



00361
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

“ESTUDIO CITOGENETICO DE Myrtillocactus geometrizaris
(Martius) Console.”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A

MARIA ROCIO CID JUAREZ

DIRECTORA DE TESIS DRA. GUADALUPE PALOMINO HASBACH

MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN



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.

**ESTE TRABAJO SE REALIZO EN EL LABORATORIO
DE CITOGNETICA DEL JARDIN BOTANICO DEL
INSTITUTO DE BIOLOGIA DE LA UNAM, BAJO LA
DIRECCION DE LA DOCTORA GUADALUPE PALOMINO
HASBACH.**

C O N T E N I D O

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVOS.....	25
MATERIAL Y METODOS.....	26
RESULTADOS.....	31
DISCUSION.....	36
CONCLUSIONES.....	46
BIBLIOGRAFIA.....	48

DEDICATORIA

A mi madre, así como a cada uno de los miembros de la Familia Cid, por su confianza y estímulo en cada momento.

A Pilar y Adrián por los momentos compartidos.

A los amigos con cariño.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Guadalupe Palomino Hasbach directora de ésta tesis por su valiosa orientación y apoyo durante la realización de éste trabajo.

A los demás miembros del jurado: Dr. Hermilo Jorge Quero Rico, Dr. Manuel Uribe Alcocer, M en. C. Cristóbal Orozco Ledesma, Dr. Armando García Velázquez, Dra. Judith Isabel Gúzman Rincón y a la M. en C. Nelly Diego Pérez, por su apreciable interés y positivas sugerencias en la revisión del manuscrito original.

Al Biól. Francisco Javier Martínez Ramón por todo lo que implica el trabajo fotográfico y más que nada por su compañerismo en el Laboratorio.

Al Biól. Salvador Arias Montes por sus valiosos consejos y la proporción de material bibliográfico, así como a su apoyo.

Al Ing. Agrónomo José Adrián Beltrán Magallanes, por su ayuda en el campo, así como a su insustituible amistad, estímulo constante en éste trabajo.

A la Lic. C.P Pilar Sánchez Luz por su disposición en las salidas al campo y por su afecto inapreciable.

A los directivos del Jardín Botánico, Instituto de Biología de la UNAM, por haberme permitido realizar este trabajo en sus instalaciones.

Al DGAPA por la beca otorgada para la elaboración de ésta tesis.

RESUMEN

El presente trabajo contribuye a la caracterización morfológica y de los genotipos de tres poblaciones de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans* (Martius) Console colectadas en los estados de Puebla, Hidalgo y Querétaro.

El análisis de la morfología de los individuos de cada una de las poblaciones en relación al largo de la espina central, de las radiales y a la distancia entre aréolas, permitieron reconocer que a pesar que se presenta variación morfológica intraespecífica en los individuos de las 3 poblaciones no se pueden considerar diferentes.

En plantas pertenecientes a cada una de las localidades se determinaron los números cromosómicos somáticos $2n= 22$, gamético $n= 11$, corroborándose el número básico $x= 11$, ya informado para las cactáceas.

Con base en el análisis de los cariotipos y a la longitud total de la cromatina (LTC) obtenidos en las poblaciones estudiadas de Puebla, Hidalgo y Querétaro, se establece la presencia de 2 citotipos en la variedad, el primero constituido por 11 pares de cromosomas metacéntricos (m) y un par de cromosomas con satélites en las localidades de Puebla e Hidalgo, las que presentaron valores similares de LTC ($32.20 \mu\text{m}$ y $31.87 \mu\text{m}$ respectivamente) y

variaciones pequeñas en el tamaño de sus cromosomas. El segundo constituido por 11m y dos pares de cromosomas con satélite para la población de Querétaro con una LTC menor (25.08 μm) y diferencias mayores en el tamaño de sus cromosomas en relación a Puebla e Hidalgo.

Los valores mayores de IR, se obtuvieron en las poblaciones de Puebla y Querétaro respectivamente, indicando mayor capacidad de variación genética, con posibilidades de utilizarse en programas de mejoramiento en relación a la de Hidalgo, donde se observó el valor menor de IR.

Las variaciones observadas en las 3 poblaciones en relación al comportamiento de los cromosomas mitóticos y meióticos se originaron como consecuencia de rearrreglos estructurales que han tenido lugar durante la evolución de la especie.

INTRODUCCION

Una parte importante de la flora xerófila mexicana está constituida por representantes de la familia Cactaceae, autóctona del continente americano, con distribución desde el sur de Canadá hasta la Patagonia en Argentina. Aunque con amplia distribución su mayor significancia se alcanza en las regiones áridas y semiáridas, ampliamente representadas en México (Arias, 1993).

México es quizás el país en el que por sus condiciones de latitud, topografía y climas, se han adaptado un mayor número de especies de diversos grupos de plantas y en especial de la familia aquí tratada.

Las cactáceas han tenido desde tiempos remotos y hasta nuestros días un papel muy importante en diversos aspectos, ecológicos, fisiológicos y evolutivos (Bravo-Hollis, 1978). Algunas de ellas han presentado un alto valor potencial para la satisfacción de las necesidades básicas en sectores amplios de diversas comunidades en México, donde han sido utilizadas como alimento, forraje, de uso medicinal y aún en algunos ritos religiosos (Pimienta, 1990).

En este grupo, un gran número de especies mantienen variaciones intraespecíficas del fenotipo entre sus poblaciones, ya sea en forma continua o discontinua, a lo largo de su distribución,

lo que dificulta la limitación y caracterización de las especies, ocasionando confusiones en su taxonomía (Arias, 1989).

Esta variabilidad en la morfología ha creado la necesidad de introducir los conceptos de subespecies, variedad o de formas geográficas o locales (ecotipos), complicando la sistemática de estas plantas, ya que muchas veces están mal definidos como lo están también algunas de sus especies (Bravo-Hollis, 1978).

El apoyo de investigaciones en diversas disciplinas sobre estas plantas ha contribuido a resolver algunos problemas taxonómicos en las cactáceas que no son fáciles de resolver con la morfología.

Una de estas disciplinas corresponde a las investigaciones citogenéticas que proporcionan una herramienta para el conocimiento biológico de los recursos genéticos mediante el estudio de su variabilidad y la determinación de la base genética de la misma, permitiendo conocer qué tan plásticos son los genotipos entre y dentro de las diferentes porciones en un rango ecológico; tomándose en consideración el sistema reproductivo, ciclo de vida y grado de intercambio genético entre las poblaciones (Palomino, 1986).

El conocer la variabilidad genética y determinar su estabilidad, a través de estudios cromosómicos resulta primordial para poder llevar a cabo programas de fitomejoramiento mediante la

manipulación de los genotipos. Esta información también es útil al taxónomo y al biólogo evolucionista, ya que les permite determinar las diferencias entre los taxa y conocer sus patrones de divergencia (Kenton, 1986). Mediante los estudios cromosómicos también es posible esclarecer la unidad genética de las especies, particularmente cuando se realizan en conjunción con estudios que permiten determinar la variación morfológica, anatómica, fisiológica, tomando en consideración las diferencias geográficas donde se desarrollan las especies, para de esta forma poder establecer el ordenamiento de los niveles taxonómicos (Palomino, 1986; 1991).

En las cactáceas existen pocos estudios integrales de este tipo y al respecto puede señalarse el de Pimienta (1990) en el género Opuntia. Este autor lleva a cabo estudios exhaustivos en especies mexicanas comerciales y otros con potencial económico de este género en relación a estudios básicos como son: su clasificación y morfología, biología floral y mecanismos de polinización, morfología y desarrollo del fruto, genética y fisiología, potencial reproductivo y composición química, método de propagación y enfermedades que atacan a estos cultivos, su potencial económico y comercialización.

Por otro lado las investigaciones en genética y en especial de la citogenética relacionadas a los estudios sistemáticos, han permitido establecer relaciones filogenéticas entre las cactáceas,

como el que realizó Sosa (1966), donde a través de un estudio citogenético en Opuntia establece tipos de poliploides y sus relaciones filogenéticas. Así mismo Cota (1991) al estudiar las características morfológicas y analizar el cariotipo de Echinocereus pensilis, propone una relación filogenética estrecha entre esta especie y Nyctocereus serpentinus var. splendens; la cual presenta caracteres morfológicos y un cariotipo similares (Palomino et al. 1988).

En el grupo de las cactáceas columnares, la mayoría de los géneros presentan problemas en su delimitación taxonómica, y debido a los pocos estudios que se han realizado su filogenia permanece oscura. A este grupo pertenece el género Myrtillocactus, para el que Hunt y Taylor (1986, 1990) han planteado sinonimia con géneros como Escontria, Heliabravoa y Polaskia, mientras que Barthlott (1988) y Barthlott y Hunt (1993) proponen la inclusión de todos estos en el género Myrtillocactus, por lo que el tener una mejor caracterización citogenética y morfológica de este género, de sus especies, así como de sus variedades será de gran ayuda en la sistemática de la familia.

A N T E C E D E N T E S
VARIACIONES INTRAESPECIFICAS EN CACTACEAS

Cuando se trabaja en el campo con diferentes poblaciones de una misma especie, es común encontrar variaciones morfológicas entre éstas. Este mosaico de variaciones es conocida como variación intraespecífica, y está determinada, por la acción de factores genéticos y ambientales (Stebbins, 1971).

En las cactáceas, las variaciones morfológicas intraespecíficas, implican un problema para la delimitación de sus especies, ocasionando en muchos casos confusiones en su taxonomía. Debido a esta situación muchas especies de esta familia han sido clasificadas erróneamente en base a ejemplares que presentan plasticidad fenotípica (Bravo-Hollis, 1978; Gibson y Nobel, 1986; Grant, 1989).

Patoni (1912a, 1912b) y Ochoterena (1923) consideraban que las variaciones morfológicas en las cactáceas estaban relacionadas con procesos de hibridación y que también se debían a diferencias ambientales y a otras causas, como la intensidad luminosa y la orientación en localidades donde se encontraban.

Barthlott y Rauh (1974, 1975) al estudiar la variación morfológica y la distribución de Ephiphyllum phyllanthus en la zona intertropical de América, observaron que la tasa de variabilidad morfológica entre dos poblaciones de localidades distintas no era mayor que la variabilidad que presentaba dentro de una de esas poblaciones. Estos autores encuentran que esta especie presenta

tendencias hacia la diversificación de formas locales debido a su distribución (desde Brasil hasta Perú) y a la autogamia.

Racine y Downhower (1974) estudiando las variaciones morfológicas intraespecíficas en relación a las estructuras reproductivas y hábitos de crecimiento en Opuntia echios de las islas Galápagos, observaron que las dimensiones del tallo estaban correlacionadas positivamente con la altura y densidad de la vegetación.

Nobel (1977) observó que son más abundantes las espinas y la pubescencia apical de Ferocactus acanthodes en los lugares fríos de California y Nevada que en los sitios más cálidos de Arizona. Aparentemente el incremento en el número de las espinas y la pubescencia, actúan simultáneamente como una protección a las temperaturas bajas. Nobel (1980), reporta que la talla de Stenocereus gumosus, esta relacionada positivamente con la altura de la vegetación circundante y negativamente con la radiación utilizada en la fotosíntesis.

Cota (1991) En su estudio sobre el género Echinocereus observa que las especies diploides se encuentran en medios más mesófitos que las especies poliploides, las que ocupan áreas que presentan cambios climáticos extremos como bajas temperaturas y disponibilidad de agua.

De esta forma la composición génica junto con mecanismos de hibridación, poliploidia, apomixis y su interacción con factores ambientales, contribuyen a la adaptación y evolución en las cactáceas, así como en muchas plantas.

POLIPLOIDIA, HIBRIDACION Y APOMIXIS EN CACTACEAS

Al considerar los sistemas reproductivos, ciclos de vida y grado de intercambio genético entre las poblaciones, se ha permitido establecer que la poliploidía, hibridación y en menor grado la apomixis son los mecanismos involucrados en la evolución de las plantas y en especial de la familia Cactaceae.

Las investigaciones citogenéticas, han señalado la intervención que tiene la poliploidía en la evolución de las cactáceas (Bravo-Hollis, 1978; Benson, 1982; Gibson y Nobel, 1986), donde las combinaciones genéticas heterocigas sobre todo las derivadas de la hibridación, dan por resultado un gran número de genes diferentes con efectos variados que pueden incrementar la frecuencia de segregación y aumentar la variación génica sobre el cual la selección natural puede actuar (Dobzhansky, 1980). Las nuevas especies descendientes de híbridos pueden ser nuevos taxa o microespecies evolutivas. Si estos híbridos poseen una combinación de caracteres reconocibles en la práctica taxonómica, y se ha extendido a través de un área geográfica definida, la población puede ser considerada una especie taxonómica diferente a la original (Grant, 1989).

De esta forma los estudios de hibridación como los realizados por Rowley (1958) en especies del género Opuntia, Hoffmann (1981) para Copiapoa, Rundel (1977) para Echinopsis, así como los de Glass

y Foster (1981) en Mammillaria apoyan el estudio de líneas evolutivas dentro de estos grupos de cactáceas (Friedrich, 1974).

En plantas la forma más común en la cual la poliploidia se lleva a cabo es a través de la producción de gametos no reducidos (DeWet, 1980). Aunque en las cactáceas pocos trabajos se han hecho sobre el origen de la poliploidia, es probable que esta forma también se aplique.

En las subfamilias Pereskioideae y Cactoideae se presentan pocos casos de poliploidia (Craig, 1945; Ross, 1981). Sin embargo se han podido observar casos como en los que Ross (1981) sugiere que la poliploidia se origina en la familia a través de anomalías premeióticas, análogas a las observadas en Pereskia diaz-romeroana, en el caso de Opuntia donde se han informado autotetraploides y alotetraploides (Pinkava et al. 1985), ambos procesos han resultado de la fusión de gametos reducidos y no reducidos; para especies de Mammillaria prolifera se ha observado la formación de bivalentes y multivalentes, proponiéndose un origen alopoliploide (Johnson, 1980).

En el género Echinocereus no se sabe si el origen de la poliploidia de los taxa es autopoliploide o alopoliploide, sin embargo es probable que los poliploides sean autopoliplodes, esto apoyado por la similitud cariotípica que presentan los taxa estudiados (Cota, 1991).

Aunque la poliploidía y la hibridación interespecífica se observa menos frecuentemente en la subfamilia Cactoideae y la mayoría de sus géneros son diploides, se registra un 12.5 % de poliploides, a nivel específico. En otros géneros de esta subfamilia como Echinocereus, se presenta 37.2 % y en Mammillaria un 11.8 % de taxa poliploides (Pinkava et al. 1985), encontrándose en este último género uno de los niveles de poliploidía más alto de los registrados en cactáceas, correspondiendo a Mammillaria capensis con $24x=264$ (Remski, 1954; Johnson, 1978; 1980).

En el grupo de las cactáceas se observa una efectividad particular de la hibridación, no sólo entre especies sino también entre géneros distintos, debido posiblemente a la compatibilidad existente en número, tamaño y estructura de los cromosomas, produciéndose híbridos que ocasionalmente son fértiles (Friedrich, 1974). Esta situación es evidente en el género Mammillaria donde algunas de sus especies presentan gran variación fenotípica debida a la hibridación como la que Hunt (1975, 1976a, 1976b) encuentra en el complejo M. rodantha, en el cual cada especie esta presente en habitats y tipos de vegetación diferentes y la hibridación entre especies del mismo complejo es factible. Esta también se presenta en otras especies de complejos diferentes, como sucede con M. polythele, a partir del cual se ha creado una gama de formas diferentes.

En la subfamilia Opuntioideae es evidente la complejidad que se observa en algunas especies del género Opuntia Renski (1954); Johnson (1980) y Ross (1981) han señalado que esta, se origina del gran potencial que tienen para hibridizarse y el grado tan alto en que este mecanismo se presenta a nivel inter y aún infraespecífico (Pinkava y McLeod, 1971; Pinkava et al. 1985), registrándose un 63% de poliploidía en taxa híbridos originados por cruzamientos infraespecíficos (Pinkava et al. 1985). En el género Opuntia se presentan 147 taxa poliploides y en 24 de ellos se presentan híbridos originados por cruzamientos intraespecíficos (Tabla 1).

Opuntia phaeacantha, comprende un complejo de especies con notables variaciones de origen genético, incluyendo diferentes variedades geográficas, Benson (1982) reconoce para esta especie 10 variedades, muchas de las cuales no están completamente segregadas y a menudo su intergradación es compleja por la hibridación con otras especies como O. macrorhiza y O. erinaceae. Grant y Grant (1979), reconocen 7 especies con numerosas variedades en el mismo complejo de O. phaeacantha, en el que la hibridación y la poliploidía han creado una gran cantidad de formas tetraploides, hexaploides y octaploides.

Además de la hibridación y la poliploidía es frecuente observar en algunas cactáceas el fenómeno de apomixis, a través de la cual aparecen innumerables razas apomícticas, cada una perpetuando un clon como ocurre en la especie Opuntia occidentalis

(híbrido entre *O. litoralis* y *O. ficus-indica*), la que se reproduce por apomixis permitiéndole que esta especie se desarrolle en habitats susceptibles a incendios, en los cuales los progenitores no son capaces de sobrevivir (Gibson y Nobel, 1986). De esta forma este evento de reproducción ayuda a preservar varias combinaciones de genes que de otra forma sería improbable de obtener en gran número a través de la reproducción sexual normal. Así mismo la apomixis representa un modo de preservar los eventos evolutivos de las cactáceas (Benson, 1982).

A la fecha se han citado conteos cromosómicos de 84 géneros 529 especies y 104 variedades del grupo de las cactáceas. Para la República Mexicana se han reportado un total de 66 géneros de cactáceas, y se han realizado estudios citogenéticos en 40 de ellos, 327 especies, 44 variedades y 7 híbridos (Tabla 1).

En base a estos análisis se ha establecido que el número básico para las cactáceas es $x=11$ (Beard, 1937; Remski, 1954; Pinkava y McLeod, 1971), el cual parece ser muy constante en todos los representantes de la familia. Sin embargo se ha informado una aneuploidia con un $n=12$ en material meiótico de *Deamia testudo* por Bhattacharyya (1970), la que aún no ha sido confirmada con estudios recientes.

La familia Cactaceae está constituida por 3 subfamilias: Pereskioideae, Opuntioideae y Cactoideae (Bravo-Hollis, 1978). La

subfamilia Pereskioideae Schum., considerada la más primitiva de las cactáceas, está representada por 2 géneros Pereskia y Mahihuenia ambas de distribución neotropical. El primero incluye aproximadamente 20 especies, existiendo conteos cromosómicos para 15 de ellas todas diploides con $2n=22$ (Leuenberger, 1986).

En la subfamilia Opuntioidea Schum., los trabajos citogenéticos se han llevado a acabo en los géneros Opuntia, Consolea, Nopalea, Pereskioopsis, Pterocactus, Tacinga, Quiabentia. Opuntia ha sido el más estudiado, con 81 taxa. En esta subfamilia se encuentran desde diploides en el género Tacinga, decaploides en Pereskioopsis, diversos niveles de ploidia en Pterocactus, Quiabentia y Opuntia (Yuasa et al. 1973), quizás capaces de sobrevivir a sus ancestros solamente a través de altos niveles de poliploidia (Parfitt, 1986).

Dentro de las cactáceas los miembros más evolucionados se encuentran en la subfamilia Cactoideae, en la cual se han determinado los números cromosómicos de 72 géneros de los cuales, para el género Mammillaria (con caracteres morfológicos más avanzados) se tienen trabajos de 133 especies. En esta subfamilia, la mayoría de los géneros son diploides, aunque se han registrado taxa con diferentes niveles de ploidía como en Blossfeldia (3x), Echinocereus (4x), Mammillaria (4x, 6x, 24x), Myrtillocactus, Rhipsalis, Sclerocactus y Trichocereus con 4x; aunque la poliploidía es menos común en este grupo.

Tabla 1. Número de taxa y sus niveles de ploidia informados para los géneros de la Familia Cactaceae

Taxa	Total de Taxa	Niveles de Ploidia	Referencias
Pereskioideae			
<i>Pereskia</i>	18	2	Neuman, 1935; Katagiri, 1952, 1953; Remski, 1954; Gerald, 1973; Ross, 1981; Leuenberger, 1986.
Opuntioideae			
<i>Austrocylindropuntia</i>	8	2,6,10-11,ca.20	Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Consolia</i>	1	2,12	Katagiri, 1952.
<i>Corynopuntia</i>	7	2,4,6	Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Opuntia</i>	123	2,3,4,5,6,7,8,10,13	Johansen, 1933; Matsuura <i>et al.</i> , 1935; Stockwell, 1935; Takagi, 1938;
* Híbridos	24	3,5,7	Bowden, 1945; Carpio, 1952; Katagiri, 1952, 1953; Spencer, 1955; Sosa <i>et al.</i> , 1966; Gerald, 1973; McLeod, 1975; Pinkava <i>et al.</i> , 1977, 1982, 1985; Parfitt, 1978, 1980; Weedin <i>et al.</i> , 1978a, 1980; Grant <i>et al.</i> , 1979; Sanjappa, 1979; Sampathkumar <i>et al.</i> , 1980; Ward, 1984; Baker <i>et al.</i> , 1987.
<i>Peresklopsis</i>	3	2,10	Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Pterocactus</i>	2	2,4	Schnack <i>et al.</i> , 1947; Covas, 1954.
<i>Quiabentia</i>	1	2,3-6,8,13	Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Tephrocactus</i>	14	ca.19. ca.30	Diers, 1961; Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
Cactoideae			
<i>Acanthocereus</i>	1	2	Beard, 1937; Takagi, 1938; Katagiri, 1953; Spencer, 1955.
<i>Acanthorhopsalis</i>	1	2	Peev, 1976.
<i>Ancistrocactus</i>	3	2	Weedin <i>et al.</i> , 1978; Pinkava <i>et al.</i> , 1985; Ross, 1981.
<i>Aporocactus</i>	1	2	Gerald, 1973.
<i>Ariocarpus</i>	4	2, ca.4	Takagi, 1938; Anderson, 1962; Weedin <i>et al.</i> , 1978.
<i>Astrophytum</i>	4	2	Beard, 1937; Takagi, 1938; Katagiri, 1952, 1953; Ross, 1981.
<i>Bergerocactus</i>	1	2	Pinkava <i>et al.</i> , 1977.
<i>Blossfeldia</i>	1	6	Ross, 1981.
<i>Borzicactus</i>	1	2	Katagiri, 1952, 1953.
<i>Cactus</i>	1	2	Spencer, 1955.

Continuación Tabla 1.

<i>Carnegia</i>	1	2	Stockwell, 1935.
<i>Cephalocereus</i>	3	2,4	Katagiri, 1952, 1953; Spencer, 1955;
<i>Cereus</i>	3	2	Takagi, 1938; Katagiri, 1952, 1953;
			Fenzl <i>et al.</i> , 1954; Czeika, 1957;
			Sarkar <i>et al.</i> , 1976a; Di Fulvio, 1977.
<i>Chamaecereus</i>	1	2	Gerald, 1973; Sarkar <i>et al.</i> , 1976a.
<i>Cleistocactus</i>	1	2	Ross, 1981.
<i>Coryphantha</i>	35	2,4	Stockwell, 1935; Beard, 1937;
			Katagiri, 1952, 1953; Remski, 1954;
			Pinkava <i>et al.</i> , 1977; Weedin <i>et al.</i> ,
			1978a, 1980; Ross, 1981; Löve <i>et al.</i> ,
			1982a.
<i>Cryptocereus</i>	1	2	Peev, 1976.
<i>Discocactus</i>	2	2	Kimnach, 1979a.
<i>Disocactus</i>	6	2	Peev, 1976.
<i>Dolichothele</i>	2	2	Katagiri, 1952; Stockwell, 1935; Beard,
			1937; Remski, 1954.
<i>Echinocactus</i>	9	2	Beard, 1937; Takagi, 1938; Katagiri,
			1952, 1953; Remski, 1954; Pinkava <i>et</i>
			<i>al.</i> , 1977; Weedin <i>et al.</i> , 1978a.
<i>Echinocereus</i>	45	2,4	Beard, 1937; Katagiri, 1952, 1953;
			Pinkava <i>et al.</i> , 1977, 1982; Parfitt,
			1978.
<i>Echinopsis</i>	4	2	Stocwell, 1935; Katagiri, 1952, 1953;
			Czeika, 1957.
<i>Epiphyllum</i>	8	2	Sugiura, 1931, 1936b; Beard, 1937;
			Takagi, 1938; Gerald, 1973, Peev,
			1976; Peukert, 1976.
<i>Epithelantha</i>	2	2	Weedin <i>et al.</i> , 1978a; Ross, 1981.
<i>Escobaria</i>	2	2	Beard, 1937; Ross, 1981.
<i>Espostoa</i>	1	2	Diers, 1961.
<i>Ferocactus</i>	17	2	Stockwell, 1935; Beard, 1937;
			Katagiri, 1952, 1953; Pinkava <i>et al.</i> ,
			1977, 1982, 1985; Parfitt, 1978.
<i>Frailea</i>	1	2	Ross, 1981.
<i>Gymnocalycium</i>	7	2,4	Schnack <i>et al.</i> , 1947; Katagiri, 1952,
			1953; Kiesling, 1980; Ross, 1981.
<i>Hamatocactus</i>	2	2	Beard, 1937; Katagiri, 1952, 1953
<i>Harrisia</i>	1	2	Spencer, 1955.
<i>Hattora</i>	1	2	Peev, 1976; Gadella <i>et al.</i> , 1979.
<i>Heliocereus</i>	1	2	Rowley, 1955.
<i>Hylocereus</i>	9	2	Beard, 1937; Spencer, 1955; Sarkar <i>et</i>
			<i>al.</i> , 1976a.
<i>Lepismium</i>	4	2	Peev, 1976; Gadella <i>et al.</i> , 1979.
<i>Leptocereus</i>	1	2	Spencer, 1955.

Continuación Tabla 1.

<i>Lobivia</i>	2	2,4	Diers, 1961.
<i>Lophocereus</i>	2	2	Stockwell, 1935; Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Lophophora</i>	1	2	Beard, 1937.
<i>Loxanthocereus</i>	1	2	Diers, 1961.
<i>Machaerocereus</i>	1	2	Pinkava <i>et al.</i> , 1977.
<i>Mammillaria</i>	142	2,4,6,8,12,24	Jaretzky, 1931; Beard, 1937; Sugiura, 1931, 1936b; Stockwell, 1935; Katagiri, 1952, 1953; Remski, 1954; Spencer, 1955; Czeika, 1957; Sato, 1958a; Sarkar <i>et al.</i> , 1976a; Pinkava <i>et al.</i> , 1977, 1982, 1985; Johnson, 1978, 1980; Weedin <i>et al.</i> , 1978a; Ross, 1981; Gallagher <i>et al.</i> , 1982; Gill <i>et al.</i> , 1985.
<i>Mediocactus</i>	1	2	Beard, 1937.
<i>Melocactus</i>	1	2,4	Ross, 1981.
<i>Monvillea</i>	1	2	Katagiri, 1952.
** <i>Myrtgerocactus</i>	1	3	Pinkava <i>et al.</i> , 1985.
<i>Mytillocactus</i>	2	2,4	Takagi, 1938; Katagiri, 1952, 1953; Pinkava, 1977, 1985; Ross, 1981.
<i>Neolloydia</i>	9	2,4	Weedin <i>et al.</i> , 1978a; Pinkava <i>et al.</i> , 1982, 1985; Ross, 1981.
<i>Neoporteria</i>	1	2	Pinkava <i>et al.</i> , 1977; De Nordenflychtm, 1981;
<i>Nopalxochia</i>	2	2	Beard, 1937; Gerald, 1973.
<i>Notocactus</i>	3	2,4	Takagi, 1938; Katagiri, 1952, 1953; Ross, 1981.
<i>Nyctocereus</i>	3	2	Beard, 1937; Takagi, 1938; Palomino <i>et al.</i> , 1988.
<i>Pachycereus</i>	3	2,4	Katagiri, 1953; Spencer, 1955; Pinkava <i>et al.</i> , 1977.
<i>Pediocactus</i>	3	2	Reveal <i>et al.</i> , 1976; Pinkava <i>et al.</i> , 1982.
<i>Pelecypora</i>	2	2	Ross, 1981.
<i>Peniocereus</i>	1	2	Sarkar, 1976a.
<i>Pfeiffera</i>	1	2	Peev, 1976a.
<i>Rathbunia</i>	1	2	Pinkava <i>et al.</i> , 1976.
<i>Rebutia</i>	5	2,4	Ross, 1981.
<i>Rhipsalidopsis</i>	1	2	Peev, 1976.
<i>Rhipsalis</i>	42	2,4,8	Beard, 1937; Takagi, 1938; Spencer, 1955; Mangenot <i>et al.</i> , 1962; Gadella <i>et al.</i> , 1979; Ross, 1981.
<i>Schlumbergera</i>	3	2	Stockwell, 1935; Takagi, 1938; Peev, 1976.
<i>Sclerocactus</i>	2	2,4	Pinkava <i>et al.</i> , 1977.

Continuación Tabla 1.

<i>Selenicereus</i>	8	2,4	Beard, 1937; Spencer, 1955; Pinkava <i>et al.</i> , 1977.
<i>Stenocactus</i>	4	2	Beard, 1937; Katagiri, 1952, 1953; Ross, 1981; Pinkava <i>et al.</i> , 1982.
<i>Stenocereus</i>	5	2	Katagiri, 1952; Pinkava <i>et al.</i> , 1982, 1985.
<i>Strombocactus</i>	2	2	Ross, 1981.
<i>Thelocactus</i>	2	2,4	Beard, 1937; Weedin <i>et al.</i> , 1978a; Ross, 1981.
<i>Trichocereus</i>	3	2,4	Katagiri, 1952, 1953; Diers, 1961.
<i>Werckleocereus</i>	1	2	Beard, 1937.
<i>Wilcoxia</i>	2	2	Beard, 1937; Katagiri, 1952, 1953.
<i>Zygocactus</i>	1	2	Stockwell, 1935; Remski, 1954.

*Híbridos intraespecíficos

**Híbrido intergenérico

CARIOTIPO EN CACTACEAS

Los estudios cariotípicos han sido usados en sistemática y en estudios de la evolución de diversos géneros de Angiospermas (Moscone, 1989; Bernardello y Anderson, 1990; Ruas et al. 1991).

La mayoría de los estudios citogenéticos en cactáceas, se limita a informar número cromosómico y existen pocos análisis cariotípicos, debido entre otras razones a que los cromosomas son muy pequeños (Johnson, 1980), y a la presencia de mucilago y cristales de oxalato de calcio en el tejido, lo que dificulta la separación de células y la observación de los cromosomas.

En los taxa en los que se han hecho estudios de este tipo, los cromosomas son en su mayor parte metacéntricos, es decir los brazos cromosómicos son casi de la misma longitud.

En trabajos realizados en algunos taxa diploides de Nyctocereus se han obtenido valores de 1.57 a 3.22 μm en la talla de los cromosomas, así como 3 pares de cromosomas submetacéntricos (Palomino et al. 1988).

En algunas especies diploides del género Echinocereus, el tamaño cromosómico varió de 3.0 a 4.8 μm , observándose también de 1 a 3 pares de submetacéntricos; dentro del mismo género, se encuentran taxa poliploides en los que se ha observado un tamaño de los cromosomas de 4.1 a 5.8 μm (Cota, 1991).

En trabajos realizados para algunas especies del género Mammillaria el tamaño cromosómico es similar en la mayoría de los taxa diploides y poliploides, que corresponde a 1.5 a 1.7 μm y 1.46 a 2.78 μm respectivamente, también es importante señalar que en algunas especies de Mammillarias se han observado cromosomas acrocéntricos (Johnson, 1980).

Aunque las cactáceas presentan cariotipos muy homogéneos en los taxa estudiados, se ha detectado la presencia de satélites en algunos de ellos. En 17 especies y 8 variedades del género Mammillaria, Johnson (1980) ha observado la presencia de un par de satélites en los individuos diploides, y hexaploides sugiriendo que estos últimos tienen origen aloploide.

Excepciones a lo anterior ocurren en Mammillaria nívosa especie diploide, en la que se presentan cuatro cromosomas con largos satélites (Spencer, 1955) como los observados en el género Coryphantha (Remski, 1954). Para Nyctocereus serpens, N. serpens var. splendens y N. castellanosi se evidenciaron 3 pares de satélites (Palomino et al. 1988).

De igual forma Cota (1991), observa variaciones en el número y localización de los satélites entre especies diploides y poliploides de Echinocereus. Este autor encuentra de 1 a 3 pares cromosómicos con satélite en el complemento para taxa diploides, mientras que para poliploides se observaron de 0 a 3 pares de satélites.

En variedades diploides de Mammillaria prolifera, Johnson (1980), observa algunas células tetraploides, suponiendo que estas variaciones en el número cromosómico se debe a la aparición local de poliploidía durante la formación de nuevas raíces. Por lo que Ross (1981), menciona la necesidad de realizar trabajos en material meiótico para confirmar el número cromosómico de los taxa en cactáceas.

COMPORTAMIENTO MEIOTICO EN CACTACEAS

La mayoría de las investigaciones citogenéticas en estas plantas, se han llevado a cabo en material meiótico, específicamente sobre células madres del polen en Metafase I (MI) y Anafase I (AI).

En general en especies diploides de cactáceas se ha observado un comportamiento regular con formación de 11 bivalentes en MI.

Sin embargo analizando el comportamiento meiótico de la especie diploide Pereskia diaz-romeroana, Ross (1981) ha observado un meiocito tetraploide con 22 bivalentes entre meiocitos diploides, lo que se interpretó como una vía de producción de gametos no reducidos y consecuentemente una posibilidad de formar poliploides.

En especies menos primitivas dentro del género Opuntia se forman bivalentes en los diferentes niveles de ploidía, aunque también hay registros de multivalentes en taxa autopoliplóides del mismo género (Sosa y Acosta, 1966; Pinkava y McLeod, 1971; Pinkava et al. 1985).

De igual forma se observa para géneros considerados más evolucionados como es el caso de Mammillaria (Remski, 1954; Johnson, 1980) y Rebutia (Ross, 1981), la combinación de bivalentes con multivalentes, lo que hace suponer un origen auto o alopoliplóide de estas plantas.

También ha sido registrada la aparición de cuadrivalentes en híbridos interespecíficos del género Opuntia, confirmando su origen autopoliplóide (Pinkava et al. 1973; Pinkava y Parfitt, 1982).

Beard (1937) ha observado asociaciones secundarias en cromosomas de Mammillaria compressa, resultado de la reunión en pares de bivalentes en Metafase I y cromosomas en Metafase II (MII), sin embargo rara vez estos forman cuadrivalentes. Darlington (1937) ha interpretado este mecanismo como revelador de homeología parcial entre cromosomas no homólogos.

ABERRACIONES CROMOSOMICAS Y ANORMALIDADES PREMEIOTICAS EN CACTACEAS.

El comportamiento meiótico en taxa diploides generalmente es normal, formándose 11 bivalentes en MI, aunque se han podido detectar anomalías en las divisiones premeióticas en cactáceas que ocasionalmente producen meiocitos que contienen cromosomas adicionales, principalmente en plantas poliploides, como sucede en tetraploides de Mammillaria prolifera var. texana y en hexaploides de M. prolifera var. prolifera (Johnson, 1980). En estas especies se observaron anomalías meióticas cuyos cromosomas presentaban dificultad en el apareamiento, mostrando homología limitada, resultando univalentes que no se incorporan a los núcleos de células hijas produciendo segregación anormal de los cromosomas en AII. También se observó en estas especies (4x y 6x) formación de puentes con fragmentos y cromosomas retardados. Como resultado de estas aberraciones estructurales la segregación de los cromosomas fue irregular y el polen de estas plantas fue variable en tamaño y altamente estéril.

En especies menos primitivas dentro del género Opuntia se han observado no-disyunción en plantas tetraploides de O. violacea var. violacea, O. curvospina. Esta última especie híbrida de origen interespecífico, en las que se observa un puente y un fragmento en AI, lo que pone en evidencia inversiones en estas plantas (Pinkava y McLeod, 1971). De igual manera se han registrando 2 translocaciones en dos poblaciones de O. leptocaulis con diferente

nivel de ploidía (2x y 4x) y un 35.4% de polen teñido (viable) (Pinkava et al. 1985). La técnica sobre la viabilidad del polen es empleada como herramienta en la detección de especies poliploides e híbridas (Radford et al. 1974).

Ross (1981), analizando el comportamiento meiótico en los géneros Blossfeldia, Cleistocactus, Fraxea, Pelecyphora, Strombocactus, observa un organizador nucleolar por genoma. En tetraploides de Rebutia cv. nivea (4x), encuentra de uno a dos nucléolos, los que aparecen muy cercanos y con un cromosoma unido en cada uno de ellos; este autor interpreta este mecanismo como asociación secundaria debida a que los genes para la formación del nucléolo están muy próximos entre sí, pudiendo proponer en evidencia cromosomas homólogos u homeólogos.

ESTUDIOS CROMOSOMICOS EN EL GENERO Myrtillocactus

A la fecha son pocos los estudios realizados en éste género. Katagiri (1952; 1953) reportó números cromosómicos para Myrtillocactus geometrizans de $2n=22$ y $2n=44$, correspondiendo éste último a un autotetraploide.

Pinkava et al. (1973) informó el número cromosómico de $n=11$ en Cereus cochal Orcutt= Myrtillocactus cochal (Orcutt) Britton et Rose y en Myrtillocactus lindsayi Moran, un híbrido intergenérico, entre Berberocactus emoryi (Engelm.) Britt. et R. y M. cochal

(Orcutt) Britt. et R., el cual presentó $3n=33$, por lo que debe tratarse de un triploide.

Ross (1981), informó por primera vez el número haploide $n=11$ de Myrtillocactus geometrizans (Mart.) Console, en individuos de una localidad de Querétaro.

TAXONOMIA DEL GENERO Myrtillocactus

El género Myrtillocactus fue establecido por Console en 1897, agrupa a especies arborescentes de tronco bien definido, con numerosas ramas; 5 a 8 costillas; aréolas grandes con espinas de dos clases; una espina central más o menos larga y 5 espinas radiales generalmente cortas. Inflorescencias lanosas. Flores hacia la extremidad de las ramas o laterales, varias en cada aréola, pequeñas, diurnas, blanco verdosas; pericarpelo globoso, con podarios escasos que llevan escamas muy pequeñas con fieltro escaso; tubo receptacular corto y angosto; segmentos del perianto escasos, formando un perianto ampliamente abierto; cámara nectarial corta y angosta; estambres primarios y secundarios más o menos de la misma longitud; ovario globoso con óvulos en funículos ramificados, papilosos; placentación parietal; estilo de la misma longitud que los estambres; lóbulos del estigma lineares; fruto pequeño, globoso purpúreo, casi desnudo. Semillas pequeñas, globosas, con testa papilosa, negro mate; hilo subbasal, con micrópilo hundido; embrión curvo, cotiledones anchos.

La especie tipo es Cereus geometrizaris Martius in Pfeiffer 1837 (Bravo-Hollis, 1978).

Integran este género 4 especies Myrtillocactus geometrizaris, M. cochal, M. schenkii, M. eichlamii (Bravo-Hollis, 1978), las tres primeras mexicanas y la última de Guatemala, que forman un grupo bastante homogéneo. Aunque Brandegee (1900), considera a M. cochal especie distribuida en Baja California como una variedad de M. geometrizaris, en otros casos se ha mencionado la posibilidad de considerar en este género una sola especie con mucha variación (Buxbaum, 1962, 1972; Hunt et al. 1986, 1990).

La especie M. geometrizaris es variable en su apariencia vegetativa; una variante particularmente interesante, descrita originalmente por Bravo-Hollis (1932) es la especie M. grandiareolatus, de cerca de Zapotitlán en el Valle de Tehuacán, Puebla, la cual presenta una estructura florífera muy prominente. Actualmente esta especie es reconocida como una variedad, M. geometrizaris var. grandiareolatus (Bravo) Backeberg.

El género está distribuido desde el norte de la región del Vizcaíno en Baja California hasta Guatemala, abarcando diversos estados del norte y centro del país como Tamaulipas, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Zacatecas, Jalisco, Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Puebla y Oaxaca estableciéndose en los mezquitales (Prosopis laevigata) de la altiplanicie, así como en regiones con

selva baja caducifolia y formando parte del desierto micrófilo (Bravo-Hollis, 1978), (Figura 1).

Usos de las especies

Las especies son conocidas con el nombre de "garambullos" y en algunas localidades de los estados de Hidalgo y Querétaro son utilizadas. Las flores y los frutos son comestibles, con las primeras se preparan ensaladas y frituras y con los segundos, pasas, compotas y mermeladas, además de comerse frescos, pues son de sabor agradable (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991).

UBICACION TAXONOMICA DE LA ESPECIE Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console

La especie fue clasificada de acuerdo a H.Bravo (1984).

Familia: Cactaceae

Subtribu: Cactoideae

Tribu: Pachycereeae Buxb.

Subtribu: Myrtillocactinae Buxb.

Género: Myrtillocactus Console

Especie: Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console

DESCRIPCION DE LA ESPECIE Myrtillocactus geometrizans

Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console

Cereus geometrizans Martius

N.V. "garambullo", "padre nuestro".

Plantas arborescentes, que llegan a medir más de 4 m de alto. Tronco bien definido, corto; ramificación abundante formando una copa de hasta 5 m de diámetro. Ramas que a su vez se ramifican; algo encorvadas, de 6 a 10 cm de diámetro de color verde azulado. Costillas de 5 ó 6, redondeadas, de 2 a 3 cm de alto. Aréolas distantes entre sí 1.6 a 5.7 cm, lanosas, prolíferas, a veces creciendo en forma ramificada; espinas radiales y centrales muy diferentes. Espinas radiales generalmente 2 a 5, a veces 8 ó 9, cortas, de 2 a 15 mm de largo y en ocasiones hasta de 3 cm, rojizas cuando jóvenes, algo aplanadas o hinchadas en la base. Espina central, a veces ausente, y cuando presente, muy grande, aplanada lateralmente, de 0.4 a 7 cm de largo y de 6 mm de ancho, negra. Flores en la parte superior de las aréolas, pequeñas, de 1.98 a 2.1 cm de largo y de 1.61 a 3.5 de ancho, color blanco verdoso; varias en la misma aréola; segmentos del perianto oblongos, de 1.5 cm de longitud, se extienden ampliamente; estambres numerosos, exertos cuando la flor está bien abierta; lóbulos del estigma 3 a 5. Fruto pequeño de 0.70 a 2 cm de diámetro, globoso hasta elipsoide, moreno purpúreo, sin espinas, semillas negras y rugosas, de 1.0 a 1.2 mm de longitud máxima.

Presenta dos variedades:

Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console
var. geometrizans.

Cereus geometrizans Martius in Pfeiffer, Enum. Cact
90. 1837.

Cereus pungioniferus Lemaire, Cact. Aliq. Nov. 30.1838.

Cereus gladiator Otto et Dietrich, Allg. Gartenz. 6:34.
1838.

Cereus garambello Haage Jr. in Foerster, Handb. Cact. 433.
1846.

Cereus geometrizans pungioniferus Salm-Dyck, Cact. Hort.
Dyck. 1849. 48. 1850.

Cereus geometrizans quadrangularispinus Lemaire in Labouret,
Monogr. Cact. 367.1853.

Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console, Boll. R. Ort.
Bot. Palermo 1:10. 1897.

Myrtillocactus geometrizans Fric et Kreuzingers, Katal.
1935.

Myrtillocactus geometrizans var. pungionifer (SD) Fric et
Kreuz., Katal. 1935.

Aréolas prolíferas, de 2 a 10 mm de ancho y de 1 a 1.1 mm de largo, distantes entre sí de 2.5 a 3.5 cm. Espinas radiales en número de 2 a 5 de 1 a 15 mm de largo, de color gris oscuro. Espina central ausente en algunas aréolas, cuando presentes de 0.4 a 7 cm de largo.

Distribución: Desde Tamaulipas hasta Oaxaca, abunda en los estados del centro de México, especialmente en Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, llegando hasta el sur de Tamaulipas, Guerrero y Oaxaca; por el oeste se presenta en Durango, Zacatecas, Jalisco y Michoacán (Figura 1a).

Myrtillocactus geometrizans (Martius) Console
var. *grandiareolatus* (Bravo) Backeberg, Cactaceae 4:3267. 1960.

Myrtillocactus grandiareolatus Bravo, An. Inst. Biol. Mex.
3:15. 1932.

Se caracteriza por sus aréolas abultadas provistas de abundante lana, blanco grisáceo. Estas al crecer, forman una prominencia cilíndrica a veces ramificada; aréolas distantes entre sí de 4.0 a 5.5 cm. Espinas radiales de 0.5 a 2.5 cm de largo, de color gris claro con la punta más oscura. Espina central de 1.5 a 5.0 cm de largo; en ocasiones ausente.

Distribución: reportada únicamente de una localidad de Tehuacán en el estado de Puebla (Bravo-Hollis, 1932).

En poblaciones de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans* se han observado variaciones en algunas de sus caracteres morfológicos, lo que ha incrementado el interés en llevar a cabo estudios interdisciplinarios en poblaciones de diferentes localidades, que sean base para su caracterización biológica y en lo futuro poder compararla con las demás especies que integran este grupo, proporcionando así una ayuda para la taxonomía y la delimitación de los taxa.

Trabajos cromosómicos en cactáceas en los que se analicen las características de los cromosomas mitóticos y meióticos son escasos, por lo que la realización de este trabajo servirá de apoyo en la caracterización de los genotipos de *M. geometrizans* var. *geometrizans*, ya que el origen y la naturaleza de los caracteres morfológicos radica en los genes y la manifestación de los mismos es resultado de interacciones entre los genes y el ambiente.

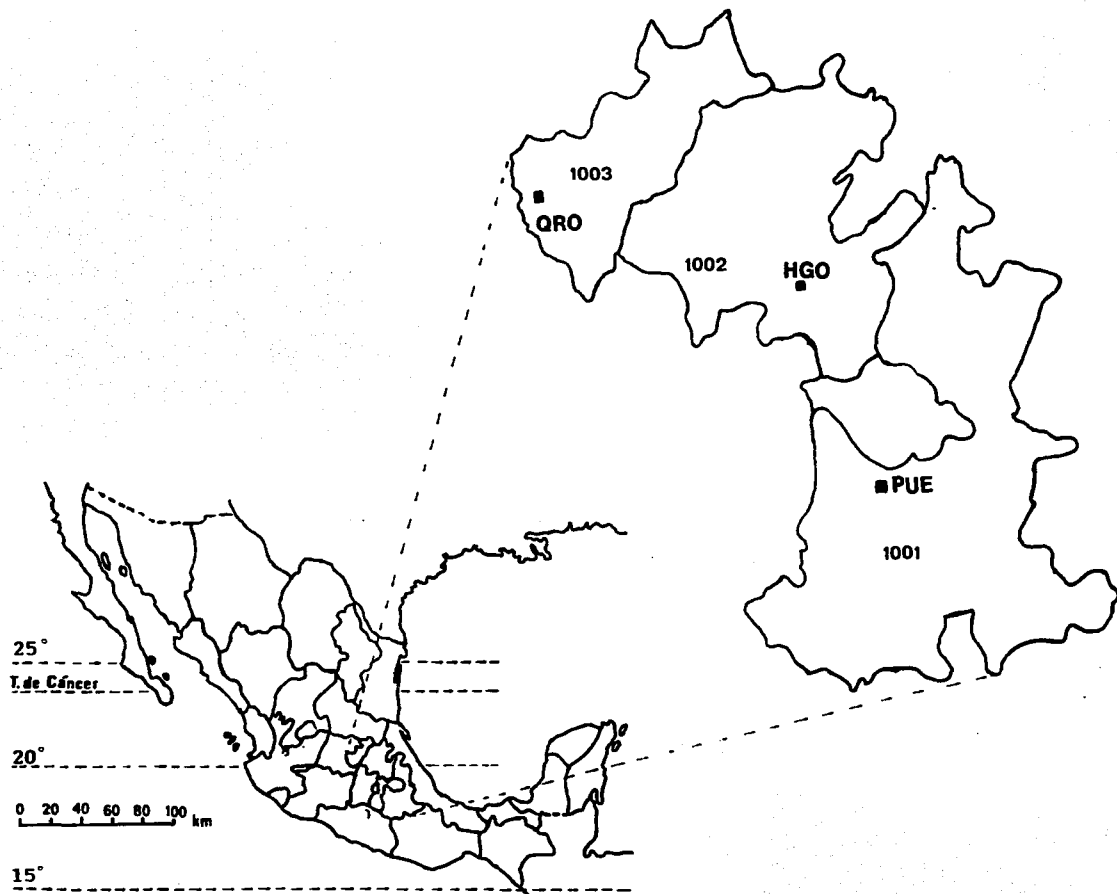


FIGURA 1. UBICACION DE LAS AREAS DE ESTUDIO.



FIGURA 1a. Individuos de las poblaciones de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizaris*, (1) localidad Puebla, (2) localidad Querétaro.

OBJETIVOS

Esta investigación tuvo como finalidad contribuir a la caracterización cromosómica de poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans en Puebla, Hidalgo y Querétaro, para lo cual:

- 1) Se cuantificó el tamaño de las espinas central y radiales, las dimensiones de la aréola, la distancia entre las aréolas, el número de costillas, el largo y ancho de la flor y fruto en 3 poblaciones de M. geometrizans var. geometrizans.
- 2) Corroborar el número cromosómico n , $2n$, el número básico (x), los niveles de ploidía y elaborar el cariotipo de las mencionadas poblaciones.
- 3) Analizar el comportamiento meiótico en Metafase I (MI), tipo y frecuencia de quiasmas, índice de recombinación (IR), posibles irregularidades en Anafase I (AI) y estimación de viabilidad de polen.

MATERIALES Y METODOS

Las plantas de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans con las que se llevó a cabo este trabajo, se colectaron en estado vegetativo, de floración y fructificación en 3 localidades: Municipio de Tepexi de Rodríguez, Puebla; Municipio de Tula, Hidalgo y Municipio de Colón, Querétaro (Figura 1). Las localidades y datos de colecta se presentan en los Cuadros 1 y 2. El material se determinó por comparación con los ejemplares de la especie y la variedad depositados en el Herbario Nacional de México (MEXU). Los ejemplares que sirvieron de respaldo a este estudio, se depositaron en este mismo herbario.

Análisis de las Características Morfológicas

De cada una de las poblaciones se tomaron 15 individuos de los cuales se obtuvieron 50 mediciones para cada una de las siguientes características morfológicas: tamaño de espina central, tamaño de espinas radiales, dimensiones de la aréola, distancia entre aréolas, número de costillas, así como el largo y ancho de la flor y el fruto. De estas mediciones y para cada parámetro se obtuvieron las medias (\bar{x}) y el error estandar (EE) en cada una de las tres poblaciones de M. geometrizans var. geometrizans estudiadas. Para comparar las medias de cada parámetro en las poblaciones estudiadas se utilizó la prueba de "t de Student" y siguiendo el programa estadístico CSS Statistica de Statsoft, (1991).

Análisis de cromosomas mitóticos

Se colectaron 15 artículos jóvenes de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans procedentes de 10 individuos de cada población y se plantaron en musgo (turba), de los que obtuvieron raíces secundarias para el análisis de los cromosomas mitóticos.

El estudio cromosómico en metafase mitótica se llevó a cabo en ápices radicales obtenidos de las raíces secundarias de las plantas mantenidas en los invernaderos. Las raíces con una longitud de aproximadamente 1.0 cm, se cortaron de 8:00 a 8:30 a.m. y se pretrataron con el mitostático alfa-bromo-naftaleno a concentración saturada. Se mantuvieron a 18°C en la oscuridad durante cinco horas. Posteriormente se lavaron con agua destilada y se fijaron en la mezcla de farmer; alcohol etílico 96% y ácido acético glacial 3:1 (v/v), (García, 1990).

Las raíces se hidrolizaron 11 min. con HCl 1N a 60°C y se tiñeron con Feulgen de acuerdo a García, (1990). Una vez que el meristemo apical adquirió una coloración violeta, se depositó en un porta objetos y se agregó aceto-orceina 1 %. En seguida se colocó un cubre objetos y se procedió a la separación y aplastamiento del tejido, para su posterior observación al microscopio óptico en campo claro.

Las preparaciones donde se observaron células con cromosomas metafásicos nítidos y separados, se hicieron permanentes por el método del "hielo seco", (Conger y Fairchild, 1953).

De cada población se fotografiaron las 3 mejores células en un FOMI II (Zeiss) y a 1250x y utilizando película Technical Pan, ASA 100.

Los cromosomas de las células seleccionadas se dibujaron mediante la proyección de los negativos y con la ayuda de un proyector de transparencias.

A partir de los dibujos y las microfotografías de las 3 mejores células obtenidas por población, se elaboraron los idiogramas. El cariotipo se elaboró a partir de la mejor microfotografía para cada población. Los cromosomas dibujados se homologaron conforme a las longitudes absolutas (μm) de los brazos cortos y largos, y a la longitud total de cada par cromosómico. Para el análisis de los cariotipos, se consideró también la relación de brazos (R.B) dada por el cociente del brazo largo entre el corto de cada cromosoma. Estos parámetros permitieron ordenar los cromosomas y clasificarlos de acuerdo a la posición del centrómero, en base a lo propuesto por Levan et al. (1964).

Los idiogramas del complemento haploide de las 3 poblaciones estudiadas se elaboraron, a partir de las longitudes absolutas de

los cromosomas de cada complemento cromosómico y fueron ordenados en forma decreciente en longitud, siendo el primer cromosoma el más largo y el último el de menor longitud. Se determinó la longitud relativa porcentual (L.R) de acuerdo a García (1990) y el índice de asimetría (TF %) de los cariotipos de acuerdo a Gupta y Gupta (1978) a través de la siguiente ecuación:

$$TF \% = \frac{\text{Total de los brazos cortos de los cromosomas}}{\text{Suma total de la longitud de los cromosomas}} \times 100$$

Análisis de Meiosis

El análisis de meiosis en metafase I (MI) y anafase I (AI), se llevó a cabo en células madres del polen (CMP) de anteras frescas obtenidas de botones florales, provenientes de 15 individuos de cada población.

De cada planta se tomaron las anteras y se colocaron en un porta objetos, agregando aceto-orceina 1 % para teñir los cromosomas de las células madres del polen. El tejido se separó para así observar los cromosomas al microscopio. Las preparaciones así obtenidas se hicieron permanentes por el método de Conger y Fairchild (1953).

De cada población se analizaron 32 células en MI y en AI. De esta forma se determinaron los tipos de bivalentes, la frecuencia de quiasmas por núcleo (FQN), y el índice de recombinación (IR) (Darlington, 1937; Sáez y Cardoso, 1978; White, 1973).

Las fórmulas para determinar la frecuencia de quiasmas por núcleo y el índice de terminalización de los quiasmas se obtuvieron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$FQN = \frac{\text{Número total de quiasmas por núcleo}}{\text{Número total de núcleos}}$$

$$T = \frac{\text{Número total de quiasmas terminales}}{\text{Número total de quiasmas.}}$$

El Índice de Recombinación (IR), se consideró como la suma del número de bivalentes (número haploide) más el promedio de quiasmas de todos los cromosomas de una célula.

Se estimó el porcentaje de viabilidad del polen de las tres poblaciones, mediante su tinción con lacto-fenol-azul de algodón. Los granos de polen esféricos, con coloración azul intenso se consideraron viables y los incoloros o deformes (media luna) como no viables.

Con la finalidad de determinar si la longitud cromosómica total en los cariotipos de las tres poblaciones estudiadas, la frecuencia de quiasmas por núcleo y IR eran diferentes, se llevaron a cabo comparaciones de sus medias, empleando una "t de Student". Para conocer si la longitud total de los pares cromosómicos variaba en las tres poblaciones, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para un diseño factorial, utilizando el programa estadístico CSS Statistica de Statsoft, (1991).

**CUADRO 1. LOCALIDAD Y DATOS DE COLECTA DE TRES POBLACIONES
DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans***

LOCALIDAD	COLECTOR	Nº DE COLECTA	FECHA DE COLECTA
Tepexi el Viejo Mpio. de Tepexi de Rodríguez, Pue. (vegetación Bosque Espinoso y Matorral Crasicaule).	R. Cid Juárez	1001	18/XII/89
		1004	14/V/90
		1007	15/XII/90
San Miguel de las Piedras Mpio. de Tula, Hgo. (vegetación Matorral Crasicaule).	R. Cid Juárez	1002	23/XII/89
		1005	20/VI/90
		1008	10/XII/90
5 Km de Colón hacia Tolimán Mpio. de Colón, Gro. (vegetación Matorral Crasicaule).	R. Cid Juárez	1003	14/I/90
		1006	7/VI/90
		1009	18/I/91

CUADRO 2. DATOS GENERALES DE LAS ZONAS DE COLECTA

LOCALIDAD	LONGITUD LATITUD (a*)	TIPO DE SUELO (b*)	CLIMA (C*)	TIPO DE VEGETACION (d*)
Tepexi el Viejo, Mpio. de Tepexi de Rodríguez, Pue.	97°43'-98°20' O 18°30'-18°45' N	Litosol	BS (h)w(w) Seco estepario Temp: 22°C pp: 658.6 mm	Bosque Espinoso y Matorral Crasicaule
San Miguel de las Piedras, Mpio. de Tula, Hgo.	99°15'-99°30' O 20°0'-20°18' N	Feozem háplico	C(w"o)(x"b(i) Templado subhúmedo Temp: 17°C pp: 699.4 mm	Matorral Crasicaule
Colón, Mpio. de Colón, Qro.	99°58'-100°11' O 20°41'-20°52' N	Feozem háplico	BS1 hw"(w)(e) Seco estepario Temp: 21.9°C pp:623.4 mm	Matorral Crasicaule

a* S.P.P.,1981;1986. c* García,1973;1978. d* Rzedowski,1961.

RESULTADOS

Análisis de las características morfológicas

La Tabla 2 muestra las variaciones en el largo de las medidas de la espina central, de las radiales, la dimensión de las aréolas, la distancia entre aréolas y el número de costillas en los tallos de las tres poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans. En la Tabla 3 se señalan las medidas (\bar{x}) y error estandar (EE) para estas mismas características vegetativas.

En la localidad de Puebla fue evidente la ausencia de espina central en la mayoría de los individuos, mientras que en los de Hidalgo y Querétaro, siempre estuvo presente. En las poblaciones de Puebla e Hidalgo el largo de la espina central y de las espinas radiales así como la distancia entre aréolas fueron similares pero resultaron diferentes ($P < 0.05$) al comparar estas características con la población de Querétaro (Tabla 4). Sin embargo, el largo y ancho de las aréolas y el número de costillas resultaron iguales en las tres poblaciones.

En la Tabla 5 se indican los promedios del largo y ancho de la flor y fruto obtenidos para las tres poblaciones analizadas. El largo de la flor resultó igual en las tres poblaciones, sin embargo, el ancho en la población de Hidalgo (2.29 cm) resultó diferente ($P < 0.05$) a los obtenidos para Querétaro (2.01 cm) y Puebla (1.61 cm), Tabla 6.

El largo y el ancho del fruto no presentaron variaciones significativas, al compararlos en las tres poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans estudiadas, (Tabla 6).

Análisis de los cariotipos

Todas las poblaciones fueron diploides con $2n=22$, (Figuras 2, 3 y 4), resultados congruentes con el $x=11$ ya informado para el género Myrtillocactus y para la familia Cactaceae (Pinkava et al. 1985).

En la Tabla 7 se muestran las longitudes de los cromosomas para cada población y son el resultado promedio de la medición de tres células por población. Con estos resultados y los dibujos se elaboraron los cariotipos (Figura 5) y los idiogramas (Figura 6) de las poblaciones de Puebla, Hidalgo y Querétaro de M. geometrizans var. geometrizans.

Los cariotipos de las tres poblaciones analizadas estuvieron constituidos por 11 pares de metacéntricos (Tabla 8).

Se determinaron diferencias en el número y posición de las constricciones secundarias entre los complementos cromosómicos de las tres poblaciones. En los individuos de las localidades de Puebla e Hidalgo se observó un par de cromosomas metacéntricos con satélites en la posición 1, mientras que en la población de Querétaro se observaron 2 pares con satélites en las posiciones 1 y 2 (Figuras 5 y 6).

Al considerar la longitud de brazos en los cromosomas metacéntricos, el cariotipo más simétrico fue el de la población de Puebla (T.F % = 44.75), mientras que en las poblaciones de Hidalgo y Querétaro, se observaron valores de T.F % = 45.65 y 44.61 respectivamente.

Las longitudes cromosómicas totales para las tres poblaciones se muestran en la Tabla 8. En donde se observó que este parámetro resultó similar en las poblaciones de Puebla (32.20 μm) e Hidalgo (31.87 μm), pero diferente significativamente al compararlas con la de Querétaro (25.08 μm) a un nivel de significancia del 5% (Tabla 9). Esto se corroboró al obtener en las poblaciones de Puebla e Hidalgo cromosomas más largos de 3.85-2.36 y 3.65-2.19 μm respectivamente y más pequeños en la de Querétaro que midieron de 2.95-1.76 μm (Tabla 8).

Al comparar las longitudes de cada par cromosómico en los tres genotipos no se observó variación inter e intrapoblacional. Sin embargo se pudieron detectar pequeñas variaciones al hacer la comparación de los tamaños de cada par cromosómico entre los cariotipos de Puebla, Hidalgo y fluctuaron en 0.2 μm en el par 1 a ninguna en el par 9 (Tabla 7a). Estas diferencias fueron más evidentes al comparar los tamaños cromosómicos de los 11 pares entre la población de Puebla y Querétaro y fueron de 0.9 μm en el par 1 a 0.39 μm en el par cromosómico 10. Las variaciones mayores en el tamaño de los once pares entre Hidalgo y Querétaro fueron de 0.77 μm a 0.43 μm al comparar los pares 3 y 11 respectivamente.

En base a estos resultados es posible definir dos citotipos para Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, el primero observado en las poblaciones de Puebla e Hidalgo, donde se evidenció un par de satélites, LTC similares y menores variaciones en el tamaño de sus cromosomas. El segundo corresponde a la población de Querétaro que presentó dos pares de satélites y una LTC menor (en relación a las observadas en las plantas de Puebla e Hidalgo) y cromosomas variables al compararlos con los de las otras dos poblaciones.

Análisis del comportamiento de cromosomas meióticos

En metafase I (MI) se determinó que existen dos tipos de bivalentes, los que forman anillos (a) y los que forman cadenas (c) o lineales en las poblaciones estudiadas.

La proporción de bivalentes en anillo (a) y cadena (c) varió de una CMP a otra dentro de cada individuo y también en cada una de las poblaciones analizadas. En las poblaciones de Puebla e Hidalgo se observaron 6 combinaciones diferentes de bivalentes en anillo (IIa) y en cadena (IIc), el rango en la población de Puebla fue de 3-10 en IIa y de 1-8 en IIc (Figuras 7 y 8; Tabla 10). En la población de Hidalgo el rango de IIa y IIc fue similar y correspondió el mismo rango (2-9) para los dos tipos de bivalentes (Figura 9, 10 y 11; Tabla 10). La población de Querétaro sólo presentó 3 combinaciones de bivalentes, su rango fue de 4-11 para bivalentes en anillo y de 0-7 para bivalentes en cadena (Figuras 12 y 13; Tabla 10).

El promedio y tipo de bivalentes fue similar en las poblaciones de Puebla (IIa=7.09; IIC=3.90) y Querétaro (IIa=7.3; IIC=3.65) y diferente a la de Hidalgo (IIa=3.96; IIC=7.06; Tabla 10).

Debido a que todos los bivalentes presentaron quiasmas terminales el coeficiente de terminalización fue uno para todas las poblaciones.

El promedio de quiasmas por núcleo (FQN) e índice de recombinación (IR) resultó similar en las poblaciones de Puebla con una FQN de 18.09, y un IR=29.08 y Querétaro con una FQN= 18.37, IR= 29.32 y diferentes significativamente ($P < 0.05$) a la de Hidalgo que presentó una FQN=15.00 y un IR= 26.02 (Tabla 10 y 11).

En el análisis meiótico en anafase I (AI) de las tres poblaciones se observaron células madres del polen (CMP) con segregación normal, como se muestra en la Figura 9 y 13).

Al analizar la viabilidad del polen se presentó la más alta para los individuos de la localidad de Puebla con un valor de 82.9 %, para los de Hidalgo, se observó el valor más bajo con un 68.9 % y en los individuos de Querétaro se presentó un valor intermedio (78.9 %), como se observa en la Tabla 12 (Figura 14).

TABLA 2. CARACTERISTICAS VEGETATIVAS DE TRES POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans*

POBLACION	LARGO DE LA ESPINA CENTRAL (cm)	LARGO DE LAS ESPINAS RADIALES (cm)	DIMENSIONES DE LA AREOLA (cm)	DISTANCIA ENTRE AREOLAS (cm)	N° DE COSTILLAS
PUEBLA	Ausente. Cuando presente de 0.5 a 4.2	En número de 2 a 5 de 0.1 a 1.2	0.2-1.0/0.2-1.1	1.6 a 5.7	De 5 a 6
HIDALGO	Presente de 0.6 a 0.3.5	En número de 3 a 5 de 0.3 a 1.0	0.3-0.7/0.3-0.8	2.0 a 5.3	De 5 a 6
QUERETARO	Presente de 0.4 a 5.8	En número de 2 a 5 de 0.2 a 1.5	0.3-0.7/0.3-0.8	1.8 a 5.0	5

**TABLA 3. PROMEDIO DE LAS CARACTERISTICAS VEGETATIVAS
DE TRES POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans***

POBLACION	LARGO DE LA ESPINA CENTRAL (cm)		LARGO DE LAS ESPINAS RADIALES (cm)		DIMENSIONES DE LA AREOLA				DISTANCIA ENTRE AREOLAS (cm)	
	\bar{X}	EE	\bar{X}	EE	ANCHO (cm)		LARGO (cm)		\bar{X}	EE
PUEBLA	1.59	0.11	0.52	0.03	0.50	0.02	0.50	0.02	2.99	0.12
HIDALGO	1.36	0.08	0.51	0.02	0.50	0.01	0.53	0.01	2.87	0.08
QUERETARO	2.28	0.16	0.70	0.04	0.51	0.01	0.51	0.01	2.44	0.07

**TABLA 4. COMPARACION DE MEDIAS* PARA LAS
DIMENSIONES DE ESPINAS Y AREOLAS EN TRES
POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans*
var. *geometrzens***

LOC.	LARGO ESPINA CENTRAL	LARGO ESPINA RADIAL	DIMENSIONES DE LA AREOLA		DISTANCIA ENTRE LAS AREOLAS
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}
QRO.	2.20 ^b	0.70 ^b	0.51 ^a	0.51 ^a	2.44 ^b
PUE.	1.59 ^a	0.52 ^a	0.50 ^a	0.50 ^a	2.99 ^a
HGO.	1.36 ^a	0.50 ^a	0.53 ^a	0.50 ^a	2.87 ^a

Por t de "Student", a un nivel de significancia del 5%, los valores con la misma letra indican similitud.

TABLA 5. PROMEDIO DEL LARGO Y EL ANCHO DE LA FLOR Y EL FRUTO EN TRES POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometriza*ns

POBLACION	LARGO TOTAL DE LA FLOR (cm)		ANCHO DE LA FLOR (cm)		LARGO DEL FRUTO (cm)		ANCHO DEL FRUTO (cm)	
	\bar{X}	\pm EE	\bar{X}	\pm EE	\bar{X}	\pm EE	\bar{X}	\pm EE
PUEBLA	2.11	0.06	1.61	0.05	0.74	0.03	0.72	0.02
HIDALGO	2.06	0.07	2.29	0.06	1.12	0.03	0.96	0.02
QUERETARO	1.98	0.02	2.01	0.03	0.90	0.02	0.80	0.02

TABLA 6. COMPARACION DE MEDIAS* PARA LAS DIMENSIONES DE FLOR Y FRUTO DE TRES POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans*

LOC.	LARGO FLOR \bar{X}	LOC.	ANCHO FLOR \bar{X}	LARGO FRUTO \bar{X}	ANCHO FRUTO \bar{X}
PUE.	2.11 ^a	HGO.	2.29 ^a	1.12 ^a	0.96 ^a
HGO.	2.06 ^a	QRO.	2.01 ^a	0.90 ^a	0.80 ^a
QRO.	1.98 ^a	PUE.	1.61 ^b	0.74 ^a	0.72 ^a

*Por t de Student, a un nivel de significancia del 5%, los valores con la misma letra indican similitud.

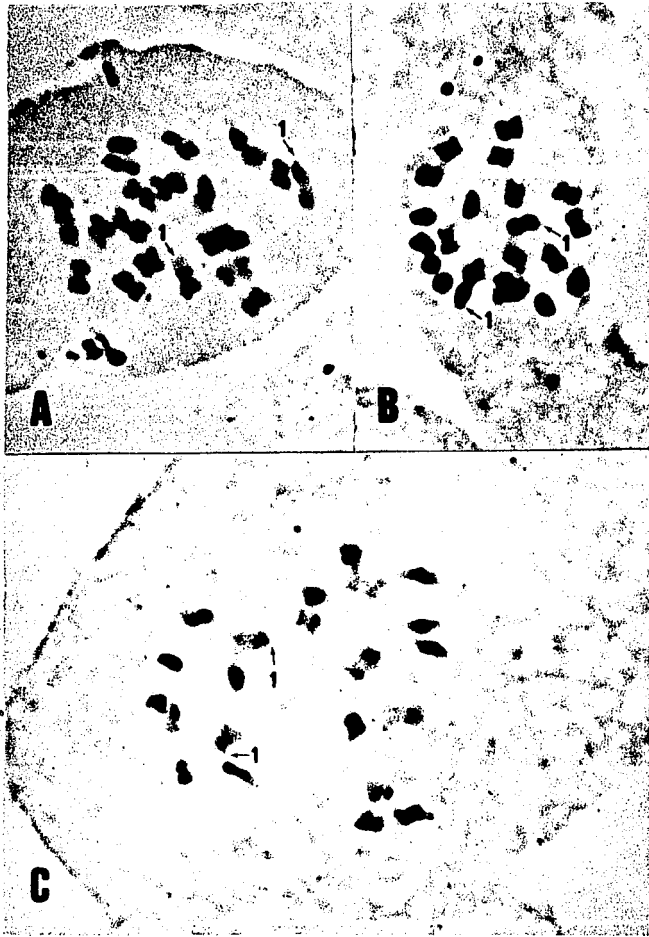


FIGURA 2. A, B y C. Células somáticas de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, de la localidad de Puebla, en donde se aprecia el número cromosómico $2n=22$. Los números indican los pares homólogos con satélite. Escala: $10 \mu\text{m}$.

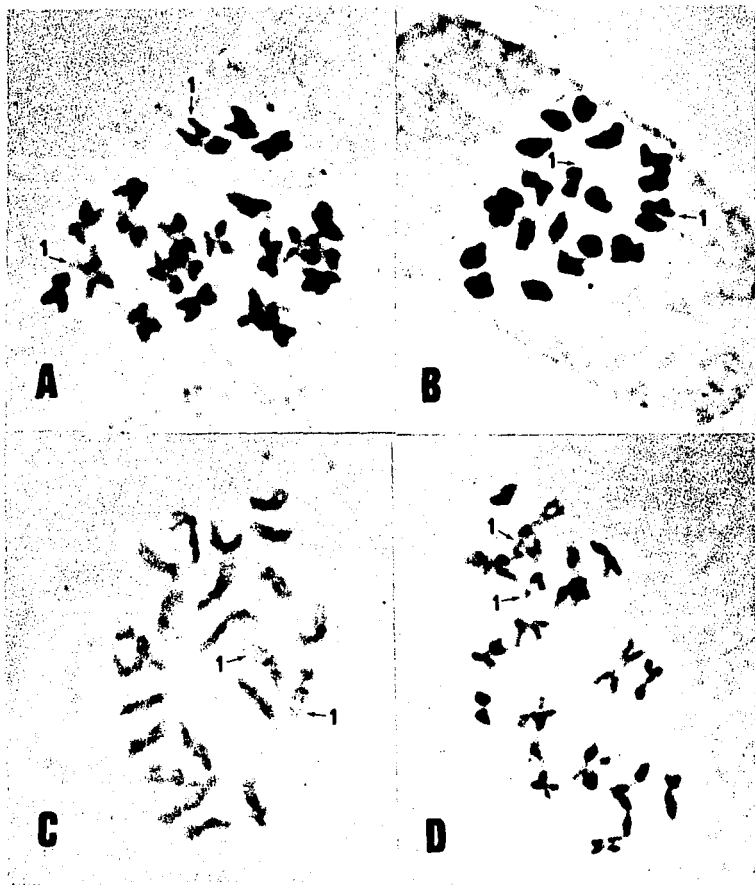


FIGURA 3. A, B, C y D. Células somáticas de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, de la localidad de Hidalgo, en donde se aprecia el número cromosómico $2n=22$. Los números indican los pares de homólogos con satélite. Escala: 10 μm .

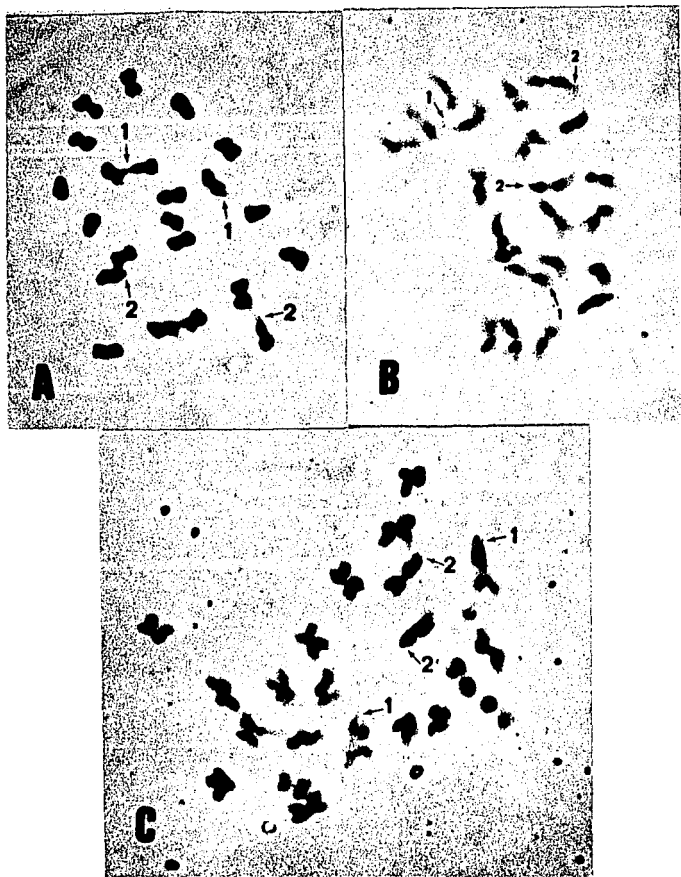


FIGURA 4. A, B y C. Células somáticas de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans*, de la localidad de Querétaro, en donde se aprecia el número cromosómico $2n=22$. Los números indican los pares de homólogos con satélite. Escala: 10 μ m.

TABLA 7. CLASIFICACION CROMOSOMICA DE TRES POBLACIONES DE
Myrtillocactus geometrizans var. *geometrizans*

PAR CROMOSOMICO

POBLACION	PUEBLA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Longitud Absoluta Porcentual (μm)		11.95	10.43	9.75	9.40	9.40	9.13	8.88	8.13	8.04	7.51	7.32
BRAZOS CORTOS		1.80	1.35	1.53	1.15	1.45	1.36	1.28	1.21	1.18	1.01	1.11
BRAZOS LARGOS		2.05	2.01	1.61	1.88	1.58	1.58	1.60	1.41	1.41	1.41	1.25
TOTALES		3.85	3.36	3.14	3.03	3.03	2.94	2.86	2.62	2.59	2.42	2.36
RELACION DE BRAZOS (BL/BC)		1.13	1.48	1.05	1.63	1.08	1.16	1.26	1.16	1.19	1.39	1.12
* CLASIFICACION CROMOSOMICA		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
POBLACION	HIDALGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Longitud Absoluta Porcentual (μm)		11.45	10.22	9.66	9.53	9.44	8.97	8.81	8.75	8.12	8.12	6.87
BRAZOS CORTOS		1.90	1.40	1.30	1.36	1.35	1.33	1.23	1.28	1.23	1.16	1.01
BRAZOS LARGOS		1.75	1.86	1.78	1.68	1.66	1.53	1.58	1.51	1.36	1.43	1.18
TOTALES		3.65	3.26	3.08	3.04	3.01	2.86	2.81	2.79	2.59	2.59	2.19
RELACION DE BRAZOS (BL/BC)		0.92	1.32	1.36	1.23	1.22	1.15	1.28	1.17	1.10	1.23	1.16
* CLASIFICACION CROMOSOMICA		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
POBLACION	QUERETARO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Longitud Absoluta Porcentual (μm)		11.76	11.08	9.21	9.17	9.17	8.65	8.69	8.61	8.53	8.09	7.01
BRAZOS CORTOS		1.55	1.10	0.95	1.00	1.00	1.06	1.00	0.95	0.93	0.85	0.80
BRAZOS LARGOS		1.40	1.68	1.36	1.30	1.30	1.11	1.18	1.21	1.21	1.18	0.98
TOTALES		2.95	2.78	2.31	2.30	2.30	2.17	2.18	2.16	2.14	2.03	1.78
RELACION DE BRAZOS (BL/BC)		0.90	1.52	1.43	1.30	1.30	1.04	1.18	1.27	1.30	1.36	1.20
* CLASIFICACION CROMOSOMICA		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m

* Clasificación cromosómica según Levan et al. 1964.

TABLA 7a. LONGITUD TOTAL DE LOS PARES CROMOSOMICOS EN (μm) PARA TRES POBLACIONES DE *Mytillocactus geometrizans* var. *geometriza*ns.

PAR CROMOSOMICO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PUEBLA	3.85	3.36	3.14	3.03	3.03	2.94	2.86	2.62	2.59	2.42	2.36
HIDALGO	3.65	3.26	3.08	3.04	3.01	2.86	2.81	2.79	2.59	2.59	2.19
QUERETARO	2.95	2.78	2.31	2.30	2.30	2.17	2.18	2.16	2.14	2.03	1.76

DIFERENCIAS ENTRE LAS LONGITUDES TOTALES DE LOS PARES CROMOSOMICOS DE LAS TRES POBLACIONES.

PUE. vs HGO.	0.20	0.10	0.06	0.01	0.02	0.08	0.05	0.17	0	0.17	0.17
PUE. vs QRO.	0.90	0.58	0.83	0.73	0.73	0.77	0.68	0.46	0.45	0.39	0.60
HGO. vs QRO.	0.70	0.48	0.77	0.74	0.71	0.69	0.63	0.63	0.45	0.56	0.43

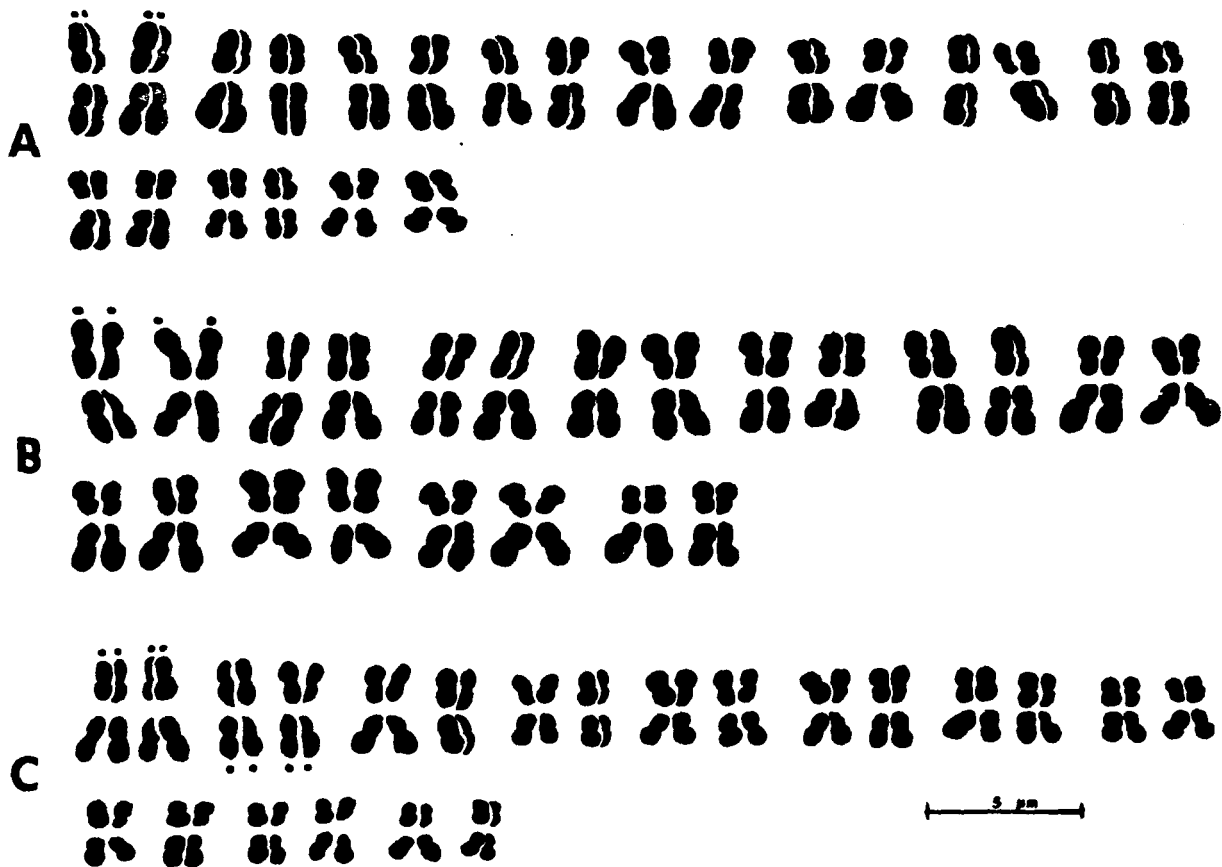


FIGURA 5. Cariotipo de tres poblaciones de la especie *Myrtillocactus geometrizans* (Martius) Conzole (A) Puebla; (B) Hidalgo; (C) Querétaro.

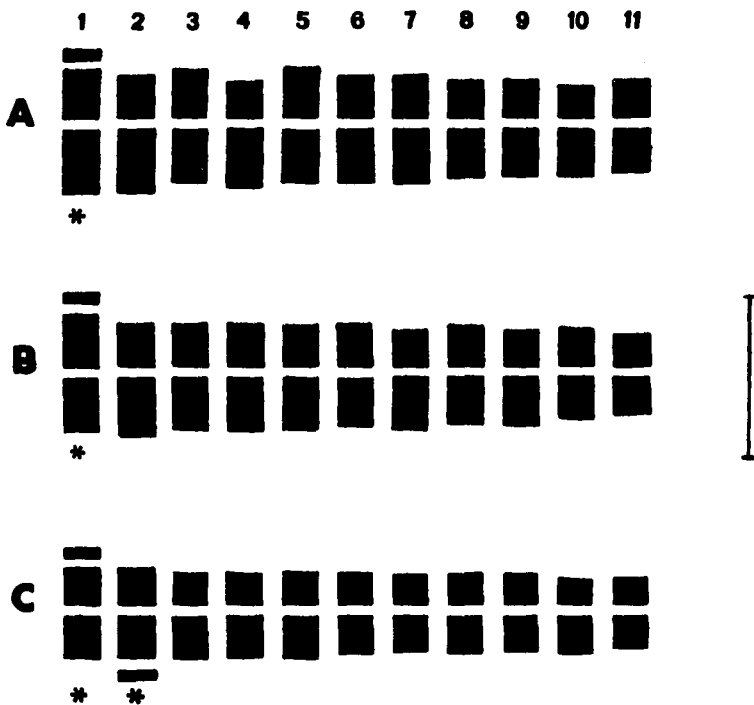


FIGURA 6. Idiograma de tres poblaciones de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans* (Martius) Consolé. (A) Puebla; (B) Hidalgo; (C) Querétaro. Las tres poblaciones presentan un $2n = 22$, 11 pares de metacéntricos. Los asteriscos indican los cromosomas con satélite. Escala: 5 μ m.

**TABLA 8. ANALISIS CARIOTIPICO DE TRES POBLACIONES DE
Myrtillocactus geometrizans var. *geometrizers***

POBLACION	2n	FORMULA CARIOTIPICA	CONSTRICCIONES SECUNDARIAS	INTERVALO DE LA LONGITUD DE LOS CROMOSOMAS (μ m)	LONGITUD CROMOSOMICA (μ m)			INDICE (TF %)
					TOTAL \bar{X}	HAPLOIDE +	EE	
PUEBLA	22	11m	1m	3.85 - 2.36	32.20	0.63	44.75	
HIDALGO	22	11m	1m	3.65 - 2.19	31.87	0.08	45.65	
QUERETARO	22	11m	2m	2.95 - 1.76	25.08	0.59	44.61	

CROMOSOMA METACENTRICO (m).

TABLA 9. COMPARACION DE MEDIAS * PARA LA LONGITUD CROMOSOMICA TOTAL DE TRES POBLACIONES DE *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizaris*

LOC.	LONGITUD CROMOSOMICA TOTAL HAPLOIDE (μm) \bar{X}
PUE.	32.20 ^a
HGO.	31.87 ^a
QRO.	25.08 ^b

* Por t de "Student", a un nivel de significancia del 5 %, los valores con la misma literal indican similitud.

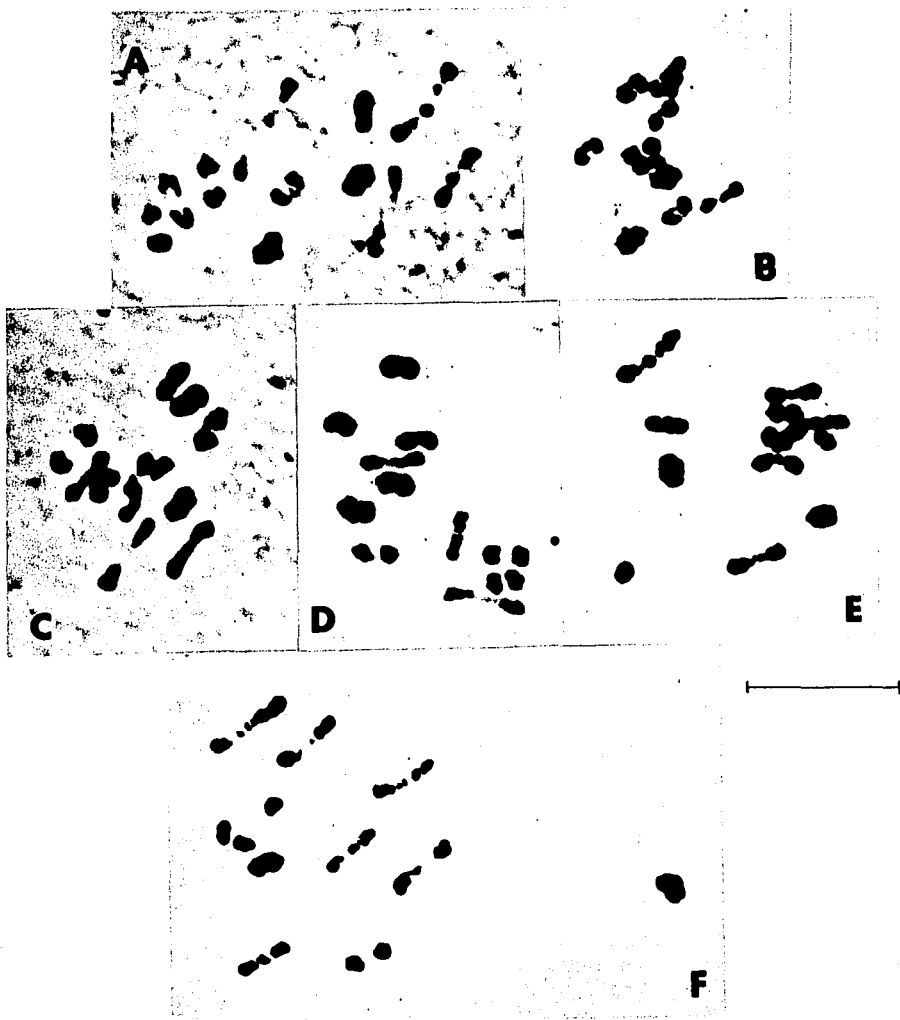


FIGURA 7. Cromosomas meióticos de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans* en MI de la localidad de Puebla. Se observan bivalentes en anillo (IIa) o en cadena (IIc), en diferentes proporciones, (A) 7IIa + 4IIc; (B) 10IIa + 1IIc; (C) 6IIa + 5IIc; (D) 8IIa + 3IIc; (E) 3IIa + 8IIc; (F) 5IIa + 6IIc. Escala: 10 μm.

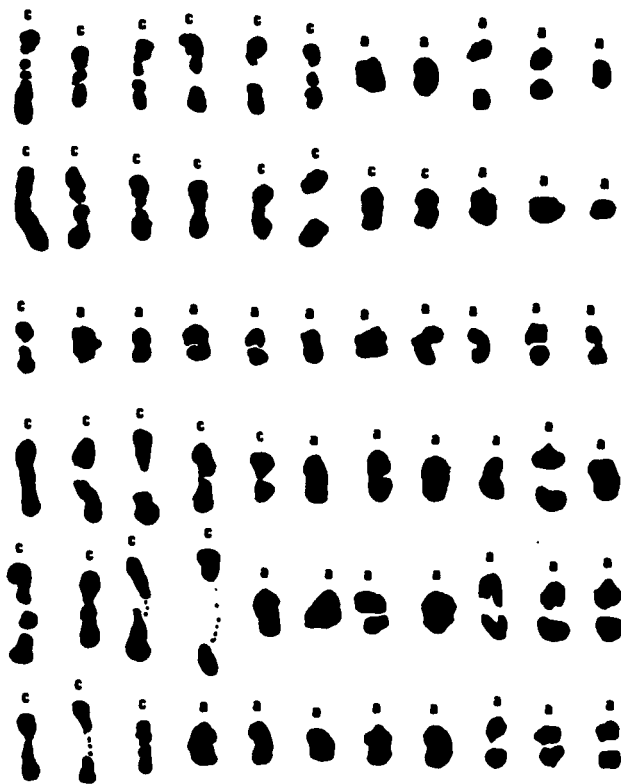


FIGURA 8. Dibujos de bivalentes en Metafase I de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, donde se muestra el comportamiento meiótico para la población de Puebla. c, señala IIc y a IIa.
Escala: 10 μ m.

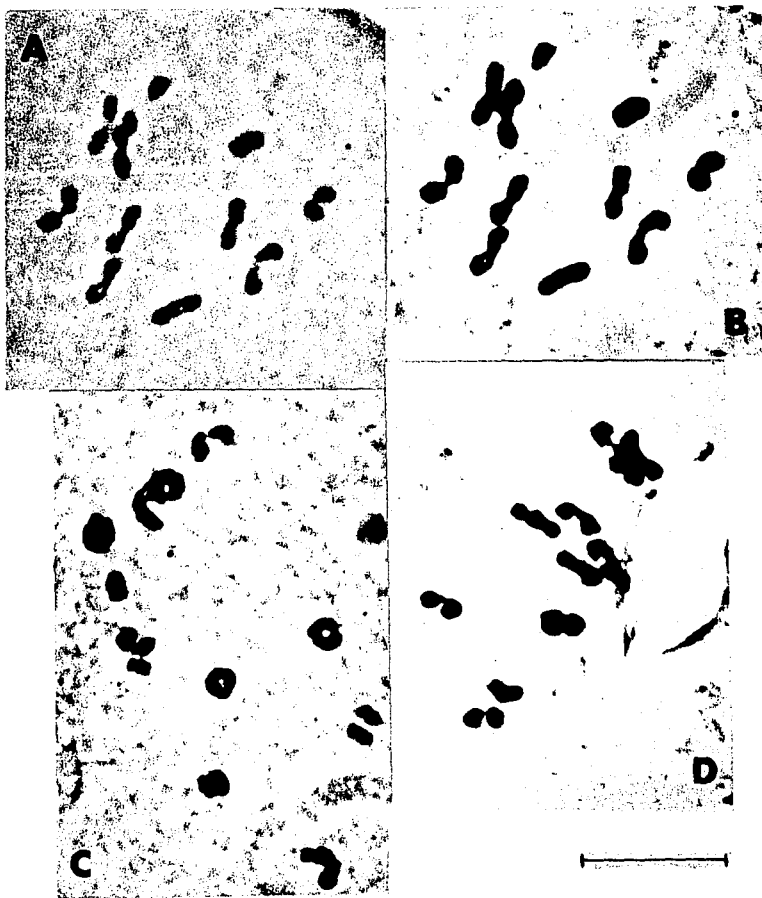


FIGURA 9. Cromosomas meióticos de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans en MI de la localidad de Hidalgo. Se observan bivalentes en anillo (IIa) o en cadena (IIc), en diferentes proporciones, (A) 2IIa + 9IIc; (B) 3IIa + 8IIc; (C) 9IIa + 2IIc; (D) 7IIa + 4IIc. Escala: μm .

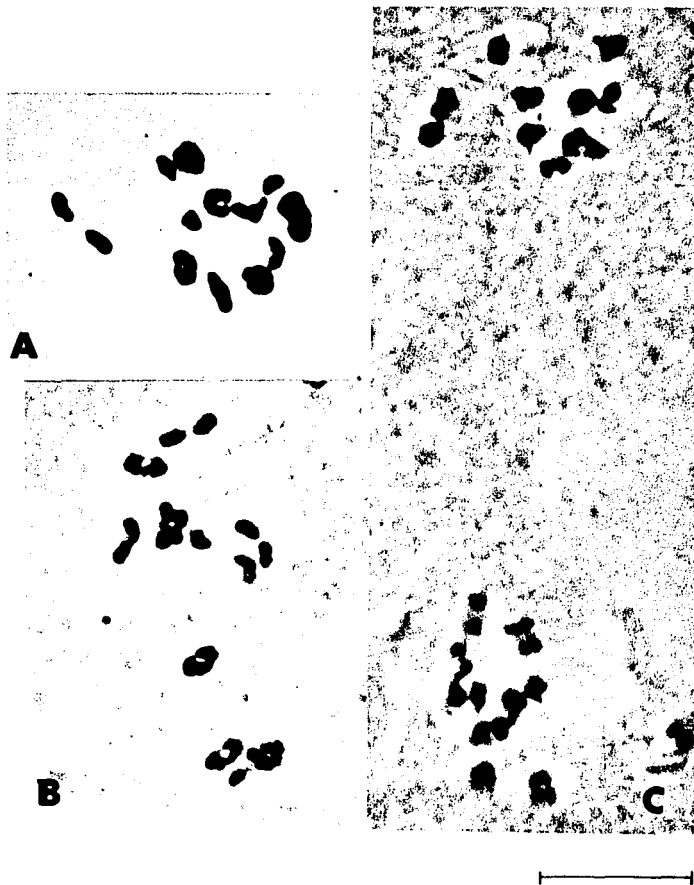


FIGURA 10. Cromosomas meióticos de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans en MI de la localidad de Hidalgo. Se observan bivalentes en anillo (IIa) o en cadena (IIc), en diferentes proporciones. (A) 6IIa + 5IIc; (B) 4IIa + 7IIc; (C) segregación normal de los cromosomas 11:11 en AI. Escala: 10 μ m.

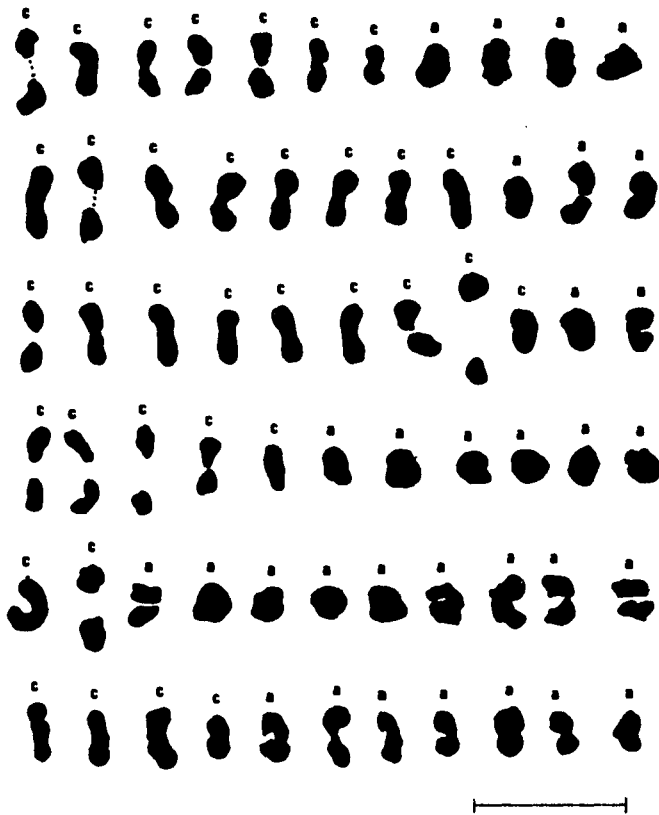


FIGURA 11. Dibujos de bivalentes en Metafase I de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, donde se muestra el comportamiento meiótico para la población de Hidalgo. La letra c, señala IIC y a IIA. Escala: 10 μ m.

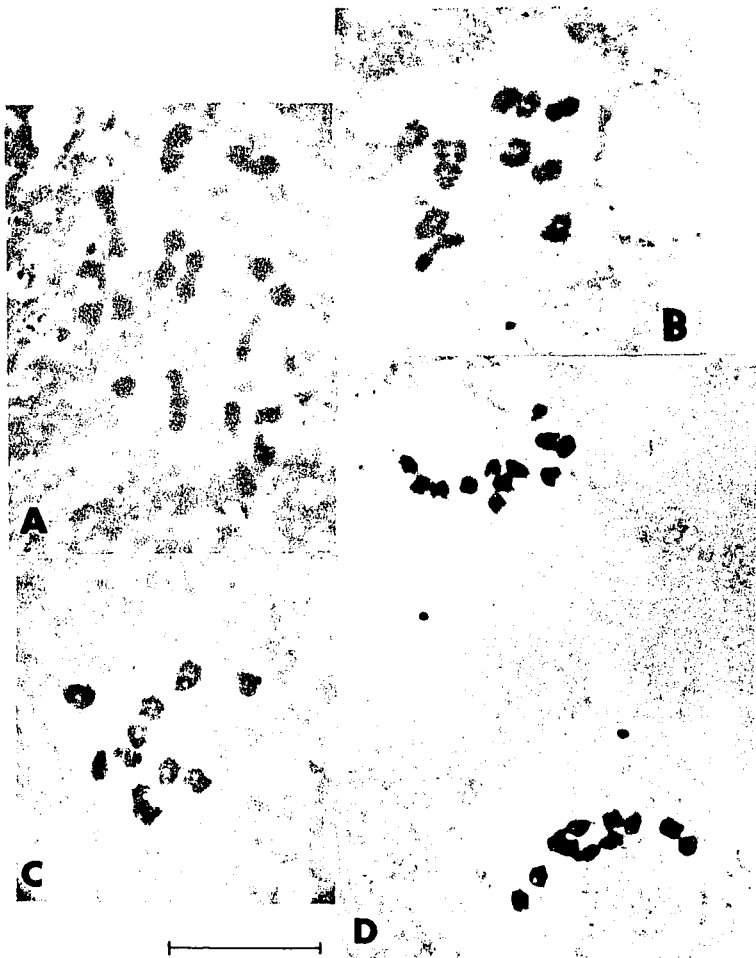


FIGURA 12. Cromosomas meióticos de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizaris en MI de la localidad de Querétaro. Se observan bivalentes en anillo (IIa) o en cadena (IIc), en diferentes proporciones. (A) 4IIa + 7IIc; (B) 10IIa + 1IIc; (C) 11IIc; (D) segregación normal de los cromosomas 11:11 en AI. Escala: 10 μ m.

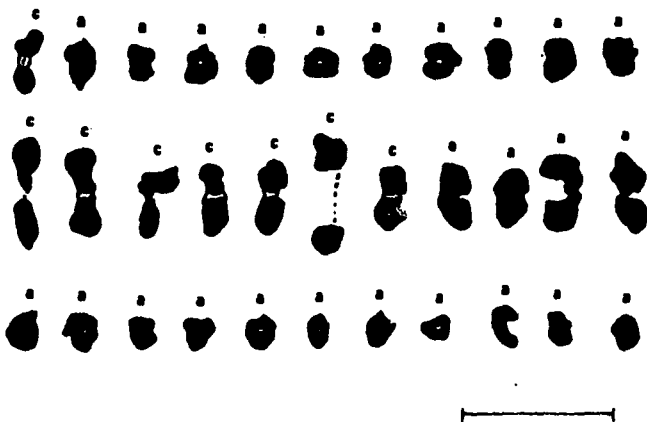


FIGURA 13. Dibujos de bivalentes en Metafase I de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, donde se muestra el comportamiento meiótico para la población de Querétaro. La letra c señala IIC y a IIA. Escala: 10 μ m

TABLA 10. TIPO Y MEDIA DE BIVALENTES; FRECUENCIA DE QUIASMAS E INDICE DE RECOMBINACION DE TRES POBLACIONES DE *Mytillocactus geometrizans* var. *geometrizaans*

POBLACION	TOTAL DE CMP ANALIZADAS	BIVALENTES EN ANILLO		BIVALENTES EN CADENA		No. DE BIVALENTES POR NUCLEO	FRECUENCIA DE QUIASMAS POR NUCLEO	IR
		TOTAL $\bar{X} \pm$ EE	Rango	TOTAL $\bar{X} \pm$ EE	Rango			
PUEBLA	32	227 7.09 0.12	3-10	125 3.90 0.12	1-8	11	18.09	29.08
HIDALGO	32	127 3.96 0.42	2-9	226 7.06 0.41	2-9	11	15.00	26.02
QUERETARO	32	235 7.3 0.35	4-11	117 3.65 0.35	0-7	11	18.37	29.32

CMP=Célula Madre del Polen; IR= Índice de Recombinación.

TABLA 11. COMPARACION DE MEDIAS* PARA LA FRECUENCIA DE QUIASMAS POR NUCLEO EN TRES POBLACIONES DE *Mytillocactus geometrizans* var. *geometriza*s

LOC.	FR. DE QUIASMAS POR NUCLEO \bar{X}
QRO.	18.37 ^a
PUE.	18.09 ^a
HGO.	15.00 ^b

* Por t de "Student", a un nivel de significancia del 5 %, los valores con la misma letra indican similitud.

**TABLA 12. VIABILIDAD DE POLEN EN 3 POBLACIONES DE
Myrtillocactus geometrizans var. *geometriza*ns**

No. DE COL.	LOCALIDAD	TOTAL DE GRANOS DE POLEN ANALIZADOS	% DE POLEN VIABLE	% DE POLEN NO VIABLE
1001 1004 1007	Tepexi el Viejo municipio de Tepexi de Rodríguez, Pue.	117	82.9	17
1002 1005 1008	San Miguel de las Piedras municipio de Tula, Hgo.	316	68.9	31
1003 1006 1009	5 km de Colón hacia Tolimán municipio de Colón, Gro.	76	78.9	21.1

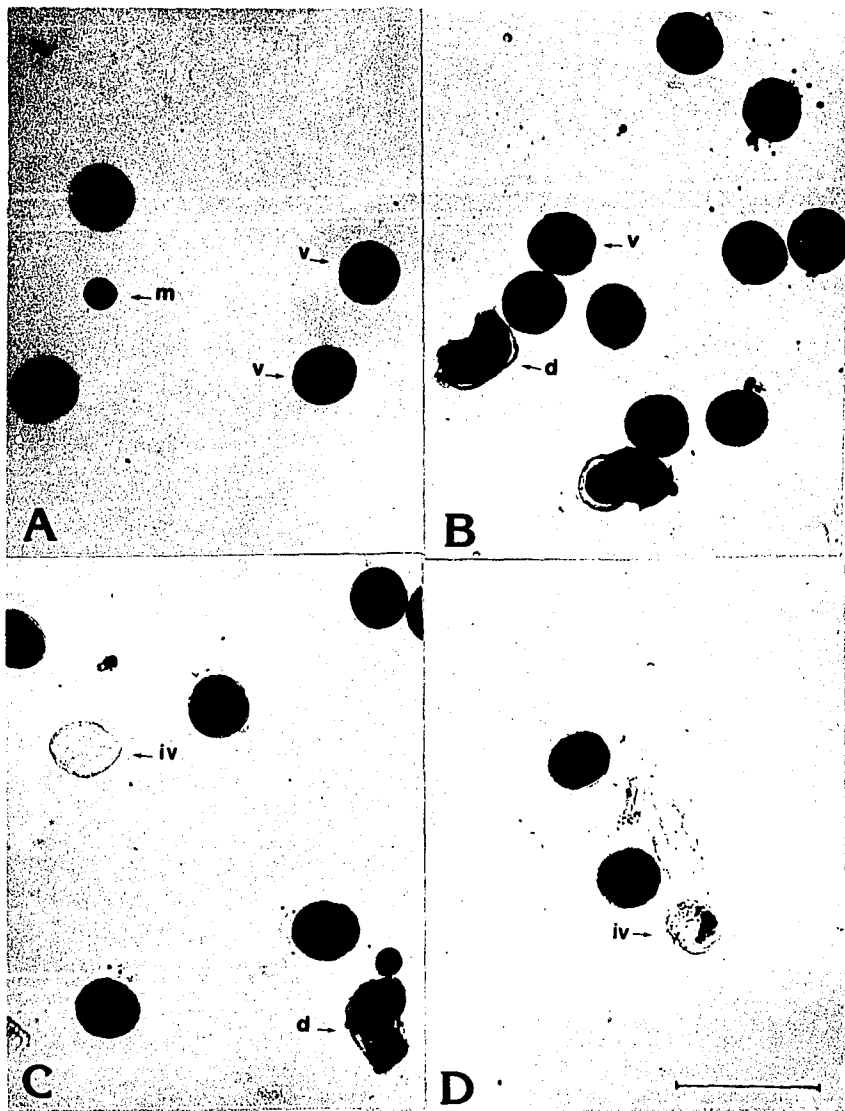


FIGURA 14. Granos de polen de *Myrtillocactus geometrizans* var. *geometrizans*. A, B y C pertenecen a la localidad de Puebla; D a la localidad de Querétaro; las flecha y letras indican las siguientes características: granos de polen viable (v), inviables (iv), deformes (d) y micropolenes (m). Escala 10 μ m. —

DISCUSION

En las poblaciones de Puebla, Hidalgo y Querétaro, de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, se examinó la variación de 4 caracteres morfológicos vegetativos diagnósticos para la variedad.

Para el largo de la espina central y de las radiales, la población de Querétaro presentó valores significativamente mayores ($P < 0.05$) a los de Puebla e Hidalgo. Sin embargo para las dimensiones de las aréolas las 3 poblaciones resultaron iguales. Con respecto a la distancia entre las aréolas la población de Querétaro mostró valores significativamente menores ($P < 0.05$) en relación a los de Puebla e Hidalgo. Para el ancho de la flor los valores mayores ($P < 0.05$) se presentaron en Hidalgo y Querétaro.

Tomando en cuenta los resultados de este análisis podemos considerar que la variación en los caracteres morfológicos de cada una de las poblaciones analizadas no resulta de peso para considerarlas como diferentes, pues la comparación se realizó en base a los promedios de los caracteres morfológicos estudiados los cuales presentaron rangos de variación similares en las tres poblaciones y que concuerdan también con las variaciones definidas para la especie y la variedad.

Anthony (1954) señala que las variaciones observadas en los caracteres morfológicos para gran parte de las cactáceas pueden deberse a la interacción de los genotipos con los factores ambientales locales presentes en sus habitats como pueden ser: disponibilidad del agua, la altitud a la que se encuentran las poblaciones, la textura del suelo, la exposición al sol y a la vegetación circundante que afecta el drenaje del agua lo cual es un factor importante que gobierna la distribución de las plantas y en particular a las cactáceas. De acuerdo a lo anterior podríamos considerar que las diferencias morfológicas interpoblacionales encontradas en Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans se deban a la interacción de sus genotipos con las características ecológicas existentes en cada una de las localidades.

El número somático $2n=22$ obtenido en la especie M. geometrizans var. geometrizans, en las poblaciones, de Puebla, Hidalgo y Querétaro concuerda con el informado por Katagiri (1952, 1953) para M. geometrizans y con el reportado por Pinkava et al. (1977, 1985) para M. cochal que corresponde a otra especie del género. En las tres poblaciones analizadas observamos 11 bivalentes ($n=11$) en MI de la meiosis, corroborando el número básico $x=11$ para M. geometrizans, reportado por Ross (1981) y con el informado para otros representantes de la familia Cactaceae (Beard, 1937; Remski, 1954; Spencer, 1955; Pinkava y McLeod, 1971; Yuasa et al. 1973; Johnson, 1978; Weedon y Powell, 1978).

Las tres poblaciones analizadas de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans presentaron un complemento diploide ($2n=22$), pudiendo considerarse citológicamente homogéneos como lo reportan Johnson (1978) para Mammillaria; Palomino et al. (1988) para Nyctocereus y Cota (1991) para Echinocereus. No se observaron poliploidias como sucede en otras cactáceas de los géneros Opuntia (Benson, 1969; Pinkava y MacLeod, 1971; Pinkava et al. 1977) y Mammillaria (Remski, 1954 y Johnson, 1978, 1980) donde se han reportado especies tetraploides, hexaploides e incluso 24 ploides.

Se observó un cariotipo formado por 11m en las poblaciones de M. geometrizans var. geometrizans de las localidades de Puebla, Hidalgo y Querétaro que presentaron cromosomas pequeños y homomórficos. Esta situación es común a otros representantes de la familia como Mammillaria (Johnson, 1978, 1980), Nyctocereus (Palomino et al. 1988) y Echinocereus (Cota, 1991).

Aunque los cariotipos definidos para las tres poblaciones de M. geometrizans var. geometrizans están formados de 11 pares de metacéntricos, se pudieron apreciar algunas variaciones entre ellos. Las más evidentes fueron en relación a la posición de las constricciones secundarias, la diferencia en la longitud cromosómica total y las variaciones en el tamaño de los pares cromosómicos entre los genotipos de las tres poblaciones. En los individuos de Puebla, los satélites se presentaron en el brazo corto del par 1 de cromosomas metacéntricos, al igual que en la de

Hidalgo, mientras que en la población de Querétaro se observaron 2 pares con satélite que se localizan en los pares cromosómicos 1 y 2. Es importante señalar que en el par 2 los satélites se ubicaron en la porción más larga de los cromosomas metacéntricos. La variación en la posición de las constricciones secundarias pudieron ser el resultado de inversiones pericéntricas como ya las ha evidenciado Pinkava et al. (1973, 1985) en Opuntia leptocaulis o por Johnson (1980) en Mammillaria prolifera donde esta autora observa univalentes y puentes en AI.

Cota (1991) encuentra variaciones de 1 a 3 pares de cromosomas con satélites en diferentes especies de Echinocereus, y propone que la variabilidad en el número, tipo y posición de satélites representan caracteres citotaxonómicos válidos. Es importante señalar que Echinocereus pertenece a la tribu Echinocereeae, y se ubica filogenéticamente cerca de la tribu Pachycereeae, en la que se encuentra Myrtillocactus geometrizans.

Palomino et al. (1988) observaron en dos especies de Nyctocereus ($2n=11$) 3 pares de cromosomas metacéntricos con satélite, mientras que en la variedad de una de estas especies los satélites se presentaron en un par de metacéntricos y en dos pares de submetacéntricos.

La variabilidad en el número, tipo y posición de satélites han sido utilizados como caracteres citotaxonómicos, en Solanaceas

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

donde los satélites polimórficos han servido para distinguir algunas especies de Capsicum (Moscone, 1990; Pickersgill, 1971).

Al analizar la longitud total de la cromatina (LTC) de las tres poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans, los valores más altos correspondieron a los genotipos de las poblaciones de Puebla con 32.20 μm e Hidalgo con 31.87 μm . Los individuos de Querétaro presentaron un valor de 25.08 μm , el cual fue significativamente menor ($P < 0.05$) en relación a los valores obtenidos para las poblaciones de Puebla e Hidalgo (Tablas 8 y 9), lo que puede indicar una reestructuración del genoma, debido a rearrreglos estructurales y que han permitido a estas plantas adaptarse a diferentes ambientes, como lo han propuesto Rothfels y Sminovitch, (1958); Swanson, (1957); Kenton, (1986), para diversas poblaciones.

En las plantas de Puebla e Hidalgo los tamaños de los cromosomas fueron semejantes, observandose la mayor variación de 0.2 μm al comparar el par 1 de los cromosomas de ambos genotipos (Tabla 7a). Estas variaciones fueron más evidentes al establecer las comparaciones del tamaño de los pares cromosómicos de las plantas de Puebla e Hidalgo con los de Querétaro. Al comparar Puebla y Querétaro, las variaciones mayores se observaron en los pares 1, 3 y 6 con valores de 0.9, 0.83 y 0.77 μm respectivamente (Tabla 7a). Mientras que esas diferencias en el tamaño de los cromosomas fueron menores al comparar las plantas de Hidalgo y

Querétaro, resultando en los pares 3, 4 y 11 con variaciones de 0.77, 0.74 y 0.70 μm respectivamente.

Las diferencias en el tamaño de los cromosomas en los complementos de las tres poblaciones, se originaron por pérdidas de material genético (posiblemente debidas a deleciones o inversiones) y ha sido aparentemente un proceso más frecuente en las plantas de Querétaro que en las de Puebla e Hidalgo. Estos cambios en los complementos se han evidenciado en otras cactáceas como Opuntia leptocaulis (Pinkava et al. 1985) y Echinocereus cinerascens (Cota, 1991).

En base a lo señalado anteriormente pueden definirse dos citotipos para Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans. El primero presente en las plantas de Puebla e Hidalgo, donde se observó un sólo par cromosómico con constricción, una LTC similar entre ellos y variaciones muy pequeñas en el tamaño de sus cromosomas. El otro citotipo correspondió al observado en los individuos de Querétaro, que presentó dos pares cromosómicos con constricción secundaria, una LTC significativamente menor a las de Puebla e Hidalgo y donde las diferencias en el tamaño de sus cromosomas fueron evidentes al compararlos con las de las plantas de Puebla e Hidalgo.

En la familia Cactaceae se ha reportado la variación de la longitud cromosómica, en los géneros Nyctocereus (Palomino et al.

1988) y Echinocereus (Cota, 1991) en donde especies diploides cercanamente relacionadas, presentan variabilidad en el tamaño de los cromosomas y en sus fórmulas cariotípicas.

La presencia de citotipos ha sido informado en diferentes plantas o poblaciones de la misma especie, principalmente en plantas diploides aunque también existe evidencia de citotipos poliploides en plantas herbáceas, donde estos citotipos se han observado en poblaciones que se encuentran en localidades diferentes. Tal es el caso de Scilla scilloides y Echeandia (Liliaceae) donde Araki et al. (1976) y Palomino y Martínez (1994) informan la presencia de varios citotipos. También se han informado citotipos en varias especies de las Commelinaceae (Jones et al. 1975; en algunas Poaceae Kumar y Gohil, 1990; Saxifragaceae Soltis, 1984 y en Crotalaria incana (Leguminosae) Palomino y Vázquez, 1991). En estas investigaciones se ha observado que las plantas mantienen sus características morfológicas estables. Sin embargo en Gloriosa superba (Liliaceae), Vijayavalli y Mathew (1990) informan en diversas poblaciones de esta especie, la presencia de varios citotipos acompañados de morfotipos distintos en características de las hojas, tallos y flores. Las variaciones en citotipos son debidas a la aparición espontánea de aberraciones numéricas o estructurales como son intercambios e inversiones heterocigóticas, fusiones Robertsonianas, translocaciones y otras. Estas aberraciones estructurales se han detectado como pares heteromórficos en los citotipos de estas plantas o en la aparición

de satélites en pares de cromosomas diferentes como en Crotalaria incana (Leguminosae) donde Palomino y Vázquez (1991) definen dos citotipos en base a éstas características. Estos rearrreglos, se han evidenciado en MI de las células madres del polen (CMP) como bivalentes heteromórficos y en AI como puentes con o sin fragmento (Brandham, 1970; Brandham y Johnson, 1977; Kenton, 1981; Palomino y Vázquez, 1991; Palomino y Martínez, 1994), y han sido viables en diferentes habitats donde se encuentran estas poblaciones.

En los análisis en CMP en las poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans no se encontraron bivalentes heteromórficos o AI con puentes y/o puente con fragmentos y el comportamiento en AI fue normal, sin embargo la aparición de los dos citotipos evidenciados en metafase mitótica puede ser el resultado de rearrreglos estructurales espontáneos ya fijados en las 3 poblaciones estudiadas que se han llevado a cabo durante los procesos evolutivos que se han efectuado en estas plantas, lo cual pudo haber sucedido independientemente en las 3 poblaciones que se encuentran muy distantes entre sí.

Las diferencias observadas en el cariotipo de las poblaciones de M. geometrizans, igualmente se reflejaron en el comportamiento meiótico de la metafase I, y se observaron diferencias que caracterizaron a cada genotipo en las tres poblaciones, particularmente en relación a la frecuencia de quiasmas por núcleo y al índice de recombinación.

En este sentido los índices de recombinación más altos y similares entre sí se observaron en los genotipos de Puebla (IR=29.08) y Querétaro (IR= 29.35). La población de Hidalgo presentó un IR=26.02 en su genotipo el cual resultó significativamente menor ($P < 0.05$) en comparación de las otras dos poblaciones.

En virtud que los índices de recombinación mayores se presentaron en los genotipos de Puebla y Querétaro (aunque cada población mostró un citotipo diferente), estos proporcionan a las plantas dichas poblaciones un mayor número de nuevas combinaciones genéticas en la progenie en comparación con los genotipos de Hidalgo. Esta situación favorece que las poblaciones de Puebla y Querétaro, puedan ser más adaptables a cambios ambientales y las hace más recomendables para realizar en ellas programas de fitomejoramiento, considerando que los garambullos (Myrtillocactus geometrizans) tienen importancia económica a nivel regional.

El porcentaje mayor de viabilidad del polen se presentó en los individuos de Puebla (82.9 %) y el menor para los de Hidalgo (68.9 %), observándose un valor intermedio para la población de Querétaro con 78.9 %. Aunque la viabilidad puede ser afectada por cambios estructurales en el comportamiento meiótico usual (Jackson, 1973), no se detectaron rearrreglos cromosómicos en las 3 poblaciones analizadas.

Con los estudios preliminares realizados sobre viabilidad del polen, no podemos explicar la variación en el porcentaje de polen en las 3 poblaciones de M. geometriza var. geometriza, debido posiblemente a lo reducido de la muestra, sin embargo las variaciones ambientales en la temperatura y la disponibilidad del agua pueden causar variación en el porcentaje de viabilidad de polen, como se ha encontrado en especies de Opuntia por Pimienta (1986), estudios más detallados sobre viabilidad de polen podrían arrojar nuevos datos sobre los factores que afectan esta variación.

El comportamiento de los cromosomas mitóticos y meióticos permitió caracterizar 2 citotipos en las 3 poblaciones de Myrtillocactus geometriza var. geometriza, uno de ellos en las poblaciones de Puebla e Hidalgo y el otro en la de Querétaro. Sin embargo los 2 citotipos no se correlacionan con los morfotipos distintos en la variedad, ya que las plantas de las tres localidades mostraron rangos de variación similares en sus características morfológicas diagnósticas. Esta situación es similar a la observada en la mayoría de las especies donde se han caracterizado citotipos distintos en poblaciones que no presentan cambios en sus características morfológicas.

Finalmente sería recomendable la aplicación de técnica más finas como bandedo de cromosomas y contenido total del ADN así como de hibridación entre las plantas de Puebla, Hidalgo y Querétaro para corroborar la similitud y variaciones entre sus genotipos.

CONCLUSIONES

Con la información obtenida en el presente estudio resultado del análisis de algunas estructuras morfológicas y del cariotipo así como del comportamiento de los cromosomas meióticos en las tres poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans de Puebla, Hidalgo y Querétaro, se llegó a las siguientes conclusiones:

1.- El promedio de la espina central, las espinas radiales y la dimensión de las aréolas en las plantas de las poblaciones de Puebla e Hidalgo resultaron diferentes en comparación con las de Querétaro, sin embargo no se pueden definir morfotipos distintos en virtud que los rangos de variación para estas características fueron similares en las tres poblaciones.

2.- En las 3 poblaciones de M. geometrizans var. geometrizans se observó un número cromosómico $2n=22$ y $n=11$ lo que muestra su condición diploide y corrobora el número básico $x=11$ informado para las cactáceas.

3.- Se definen dos citotipos para las tres poblaciones de M. geometrizans a la variación en el número de constricciones secundarias, a la longitud total de la cromatina (LTC) y al tamaño de sus cromosomas observados en sus cariotipos, y que corresponden:

El primero presente en las poblaciones de Puebla e Hidalgo formado por 11 cromosomas metacéntricos y un par de constricciones secundarias en el par cromosómico 1. Su LTC similar 32.20 y 31.87 μm mayor en relación a la población de Querétaro y variaciones pequeñas en el tamaño de sus cromosomas.

El segundo citotipo se observó en las plantas de Querétaro y presenta 11 cromosomas metacéntricos; 2 pares de constricciones secundarias en los pares cromosómicos 1 y 2; una LTC (25.08 μm) menor significativamente a la determinada en el citotipo de las plantas de Puebla e Hidalgo, y diferencias mayores al tamaño de sus cromosomas en relación a estas dos poblaciones.

La diferencias observadas en los citotipos de las poblaciones de Myrtillocactus geometrizans var. geometrizans en relación al número y posición de los satélites y las variaciones en el tamaño de sus cromosomas, se deben a rearrreglos estructurales que se han llevado a cabo durante la evolución de estas plantas.

4.- Los individuos de las poblaciones de Puebla y Querétaro presentaron los Indices de recombinación mayores, en comparación con los de Hidalgo, indicando que poseen mayor potencial de variabilidad genética y más posibilidades de realizar en estas plantas programas de mejoramiento para selección de individuos con características aprovechables en su explotación masiva.

B I B L I O G R A F I A

Anthony, M. 1954. Ecology of Opuntioideae in the Big Ben Region of Texas. *Ecol.* 35(3):334-337. USA.

Anderson, E. F. 1962. A revision of Ariocarpus (Cactaceae). II. The status of the proposed genus Neogomeswia. *Am. J. Bot.* 49(6):615-622.

Araki, H., Hidaka, S., Takahashi, S. 1976. Cytogenetics of the Scilla scilloides Complex VI. The structures of Natural Populations. *Bot. Mag. Tokyo.* 89:83-91.

Arias, M. A. S. 1989. Variación Morfológica de Astrophytum ornatum (DC.) Web. (Cactaceae) en cuatro poblaciones de las zonas áridas Queretana e Hidalguense. Tesis. Facultad de Ciencias, UNAM. 75 pp.

_____. 1993. Cactáceas: Conservación y Diversidad en México Vol. Esp. (XLIV) *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 109-115pp.

Baker, M. A. y Pinkava, D.J. 1987. A cytological and morphometric analysis of a triploid apomict, Opuntia kelvinensis (Subgenus Cylindropuntia, Cactaceae). *Brittonia* 39:387-401.

Barthlott, W. 1988. Uber die systematische Gliederungen der Cactaceae: *Beitr. Biol. Pflanz.* 63:17-40.

_____, Hunt, D. R. 1993. The families and genera of vascular plants. Cactaceae vol.II. 161-197.

Barthlott, W. y Rauh, W. 1974. Some notes on the morphology palynology and geographical variability of Epiphyllum phyllanthus (L.) Haw. *Natl. Cact. Succ. J.* 29:113-115.

_____. 1975. Some notes on the morphology, palynology and geographical variability of Epiphyllum phyllanthus (L.) Haw. *Natl. Cact. Succ. J.* 30:8-10.

Beard, E. C. 1937. Some chromosome complements in the Cactaceae and a study of meiosis in Echinocereus papillosus Bot. Gaz. 99:1-21.

Benson, L. 1969. The cacti of Arizona. Ed. 3. Tucson: University of Arizona Press XVII + 218 pp.

_____. 1982. The Cactaceae of the United States and Canada. Stanford University Press, California. 1044 pp.

Bernardello, L. M. y Anderson, G. J. 1990. Karyotypic studies in Solanum section Basarthrum (Solanaceae). *Am. J. Bot.* 77:420-431.

Bhattacharyya, P. K. 1970. Cytological study of Deamia testudo (Karw) Britt. & Rose: A cactus growing wild in West. Bengal. *Sci. and Culture.* 36: 108.

Bowden, W. M. 1945. A list of chromosome numbers in higher plants. I. Acanthaceae to Myrtaceae. *Am. J. Bot.* 32(2):81-92.

Brandege, K. 1900. "Notes on Cactaceae II. *Zoe.* 5:1-9.

Brandham, P. E. 1970. Chromosome Behavior in the Aloineae. III Correlations between Spontaneous Chromatid and Sub-chromatid Aberrations. *Chromosoma (Berl.)* 31:1-17.

_____ and Johnson, M. A. T. 1977. Populations Cytology of Structural and Numerical Chromosome variants in the Aloineae (Liliaceae). *Plant Syst. Evol.* 128:105-122.

Bravo-Hollis, H. 1932. Myrtillocactus grandiareolatus n. sp. *An. Inst. Biol. Méx.* 2:127.

_____. 1978. *Las Cactáceas de México*. 2a ed. en colaboración con Hernándo Sánchez Mejorada R. México: UNAM. Vol. 1:743pp.

_____ y Sánchez-Mejorada, H. 1991. *Las Cactáceas de México*, México:UNAM. Vol. III:643pp.

Buxbaum, F, 1962. Gattung *Myrtillocactus*, CIII. In H, Kranz, ed., *Die Kakteen*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

_____ 1972. *Myrtillocactus geometrizzans* (Martius) Console, CIII. In H. Krainz, ed., *Die Kakteen*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart.

Carpio, M. D. A. 1952. Notas sobre la carilogía de dos especies del género Opuntia. *Genética Ibérica* 4:47-62.

Conger, A. D. and Fairchild, L. M. 1953. A quick Freeze Method for Making Smear Slides Permanent. *Stain Techn.* 28:281-283.

Console, M. 1897 "Myrtillocactus nuovo genere di Cactaceae". *Boll. R. Ort. Bot. Palermo* (1):8-10.

Cota, H. J. 1991. Karyotype Evolution in the genus Echinocereus (Cactaceae). Thesis: The Claremont Graduate School, Arizona. 89pp.

Covas, G. y Hunziker. 1954. Estudios cariológicos en Antófitas. IV. Parte. *Rev. Invest. Agric.* 8(3):249-253.

Craig, R. T. 1945. *The Mammillaria Handbook*. Abbey Garden Press, Pasadena, California.

Czeika, G. 1957. Strukturveränderungen endopolyploider Ruhekerne im Zusammenhang mit wechselnder Bündelung der Tochter-chromosomen und karyologisch-anatomische Untersuchungen an Sukkulent.-Österreich. Bot. zeitschr., 103(5):536-566.

Darlington, C. D. 1937. Recent Advances in Cytology 2nd edition Blakinstons:McGraw-Hill Book Company, New York.

De Nordenflycht, G. 1981. In: Chromosome numbers reports LXXII. Taxon 30:696-697.

DeWet, J. M. 1980. Origin of polyploids. In: Polyploidy biological relevance. W. H. Lewis, Plenum Press, New York.

Diers, L. 1961. Der Anteil an Polyploiden inden Vegetationsgürteln der Westkordillere Perus.-Zeitschr. Bot., 49(5):437-488.

Dobzhansky, Th. 1980. Evolution. E.D. Omega. Barcelona. 558 pp.

Fenzl, E. y Tschermak-Woess, E. 1954. Untersuchungen zur kariologischen Anatomie der Achse der Angiospermen.-Österreich. Bot. Zeitschr. 101(1-2):140-164.

Friedrich, H. 1974. Hybrization as factor in the evolution of the Cactaceae. (Cact. & Succ. J. (U.S.)), Vol. XLVI. 213-214 pp.

Gadella, T. W. J., Kliphuis, E. y Naber, J. 1979. Chromosome numbers in the tribe Rhipsalinae (Cactaceae). Bot. Not. 132:294.

Gallagher, M. L. y Parfitt, B. D. 1982. In: IOPB Chromosome numbers reports LXXVII. Taxon 31:761-762.

García, V. A. 1990. Manual de Técnicas y Procedimientos de Citogenética Vegetal. Tercera edición. Colegio de Postgraduados (ed.). Montecillo, Estado de México. 144p.

García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. 2a. ed. Instituto de Geografía U.N.A.M. México 246pp.

_____. 1978. *Apuntes de Climatología*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México

Gerald, K. 1973. *In*: IOPB Chromosome numbers reports XXXIX. *Taxon* 22:115-118.

Gibson, A. y Nobel, P.S. 1986. *The Cactus Primer* Harvar University Press. Cambridge. 286 pp.

Gill, B. S. y Goyal, V. 1985. Variation in chromosome number in Mammillaria elongata (Cactaceae). *Sci and Culture* 51:117-118.

Glass, C. & Foster, R. 1981. What's new. *Cact. Succ. J. (U.S.)* 53(1):3. Jan.-Feb.

Grant, V. y Grant, K. A. 1979. Systematics of the Opuntia phaeacantha grup in Texas. *Bot. Gaz.* 140:199-207.

Grant, V. 1989. *Especiación Vegetal* 1a Ed. México, D.F. 587pp.

Gupta, R. y Gupta, P. K. 1978. Karyotypic Studies in the genus Crotalaria Linn. *Cytologia*, 43:357-369.

Hoffman, I. 1981. Through Chile with the "desert fox of the Atacama" Part. II. *Cact. & Succ. J. (U.S.)* 53(5):240-243. Sep.-Oct.

Hunt, D. 1975. Observaciones sobre Mammillaria rhodantha y especies aliadas I. *Cact. Suc. Mex.* 20(4):89-96.

_____ 1976a. Observaciones sobre Mammillaria rhodantha y especies aliadas II. Cact. Suc. Mex. 21(1):3-10.

_____ 1976b. Observaciones sobre Mammillaria rhodantha y especies aliadas III. Cact. Suc. Mex. 21(2):31-38.

Hunt, D., Taylor, N. (Eds) 1986. The genera of the Cactaceae: towards a new consensus. Bradleya 4:65-78.

_____ (Eds) 1990. The genera of Cactaceae: progress towards consensus Bradleya 8:85-107.

Jackson, R. C. 1973. Chromosomal evolution in Haplopappus gracilis: a centric transposition race. Evolution 27:243-256.

Jaretzky. 1931. In Tischler, G. 1931. Pflanzliche Chromosomen-Zahlen.-Tabul. Biol. Periodicae, 7:109-226.

Johansen, D. A. 1933. Recent work on the cytology of cacti-Cact. and Succ. J. Gt. Brit. 4:10.

Johnson, M. A. 1978. Diploid Cytotypes in Mammillaria prolifera and three other Mammillaria species. Cact. & Succ. J. (Great Britain) 40:9-12.

Johnson, M. A. 1980. Further cytological investigation in Mammillaria prolifera and other Mammillaria species. Cact. & Succ. J. Gt. Brit. 42 (2): 43-47.

Jones, K., F. L. S., Papes, D. and Hunt, D. R. 1975. Contributions to the cytotaxonomy of the Commelinaceae. II. Further observations on Gibasis geniculata and its allies. Bot. J. Linn. Soc., 71: 145-166.

Katagiri, S. 1952. Studies on the Chromosome number in some Cactaceae species. Jap. J. Breed. 1:233.

_____ 1953. Chromosome numbers and polyploidy in certain Cactaceae. Cact. and Succ. J. Gt. Brit. 25 (5):141-143.

Kenton, A. 1981. Chromosome Evolution in the Gibasis linearis Alliance (Commelinaceae). Chromosoma (Berl.) 84,291-304.

_____ 1986. Importancia de los cromosomas en la especiación y evolución como base para el conocimiento y caracterización de especies vegetales con valor potencial. 11-36pp. In: G. Palomino H. (ed.) III Seminario Maximino Martínez La Aplicación de la citogenética en el conocimiento Biológico de los recursos Vegetales en México. Jardín Botánico del Instituto de Biología, U.N.A.M., México, 11-36p.

Kinnach, M. 1979a. Two new discocacti from Costa Rica Cact. and Succ. J. (U.S.) 51:166-171.

Kiesling, R. 1980. Gymnocalycium mesopotamicum sp. nov. Cact. and Succ. J. Gt. Brit. 42(2):39-42.

Kumar, K. K. and Gohil, R. N. 1990. Cytological Studies on Some Kashmir Grasses VI. Cytomorphological polymorphism in Alopecurus aequalis Sobol. (Poaceae) Cytologia 55:217-223.

Leuenberger, B. E. 1986. Pereskia (Cactaceae). Mem. New York Bot. Gard. 41:1-141.

Levan, A., Fredga, K. y Sandberg, A. A. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas, 52:201-220.

Löve, A. and Löve, D. 1982. In: IOPB Chromosome numbers reports LXXV. Taxon 31:344-360.

Mangenot, S. y Mangenot, G. 1962. Enquête sur les nombres chromosomiques dans une collection d'espèces tropicales Rev. Cyt. et Biol. Vég. 25(3-4):411-447.

Matsuura, H. y Sutô, T. 1935. Contributions to the idiogram study in phanerogamous plants. I.-Jour. Fac. Sci. Hakkaido Imp. Univ., Ser. Ser. 5, Bot. 5(5):33-75.

McLeod, M. G. 1975. A new Hybrid fleshy-prickly pear in California. Madroño 23: 96-98.

Moscone, E. A. 1989. Karyotype analysis in three Patagonian and south Andean endemic genera of Nicotianeae (Solanaceae). Pl. Syst. Evol. 166:31-39.

_____ 1990. Chromosome studies in Capsicum (Solanaceae). I. Karyotype analysis in C. chacoense. Brittonia. 42:147-154.

Neumann, M. 1935. Die Entwicklung des Pollens, der Samenanlage und des Embryosackes von Pereskia amapola var. argentina. osterreich. Bot. Zeitchr. 84(1):1-30.

Nobel, P. S. 1977. Water relations and photosynthesis of barrel cactus: Ferocactus acanthodes in the Colorado Desert. Oecologia 27:117-133.

_____ 1980. Influences of minimum temperatures on ranges of cacti in the southwestern United States and Central Chile. Oecologia. 47:10-15.

Ochoterena, I. 1923. Las Cactáceas de México. Ed. Cultura. México. 179 pp.

Palomino, H. G. 1986. Estudios Citogenéticos como apoyo al conocimiento de los recursos genéticos. *In* La Aplicación de la citogenética en el conocimiento de los recursos vegetales en México. III Seminario Maximino Martínez. Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM. 1-10p.

_____, Zuleta, S. y Scheinvar, L. 1988. Estudios citogenéticos de dos especies y una variedad del género Nyctocereus (Cactaceae). Bol. Soc. Bot. México 48:75-890.

_____ y Vázquez, R. 1991. Cytogenetic studies in mexican population of species of Crotalaria L. (Leguminosae-Papilionoideae). Cytologia 56: 343-351.

_____ Y Martínez, J. 1994. Cytotypes and Meiotic Behavior in Mexican Populations of Three Species of Echeandia (Liliaceae). Cytologia 59:295-304

Parfitt, B. D. 1986. Taxonomic and phylogenetic implications of chromosome numbers in the Cactaceae. Am. J. Bot. 23 (5): 280.

Paton, C. 1912a. La producción lanosa en las axilas de las Mammillarias. Bol. Alianza Científica Universal. 3(1):43-45.

_____ 1912b. Mammillaria valida Purpus. Bol. Alianza Científica Universal 3(3):119-121.

Peev, D. 1976. *In*: IOPB Chromosome numbers reports. LIV. Taxon 25:631-649.

Peukert, D. E. 1976. Chromosomenzahlen der Gattung Marniera Backbg. Kakteen und andre Sukkenlenten 27:172-173.

Pickersgill, B. 1971. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (Genus Capsicum). Evolution. 25:683-691.

Pimienta, B. E. 1986. Fase Progámica en Angiospermas. *In* La Aplicación de la citogenética en el conocimiento de los recursos

vegetales en México. III Seminario Maximino Martínez. Jardín Botánico del Instituto de Biología, UNAM. 56-84p.

_____ 1990. El nopal tunero. Universidad de Guadalajara. 246 pp.

Pinkava, D. J. and McLeod, M. G. 1971. Chromosome numbers in some cacti of western North America, *Brittonia* 23:171-176.

_____, _____, McGill, L. A. y Brown, R. C. 1973. Chromosome numbers in some cacti of Western North America- II. *Brittonia* 25:2-9.

_____, McGill, L. A., Reeves, T. and McLeod, M. 1977. Chromosome numbers in some cacti of western North America- III. *Bull. Torrey Bot. Club* 104:105-110.

_____ and Parfitt, B. D. 1982. Chromosome numbers in some cacti of Western North America. IV. *Bull. Torrey Bot. Club* 109:121-128.

_____, _____, Parfitt, B. D., Mohlenbrock, M. W. y Worthington, R. D. 1985. Chromosome numbers in some cacti of Western North America. V. *Syst. Bot.* 10: 471-483.

Radford, A. E., Dickison, W. C., Massey, J. R. and Bell, C. R. 1974. *Vascular Plant Systematics*. Harpe & Row., New York. 891 pp.

Racine, Ch. and Downhower, J. F. 1974. Vegetative and reproductive strategies of Opuntia (Cactaceae) in the Galapagos islands. *Biotropica*. 6:175-186.

Remski, M. F. 1954. Cytological investigations in Mammillaria and some associated genera. *Bot. Gaz.* 116 (2): 163-171.

Reveal, J. L. y Spellenberg, R. 1976. Miscellaneous Chromosome counts of Western American plants-III. *Rhodora* 78:37-52.

Ross, R. 1981. Chromosome counts, Cytology and reproduction in the Cactaceae. *Am. J. Bot.* 68:463-470.

Rothfels, K. H. y Sminovitch, L. 1958. The chromosome complement of the Rhesus monkey (*Macca mulatha*) determined in kidney cells cultivated in vitro. *Chromosoma*, 9:163-165.

Rowley, G. D. 1955. In: Darlington, C. D., Wylie, A. P. 1955. *Chromosome atlas of flowering plants*. G. Allen and Unwin Ltd (ed.) London 520p.

_____. 1958. *Repertorium Plantarum Succulentarum VII-1956*. *Regnum Vegetabile* 12:1-23. Utrecht.

Ruas, P. M., Ruas, C. F., Vieira, A. O., Motzenbacher and Martins, N. S. 1991. Cytogenetics of the genus *Vernonia* Schreber (Compositae). *Caryologia*. 56:239-247.

Rundel, P. W. 1977. Populations variability in the genus *Trichocereus* (Cactaceae) in the central Chile. *Plant Systematics & Evol.* 127:1-9.

Rzedowski, J. 1966. *Vegetación del Estado de San Luis Potosí*. *Acta Cient. Potosí. Méx.* 5 (1-2):1-291.

Sáez, F. A. y Cardoso, H. 1978. *Citogenética Básica y Biología de los cromosomas*. (ed.) OEA. Washington D.C., E.U.A 124pp.

Sampathkumar, R. y Navaneetham, N. 1980. Karyomorphological studies in *Opuntia*. *Proc. Indian Sci. Congr. Assoc. (III,C)* 67:59.

Sanjappa, M. 1979. *In*: IOPB Chromosome numbers reports. LXIV. *Taxon* 28:393-395.

Sarkar, A. K., Datta, N., Mallick, R. y Chatterjee, U. 1976a. *In*: IOPB Chromosome numbers reports. LIV. *Taxon* 25:631-642.

Satô, D. 1958a. *In*: Index to plant chromosome numbers for Cave M. S. (ed.).-Published by the California Botanical Society, Berkeley, 1958:1-68.

Schnak, B. y Covas, G. 1947. Estudios cariológicos en antófitas. *Haumania* 1:32-41.

Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Atlas del Medio Físico. Dirección General de Geografía del territorio Nacional.

_____ 1986. Síntesis Geográfica del Edo. de Querétaro. INEGI.

Soltis, D. 1984. Karyotypic relationships among Elmera, Heuchera and Tellima (Saxifragaceae). *Syst. Bot.* 9:6-11.

Sosa, R. y Acosta, A. 1966. Poliploidia en Opuntia spp. *Agrociencia* 1:100-106.

Spencer, J. L. 1955. A cytological study of the Cactaceae of Puerto Rico. *Bot. Gaz.* 117 (1):33-37.

Statsoft, 1991. Programa estadístico CSS.

Stebbins, G. L. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Ed. Edward Arnold Ltd., London. 216 p.

Stockwell, P. 1935. Chromosome numbers of some of the Cactaceae. *Bot. Gaz.* 96(3):565-570.

Sugiura, T. 1931. A list of chromosome numbers in angiospermous plants. *Bot. Mag. (Tokyo)*. 45, 535:353-355.

_____. 1936b. Studies on the Chromosome numbers in higher plants, with special reference to cytokinesis I. *Cytologia*, 7,4:544-595.

Swanson, C. P. 1957. *Cytology and Cytogenetics*. Macmillan and Co. Ltd. London.

Takagi, N. 1938. A list of Chromosome number in some ornamental plants. *Bull. Miyazaki Coll. Agri. Forest.* 10:83-87.

Vijayavalli, B. y Mathew, P. M. 1990. Karyomorphology of Four Morphotypes of *Gloriosa superba* L. from south India. *Cytologia* 55:531-533.

Ward, D. E. 1984. Chromosome counts from New Mexico and Mexico. *Phytologia* 56:55-60.

Weedin, J. F. y Powell, A. M. 1978. Chromosome number in Chihuahua desert Cactaceae. *Trans Pecos Texas. Am. J. Bot.* 65:531-537.

_____ y _____. 1978a. Chromosome number in Chihuahua desert Cactaceae. *Trans Pecos Texas. Am. J. Bot.* 65:531-537.

_____ y _____. 1980. In: Chromosome number reports. LXIX. *Taxon* 29:716-718.

White, M. 1973. *Animal Cytology and Evolution*. Ed. Cambridge University, 961p.

Yuasa, H., Shimizu, H., Kashiwai, H. and Kondô, N. 1973. Chromosome numbers and their bearing on the geografic distributions in the subfamily Opuntioideae (Cactaceae). *Rep. Inst. Breed. Research, Tokyo Univ. Agric.* 4:1-10.