smith y Keary, 1979) . Las inversiones pueden clasificarse en simples ; cuando en un cromosoma determinado sólo hay un segmento invertido. Según su relación con el centrómero pueden ser : paracéntricas cuando el segmento invertido no incluye el centrómero y pericéntrica cuando el centrómero esta incluido en el segmento invertido (Lacadena, 1981).

B).- **TRANSLOCACION** : Se caracterizan por un cambio estructural en el que algunos segmentos cromosómicos , cambian su posición relativa dentro del complemento cromosómico, modificando por lo tanto a los grupos de ligamiento (Freese y Yoshida, 1965) y se clasifican en translocaciones internas o intracromosómicas , cuando un segmento cromosómico cambia de posición dentro del propio cromosoma . Si el cambio ocurre dentro del mismo brazo , se llama intrarradial ; pero si cambia de brazo se conoce como extrarradial Estos tipos de translocaciones pueden explicarse por una triple ruptura cromosómica y posterior fusión de los extremos rotos en distinto orden . Las translocaciones inter-cromosómicas o simplemente , translocaciones suceden cuando se produce el cambio de posición de algún segmento que pasa a situarse en otro cromosoma. La transposición , se presenta cuando un segmento de un cromosoma pasa a otro y es una translocación recíproca o intercambio , cuando el cambio de segmentos cromosómicos es mutuo entre dos cromosomas que pueden ser homólogos (Freese y Yoshida,1965) .

Los intercambios o translocaciones recíprocas , pueden ser simétricas o asimétricas , según que los productos del cambio sean cromosomas normales con un centrómero o se originen cromosomas dicéntricos y fragmentos acéntricos , respectivamente. Los fragmentos acéntricos se desintegran en el citoplasma al no incorporarse a ningún grupo anafásico , mientras que los cromosomas dicéntricos pueden originar puentes anafási

cos tanto en mitosis como en meiosis. Las translocaciones recíprocas pueden afectar a brazos cromosómicos completos o casi completos cuando las rupturas se producen en lugares próximos a los respectivos centrómeros, estos son llamados translocaciones de brazo completo (Muller, 1940). Dentro de este tipo de translocaciones se encuentran la fusión céntrica y la disociación Robertsonianas (Robertson, 1916) y la fusión en tándem (White, 1957) , que resulta de una doble ruptura en un lugar próximo al centrómero en un cromosoma y en el extremo terminal de un brazo en el otro cromosoma (Lacadena, 1981)

Efecto de posición variegado , son los cambios estructurales como las translocaciones o las inversiones y llevan consigo la modificación de la ordenación cromosómica de tal manera , que genes situados en zonas eucromáticas pueden pasar a ocupar la proximidad de zonas heterocromáticas , aceptándose la posibilidad de que se produzca a veces la represión de los genes que codifican la heterocromatización (Muller, 1930). Y por último las translocaciones múltiples , cuando un mismo cromosoma sufre varios intercambios en cromosomas no homólogos originándose una translocación múltiple (Lacadena, 1981) .

3.- Cambios en el número de los cromosomas. Estos cambios son de cuatro tipos ; los dos primeros no afectan a la cantidad total de material hereditario y son las fusiones y fisiones Robertsonianas y los dos restantes si y corresponden a las aneuploidías y poliploidías (Jones, 1977)

A).- FISION CENTRICA : Da origen a dos cromosomas acrocéntricos o telocéntricos a partir de un cromosoma metacéntrico y puede deberse a una mala división centromérica o puede implicar a un cromosoma donante que aporte un centrómero y dos telómeros (Lacadena, 1981)

B).- FUSIONES CENTRICAS : Es la reunión por translocación recíproca de dos cromosomas

acrocéntricos para dar un cromosoma metacéntrico y un fragmento pequeño que usualmente se pierde, las fusiones céntricas pueden deberse a dos rupturas muy próximas al centrómero de cromosomas acrocéntricos, una en el brazo largo y otra en el brazo corto, dando lugar a un metacéntrico grande y a un cromosoma muy pequeño que usualmente se pierde. También pueden deberse a dos rupturas en las regiones centroméricas o en los brazos cortos de los acrocéntricos que dan lugar a un metacéntrico con dos centrómeros tan próximos que funcionan como uno y a un acéntrico que se pierde inmediatamente (Robertson, 1916)

C).- ANEUPLOIDIA : Esta condición se presenta cuando uno o varios cromosomas de la dotación normal se pierde o se incrementa. Los términos nulisómicos, monosómicos, trisómicos, tetrasómicos, etc., se refieren a la presencia de un cromosoma determinado, cero, una, tres o más veces en un organismo diploide (Lacadena, 1981).

D).- POLIPLOIDIA : Los organismos poliploides presentan más de dos dotaciones de cromosomas; se dice que el organismo es triploide si presenta tres dotaciones de cromosomas, tetraploide si presenta cuatro dotaciones y así sucesivamente (Dobzhansky, 1980; Lacadena, 1981)

TEORIAS DE LA EVOLUCION DEL CARIOTIPO

TEORIA DE LEVITZKY :

El modelo descrito por Levitzky cit. por Stebbins (1971) propone que al analizar especies cercanas las que tienen en la mayor parte de su complemento cromosómico cromosomas metacéntricos o submetacéntricos corresponden a un cariotipo simétrico y pertenecen a especies más primitivas, en tanto las especies más avanzadas poseen un ca -

riotipo asimétrico y poseen cromosomas acrocéntricos o telocéntricos . La evolución de un cariotipo asimétrico a partir de uno simétrico ha sido estudiado ampliamente por varios autores , como ejemplo puede mencionarse a Delfinium y Aconitum (Ranunculaceae). Estas plantas tienen flores zigomórfas sumamente especializadas y presentan también cariotipos asimétricos ; mientras que Caltha , Nigella y Cimicifuga (Ranunculaceae) géneros de la misma familia presentan flores actinomorfas menos especializadas y cariotipos menos asimétricos (Stebbins, 1971).

La tendencia a el incremento de los cariotipos asimétricos pueden surgir directamente cuando se encuentran inversiones paracéntricas o pericéntricas . También puede deberse a la acumulación de las diferencias en el tamaño relativo entre los cromosomas del complemento cromosómico . Los cromosomas metacéntricos quizás son formados directamente por fusiones entre dos cromosomas acrocéntricos o telocéntricos (Stebbins, 1971)

Las dos tendencias que explican el incremento en la asimetría del cariotipo están basados en diferentes procesos. El incremento asimétrico es del resultado de inversiones pericéntricas y translocaciones desiguales en las porciones de los brazos cromosómicos. Por lo tanto , tienen lugar cambios en el número de centrómeros o de cromosomas diferentes. Además , para convertir cromosomas metacéntricos a cromosomas acrocéntricos las inversiones pericéntricas pueden reducir el número fundamental de los brazos cromosómicos bien desarrollados , puesto que el otro juego de cromosomas , por las fusiones céntricas entre cromosomas acrocéntricos o telocéntricos ocasionan cromosomas metacéntricos que siempre se originan de la transferencia de todo el brazo cromosómico Por consiguiente ellos producen una reducción en el número de centromeros y cromosomas mientras que los fragmentos cromosómicos , pueden perderse , reduciendo de esta manera el numero fundamental de los brazos intercambiados (Stebbins, 1971) .

Una última característica tomada en cuenta en la evolución de el cariotipo es el que se refiere a el origen de los cariotipos bimodales , que son 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 de los segmentos cromosómicos. El segundo postulado está basado en la teoría de Levitzky cit., por Stebbins (1971) y consiste en el incremento cariográfico asimétrico ; donde el cariotipo bimodal puede resultar de las translocaciones desiguales en base a que ciertos cromosomas periódicamente contribuyen con segmentos u otros restos de el mismo complemento cromosómico. Por lo tanto el tamaño de el o los cromosomas donadores llegan así a reducirse y aquellos que reciben los segmentos cromosómicos correspondientes llegan a incrementar su tamaño.

EVOLUCION DE LOS CARIOTIPOS POR FUSIONES Y FISIONES ROBERTSONIANAS

En las plantas o en los animales el proceso de la evolución cromosómica debe considerarse como un proceso continuo , donde los cromosomas individuales, están sujetos a todo tipo de cambios durante su prolongado transcurso por diversas formas de vida.

Jones (1978) propone que si los cromosomas primitivos o menos avanzados desarrollan distintas funciones centrómericas , éstas pasan a formar un cariotipo asimétrico. Un cromosoma acrocéntrico o telocéntrico pueden llegar a ser metacéntricos por inversiones pericéntricas o por fusiones céntricas. Un cromosoma metacéntrico igualmente puede convertirse en acrocéntrico o telocéntrico por inversiones o fusiones y es evidente que los cromosomas tienen muchas veces cambios discretos secuenciales tanto hacia la simetría como hacia la asimetría. Este hecho ha sido observado en grupos de especies o en grupos de géneros relacionados los cuales dependen en un punto de el tiempo de su desarrollo evolutivo.

Si la metacentricidad es afectada por cualquier cambio adicional que modifique la forma de los cromosomas , debe disminuir el grado de simetría y cuando esto ocurre,

puede ser que los cromosomas sean una verdadera indicación de la dirección de la evolución. Se puede ver el desarrollo de la simetría desde la asimetría en aquellos grupos en los cuales tienen un punto diferente en su evolución como en el género Cymbispatha. No hay una razón para seguir afirmando que la forma del cromosoma, o el cariotipo modelordictan el progreso de la evolución al modo en que muchos parecen aceptar. En tales grupos de plantas el análisis de la morfología de el cariotipo debe estar integrado con el estudio de otros aspectos del organismo. Los brazos con cromosomas iguales son llamados simétricos y los grados de asimetría resultan de los brazos que llegan a ser desiguales progresivamente. Los cariotipos son llamados relativamente simétricos o asimétricos según la proporción de los cromosomas de los dos tipos, pero cambian en relación a las diferencias del tamaño entre los cromosomas (Jones, 1977)

El centrómero parece jugar un papel importante en las modificaciones de la estructura pero cuando están influidos los cromosomas en general, éstos no pueden tolerar que los cambios en los cariotipos cambie enormemente de un grupo de plantas a otro. Este caso sucede en las especies pertenecientes a la tribu Aloinae que son sumamente resistentes a modificaciones estructurales, pero otras especies hacen uso de una amplia gama de cambios del cariotipo en la evolución de las especies (Jones, 1978)

En el género Cymbispatha el tamaño de los cromosomas y su simetría puede ser incrementada por los isocromosomas estables que son producidos. Los cambios sucesivos involucran diferentes pares de cromosomas que pueden resultar en una mayor transformación de el cariotipo modelo. Si un cariotipo simétrico es la consecuencia de cualquier cambio estructural adicional visible debe ser un movimiento hacia la asimetría. Estos pueden incluir inversiones pericéntricas asimétricas las cuales pueden producir cromosomas acrocéntricos capaces de tener una vez más fusiones céntricas ocasionando en el material genético cuatro cromosomas heredables, y así el proceso puede continuar con ciclos de simetría y asimetría probablemente asociados con períodos de duplicación en los cromosomas (Jones, 1977).

REPRODUCCION VEGETATIVA

La propagación es muy común entre las plantas fanerógamas perennes (Radford, 1974). Dentro de estos procesos encontramos las siguientes formas de reproducción asexual : La clonación y la apomixis (Gustafsson, 1935) .

Un clon es una población de células u organismos derivados de una sola célula o ancestro común por mitosis. El tipo de reproducción que da lugar a un clon es asexual. Un clon no es homogéneo necesariamente y por lo tanto no deben usarse los términos clon o clonado para indicar homogeneidad en una población (Webber, 1903) .

Los cultivos de células vegetales no son genética y fisiológicamente homogéneas y desarrollan poblaciones que aparecen típicamente como un sistema microbial análogo (Chaleff, 1981) .

Según Brauer (1976) un clon conservará su estabilidad genética y por lo tanto todos sus caracteres hereditarios solamente mientras se propague sin la intervención del sexo , pues un clon puede ser totalmente heterocigoto y al propagarse por semilla verdadera todos los individuos de su descendencia serán diferentes entre sí y diferentes a la planta progenitora , aun en el caso de que esta misma generación se hubiese autofecundado.

Si las condiciones del medio ambiente permanecen estables , el número de plantas originadas por clonación puede ser mantenido por muchos años en una población. El material de clones , por lo tanto , es ideal en estudios morfológicos y fisiológicos. La recombinación no es posible , pero las poblaciones mantienen una pequeña cantidad de flexibilidad con respecto al tiempo que dirige la selección hacia adelante o decrece el porcentaje de cada genotipo dentro de cada generación que cambia esta condición (Radford, 1974). Por lo tanto la variación que puede encontrarse en un clon depende entonces de posibles mutaciones somáticas o de que el momento dado intervenga un ciclo

de propagaciones sexuales (Brauer, 1976)

La apomixis en los vegetales es la sustitución de la reproducción sexual por varias clases de reproducción asexual que no termina con la fusión de los gametos. Debido a la falta o supresión de la fecundación y la meiosis, no existe un acoplamiento entre la apomixis y la alternancia de fases nucleares siempre que ocurra regularmente en las generaciones sucesivas como apomixis obligatoria. Los individuos apomícticos obligados tienen un sistema de recombinación completamente cerrado y los genótipos heterocigotos están reservados a costa de la flexibilidad evolutiva. En el caso de los apomícticos facultativos, coexisten los sistemas de reproducción sexual y el apomíctico (Winkler, 1906).

La reproducción vegetativa es en donde el nuevo individuo surge de células diferenciadas o indiferenciadas, en este caso no se produce embrión ni semilla (Gustafsson, 1935)

CROMOSOMAS B

Cromosomas B son cromosomas de una categoría cromosómica heterogénea. Son llamados también supernumerarios, accesorios o cromosomas extra (Randolph, 1928). Están presentes en muchas especies de plantas y animales (Rejom y Rejon, 1987) y difieren en su comportamiento de los cromosomas A, considerados como los que constituyen el complemento normal, en las siguientes características, según Randolph (1928) y Jones y Rees (1982):

- 1.- Generalmente los cromosomas B no tienen homólogos, es decir se presentan en números impares y son de tamaño menor a los cromosomas A.

- 2.- Frecuente, pero no exclusivamente , son telocéntricos y heterocromáticos.
- 3.- Su eficiencia genética normalmente no influye en la viabilidad , ni en el fenotipo de sus portadores , por lo que presentan una herencia no Mendeliana.
- 4.- No presentan organizador nucleolar ; aunque existen excepciones.
- 5.- Presentan variación numérica entre diferentes células , tejidos individuos y poblaciones. En números altos reducen la fertilidad y el crecimiento de la planta portadora.
- 6.- Durante la meiosis , no forman quiasmas con los cromosomas A ; también presentan un comportamiento retardado y una no disyunción preferencial por lo que son fácilmente eliminados , lo que se refleja en sus frecuencias que pueden variar de una planta a otra.
- 7.- En la división mitotica también se retardan y pueden ser eliminados o bien tener una distribución preferencial.
- 8.- Sus efectos en el fenotipo son similares a complejos póligenicos , es decir dan lugar a una variación continua en la herencia y por lo tanto no llevan genes con efectos mayores.

Existen fragmentos cromosómicos supernumerarios en el complemento normal que aparecen en numerosas poblaciones de muchas especies y suelen ser transmitidas por varias generaciones. Estos fragmentos suelen tener muchas características comunes con los cromosomas B pues tienen efectos en el desarrollo y crecimiento (Jones y Rees, 1982 ; Sapre et, al., 1987). Es común la idea de que los fragmentos pequeños producidos por reorganizaciones estructurales eventualmente podrían llegar a ser tan grandes como otros cromosomas por duplicación repetida (Randolph, 1928 ; Ruiz y Ruiz, 1985).

Según White (1945) , pueden distinguirse dos grupos principales de cromosomas B : los que son estables mitóticamente , donde todas las células del individuo tienen el mismo número de cromosomas B y los que son inestables mitóticamente dando lugar a células

las con números diferentes de cromosomas B dentro del mismo individuo.

Los sistemas de acumulación de los cromosomas B dentro de las poblaciones son variados pero normalmente pertenecen a dos categorías :

1.- Aquellos en los que el cromosoma B sufre una segregación irregular en la meiosis y se transmiten preferencialmente a algunos gametos.

2.- Aquellos en los que el cromosoma B sufre una no disyunción mitótica en algunas divisiones o tejidos particulares (Randolph, 1928 ; Jones y Rees, 1982).

En la mitosis durante el crecimiento y desarrollo , la transmisión y distribución de los cromosomas B a las células hija en muchas especies se da como en el caso de los cromosomas A en forma disyuncional de manera que todas las células llevan el mismo número de cromosomas B. Existen excepciones donde la no disyunción de los B provoca una variación en su número entre las células de un mismo individuo. Cuando la no disyunción tiene lugar durante el desarrollo de la línea germinal , también afecta la transmisión de la herencia (Jones y Rees, 1982).

Tanto en plantas como en animales los cromosomas B pueden afectar el crecimiento, el desarrollo del fenotipo externo , la recombinación genética y la formación de quiasmas durante la meiosis (Randolph, 1928 : Jones y Rees, 1982) .

Generalmente se afirma que los cromosomas B tienen importancia adaptativa puesto que su aparición y frecuencia en las especies varía entre poblaciones de origen y hábitat diferentes. Una idea no comúnmente aceptada es que los cromosomas B son parásitos y que no dan ni beneficio o impiden la adaptación a los individuos o poblaciones (Randolph, 1928)

IMPORTANCIA DE LOS ESTUDIOS CITOLOGICOS EN INVESTIGACION TAXONOMICA,
BIOSISTEMATICA Y CONOCIMIENTO EN PLANTAS CON INTERES ECONOMICO.

El laboratorio de Citogenética del Jardín Botánico de la UNAM colabora con los estudios genéticos y citogenéticos de plantas superiores y comprenden la obtención del número cromosómico, el análisis de poliploides, así como el conocimiento de la forma y estructura de los cromosomas. También se aplican técnicas para obtener bandas marcadoras de ciertos grupos de plantas, para entender los mecanismos citogenéticos que han operado en la evolución de las plantas vasculares con el objeto de apoyar estudios Biosistemáticos haciendo énfasis en especies en las que hay peligro de extinción (Palomino, 1985)

Hasta el momento se ha trabajado con un conjunto de plantas silvestres con interés taxonómico y biosistemático. Se han determinado los números cromosómicos y cariotipos de algunas especies de los siguientes géneros :
Oxyrhyncus (Palomino, G. y Mercado, P. 1987) Lonchocarpus, Sophora, Leucaena
Salvia (Palomino, G. Mercado, P y Ramamoorthy, P. 1987), Agastache, Datura
(Palomino, G. ; Viveros, R. ; Bye, R. , 1987) Commelina (em Prensa)
Tradescantia y Gibasis, Echeandia (Palomino, G. ; Romo, V. , 1987) Milla
Nyctocereus (Palomino, G. ; Zuleta, S. y Scheinvar, L. , 1987)

ANTECEDENTES TAXONOMICOS DEL GENERO ECHEANDIA Ort.

El género ECHEANDIA fue propuesto por vez primera en 1797 por Ortega , (Novarum, Aut Rariorum Plantarum ... Descrita en decada de los 90 , Tab 18) para diferenciar las plantas del Nuevo Mundo con anteras connatas y filamentos escamosos , de los ANTHERICUM del Viejo Mundo con anteras fusionadas y filamentos suaves. Subsecuentemen te las especies con anteras fusionadas del Nuevo Mundo fueron asignadas a el género ECHEANDIA , mientras que aquéllas con anteras libres pero, por lo demás , indistingui bles del género ECHEANDIA fueron relegadas al género ANTHERICUM . Esto trajo consigo un agrupamiento de Taxa poco relacionados entre sí . Con la excepción de Anthericum panamense Standl ., todos los taxa del Nuevo Mundo se acomodan fácilmente en dos subgéneros pertenecientes al género ECHEANDIA . Debido a que las diferencias entre el género del Nuevo Mundo y las ANTHERICUM del Viejo Mundo , son de la misma magnitud a las encontradas entre ANTHERICUM y sus parientes del Viejo Mundo las rela ciones sistemáticas se encuentran mejor expuestas si se incluye a las especies del Nuevo Mundo en el género ECHEANDIA (Cruden, 1981).

La sistemática de estas plantas es compleja y ha ido variando a lo largo del tiempo sobre todo en últimas fechas en que Cruden (1981 ; 1986 ; 1987) ha informado de nuevas especies de ECHEANDIA y de nuevas combinaciones de especies que se encontra ban agrupadas en el género ANTHERICUM y el género PHALANGIUM y que al disponer de más datos y estudios taxonómicos llevados a cabo en México y Centroamerica han permitido agrupar en el género ECHEANDIA a especies de los dos antiguos géneros ANTHERICUM y PHALANGIUM .

De ahí que se considere que el estudio citogenético de las mismas contribuirá a aclarar algunos de los problemas taxonómicos existentes. Cabe agregar que próximamen-

te Cruden, publicara un tratamiento sistemático donde discute el problema y las diferencias básicas entre los dos géneros ; ECHEANDIA y ANTHERICUM Cruden (com. pers.)

Algunas de las diferencias fundamentales entre un género y otro (ANTHERICUM y ECHEANDIA) son las que a continuación se indican: Las plantas del género ECHEANDIA tienen una estructura parecida a un cormo y el vástago está rodeado por las bases de las hojas del año anterior. En contraste , ANTHERICUM tiene un rizoma que es verdaderamente corto en algunas especies y el vástago tiende a surgir por fuera de las bases de las hojas del año anterior , si éstas son persistentes

Los filamentos en ANTHERICUM son generalmente lisos y si aparecen escamas estas son paralelas a el eje del filamento. En ECHEANDIA la mayor parte de las especies tienen escamas que se presentan en ángulo recto respecto al eje del filamento (y al parecer la característica de los filamentos lisos son una característica derivada Cruden (com. pers.)

En ECHEANDIA los filamentos de las anteras están insertados en un hoyuelo sin borde , en contraste a la inserción de los filamentos de las anteras en ANTHERICUM mismas que presentan un hoyuelo fuertemente bordeado. En la mayor parte de las especies de ECHEANDIA con anteras fusionadas o que tienen dehiscencia a través de un poro apical existe por lo general una porción de tejido suave que oculta el punto de inserción del filamento . Esto puede ser interpretado incorrectamente como la presencia de un hoyuelo en unos especímenes. Las anteras de todas las especies de ECHEANDIA son dorsifijas con inserción cercana a la base de la antera. Mientras que las anteras de las especies de ANTHERICUM parecen ser basifijas . La mayor parte de las especies de ECHEANDIA tiene anteras fusionadas y las anteras libres son claramente un estado derivado. Las anteras fusionadas son únicas en el Nuevo Mundo. Eventualmente Cruden reconocera dos subgéneros , el primero caracterizado por plantas con flores amarillas. Dentro de este hay cierto número de especies con flor blanca e incluye a la especie Echeandia nana ; los tépalos de este grupo tienden a ser ampliamente elípticos. El otro subgénero es caracterizado por presentar especies con flores blancas en el se in

cluiran especies con flores colores crema y otros dos con flores anaranjadas. Los tépalos de todas excepto unas cuantas son estrechamente elípticos y en general fuertemente reflejos. Existen algunas especies que no pueden ser colocadas fácilmente en uno de estos grupos. Existe un grupo paralelo de especies dentro del subgénero de flores blancas y este incluye un grupo pequeño con plantas de anteras libres y en grupos mayores con anteras fusionadas. Cruden (com. pers.)

A partir de lo expuesto por Cruden (com. pers.) resume las características considerados para separar a las especies de ECHEANDIA de las de ANTHERICUM : en el siguiente cuadro :

CARACTERISTICAS	<u>ECHEANDIA</u>	<u>ANTHERICUM</u>
TIPO DE ESTRUCTURA RADICAL	CORMO	RIZOMA
TIPO DE CRECIMIENTO DE BROTOS NUEVOS	VASTAGO RODEADO POR LAS HOJAS BASALES DEL AÑO ANTERIOR	EL VASTAGO TIENDE A SURGIR POR FUERA DE LAS HOJAS BASALES DEL AÑO ANTERIOR
TIPO DE FILAMENTOS	ESCAMOSOS LISOS	LISOS PERO PUEDEN TENER ESCAMAS EN CUYO CASO SON PARALELOS AL EJE DEL FILAMENTO
INSERCIÓN DE LOS FILAMENTOS DE LAS ANTERAS	INSERTADO EN UN HOYUELO SIN BORDE	INSERTADO EN UN HOYUELO FUERTEMENTE BORDEADO.
TIPO DE ANTERAS	FUSIONADAS Y LIBRES	LIBRES
INSERCIÓN DE ANTERAS	DORSIFIJAS	BASIFIJAS
COLOR DE LA FLOR	AMARILLAS, ANARANJADAS CREMA, BLANCA	BLANCA

Sánchez (1969) informa que las ECHEANDIAS son hierbas con rizoma corto y raíces fasciculadas. Actualmente se sabe que es un cormo Cruden (com. pers.) Presentan también hojas lineares basilares , escapo delgado , simple o paniculado ; perigonio de seis tépalos extendidos y subiguales , blancos o amarillos , trinervados . Así mismo se observan seis estambres más cortos que el perianto , con los filamentos delgados y las anteras unidas o libres en un cono alrededor del estilo. La mayor parte de las especies tienen escamas (Sánchez, 1969) o lisas (Cruden, 1986) . También presentan ovario sésil , trilocular , con muchos óvulos en cada cavidad ; estilo filiforme apenas sobrepasa las anteras ; estigma capitado y cápsula loculicida ovoidea u oblonga , con muchas semillas negras (Sánchez, 1969)

Sánchez (1969) y Willis (1973) reportan diez especies de ECHEANDIA , sin embargo Cruden (1981 ; 1986 ; 1987) reporta 32 especies , distribuidas principalmente en zonas bosas de pino o pino-encino entre los 1500 y 3300 metros sobre el nivel del mar ; encontrándose entre ellas a las siguientes especies endémicas Mexicanas :

Echeandia gracilis Cruden , Echeandia nana (Baker) Cruden , Echeandia duranguensis (Greenm) Cruden y Echeandia mexicana Cruden R.Galván (com. pers.) y

Echeandia petenensis Cruden (Cruden, 1986). También se encuentran en otros habitats como llanos, bosques de juniperus, pino, pino-encino, pino-roble-liquidambar, vegetación tropical decidua , matorral xerofilo, pastizal (Cruden, 1981 ; 1986 ; 1987)

Estudios recientes llevados a cabo por Cruden (1981 ; 1986 ; 1987) proporcionan nombres de nuevas especies y nuevas combinaciones que enriquecen los estudios florísticos de la flora Mexicana y Centroamericana.

- 1.- Echeandia altipratensis Cruden
- 2.- Echeandia breedlovei Cruden
- 3.- Echeandia campechiana Cruden
- 4.- Echeandia ciliata (Kunth) Cruden

- 5.- Echeandia coalcomanensis Cruden
- 6.- Echeandia chiapensis Cruden
- 7.- Echeandia duranguensis (Greenm) Cruden
- 8.- Echeandia flavescens (Schultes & Schultes) Cruden
- 9.- Echeandia formoso^o (Weatherby) Cruden
- 10.- Echeandia gentryi Cruden
- 11.- Echeandia gracilis Cruden
- 12.- Echeandia imbricata Cruden
- 13.- Echeandia longipedicellata Cruden
- 14.- Echeandia luteola Cruden
- 15.- Echeandia matudae Cruden
- 16.- Echeandia mcvaughii Cruden
- 17.- Echeandia mexicana Cruden
- 18.- Echeandia molinae Cruden
- 19.- Echeandia nana (Baker) Cruden
- 20.- Echeandia occidentalis Cruden
- 21.- Echeandia parvicapsulata Cruden
- 22.- Echeandia petenensis Cruden
- 23.- Echeandia pihuamensis Cruden
- 24.- Echeandia pittieri Cruden
- 25.- Echeandia ramosissima (Presl.) Cruden
- 26.- Echeandia robusta Cruden
- 27.- Echeandia scabrella (Bentham) Cruden
- 28.- Echeandia sinaloensis Cruden
- 29.- Echeandia skinneri (Baker) Cruden
- 30.- Echeandia udipratensis Cruden
- 31.- Echeandia vestita (Baker) Cruden
- 32.- Echeandia williamsii Cruden

Los estudios Citogenéticos en el género ECHEANDIA son escasos , los números cromosómicos reportados son para las siguientes especies :

GENERO Y ESPECIE	AUTOR	AÑO	No CROMOSOMICO
<u>E. terniflora</u>	Schnarf, Wunderlich	1939	$2n = 16$
<u>E. gracilis</u>	Cruden	1981	$n = 8$
<u>E. longipedicellata</u>	Cruden	1981	$n = 40$
<u>E. mexicana</u>	Cruden	1981	$n = 8$
<u>E. altipratensis</u>	Cruden	1986	$n = 24$
<u>E. campechiana</u>	Cruden	1986	$n = 24$
<u>E. chiapensis</u>	Cruden	1986	$n = 8$
<u>E. luteola</u>	Cruden	1986	$n = 32$
<u>E. matudae</u>	Cruden	1986	$n = 16$
<u>E. leptophylla</u>	Palomino y Romo	1987	$2n = 48$
<u>E. mcvaughii</u>	Cruden	1987	$n = 8$
<u>E. mexicana</u>	Palomino y Romo	1987	$2n = 16$
<u>E. nana</u>	Palomino y Romo	1987	$2n = 16$
<u>E. occidentalis</u>	Cruden	1987	$n = 8$
<u>E. parvicapsulata</u>	Cruden	1987	$n = 8$
<u>E. pihuamensis</u>	Cruden	1987	$n = 8$
<u>E. robusta</u>	Cruden	1987	$n = 8$
<u>E. udipratensis</u>	Cruden	1987	$n = 40$

OBJETIVOS

Este trabajo se realizó para analizar los cariotipos de ocho poblaciones de la especie Echeandia nana, provenientes de varias localidades del estado de México e Hidalgo Para :

- 1.- Determinar el número cromosómico $2n$, el número básico X y elaborar el cariotipo de la especie.
- 2.- Analizar el nivel de poliploidía y aneuploidía presentes en estas poblaciones, determinar el tipo de rearrreglos cromosómicos presentes en los individuos de las mencionadas poblaciones.
- 3.- Determinar la presencia de cromosomas B.
- 4.- Determinar la relación entre los rearrreglos y los niveles de poliploidía observados, con los mecanismos de colonización de estas plantas en los diferentes habitats en donde se distribuye.
- 5.- Analizar el papel que han jugado estos cambios citogenéticos en la evolución de Echeandia nana.

MATERIAL

Las plantas en las que se llevó acabo este estudio pertenecen a la colección de plantas vivas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la U.N.A.M. Fueron colectadas en varias localidades del estado de México e Hidalgo. Las plantas de las diferentes localidades fueron trasplantadas a macetas con tierra rica en materia orgánica, vermiculita y se mantienen vivas en los invernaderos del Jardín Botánico, mientras que otras fueron prensadas para elaborar los ejemplares de herbario y determinarlas taxonómicamente. Posteriormente se depositaron en el herbario nacional M.E.X.U.. En el presente estudio se analizaron ocho poblaciones que se registraron con los siguientes números de colecta : 009 ; 009.3 ; 115 y 242 ; 265 ; 277 ; 278 ; 282 ; 283 y una población clonal originada de la población 009 y de la planta número 3. Los datos de estas colecciones se indican en el cuadro número 1. Todo el material fué determinado por el Doctor Cruden del departamento de Botánica de la Universidad de IOWA.

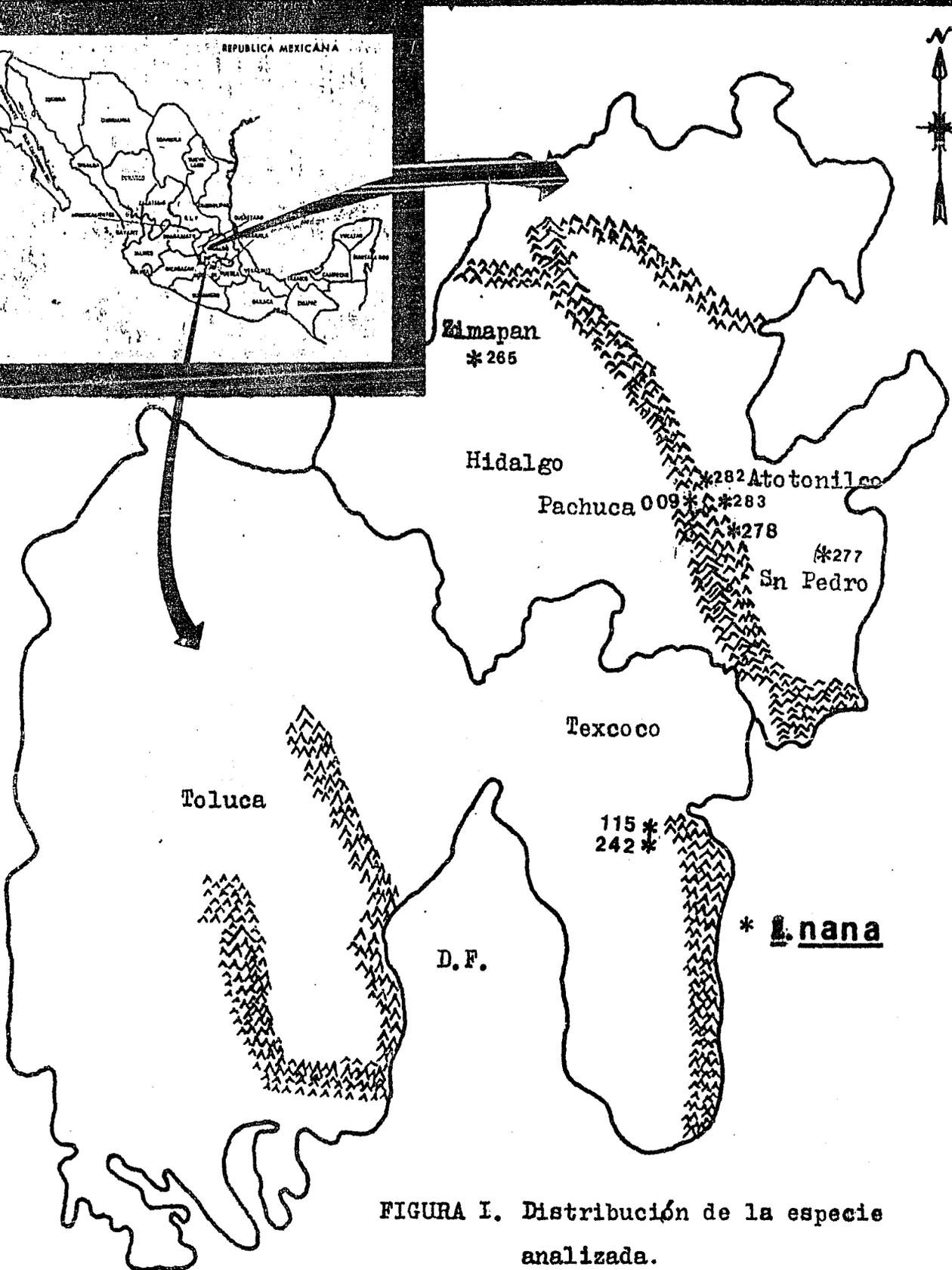


FIGURA I. Distribución de la especie analizada.

CUADRO No 1 : DATOS DE LAS COLECCIONES DE OCHO POBLACIONES DE Echeandia nana

No DE POBLACION	COLECTORES	AÑO	POBLACION
.009	G. Palomino , V. Romo R. Galvan , P. Mercado	1983	Km. 6 al NE de Pachuca-Tampico Ladera Andesi- tica con matorral xerófilo , suelo color café a una altitud de 2700 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)
009.3		1985	Clones de la colecta 009 y de la planta No 3 mantenidas en los Invernaderos del Jardín Botánico de la U.N.A.M.
115 y 242	V. Romo , J. Martínez	1983 y 1986	Campo experimental la "Siberia" a 1.5 Km. de Huexotla Municipio de Texcoco. Zona refores- tada con eucalipto y pirul a una altitud de 2260 m.s.n.m. (U.A. de Chapingo) (ESTADO DE MEXICO)
265	G. Palomino , A. Kenton	1986	10 Km. de Zimapan a Pachuca con <u>Pinus</u> , <u>Cupressus</u> , zona de pastoreo área muy seca 250 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)

CUADRO No 1 : DATOS DE LAS COLECCIONES DE OCHO POBLACIONES DE Echeandia nana

No DE POBLACION	COLECTORES	AÑO	POBLACION
277	G. Palomino , A. Kenton	1986	Km. 16.5 de carretera Pachuca a Tulancingo, frente a un arrollo Km. 8 del Ocote a San Pedro , Zona arbustiva con <u>Cupresus</u> , <u>Agaves</u> , <u>Opuntias</u> área abierta muy seca 2700 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)
278	G. Palomino , A. Kenton	1986	Km. 8 desviación de la carretera hacia Nopalillo , Sn. Pedro a Real del Monte Via Guajolote 2708 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)
282	G. Palomino , A. Kenton	1986	Km. 57.5 de Atotonilco a Molango zona de encinar con pino 2000 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)
283	G. Palomino , A. Kenton	1986	Llano de Atotonilco Molango 2000 m.s.n.m. (ESTADO DE HIDALGO)

METODOLOGIA

Los meristemos radiculares elegidos para la observación de células en metafase se obtuvieron de raíces secundarias en división celular activa apreciadas por el color blanco de la raíz . Estas raíces tenían una longitud de 0.5 - 1.5 cm. y fueron cortadas de 7 a 8 a.m., y pretratadas con el mitostático Paradiclorobenceno (PDB) a una concentración saturada. Se mantenían durante seis horas y media en la oscuridad y a una temperatura de 4°C. En seguida las raíces secundarias fueron lavadas con agua destilada tres veces , después se fijaron en solución fresca de Farmer a una proporción de 3:1 (Alcohol Absoluto y Acido Acetico Glacial) y mantenidas en el refrigerador a 4°C donde podían conservarse por tiempo indefinido. Para llevar a cabo la tinción , las raíces se hidrolizaron con HCL 1N a 60°C durante seis minutos , e inmediatamente después fueron teñidas en una solución de Feulgen hecha a base de fúcsina básica según la fórmula de García (1975) durante treinta minutos a temperatura ambiente , tiempo suficiente para que las puntas tomaran un color violeta (Sharma y Sharma, 1959) . Inmediatamente después el meristemo radicular teñido fue cortado y colocado en un porta objetos limpio , agregando una gota de solución colorante de Aceto-orceína al 2%. Posteriormente, se colocó el cubre objetos y se flameo en una lámpara de alcohol , con el objeto de decolorar el citoplasma . Se dio un ligero aplastamiento por golpeteo para separar las células y poder observarse al microscopio en campo claro. Si se obtenían buenos campos con cromosomas separados y con una buena contracción y tinción y la célula no estaba rota , se fijaba la preparación con el método del hielo seco propuesto por Conger y Fairchild (1953) la preparación se colocaba sobre un trozo de hielo seco y se congelaba cerca de quince minutos , después de lo cual se separaban el cubre objetos del porta objetos , con

un bisturí y ambos se sumergían en alcohol absoluto por cinco segundos aproximadamente

Posteriormente se añadió una gota de Bálsamo de Canadá y la preparación se colocó en una estufa a 60°C durante una semana , para su secado . En seguida se seleccionaron los mejores campos de al menos 20 células de cada planta de las ocho poblaciones. de cuatro a doce individuos.

Las mejores células fueron fotografiadas en un fotomicroscopio Carl-Zeiss , objetivo 1.25 y con un objetivo de 100 X y amplificaron en una ampliadora Besseler - Dichro 67 , con una escala : 19.36 mm., 5 µm.

Los cromosomas de las células seleccionadas se dibujaron en una cámara lucida Carl-Zeiss . A partir de estos dibujos y de las fotografías obtenidas , se elaboraron los cariotipos . En la determinación del cariotipo se seleccionaron , de cada población las mejores células. Los cromosomas dibujados se aparearon conforme a su tamaño y posición del centrómero . Posteriormente , se clasificaron según el criterio de Naranjo, et. al., (1983 ; 1986) . Los idiogramas se elaboraron con base en la medida real de los cromosomas , que fué obtenida a partir de las fotografías amplificadas.

Los cromosomas meióticos se observaron en anteras frescas de las células madres del polen (CMP) en botones florales de un tamaño entre 1.0 a 1.1 cm. . Este análisis se realizó en 1 y 2 plantas que florecieron en los invernaderos de cada población y se llevó a cabo en 10-15 células por planta. Las anteras fueron colocadas en un portaobjetos limpio , agregando una gota de Aceto-orceína al 2% . En seguida se colocó el cubreobjetos y se flameó en una lámpara de Alcohol. Después con la goma de un lápiz se dió un ligero aplastamiento por golpeteo para separar el tejido y poder observar los cromosomas al microscopio en campo claro. La preparación así obtenida se fijó con el método de hielo seco propuesto por Conger y Fairchild (1953) . Para su congelación se colocaba en un trozo de hielo seco durante quince minutos , después de lo cual se separaba el cubreobjetos del portaobjetos , con un bisturí y ambos se

sumergían en alcohol absoluto durante cinco minutos. Posteriormente se añadió una gota de Bálsamo de Canada y la preparación se secó en una estufa a 60°C - durante una semana.

RESULTADOS

Las ocho poblaciones de Echeandia nana , analizadas fueron diploides con $2n = 16$ (Figura. 2. A.B.C.D.E.) y el $n = 8$ (Figura. 9. A.B.C.) . Fueron encontrados dos citotipos , el citotipo A , con un cariotipo de $4m + 4sm$ (Figura 3. B) en las poblaciones 277, 278, 282, 283 ; y el citotipo B con un cariotipo de $3m + 5sm$ de los cuales un par metacéntrico y un par submetacéntrico presentan satélites (Figura 3. A) en las poblaciones , 009, 009.3, 115 y 242 y 265 (Tabla. 3) :

Todas las plantas de las ocho poblaciones , resultaron ser mosaicos cromómicos ya que se observaron además de las células diploides $2n = 16$; células aneuploides con $2n = 15$ (Figura 5. Células A.B.C.D. ; Figura 11. Idiogramas D.E.F.G.) ; células con $2n = 16 + 1B$ (Figura 6. Células A.B.C.D. ; Figura 11. Idiogramas. H.I.J.) y $2n = 16 + 3B$ (Figura 7. ; Figura. 11. Idiograma L) , y células tetraploides $2n = 32$ (Figura 4. Células A.B.C.D. ; Figura 11. Idiograma C.) así como rearrreglos estructurales con un número cromosómico de $2n = 17$ (Figura 8 ; Figura 11. Idiograma K). Los mayores porcentajes encontrados en cada una de las ocho poblaciones de células correspondientes a los números cromosómicos $2n = 16$ varió de un 67.00 % en la población 265 a un 78.75 % en la población 278 (Tabla 1 y 2) permaneciendo invariable el número cromosómico diploide $2n = 16$, en los dos citotipos antes mencionados.

Las células aneuploides $2n = 15$ fueron observadas con una frecuencia porcentual que va de 2.27 % en la población 277 a un 12.5 % en la población 278 (Tabla 1 y 2) . Sin embargo en las poblaciones 282 y 283 este número aneuploide no fue detectado. La pérdida cromosómica no es constante ya que en las células analizadas se observaron las siguientes variaciones en las fórmulas cariotípicas con respecto a las células $2n = 16$ consideradas como normales. En la población 282, en el individuo número 2 (282-2) se observó la pérdida de un cromosoma submetacéntrico (Figura 5. Célula B. ; Figura 11. Idiograma D). Mientras que en la población clonal 009.3 , en el individuo M (009.3.M) se pierde un cromosoma metacéntrico pequeño (Figura 5. Célula A. ; Figura 11. Idiograma E). En la población 277, el individuo 3 (277-3) pierde un cromosoma submetacéntrico pequeño (Figura 5. Célula C. ; Figura 11. Idiograma F.). En la población 009.3 en el individuo F (009.3) se observa la pérdida de un cromosoma metacéntrico grande (Figura 5. Célula D ; Figura 11. Idiograma G.)

Las frecuencias de los cromosomas B , en células con formula $2n = 16 + 1B$ fueron de 2.52 % en la población clonal 009.3 y a un máximo , en las población 278 , de un 12.5 % (Tabla 1 y 2). Los cromosomas B observados en todas las poblaciones fueron del tipo subteloacéntrico (Figura 6. A.B.C.D. ; Figura 11. Idiograma H.I.J.). Las células con formula cromosómica de $2n = 16 + 3B$ aparecieron con una frecuencia en la población clonal 009.3 , de 0.63 y de un 4.20 % en la población 009 ; no fueron observadas en las poblaciones 277 y 278 (Tabla 1 y 2) los cromosomas B observados en las poblaciones 009, 009.3, 242 y 115, 265, 282, 283, es del tipo subteloacéntrico un cromosoma grande y un par pequeño (Figura 7. ; Figura 11. Idiograma.L).

En las células poliploides se presenta un $2n = 32$ y sus frecuencias son de 18.75 % en la población 278 y de un 22.39 % en la población 265 (Tabla 1 y 2) el cariotipo presente en estas poblaciones es el duplicado del $2n = 16$ (Figura 4.A.B.C. ;

Figura 11. Idiograma C)

Una última diferencia observada es la que se refiere a los cambios estructurales y que sólo están presentes en un individuo de la población 282, el individuo 3 (282-3) las variaciones son la presencia de un cromosoma submetacéntrico grande y un cromosoma metacéntrico chico y un metacéntrico grande con constricciones secundarias (figura 8. ; Figura 11. Idiograma K.)

El análisis meiótico se realizó en las células madres del polen (CMP) en metafase I (MI) y anafase I (AI). En todas las plantas de las poblaciones estudiadas se observó la presencia de células con ocho bivalentes $\underline{n} = 8$ en metafase I (Figura 9. A.B C.) ; y la presencia de células con ocho bivalentes y un cromosoma B, $\underline{n} = 8+1B$ (Figura 9. Célula D.) este cromosoma es del tipo subtelocéntrico.

En las plantas de todas las poblaciones analizadas se observaron células en Anafase I (AI) normales en porcentajes variables de 68.42 % a 54.83 %, mientras que en el 31.58 % a 32.21 % restante se observaron puentes originados por el comportamiento retardado de los cromosomas B (Figura. 10. Células A.B.C.)

TABLA 1 : VARIACION EN EL $2n$ Y FRECUENCIA DE CROMOSOMAS B EN
OCHO POBLACIONES DE LA ESPECIE Echeandia nana.

No DE POBLACION	TOTAL DE PLANTAS ANALIZADAS	$2n$	No DE CELULAS ANALIZADAS	PORCENTAJE DE CELULAS ANALIZADAS
009	7	16	82	68.91
		32	22	18.49
		15	3	2.52
		16 + 1B	7	5.88
		16 + 3B	5	4.20
009.3	10	16	124	77.99
		32	22	13.84
		15	8	5.03
		16 + 1B	4	2.52
		16 + 3B	1	0.63
.242 y 115	9	16	80	75.47
		32	12	11.32
		15	4	3.77
		16 + 1B	7	6.60
		16 + 3B	3	2.83
265	6	16	45	67.00
		32	15	22.39
		15	3	4.48
		16 + 1B	3	4.48
		16 + 3B	1	1.49

TABLA 1 : VARIACION EN EL $2n$ Y FRECUENCIA DE CROMOSOMAS B EN
 OCHO POBLACIONES DE LA ESPECIE Echeandia nana.

No DE POBLACION	TOTAL DE PLANTAS ANALIZADAS	$2n$	No DE CELULAS ANALIZADAS	PORCENTAJE DE CELULAS ANALIZADAS
277	6	16	33	75.00
		32	7	15.91
		15	1	2.27
		16 + 1B	3	6.82
278	7	16	63	78.75
		32	15	18.75
		15	1	12.5
		16 + 1B	1	12.5
282	8	16	62	73.81
		32	14	16.67
		16 + 1B	4	4.76
		16 + 3B	4	4.76
283	4	16	37	75.55
		32	10	19.61
		16 + 1B	2	3.92
		16 + 3B	2	3.92

TABLA 2 : VARIACION EN EL 2n Y FRECUENCIA DE CROMOSOMAS B POR CADA INDIVIDUO
 DE OCHO POBLACIONES DE LA ESPECIE Echeandia nana.

No DE INDIVIDUO	TOTAL DE CELULAS ANALIZADAS	NUMERO ; PORCENTAJE DE CELULAS Y VARIACION EN EL 2n									
		16		32		15		16 + 1B		16 + 3B	
		NoCel	%	NoCel.	%	NoCel.	%	NoCel.	%	NoCel.	%
009-1	16	11	68.71	3	18.75			1	6.25	1	6.2
009-2	19	12	63.16	4	21.05	1	5.26	1	5.26	1	5.2
009-3	19	13	68.42	4	21.05			1	5.26	1	5.2
009-4	16	11	68.75	3	18.75			1	6.25	1	6.2
009-5	14	10	71.43	2	14.29	1	7.14	1	7.14		
009-6	17	12	70.59	3	17.65			1	5.88	1	5.8
009-7	18	13	72.22	3	16.67	1	5.56	1	5.56		
009.3-A	15	10	66.66	2	13.33	1	6.66	1	6.66	1	6.6
009.3-B	14	10	71.43	2	14.29	1	7.14	1	7.14		
009.3-C	16	11	68.75	3	18.75	1	6.25	1	6.25		
009.3-D	18	14	77.77	2	11.11	1	5.55	1	5.55		
009.3-E	15	12	80.00	2	13.33	1	6.66				
009.3-F	19	16	84.21	2	10.53	1	5.26				
009.3-G	15	11	73.33	3	20.00	1	6.67				
009.3-H	19	16	84.21	2	10.53	1	5.26				
009.3-I	11	9	81.81	2	18.18						
009.3-J	17	15	88.24	2	11.77						
115.4	14	10	71.43	1	7.14	1	7.14	1	7.14	1	7.1
115.8	11	8	72.73	2	18.18			1	9.09		
242-1	8	7	87.5	1	12.5						
242-4	13	10	76.92	1	7.69	1	7.69	1	7.69		
242-9	11	9	81.81	1	9.09						
242-16	11	8	72.73	2	18.18			1	9.09		
242-19	13	9	62.23	1	7.69	1	7.69	1	7.69	1	7.69
242-21	11	9	81.81	1	9.09			1	9.09		
242-26	14	10	71.43	2	18.18	1	9.09	1	9.09		
265-3	10	7	70.00	2	20.00	1	10.00				
265-7	11	8	72.73	3	27.27						
265-9	11	6	54.55	2	18.18	1	9.09	1	9.09	1	9.09
265-12	10	7	70.00	3	30.00						
265-14	14	9	64.29	3	21.43	1	7.14	1	7.14		
265-16	11	8	72.73	2	18.18			1	9.09		
277-3	7	5	71.43	1	14.29			1	14.29		
277-8	4	4	100.00								
277-10	11	7	63.64	2	18.18	1	9.09	1	9.09		
277-12	8	8	100.00								
277-14	8	5	62.5	2	25.00			1	12.5		
277-19	6	4	66.67	2	33.33						
278-1	12	9	69.23	3	23.08						
278-3	13	10	76.92	2	15.38	1	7.69				
278-4	10	8	80.00	1	10.00			1	10.00		
278-7	12	9	75.00	3	25.00						
278-9	13	11	84.62	2	23.08						
278-11	10	9	90.00	1	10.00						
278-13	10	7	70.00	3	30.00						

TABLA 2 : VARIACION EN EL $2n$ Y FRECUENCIA DE CROMOSOMAS B POR CADA INDIVIDUO DE OCHO POBLACIONES DE LA ESPECIE Echeandia nana.

	No DE INDIVIDUO	TOTAL DE CELULAS ANALIZADAS		NUMERO ; PORCENTAJE DE CELULAS Y VARIACION EN EL $2n$					
		16	32	15	16 + 1B		16 + 3B		
		NoCel. %	No.Cel. %	NoCel. %	NoCel. %	NoCel. %	NoCel. %	NoCel. %	
282-1	11	9	81.81	2	18.18				
282-3	13	8	65.54	3	23.08	1	7.69	1	7.69
282-4	8	7	87.5	1	12.5				
282-6	13	9	69.23	2	15.38	1	7.69	1	7.69
282-9	9	7	77.78	2	22.22				
282-11	9	6	66.67	1	11.11	1	11.11	1	11.11
282-13	11	9	81.81	2	18.18				
282-15	10	7	70.00	1	10.00	1	10.00	1	10.00
283-1	13	8	61.64	3	23.08	1	7.69	1	7.69
283-2	11	9	81.82	2	18.18				
283-3	16	11	68.75	4	25.00	1	6.25		
283-4	10	9	81.82	1	9.09			1	9.09

TABLA 3. ANALISIS CARIOTIPICO DE OCHO POBLACIONES DE Echeandia nana

DONDE SE MUESTRAN LOS DOS CITOTIPOS ENCONTRADOS Y LAS
 POBLACIONES QUE PRESENTARON CELULAS ANEUPLOIDES $2n = 15$ Y
 CELULAS CON $2n = 16 + 3B$.

CITOTIPO A	CITOTIPO B	CROMOSOMAS HETERO MORFICOS.	CELULAS ANEUPLOIDES $2n = 15$	CELULAS CON 3 CROMOSOMAS B $2n = 16 + 3B$
4m + 4sm	3m + 5sm			
	009	sm con c.s.	++	++
	009.3	sm con c.s.	++	++
	115 y		++	++
	242			
	265		++	++
277		sm con c.s.	++	
278			++	
282		sm con c.s.		++
283				++

sm = Cromosomas Submetacéntricos.

c.s. = Constricción Secundaria.

++ = Presencia de Células con $2n = 15$ y $2n = 16 + 3B$

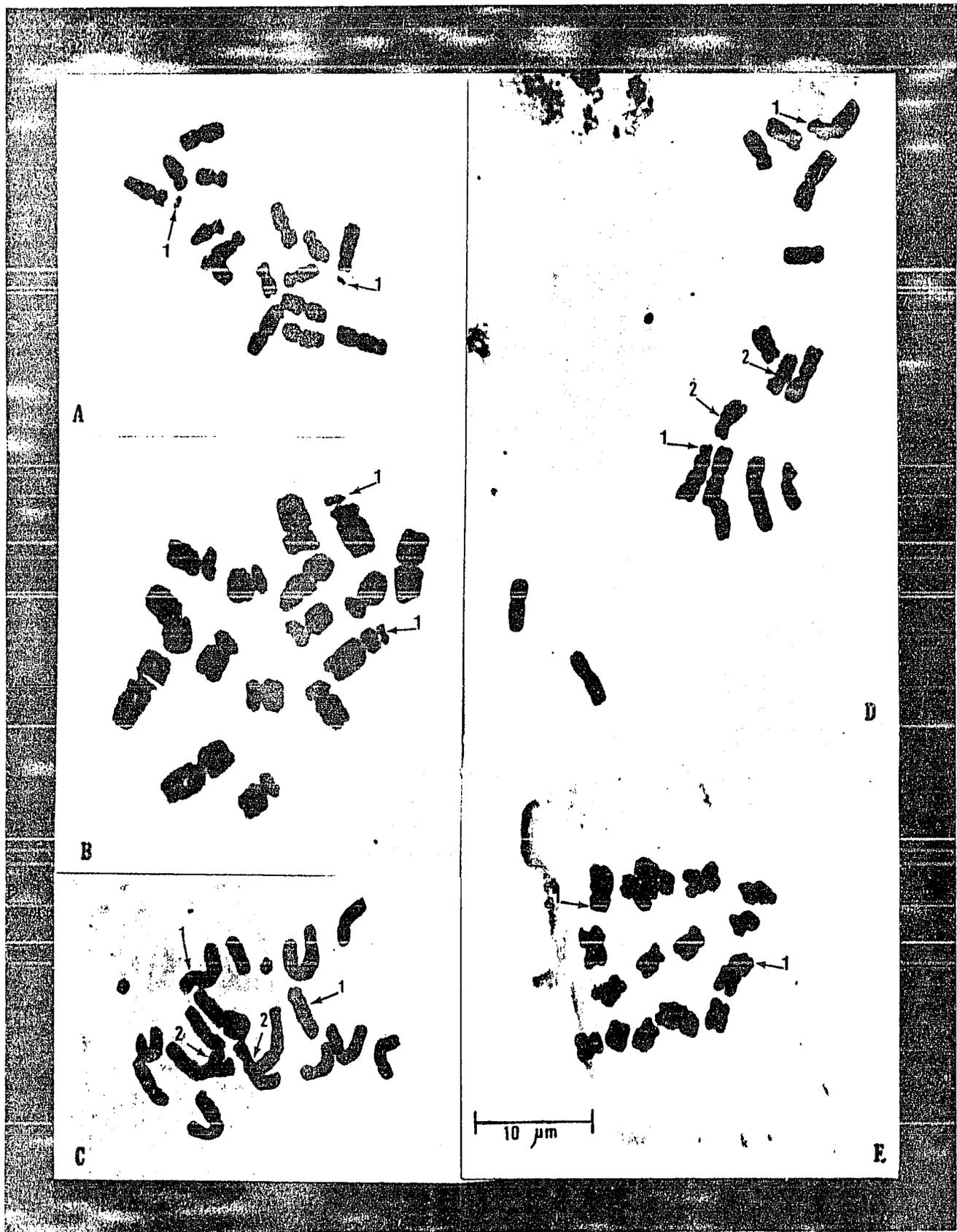
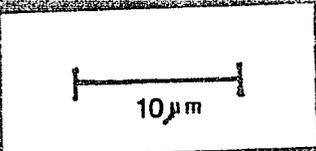
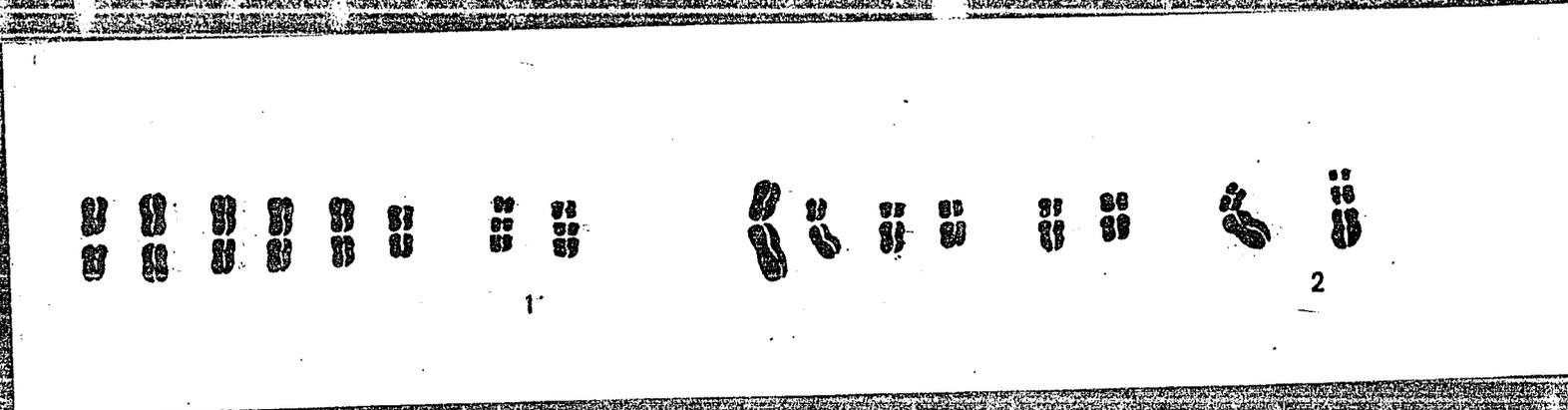


FIGURA 2. Células somáticas de *Echeandia nana*, donde se aprecia el número cromosómico $2n = 16$. Los números indican los pares de homólogos con constricciones secundarias. La barra equivale a 10 μm .

A



B

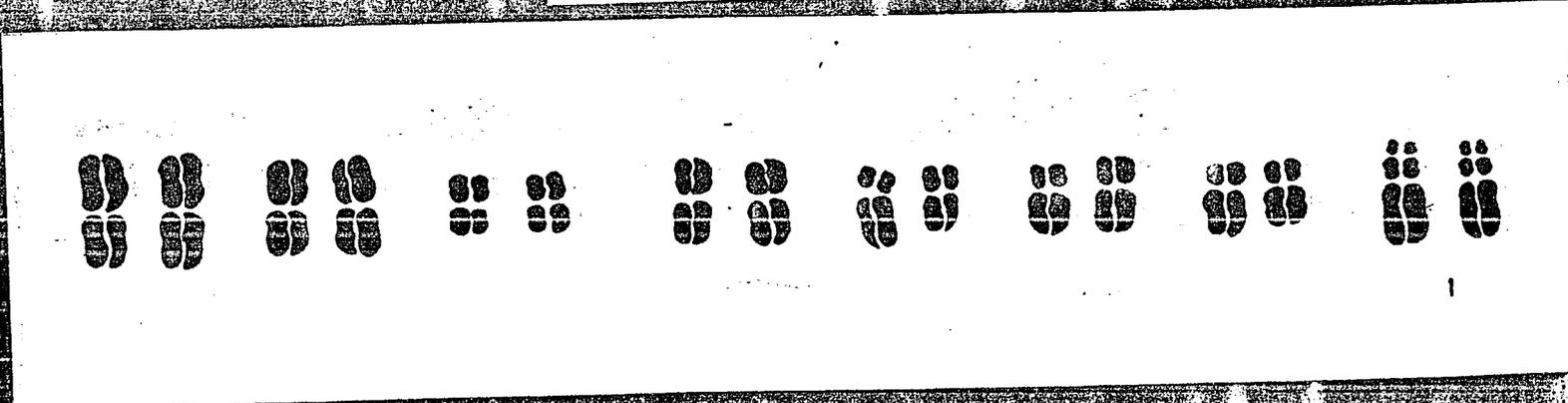


FIGURA. 3 A. CARIOTIPO DE *Echeandia nana* , $2n = 16$ (CITOTIPO A)
B. CARIOTIPO DE *Echeandia nana* , $2n = 16$ (CITOTIPO B)
Los números indican los pares de cromosomas homólogos con satélites. La barra equivale a $10 \mu m$.



FIGURA 4. Células somáticas de *Echeandia nana*, donde se aprecia el número cromosómico $2n = 32$. Los números indican los pares de homólogos con constricciones secundarias. La barra equivale a 10 µm.



FIGURA 5. Células somáticas de *Echeandia nana*, donde se aprecia el número cromosómico aneuploide $2n = 15$. Los números indican los pares de homólogos con constricciones secundarias. La barra equivale a 10 μm .

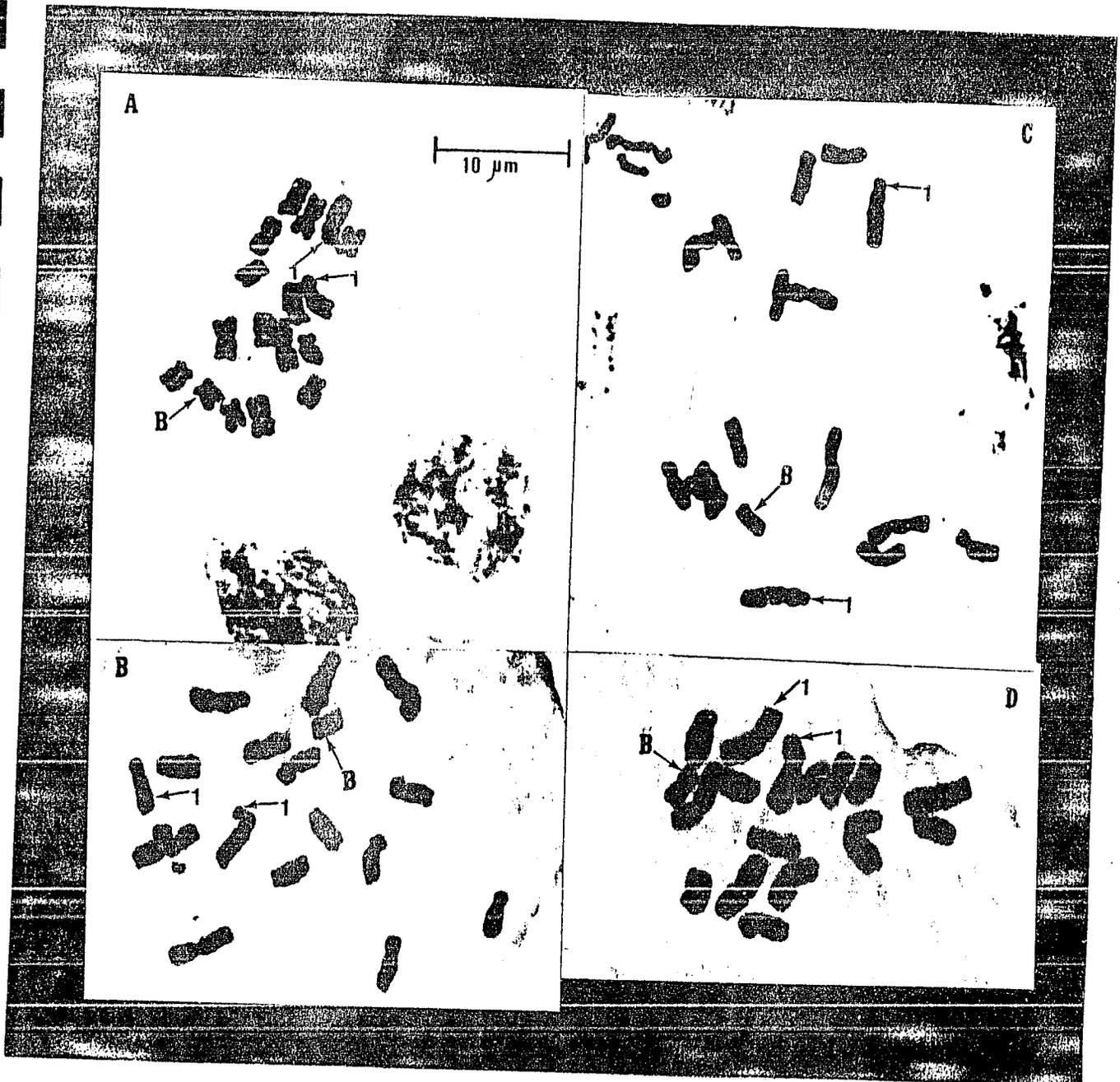


FIGURA 6. Células somáticas de *Echeandia nana*, donde se aprecia el número cromosómico $2n = 16 + 1B$. Los números indican los pares de homólogos con constricciones secundarias, las letras indican los cromosomas B. La barra equivale a $10\mu m$

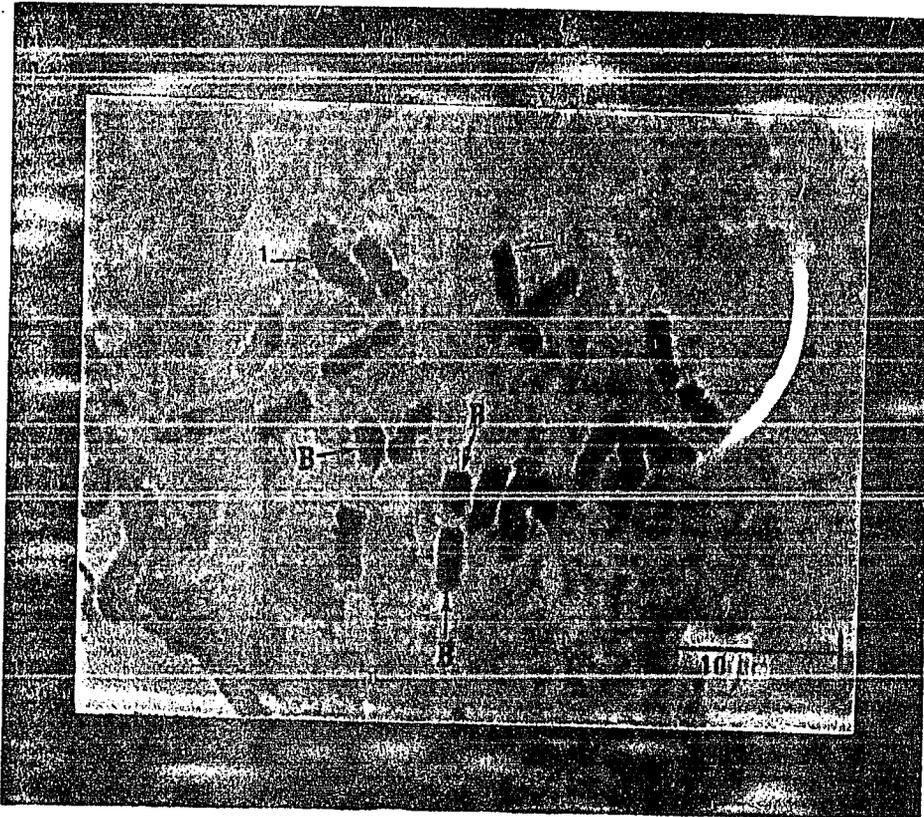


FIGURA 7. Célula somática de *Echeandia nana* , donde se aprecia el número cromosómico $2n = 16 + 3B$. Los números indican los pares de homólogos con constricciones secundarias , las letras indican los cromosomas B. La barra equivale a $10 \mu\text{m}$.

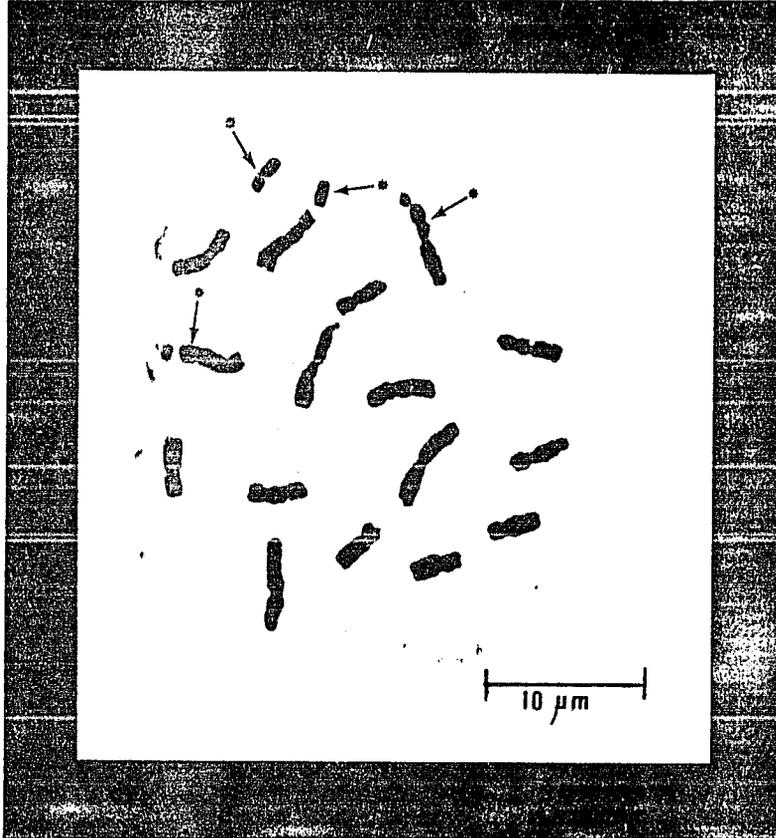


FIGURA 8. Célula somática de *Echeandia nana*, donde se aprecia el número cromosómico $2n = 17$, con rearrreglos estructurales, los asteriscos muestran los cromosomas con variaciones. La barra equivale a $10 \mu\text{m}$.

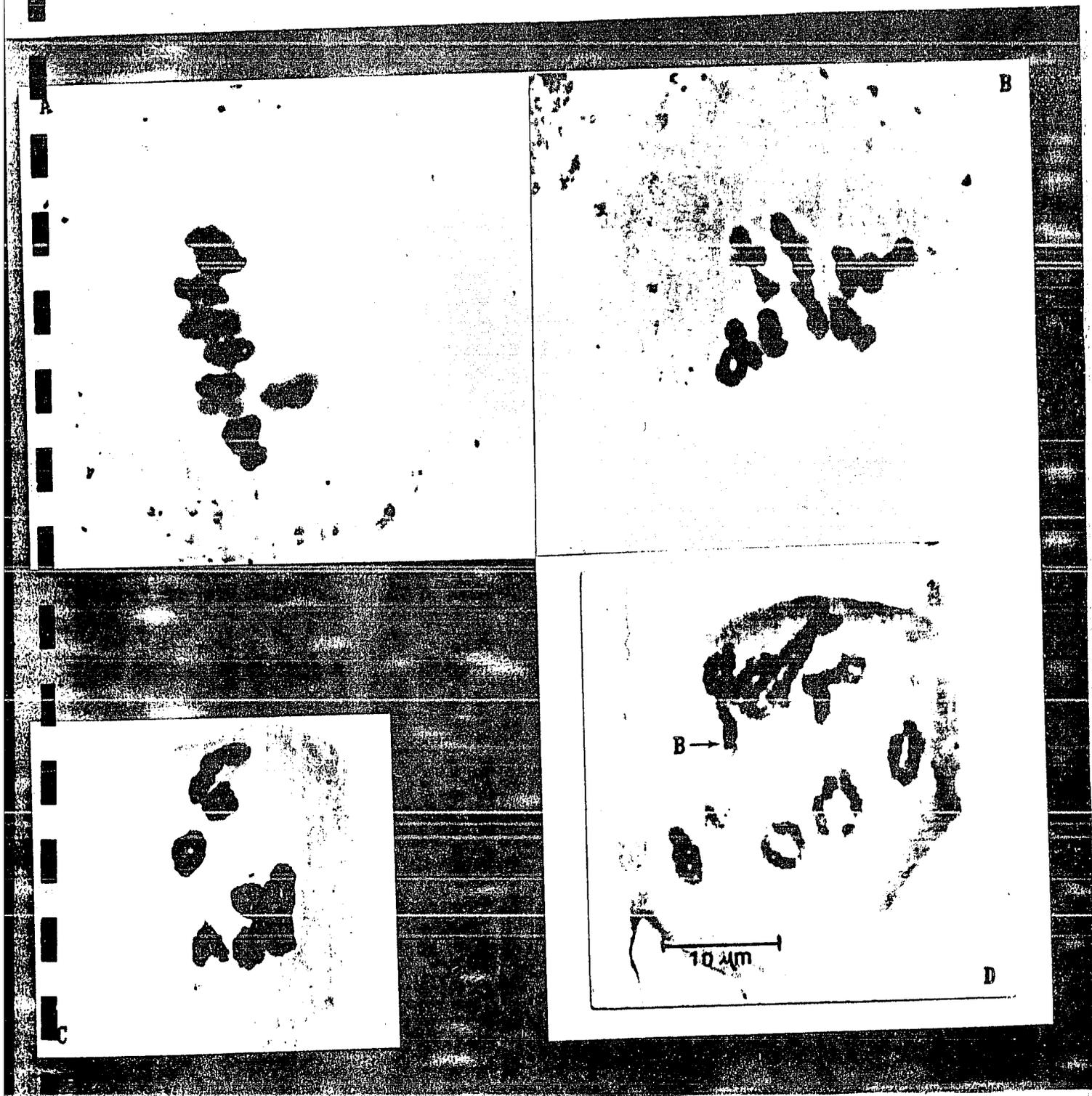


FIGURA 9. Células madres del polen (CMP) de *Echeandia nana*, en metafase I (MI), donde se aprecia el número haploide $\underline{n} = 8$ bivalentes (A.B.C.) y $\underline{n} = 8 + 1B$ (D). La barra equivale a 10 μm .

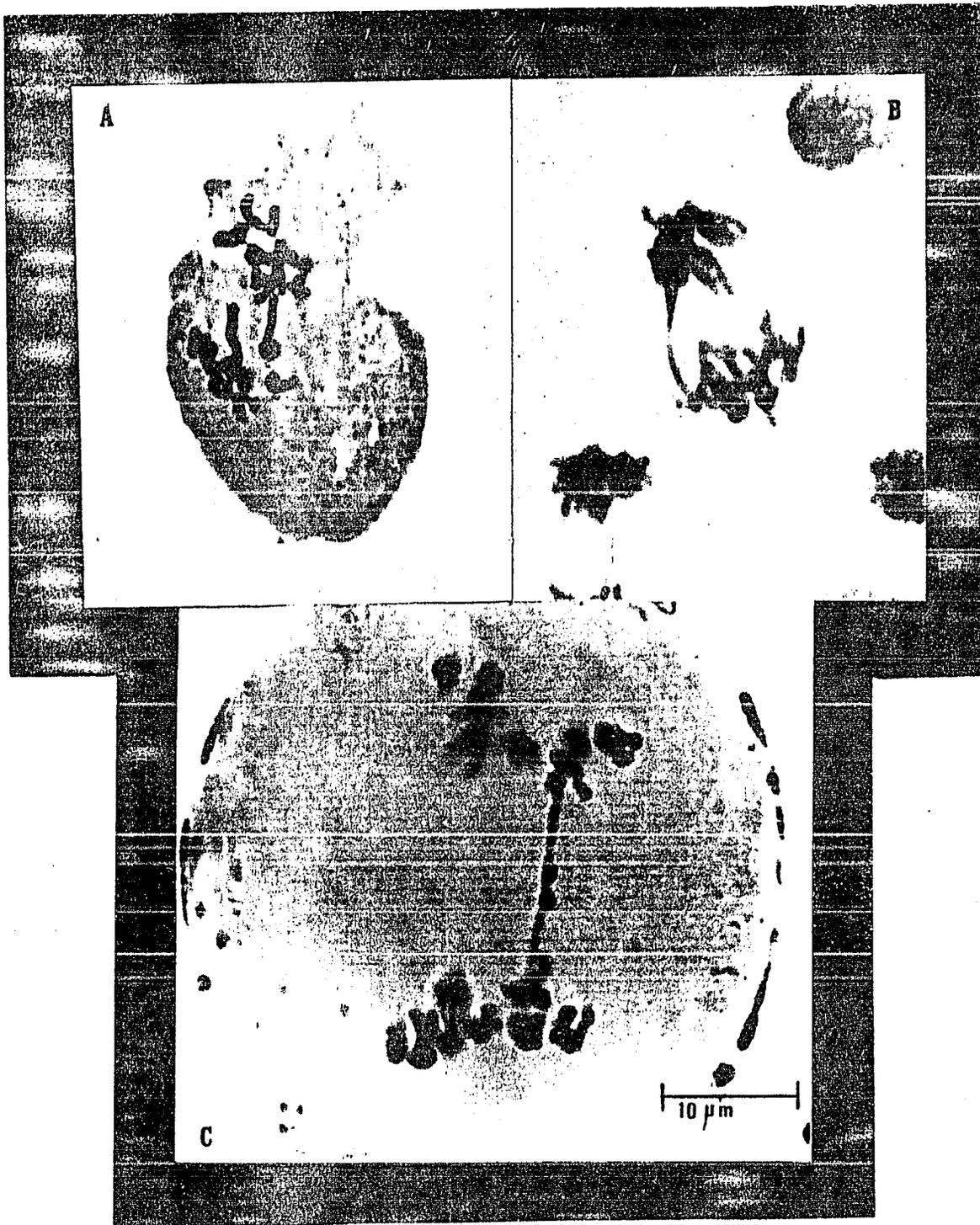


FIGURA 10. Células madres del polen (CMP) en anafase I (AI) donde se aprecia la presencia de puentes originados por el comportamiento retardado de los cromosomas B. La barra equivale a 10 µm.

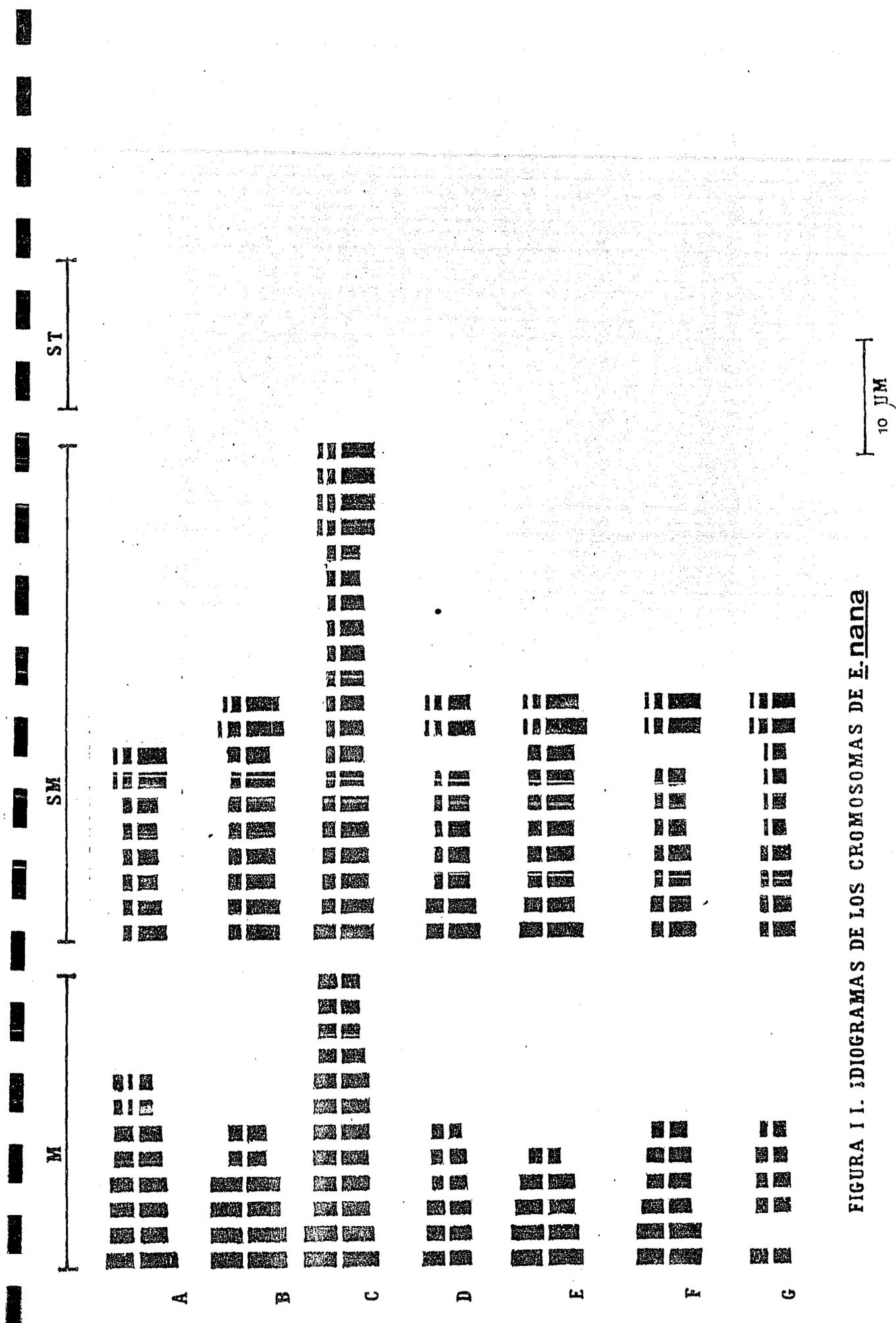


FIGURA I I. IDIogramas de los cromosomas de *E. nana*

ST

SM

BT

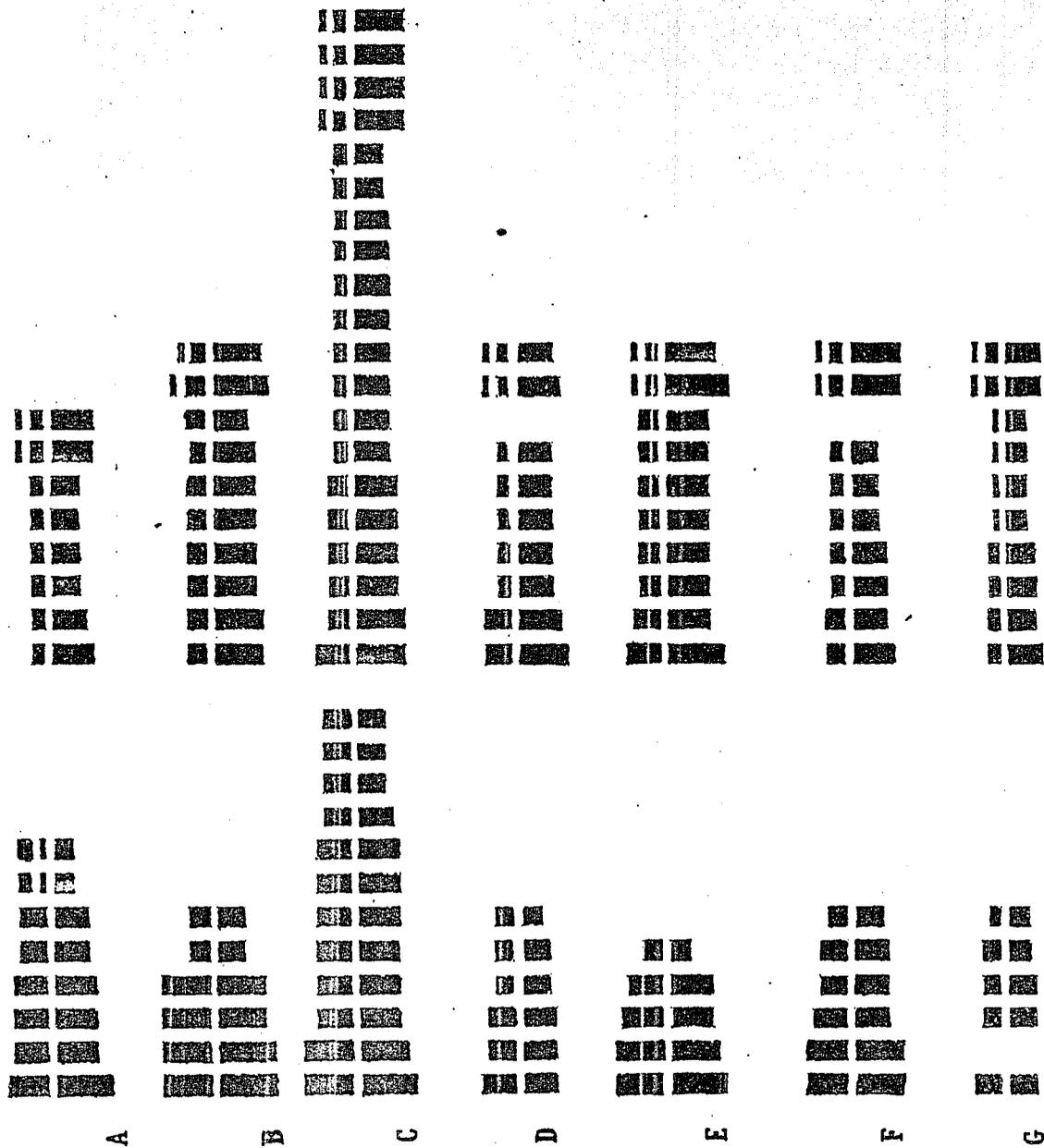


FIGURA I I. IDIAGRAMAS DE LOS CROMOSOMAS DE E. nana

10 μ M

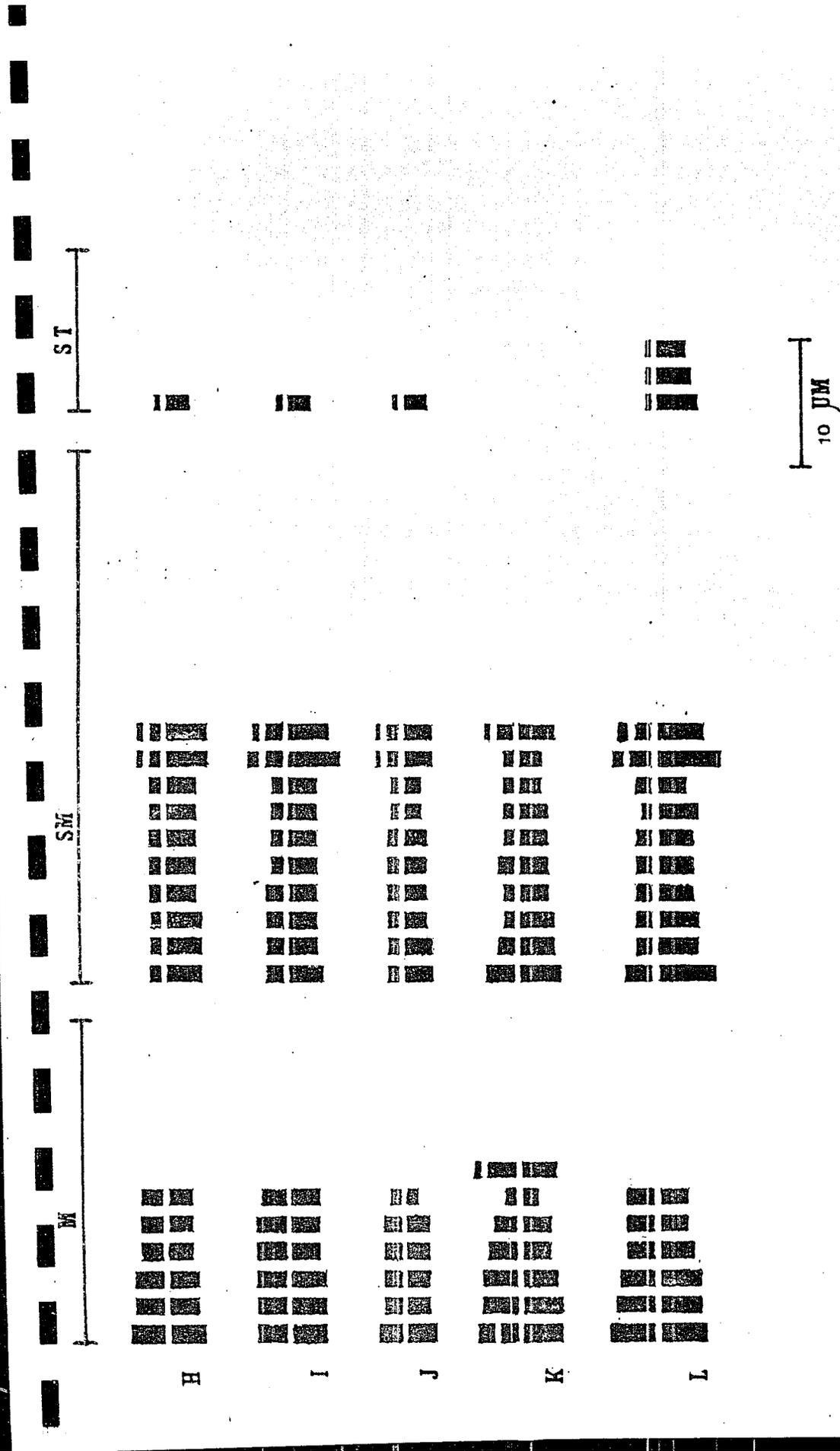


FIGURA I. I. IDIOGRAMAS DE LOS CROMOSOMAS DE *E. nana*

DISCUSION

El número diploide obtenido en el tejido somático de Echeandia nana fue $2n = 16$ y fue observado en las ocho poblaciones analizadas de este trabajo. Otros autores han informado de este mismo número en Echeandia nana (Palomino y Romo, 1987 ; Palomino y Romo en Prensa) y en otras del género como son : E. terniflora ; E. mexicana y E. leptophylla (Wunderlich, 1939 ; Palomino y Romo, 1987 ; Palomino y Romo en Prensa). Se determinó asimismo el número haploide de $n = 8$ para la especie (Figura 9. Células A.B.C.) lo cual es congruente con los informes sobre otras especies del género como son : (E. gracilis ; E. chiapensis y E. parvicapsulata ; Cruden, 1981 ; 1986 ; 1987) y a partir de estos resultados se propone el $X = 8$ para el género ECHEANDIA.

El análisis citológico llevado a cabo en las ocho poblaciones mostró la aparición de dos citotipos con variación numérica y estructural originando dos cariotipos variables en ambas poblaciones. El citotipo A se encuentra en la parte oriental del estado de Hidalgo , con un cariotipo de $4m + 4sm$, presentes en las poblaciones 277, 278, 282 y 283 en ambientes poco perturbados de Pino-encino alrededor de los 2000 - 2708 m.s.n.m. Una diferencia observada en estas cuatro poblaciones cercanas , es la referente a la presencia o ausencia de células aneuploides de $2n = 15$ y células con $2n = 16 + 3B$. Las poblaciones 277 y 278 , se observaron células aneuploides y no se observaron células de $2n = 16 + 3B$. En las poblaciones 282 y 283 no se presenta la condición aneuploide , pero se observan células con $2n = 16 + 3B$, esto sugiere que probablemente el centro de origen de Echeandia nana , es a partir de estos ambientes ya que a medida que se alejan y colonizan otros habitats completamente diferentes y

y con un grado de perturbación muy alta se observa un citotipo B diferente, con un cariotipo de $3m + 5sm$, en las poblaciones 009, 009.3, 115 y 242 y 265 (Tabla 3) ya que estos individuos fueron colectados en regiones , por lo general con altitudes de 2500-2700 m.s.n.m. , altamente perturbadas como : zonas reforestadas, zonas de pastoreo, a la orilla de las carreteras, donde la presión de selección es necesariamente mayor. Es importante mencionar que el par cromosómico submetacéntrico con satélite en las poblaciones 009, 009.3, 277 y 278 (Figura 11. B.D.E.I.L.) se presenta como heteromorfo, estos resultados concuerdan con los informes de Kenton, (1978 ; 1983) y los de Hunt (1986) en donde han observado diferentes razas citológicas en Gibasis karwinskiana , que presenta dos razas citológicas ; la raza occidental (Subsp. palmeri) se encuentra en el estado de San Luis Potosí en ambientes secos alrededor de los 2000 m.s.n.m. , mientras que la raza oriental (Subsp. karwinskyana) ha sido localizada en Tamaulipas, Hidalgo, y Nuevo León en bosques entre los 1300 y 1500 m.s.n.m., ; lo que nos lleva a suponer que estas plantas presentan una mayor variabilidad genética y que presentan un genoma más plástico que es lo que permite se colonizen nuevos ambientes en ámbitos muy perturbados . Esta idea parece poderse aplicar aquí si observamos que las poblaciones 009, 115 y 242 y 265 , con la presencia de un cariotipo asimétrico debido a los mecanismos tales como las deleciones , junto con la pérdida de material hereditario , como señalan Sihna y Roy (1979) o bien a translocaciones, como indica Stebbins (1971).

Se observaron diferencias en el informe previo de Palomino y Romo (en Prensa) ya que estos autores mencionan , la presencia de individuos diploides $2n = 16$ en toda la población 115 del campo experimental la "Siberia" del estado de México , con la presencia de un cariotipo formado por dos pares de cromosomas metacéntricos (m), cuatro pares de submetacéntricos (sm) y dos pares de subtlocéntricos (st) con constricciones secundarias , mientras que en el presente trabajo se observo la condición de mosaicos cromosómicos , con dos citotipos , con las fórmulas cariotípicas

antes mencionadas. Las diferencias observadas en el cariotipo del citotipo B de $3m + 5sm$ y el reportado por Palomino y Romo , que es de $2m + 4sm + 2st$, se debe a que estos autores al clasificar los dos pares de cromosomas subtelocéntricos con constricciones secundarias , no consideraron al satélite no obstante que Naranjo et. al., (1986) recomienda incluir al satélite en la medición del brazo del cromosoma correspondiente ; por ello que , en el cariotipo de E.nana , estos dos pares cromosómicos subtelocéntricos corresponden a un metacéntrico y a un submetacéntrico. Aquí cabe hacer notar que la presencia del par cromosómico metacéntrico con satélite sólo se observo cuando estos cromosomas se encontraban poco contraídos, como se observa en la Figura 2.C.D. ; cuando los cromosomas estaban más contraídos es decir en metafase mitotica (Figura 2. A.B.E), no era posible observar claramente en este par cromosómico el satélite.

Todas las plantas de las ocho poblaciones analizadas fueron mosaicos cromosómicos con células de $2n = 16, 32, 15, 16 + 1B$ y $16 + 3B$. La presencia de esta variación en el complemento cromosómico en el tejido somático es denominada mosaico cromosómico según Muller (1930) y ha sido observado en la especie Nothoscordum fragrans de la familia Liliaceae , donde se reportan los números $2n = 18, 20, 21$ y 22 (Nuñez et al., 1974) y en géneros de familias relacionadas filogenéticamente a éstas como Zephyrantes mesochloa (Battacharyya, 1972) pertenecientes a la familia Amaryllidaceae , donde se observan los números de $2n = 48, 42, 60, 66$ y 72 . En el género ECHEANDIA este es el primer informe de mosaico cromosómico encontrado en la especie E.nana. La variación en el complemento cromosómico somático está bien establecida en un gran número de plantas de reproducción asexual. Esta variación fundamenta un importante mecanismo en la especiación de estas plantas a través de su propagación vegetativa (Sharma, 1956 ; Sharma y Sharma, 1959) , por lo que el origen de estas irregularidades pueden ser atribuidas a no disyunciones y a replicaciones endomitóticas (Battacharyya, 1972)

La aparición de replicaciones endomitóticas así como la no disyunciones no son desconocidos , ya que han sido frecuentemente observados en tejidos diferenciados (Geitler, 1937 ; 1939 ; 1941 ; Huskins, 1947 ; 1948 ; Huskins y Steinitz, 1948) . Estas replicaciones quizá afectan constantemente un brazo de un cromosoma particular bajo ciertas condiciones de desórdenes metabólicos (Lejune, 1968) lo que permite suponer, por lo tanto , que en el presente caso las no disyunciones , así como las replicaciones endomitóticas, son fenómenos de adaptación de estas especies a ciertas condiciones del medio ambiente (Battacharyya, 1972). Las variaciones en el número cromosómico observado en los individuos y en las poblaciones de E nana , pueden deberse a la acción de estos mecanismos junto con la pérdida del material hereditario como ha sido observado y reportado tanto para plantas como para animales (Jones, 1974 ; 1977)

El conocimiento del origen y del establecimiento de los mosaicos cromosómicos en plantas superiores está dada en los experimentos llevados a cabo por Ward (1973) acerca de las translocaciones de los cromosomas B y A del maíz , en donde se mostró que los elementos controladores de los cromosomas B , se localizan en el segmento distal de la heterocromatina. Este segmento regula las no disyunciones somáticas y por lo tanto , las plantas mosaicos. El elemento controlador , según Ward , retarda la replicación de la heterocromatina céntrica durante la anafase , lo que produce una no disyunción semejante a la que aparece en los cromosomas B de Secale cereale (Muntzing, 1949 ; Hasegawa, 1934 ; Hakansson, 1948). En el presente trabajo se observó en células madres del polen (CMP) en metafase I (MI) la presencia de células con ocho cromosomas bivalentes y un cromosoma B ($n = 8 + 1B$) (Figura 9.D). En la anafase I (AI) se observaron (31.58 - 32.21 %) puentes originados por el retardo de los cromosomas B (Figura 10. A.B.C.) no observándose células con 2B y 3B como debería esperarse , sin que se pueda afirmar que estos no están presentes en la especie estudiada, debido a lo reducido del muestreo y número de da -

tos con que se conto , por lo que podemos inferir a partir de nuestros resultados que los cromosomas B , en números de 1 y 3 estan presentes en puntas de raíz del tejido meristemático y un B en células madres del polen y que pueden tener un comportamiento como el que se ha observado en los cromosomas B en las especies como Aegilops mutica (Mochizuki, 1957) y A speltoides (Mendelson y Zohary, 1972) , los B se encuentran en organos aereos , pero no en raices ; Poa alpina (Muntzing y Mygren, 1955) los B se encuentran en raices primarias , pero no en raices adventicias , el número de B por célula varía entre inflorescencias y en organos aereos , afirmando que la causa de variación numérica de los B es en todos los casos debida a una no disyunción en la anafase de la mitosis (Jones y Rees, 1982) .

Lo anterior puede estarnos indicando que la condición de mosaicos y la reproducción asexual es un mecanismo importante en la especiación de E nana a traves de medios de propagación vegetativa como lo propone Sharma (1956) ; Sharma y Sharma (1959) , así como la presencia de los cromosomas B que le permiten a la especie colonizar nuevos habitats ya que sus efectos son muchos y diversos de acuerdo a la especie y al número de B presentes en el organismo (Jones y Rees, 1982) ya que se ha observado que el efecto de los cromosomas B en Secale cereale , con números de cromosomas B existe una marcada reducción en la fertilidad, reflejada por una menor producción de semillas y un alto grado de inviabilidad y la germinación de semillas , por el contrario es acelerada por cromosomas B en Allium porum (Vosa, 1966) y Anthoxanthum alpinum (Rozmus, 1963) , en Centaurea scabiosa (Frost, 1954, ; 1958) Achillea asplenifolia y A setaceae (Stebbins, 1971) hay un incremento en la tasa de crecimiento cuando los cromosomas B se encuentran presentes en números pequeños.

CONCLUSIONES

- 1.- El análisis cariotípico de ocho poblaciones de los estados de Hidalgo y México de Echeandia nana , mostraron un $n = 8$. Estos resultados son congruentes con otros números haploides de $n = 8$ obtenido para otras especies del género lo que permitió confirmar el $X = 8$, ya propuesto para el género ECHEANDIA.
- 2.- Se observó un $2n = 16$ para la especie y se encontraron dos citotipos A y B .El citotipo A se encontró en las poblaciones localizadas en la parte oriental de la sierra de Pachuca y correspondió a un cariotipo de $4m + 4sm$, mientras que el citotipo B se encontró en poblaciones ubicadas en la parte occidental de la sierra de Pachuca y en el Valle de México , donde los ambientes ecológicos están más perturbados , este cariotipo mostró más cromosomas submetacéntricos (sm) y fue de $4m + 5sm$. También se observaron en algunas poblaciones que presentaron ambos citotipos, translocaciones en el par de cromosomas submetacéntricos (sm) con satélite.
- 3.- Se reporta por primera vez la condición de mosaicos cromosómicos para Echeandia nana y en todas las plantas de las poblaciones analizadas se obtuvieron células en porcentajes variables de $2n = 16$, 32 , 15 , $16 + 1B$ y $16 + 3B$, observándose el $2n = 16$ en porcentajes de 67 a 78.75 % , asimismo se reporta por primera vez la aparición de cromosomas B en el género ECHEANDIA .

4.- Los resultados obtenidos sugieren que las poblaciones que presentaron el citotipo A y que muestran el cariotipo más simétrico y con translocaciones en el cromosoma submetacéntrico con satélite están localizadas en el centro de origen y de distribución de la especie, mientras que las poblaciones que mostraron el citotipo B presentaron el cariotipo menos simétrico lo que sugiere que hay pérdidas de cromatina que pueden relacionarse a las adaptaciones que estas poblaciones han tenido, al colonizar ambientes más perturbados.

5.- Finalmente los resultados aquí obtenidos apoyan la idea de que la condición de mosaicos, la presencia de cromosomas B, han favorecido la reproducción asexual en Echeandia nana, esta situación aunada a los rearrreglos estructurales observados en los cariotipos de las plantas estudiadas, parece favorecido para colonizar ambientes ecológicos perturbados.

BIBLIOGRAFIA

- Ayala, F.J. y Kiger, J.A. 1980. Modern Genetics. The Benjamin Cumming. Company , Inc., USA : 35-123.
- Battacharyya, N.K. 1972. Chromosome Inconstancy in Z. mesochloa Baker. Cytologia. 37 : 423-433.
- Bolkhovskith, et. al., 1979. Kromosomiye Chisla Tsvettkovij Rastenyi. Otto Koelz Science Publishers. pp 926.
- Brauer, H.O. 1976. Fitogenética Aplicada. E.D. Limusa. México. 423-521.
- Bridges, B.A. 1917. Deficiency Genetics, 2. 445. In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green 112. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Bridges, B.A. 1919. Duplications. Anat. Rec. 15, 357. In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green p. 131. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Conger, A.D. and Farichil, L.M. 1953. A quick Freeze Method for Making Smear Slides Permanent Stain. Technol. 28 : 281-283.
- Chaleff, R.S. and Torrey J.G. 1981. Genetics of Higer Plants : Aplications of Cell Culture. E.D. Cambridge University Press. New York. pag. 184.
- Cruden, R.W. 1981. New Echeandia (Liliaceae) from México. Sida 9 (2) 139-146.
- Cruden, R.W. 1986. New Species of Echeandia (Liliaceae) from Central América. Phytologia. Vol. 59, No 6. 373-380.

- Cruden, R.W. 1987. New Species of Echeandia (Liliaceae) from Nueva Galicia
Contr. University of Michigan Herbarium. Volume 16 : 129-133.
- Dobzhansky, T. 1980. Evolution. E.D. Omega. Barcelona. pp 558.
- Dyer, J. 1979. Investigating Chromosomes. Edward Arnold. London 1a. edición pp 215
- Egozcue, J. 1971. Técnicas de Citogenética. E.D. Expaxs. España. pag. 1-21
- Freese, E., and Yoshida. 1965. The Molecular Mechanisms of Mutations Proc. 5 Int.
Congr. of Biochem., Symp. núm 1., I Reprint núm. 163, Moscú. In Glossary of
Genetics and Cytogenetics Classical and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis,
M.M. Green p. 401. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Frost, S. 1954. The Genetic effects of Accessory Chromosomes in Centaurea scabiosa.
Hereditas 40 : 529-533.
- Frost, S. 1958. Studies of the Genetical effects of Accessory Chromosomes in
Centaurea scabiosa Hereditas 44 : 112-122.
- García, A. 1975. Manual de Técnicas de Citogenética. Colegio de Postgraduados,
Chapingo. 118 pp.
- Geitler, L. 1937. Die Analyse der Kernbus und der Kernteilung der Wasserläufer
Gerris lateralis and Gerris lacustris (Hemiptera Heteroptera) und die
Somadifferenzierung. Zeitsch. Zellforsch. 26 : 641-672.
- Geitler, L. 1939. Die Entstehung der Polyploidem Somakerne der Heteropteren
durch Chromosomenteilung Ohne Kernteilung. Chromosoma 1 : 1-22.
- Geitler, L. 1941. Das Wachstum des Zellkerns in Tierischen und Pflanzlichen
Gewebe. Ergebn. Biol. 18 : 1-54.
- Gustafsson, A. 1935. Studies on the Mechanism of Parthenogenesis. Hereditas.
Lund. 26 : I In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and -

Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green. p. 36. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

Hakansson, A. 1948. Embryology of Poa alpina plants with Accessory Chromosomes
Hereditas 34 : 233-347.

Hasegawa, N. 1934. A Cytological Study on 8-chromosome rye.
Cytologia 6: 68-77.

Herskowitz, I.H. 1965. Genetics (2a. ed.) Little, Brown & Comp., Boston y Toronto.
In Glossary of Genetics and Citogenetics. Classical and Molecular, eds. R. -
Rieger, A. Michaelis, M.M. Green p. 269. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg,
New York.

Hunt, D.R. 1986. A Revision of Gibasis rafin. American. Commelinaceae XII.
Kew Bull. 41 : 107-129.

Huskins, C.L. 1947. The Subdivision of the Chromosomes and their Multiplication
in Nondividing Tissues ; Possible Interpretation in Terms of Gene Struc -
ture and Gene Action. Amer. Nat. 81 : 401-434.

Huskins, C.L. 1948. Segregation and Reduction in Somatic Tissues. J.
Heredity 39 : 310-325.

Huskins, C.L. and Steinitz, L.N. 1948. The Nucleus in Differentiation and
Development I and II. J. Heredity 39 : 34-43, 66-67.

Johannsen, W. 1909. Elemente der Exakten Erblchkeitslehre. Fischery Jena.
In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, eds.
R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green p. 175. Springer-Verlag , Berlin, Hei-
delberg, New York.

John, B. 1976. Population Cytogenetics. Ed. Arnold. The Camelot Press. Ltd
South Ampton, England.

- Jones, K. 1977. The Role of Robertsonian Change in Karyotype Evolution in Higher Plants. *Chromosomes Today*, 6 : 121-129.
- Jones, K. 1978. Aspects of Chromosome evolution in Higher Plants. In *Advances in Botanical Research*, H.W. Woolhouse (ed) Academic Press, San Francisco. pp. 119-194.
- Jones, N.R. and Rees, H. 1982. B Chromosomes. Academic Press. London. pp 216.
- Kenton, A. 1978. Giemsa C-banding in Gibasis (Commelinaceae). *Chromosoma* (Berl.) , 65 : 309-324.
- Kenton, A. 1983. Qualitative and quantitative chromosome change in the evolution of Gibasis . Kew Chromosome Conference II, George Allen & Unwin. 273-282.
- 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. pag. 11-36. 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. U.N.A.M.
- Lacadena, J.R. 1981. Genética. A.G.E.S.A., Madrid pp 1303.
- Levan, A., Fredga, K. y Sandberg, A. 1964. Nomenclature for Centromeric Position on Chromosomes. *Hereditas*. 52 : 201-219.
- Lejune, L. 1968. On the Duplication of Rods and Rings. *Proc. Int. Seminar Chrom. Str. Function. The Nucleus*, Suppl. Vol., Calcutta, p. 260-267.
- Lewis, W.H. 1979. Polyploidys. Plenum Press, N.Y. 584 pp.
- Mendelson, D. and Zohary, D. 1972. Behaviour and Transmission of Supernumerary Chromosomes in Aegilops speltoides . *Heredity* 29 : 239-339.
- Muller, H.J. 1940. An Analysis of the Process of Structural Change in Chromosomes of *Drosophila*. *J. Genet.*, 40, 1. In *Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular*, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green p.403. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg New York.

- Mochizuki,A. 1957. B Chromosomes in Aegilops mutica Boiss.
Wheat Inform. Serv. 5, 9-11.
- Muntzing,A. 1949. Accessory Chromosomes in Secale and Poa . Proc. Int.
Congr. Genet., 8 th, Stockholm, 1948, 402-411.
- Muntzing,A. and Nygren,A. 1955. A New Diploid Variety of Poa alpina With
two Accessory Chromosomas at Meiosis. Hereditas 41 : 405-422.
- Naranjo,C.A.L., Poggio & P.E. Brandham, 1983. A Practical Method of Chromosome
Classification om the Basis of Centromere Position Genetica 62 : 51-53.
- Naranjo,A.C., et., al., 1986. A New Template For Direct Morphological
Classification of Chromosome. Darwiniana. 27 (1-4) ; 39-41.
- Nuñez,O.,N.Frayssinet,R.H.Rodriguez y K. Jones. 1974. Cytogenetics Studies in
the Genus Nothoscordum Kunth. I. inodorum Polyploid Complex. Caryologia
27 (4) : 403-444.
- Palomino,G., and Mercado P. 1983. Cytological studies in the genus Oxyrhynchus
(Leguminosae). Kew Chromosome Conference II George Allen & Unwin.
- Palomino,H.G. 1985. Los Estudios Citogenéticos como Apoyo al Conocimiento de los
Recursos Genéticos. pag. 82-85. En Memorias del Seminario Sobre la Investi-
gación Genética Basica en el Conocimiento y Evolución de los Recursos Gené-
ticos. Jardín Botánico del Instituto de Biología U.N.A.M.
- Palomino,G., Mercado P. and Ramamoorthy T.P. 1986. Chromosom of Salvia subgenus
Calosphace . A Preliminary Report. Cytologia 51 :381-386.
- Palomino,G. and Romo V. 1986. Karyotypical Studies in Two Mexican species of
Echeandia Ort. (Liliaceae) the Southwestern Naturalist (en Prensa)
- Palomino,G., Lechuga. Z., y Scheinvar,L. 1987. Estudio Citogenético de dos especies
y una variedad del género Nyctocereus (Cactaceae). Boletin de la Sociedad Botá-
nica de México. 48.

- Palomino, G. and Romo, V. 1987. In IOPB Chromosome Number reports Taxon 36 (1) : 282-285.
- Palomino, G., Viveros, R. and Bye, R. 1988. Cytology of Five Mexican Species of Datura L. (Solanaceae). The Southwestern Naturalist 33 (1) : 85-90.
- Radford, E.A. 1974. Vascular Plants Systematics. E.D. Harper & Row Publishers. New York. pp 276-277.
- Randolph, L.F. 1928. Types of Supernumerary Chromosomes in Maize. Anat. Rec, 41, 102. In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, ed. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green. p. 57. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Ruiz, Rejon, C., et M. Ruiz Rejon, 1985. Chromosomal Polymorphism for a Heterochromatic Supernumerary Segment in Natural Population of Tulipa australis Link (Liliaceae) Can. J. Genet Cytol. 27 : 633-638.
- Rejon, C.R., R. Lozano et M. Ruiz Rejon. 1987. Polysomy and Supernumerary Chromosome in Ornithogalum umbellatum L. (Liliaceae) Genome : 19-22.
- Robertson, W. 1916. Chromosomes Studies. I. Taxonomic Relationship Shown in the Chromosomes of Tettigidae and Acrididae. V-Shaped Chromosomes and their - Significance in Acrididae, Locustidae, and Gryllidae : Chromosomes and Variation. J. Morph., 27, 179. In Glossary of Genetics and Cytogenetics Classical and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green p. 172. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Rozmus, M. 1963. Cytogenetical Studies in Biotypes of Anthoxanthum alpinum With Accessory Chromosomes. Acta Biol. Cracov., Ser. Bot. 6, 115-141.
- Sanchez, S.O. 1969. La Flora del Valle de México. E.D. Herrero. México pag. 92-95.
- Sapre, B.A. ; Deshpande, S.D. 1987. Origin of Chromosome in Coix. L. through Spontaneous Interspecific Hybridization. The Journal of Heredity. 78 : 191-196.

- Sharma, A.K. and Gosh, C. 1954. Further Investigation on the Cytology of the Family Amaryllidaceae and its bearing on the Interpretation of its Phylogeny. Genet Iber 6 : 71-100.
- Sharma, A.K. 1956. A New Concept of a Means of Speciation in Plants. Caryologia 9 : 93-130
- Sharma, A.K. and Sharma, A. 1959. Recent Advances in the Study of Chromosomal Alteration with Relation to Speciation. Bot. Rev. 25 : 514-544.
- Sihna, S.S.N. y Roy, H. 1979. Cytological Studies in the genus Phaseolus I. Mitotic Analysis in fourteen species. Cytologia 44 : 191-199.
- Sinoto, Y., y Sato, D. 1940. Basicaryotype and its Analysis. Cytologia 10 : 529.
- Smith y Keary, P.F. 1979. Genética, estructura y función. Publicaciones s.a. México.
- Stebbins, G. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Edward Arnol, London, pp 215.
- Sutton, W.S. 1903. The Chromosomes in Heredity. Biol. Bull. Wood's Hole 44 : 231. In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, eds. R. R. A, Michaelis, M.M. Green p.77. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Vosa, C.G. 1966. Seed Germination and B Chromosomes in the leek (Allium porrum) Chromosomes Today 1 : 24-27.
- Ward, 1973. The Heterochromatic B Chromosome of Maize. The Segments Affecting Recombination. Chromosoma 43 : 177-186.
- Watson, J.F., Crick, F. 1953. Molecular Structure of Nuclei Acids a Structure of Desoxyrribose Nuclei Acid. Nature, Lond. 171 : 737-738.
- Watson, J.D. 1976. biología Molecular del Gen . Fondo Educativo Interamericano, S.A. 3a ed., México. pp 1-22.

- Webber, H.S. 1903. New Horticultural and Agricultural Terms. Science. 18 : 501
In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular, eds.
R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green. p. 80. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg,
New York.
- White, M.J.D. 1945. Animal Cytology and Evolution. Univ. Press, Cambridge In
Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical and Molecular eds. R.
Rieger, A. Michaelis, M.M. Green. p.57. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg,
New York.
- White, M.J.D. 1957. Some General Problems of Chromosomal Evolution and Speciation
in Animals. Surv. Biol. Progr., 3, 109. In Glossary of Genetics and Cytoge-
netics. Classical and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green
p. 403. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Willis, J.C. 1973. A Dictionary of the Flowering Plants and Ferns.
Cambridge at the University Press. 8a ed., p. 12.
- Winkler, H. 1906. Über Partenogenesis bei *Wikstronomia Indica* (L.) C.A. Mej. Ann.
Jard. Bot. 20 : 308. In Glossary of Genetics and Cytogenetics. Classical
and Molecular, eds. R. Rieger, A. Michaelis, M.M. Green. p.36. Springer-Ver-
lag, Berlin, Heidelberg, New York.