



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS PROFESIONALES
IZTACALA

UNIDAD DE BIOTECNOLOGÍA Y PROTOTIPOS (UBRIP)
LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES

Análisis citogeográfico de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter)
Backeberg (Cactaceae) en el sistema fisiográfico Zapotitlán,
Puebla, México.

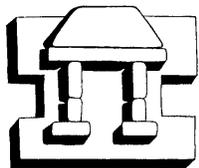
TESIS.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO PRESENTA:

AVILÉS NUÑEZ FERNANDO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. *SAÚL FLORES MAYA*



IZTACALA

México D.F. Septiembre 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

A MIS PADRES:

CATALINA NÚÑEZ PEÑA

ENRIQUE AVILES ESCOBEDO

A MIS ABUELOS:

CARMEN ESCOBEDO

ZACARIAS AVILES

MUY EN ESPECIAL A MI HERMANO

JUAN ZACARIAS AVILES

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por que me has permitido seguir viviendo, por que me has dado salud y por que siempre me das todas tus bendiciones que hoy me han hecho llegar hasta este punto en mi vida, tu mejor que nadie sabes el esfuerzo que a todos nos ha costado llegar hasta aquí. Gracias por darme la fuerza suficiente para terminar esta etapa de mi vida y por haber estado conmigo en los momentos buenos y malos, por nunca dejarme vencer ante las distintas adversidades que se suscitaron. Gracias

A mis padres ya que sin ellos no podría estar aquí en este momento tan importante y poder entregarles esta pequeña dedicatoria y el titulo en sus manos, que fue un logro de ustedes por su esfuerzo y de mi por corresponderles, gracias por estar junto a mi.

A mis hermanos. que me han apoyado durante el transcurso de mi carrera, a Juan que aunque por desgracia ya no estés con nosotros se que desde el cielo compartes junto conmigo este logro, ya que tu coraje, y valor para afrontar las adversidades, me ayudaron a seguir, durante los momentos difíciles.

A todos mis tíos, tías y primos por su apoyo que tuve durante este largo camino, por su apoyo incondicional.

A mi asesor de tesis Dr. Saúl Flores Maya por todo su apoyo constante y por compartir sus conocimientos para lograr la culminación del presente trabajo.

A mis sinodales. Silvia Romero , Carlos Rojas, Daniel Muñoz, y Víctor Rivera por su tiempo en la revisión de este trabajo, así como también por sus sugerencias las cuales fueron de gran importancia para una mejor presentación de tesis.

A la universidad y maestros por darme todos los conocimientos necesarios para concluir con esta meta

Son tantas las cosas que uno tiene que agradecer, que creo que esta hoja no seria suficiente para poder expresarlo. Pero aun así agradezco a todas las personas que han intervenido en mi vida para llegar hasta donde estoy. Gracias.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	8
OBJETIVOS	10
HIPÓTESIS	10
AREA DE ESTUDIO	11
Localización.....	11
a) Geología.....	12
b) Geomorfología.....	12
c) Hidrología.....	12
d) Vegetación.....	12
e) Clima.....	13
f) Suelos.....	13
g) Problemas y limitantes.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	15
Trabajo de campo.....	14
Trabajo de laboratorio.....	15
Trabajo de gabinete.....	18
RESULTADOS	20
Descripción morfológica (Bravo-Hollis,1978).....	20
Descripción morfológica en la zona de estudio.....	21
Estudio citogenético.....	29
a) índice de fases.....	29
b) conteos cromosómicos.....	32
c) estudio fitogeográfico.....	39
DISCUSIÓN	46
Análisis morfométrico.....	46
Índice mitótico.....	47
Distribución en la zona.....	47
No. Cromosómico y cariotipo.....	48
CONCLUSIONES	50
APÉNDICE	52
LITERATURA CITADA	53

RESUMEN

En este trabajo se reporta por primera vez el número cromosómico de *Neobuxbaumia tetetzo* como número somático $2n = 22$. El conteo cromosómico reportado en este trabajo confirma el carácter diploide de esta planta, en toda la zona de estudio. Por tanto, el complejo genético $2n$ y el crecimiento de las terrazas aluviales sugieren: que en el proceso de continuidad de la especie poco o en nada ayudará a su población a seguir un proceso de adaptación y dispersión en los diferentes y complejos ecosistemas.

Esta especie de cactácea tiene importancia ecológica dentro de la zona de estudio. Se determinó la forma del área de su distribución en la subcuenca baja del sistema fisiográfico de Zapotitlán, presentando una forma del tipo disyunta ó discontinua. Muñoz y colaboradores (2002), sugirieron que: “Esta zona presenta condiciones de severa erosión y salinidad que prácticamente han acabado con el suelo, quedando las terrazas muy fragmentadas por la erosión”. Por consiguiente, en el presente trabajo se estableció que la distribución de la especie en esta zona se ha limitado a las laderas, formando islas que a la larga provocarán un aislamiento de las poblaciones. En la actualidad, el desarrollo de las terrazas, más el saqueo de las poblaciones silvestres y el uso del suelo para actividades agrícolas, afectan y amenazan el establecimiento de esta cactácea en la zona y más allá del Valle.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Nacional de Zonas Áridas apunta que el 53.94% es ocupado por zonas áridas y semiáridas (CONAZA, 2002). Sin embargo, estos ecosistemas están siendo sometidos a un constante deterioro ambiental originado por la aridificación natural (causada por cambios climáticos globales), además, su aceleración se da por la sobrepoblación humana, destrucción de la capa de ozono, la lluvia ácida, el incremento de compuestos químicos en suelo, aire, agua y plantas, la erosión edáfica y genética, la explotación irracional de los recursos naturales entre otros. De esta forma, el resultado es la pérdida de los organismos silvestres vegetales y animales; como consecuencia se ven disminuidos los nutrientes, la fertilidad del suelo y las relaciones holísticas en el ecosistema y por consiguiente, la diversidad genética (UBIPRO, 2000).

El Valle de Tehuacán- Cuicatlán, que está localizado en los estados de Puebla y Oaxaca, es una zona semiárida de 10,000 Km², donde se concentra un alto porcentaje de plantas y animales endémicos, rasgo que se acentúa gradualmente hacia las porciones más tropicales de este Valle (Smith 1965, Rzedowski 1978, Villaseñor *et al.* 1993, Valiente-Banuet *et al.* 1995).

A lo largo del cauce del "Río El Salado" de acuerdo a los criterios de Rzedowski se presentan comunidades vegetales como mezquitales, representado por: *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Celtis pallida* y *Myrtillocactus geometrizans*. En este mismo sistema, se presenta el desarrollo de islas formadas a partir de la fragmentación de algunas terrazas aluviales que son un componente geomorfológico muy importante para el funcionamiento de las cuencas hidrográficas. Técnicamente, las terrazas son relieves de forma alargada y estrecha, con superficie plana y suelos profundos. Su origen es de tipo secundario, ya que derivan de la depositación de materiales

provenientes de la erosión de toda la cuenca, en donde se observan niveles de degradación muy altos y sobre los cuales prosperan diversas asociaciones vegetales dependiendo de la extensión de cada una (UBIPRO, 1998).

En el cauce del Río El Salado y las islas que se encuentran en la subcuenca presentan grados de deterioro que van desde los que aparentemente aún conservan su condición natural original a las que presentan serios problemas de degradación como los “badland” (tierras malas). Estos problemas son provocados por fenómenos naturales como: la erosión hídrica y eólica y adicionando sus efectos las actividades humanas, que han causado la pérdida de la cobertura vegetal, por cambios en el uso del suelo, perjudicando totalmente a los sistemas naturales y en consecuencia, propiciando la desaparición de estos o su sustitución por otros sistemas, perdiendo así la diversidad biológica y genética (Torri y Rodolfo 2000, Clarke y Rendell 2000, Regues *et al.* 2000).

En el valle de Tehuacán, *Neobuxbaumia tetetzo* es una de las cactáceas columnares más importantes, pues ocupa extensiones de hasta 400 km² y forma densas poblaciones con más de 1200 plantas por hectárea. Esta planta es endémica del valle. Por su dominante abundancia tiene gran relevancia ecológica, además de una gran importancia para los pobladores locales, ya que durante los meses que dura la floración y la fructificación, forma parte de su alimentación diaria. Las estructuras reproductoras pueden ser preparadas de distintas maneras, por ejemplo: flores en conserva, frutos conocidos comúnmente como tetecho que se comen en postre y las semillas como condimento de diferentes salsas y guisos (Godínez-Álvarez, 2001).

El tetecho al igual que el resto de las cactáceas es una planta de lento crecimiento, longeva que puede vivir hasta 250 años y alcanza alturas de hasta 8 m. Durante todos estos años, el tetecho está expuesto a diferentes factores, tanto físicos como biológicos, que pueden afectar su crecimiento o causar su muerte (figura 1)

El desarrollo del tetecho es afectado por factores ambientales tales como la cantidad de radiación solar y la humedad disponible en el suelo. El crecimiento de *N. tetetzo* no ocurre a lo largo de todo el año, sino está limitado a la época de lluvias, la cual se presenta durante el verano. En esta época, la cantidad de agua disponible se incrementa y hace que *N. tetetzo* crezca y almacene agua para utilizarla posteriormente durante la época de sequía. Las condiciones climáticas de los diferentes sitios en los que crece *N. tetetzo* afectan de manera distinta el crecimiento. Así, las plantas que se localizan en los sitios con menor cantidad de radiación solar y mayor humedad durante el verano crecerán más rápido, en comparación con aquellas que se encuentran más expuestas a la radiación solar (Godinez-Álvarez, 2001).



Fig. 1. *Neobuxbaumia tetetzo*, creciendo en el sistema fisiográfico Zapotitlán, en donde uno de los principales problemas que se presentan en la zona es la erosión de suelos.

El primer acto reproductivo del tetecho ocurre, según las características hídricas de los sitios en los que están creciendo, cuando las plantas alcanzan una altura de dos metros, que corresponde a una edad aproximada de entre 40 y 80 años. A partir de esta edad, el tetecho se reproduce casi todos los

años, aunque el número de flores y frutos puede variar de un año a otro. La etapa reproductiva es relativamente breve, pues dura alrededor de dos meses, comienza a mediados del mes de abril y termina en el mes de junio. Durante estos meses, en los ápices de las ramas del tetecho brotan flores blancas de más o menos 6 cm de longitud. Estas flores presentan anthesis nocturna, es decir, abren durante la noche y cierran en las primeras horas de la mañana siguiente. Durante la noche, las flores producen grandes cantidades de néctar (ca. 1.5 ml/ flor) y polen, que sirven como recompensa para aquellos animales que las visitan, por ejemplo: murciélagos, pájaros carpinteros, colibríes y abejas (Godinez-Álvarez, *op, cit*)

ANTECEDENTES

Existen algunos reportes de estudios etnobotánicos de la zona, por ejemplo: García (1991), Oliveros-Galindo (2000), Paredes-Flores (2001) y un estudio fitogeográfico de todo el Valle de Tehuacán-Cuicatlán realizado por Villaseñor *et al.* (1990). Estos estudios fueron considerados como la base teórica para el diagnóstico del estudio citogenético de esta especie en la Subcuenca de Zapotitlán.

Algunos citólogos desde la década de los cuarentas, hasta la actualidad, han abordado el problema de la variabilidad de las especies a escala cromosómica y molecular solamente para resolver problemas taxonómicos y establecer relaciones filogenéticas entre las especies de plantas (Granick 1944, Gómez-Pompa 1963, Cave 1964, Sosa y Acosta 1966, Granick 1971, Pinkava y McLeod 1971, Pinkava *et al.* 1973, Weedon y Powell 1978, Rivera 1983, Flores-Maya 1986, Pinkava *et al.* 1992).

A finales de la década de los veinte, se remarcó la importancia de los números cromosómicos para el estudio taxonómico de la familia Cactaceae, principalmente para entender las relaciones filogenéticas. Dichos trabajos promovieron el inicio de estudios citológicos en la familia. Los

primeros reportes sobre el número cromosómico en cactáceas fueron los realizados por Tischler (1928) en el género *Neomammillaria* (=mammillaria) e Ishii (1931) que indicaron un número haploide $n=11$. Sugiura (1931), presentó el número diploide $2n= 24$ para algunas especies de *Neomammillaria* y para *Zygocactus truncatus*. En ese mismo año, *Opuntia brasiliensis* fue denotada por Johansen (1933), con un número diploide $2n= 22$ y reportó un par de cromosomas con satélites. Stockwell (1935), obtuvo en ocho especies de la Tribu Opuntieae números haploides de $n=11, 22$ y 33 y en la Tribu Cereae reportó los números de $n= 9, 11$ y 22 .

Los trabajos realizados por Beard (1937), sobre *Echinocereus papillosus*, fueron una importante contribución en esta área para la familia cactaceae. Observó un comportamiento normal en los cromosomas meióticos y al realizar el conteo cromosómico de cactáceas en 46 especies, dos formas y un híbrido, encontró 43 especies diploides ($2n=22$) y tres tetraploides ($2n=44$).

Otros investigadores, en sus investigaciones citogenéticas han establecido que el número básico (número cromosómico mas pequeño de una serie poliploide) para la familia Cactaceae es $x=11$, por ejemplo: los realizados por Katagiri (1952, 1953), Pinkava y McLeod (1971), Ross (1981), Weedon y Powell (1978).

En 1989 Lewis, consideró que el número básico de la familia pudo haber tenido un origen paleotetraploide.

Pinkava *et al.* (1985), señalaron la existencia de conteos cromosómicos en 655 especies pertenecientes a 83 géneros. Estos conteos incluyen las tres subfamilias consideradas por Bravo (1978).

En el género *Pereskia*, de la subfamilia Pereskioideae, con aproximadamente 20 especies, se han realizado conteos de 14 taxa que indican únicamente números diploides de $2n = 22$ (Leuenberger, 1986). Sin embargo, en Opuntioideae se han reportado 169 taxa, de los cuales 107 son poliploides (incluyen 24 híbridos) que representan cerca del 63.3 %. En cactoidea, considerada la subfamilia más avanzada, se han señalado 377 taxa, en donde 330 son diploides ($2n = 22$) y solo 47 (12.5%) son poliploides (Pinkava *et al.* 1977). En el caso del género *Pachycereus*, únicamente se han presentado conteos de $2n = 22$ (Katagiri 1953, Pinkava *et al.* 1977 y 1973). Gibson y Horak (1978), señalaron para la subtribu Pachycereinae un $x = 11$, el cual es un dato congruente con el número básico $x = 11$, indicado para muchas otras cactáceas (Pinkava *et al.* 1985, Remski 1954, Ross 1981, Stockwell 1935, Weedin y Powell 1978).

Los estudios realizados en *Neobuxbaumia tetetzo* son en su mayoría de enfoque ecológico y con relación a su biología. Sin embargo, nadie ha hecho reportes sobre el número cromosómico, o con relación a su areografía. De los primeros trabajos se mencionan: al Dr. Godínez-Álvarez (1999), quien trabajó sobre la interacción biótica y la dinámica de poblaciones en la larga vida de las cactáceas columnares en el Valle de Tehuacán; el estudio realizado por Valiente-Banuet *et al.* (1996), en donde se establece la relación ecológica que se da entre el tetecho y los murciélagos durante la floración y fructificación y por último, el de Valiente-Banuet y Ecurra en 1999, los cuales establecieron la relación existente entre el tetecho y algunas leguminosas como plantas nodrizas.

Actualmente, en el laboratorio de Recursos Naturales (Unidad de Biotecnología y Prototipos, UBIPRO ubicada en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM), se trabaja con un enfoque diferente, el cual no sólo comprende el análisis cromosómico de las especies, sino que también se aplican metodologías de la fitogeografía para obtener mejores fundamentos que ayuden en la clasificación de algunas familias y además, se pueda establecer una relación entre la

distribución y su ploidía de las especies vegetales en Zapotitlán con otros diferentes ecosistemas de la República Mexicana, con el objeto de contribuir en el conocimiento de la evolución de las especies en los diferentes ambientes.

Un trabajo importante que se inicia con la idea propuesta anteriormente y basándose en la propuesta de Berger (1915) y Ramírez (1936), quienes señalaron como centro de origen del género *Agave* a la Altiplanicie Mexicana, es el de Rivera (1983), quien realizó un análisis citogenético y fitogeográfico en los Valles de Tehuacán y de los Valles Centrales de Oaxaca.

En la literatura científica no se tienen registros o reportes de números cromosómicos y cariotípicos de la flora por regiones geográficas en México. Sin embargo, los estudios citogenéticos de algunos grupos florísticos que se reportan para nuestro país, tuvieron como finalidad: establecer sus relaciones taxonómicas y filogenéticas (Bhattacharyya 1968, Pinkava *et al.* 1992, Gatt, *et al.* 1998, Martínez-Palacios, *et al.* 1999); pero lo más notable, es la poca participación de investigadores mexicanos en este tipo de estudios que son importantes en el conocimiento genético de nuestra biodiversidad.

El presente trabajo realizó un análisis de los datos obtenidos en el estudio citogenético y areográfico de *N. tetetzo*, para poder entender la dirección o el estado de conservación en su ambiente físico.

JUSTIFICACIÓN

Para llevar a cabo esta investigación se consideraron los siguientes aspectos:

- En 1996 la Secretaria de Ecología y Manejo de Recursos Naturales y Pesca, refiriéndose al Valle de Zapotitlán Puebla, manifestó: “el Valle esta en un proceso de desertificación y desertización, la existencia de baja productividad, la alteración de las funciones holísticas del

ecosistema, la disminución y pérdida de la biodiversidad y además de prevalecer una situación socioeconómica de muy bajos niveles”.

- El Valle, cuenta con un amplio historial cultural que abarca desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad. Entre los factores que afectan a las poblaciones silvestres se encuentran: la ganadería (caprina), la agricultura, los asentamientos humanos, la construcción de vías de comunicación (carreteras, caminos y tendido de líneas eléctricas), la extracción de materiales para construcción, los basureros, la construcción de presas y la extracción ilegal de plantas para el comercio nacional e internacional.
- La zona de estudio tiene gran importancia ecológica: ya que se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Entre otras cosas, es un sitio que expone ejemplos vivos de la gran diversidad biótica de las zonas semiáridas, que tiene múltiples formas biológicas y variadas expresiones de estrategias de adaptación y, en general, por el carácter de exclusividad e importancia biogeográfica de sus asociaciones que les confiere en especial la gran cantidad de especies endémicas al área.
- Es importante entender el presente estado de conservación y las estrategias de adaptación de esta especie en los cambios ambientales, ya que en la actualidad, la diversidad biológica de esta zona está siendo alterada por la modificación de sus ecosistemas, poniendo a varias de ellas en serios problemas de supervivencia. Por consiguiente, la zona resulta ser sujeto de investigación para establecer los grados de deterioro por medio de los análisis citogénético de las especies vegetales y su distribución (Smith 1965, Rzedowski 1978, Villaseñor *et al.* 1990, Dávila *et al.* 1993).
- El 75% de las plantas con flor a escala mundial no se conoce su citogenética. En México solo el 5% de su flora se ha estudiado a nivel citogénético (Bennet, 1998 citado en Stance, 2000), por lo que es prioritario realizar nuevos reportes de números cromosómicos sobre todo para las zonas semiáridas, principalmente por ser un porcentaje alto del territorio mexicano. Finalmente, por la conclusión obtenida en el trabajo ecológico realizado por Olivares-Galindo (2000), el

cual menciona: que debido a los atributos ecológicos como la frecuencia, densidad y cobertura que muestran las comunidades vegetales, dentro de las terrazas aluviales de Zapotitlán de las Salinas, sólo son dominadas por algunas especies y en este caso por las cactáceas columnares, como *N. tetetzo* y plantas arborescentes como *Prosopis laevigata* y *Cercidium praecox*, las cuales proporcionan la fisonomía característica de la vegetación dentro del sistema de terrazas aluviales, que resultan ser interesantes para la realización de un modelo citogeográfico.

OBJETIVO GENERAL

- Determinar la relación existente entre el análisis del número cromosómico y la forma del área en donde se distribuye *N. tetetzo*, considerando también las variables edáficas y climáticas (reportados en la literatura), para establecer y/o mostrar la dirección o su estado de conservación.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar el número cromosómico de *Neobuxbaumia tetetzo* en la subcuenca baja de Zapotitlán Salinas, Puebla.
- Realizar un mapa de distribución geográfica de *N. tetetzo* en la zona de estudio de la subcuenca baja de Zapotitlán.
- Analizar la posible relación entre el número cromosómico y el ambiente físico y adaptativo en esta zona de estudio.
- Aportar información de importancia para la especie.

HIPOTESIS

Si el deterioro ambiental altera los procesos de perpetuación, estabilidad y diversidad genética de las especies vegetales, entonces los parámetros citogeográficos, de la población de *Neobuxbaumia tetetzo* variarán en las zonas con diferente grado de deterioro

ÁREA DE ESTUDIO

Dentro del Valle Tehuacán-Cuicatlán existen varias zonas. El presente trabajo se realizó tomando en consideración los criterios de Barrera (2001), el cual llevo a cabo un levantamiento fisiográfico que permite situar en niveles de regionalización más detallados para reconocer unidades de paisaje más simples y homogéneas, tomando en cuenta criterios naturales como: el origen y la forma de los distintos paisajes. Los criterios que el tomó para reconocerlos fueron básicamente dos: el origen y el patrón geomorfológico. El origen, lo determinó a través de una revisión exhaustiva de cuestiones geológicas que implicaron obtener información de la historia geológica, formaciones, litología y estructuras. Para el reconocimiento del patrón geomorfológico, tomó, aspectos como: los análisis de pendientes, el reconocimiento de topofomas, el análisis del patrón de drenaje, el tipo de respuesta ante la erosión y el tipo de vegetación.

El Valle de Zapotitlán se dividió en nueve unidades de paisaje (sistemas terrestres) que llevan como nombre: Sistema Terrestre Acatepec, Agua de Burro, Aluvión, Cipiapa, Matzitzi, Metzontla, Miahuatepec, San Juan Raya y Zapotitlán. Siendo este último el sistema que mayor área abarca con 81 km²; y es precisamente en esta Subcuenca Baja de este sistema, donde se enfocó nuestro estudio citogeográfico sobre *N. tetetzo*.

Sistema Terrestre Zapotitlán.

a) Localización:

El sistema se ubica en la porción norte del valle y en algunos sitios rumbo al poniente donde se entremezcla con los lomeríos de Acatepec. Como elementos distintivos del Sistema están los Cerros Cutac, Tarántula y Pajaritos; así como la Barranca las Salinas. Presenta un rango de altitud que va de los 1480 a los 2600 msnm, limita hacia el norte con el Sistema Cipiapa, al sur con el Sistema Aluvión, al este con el Sistema Miahuatepec y al oeste con el Sistema Agua de Burro (fig 2).

b) Geología:

El Sistema Terrestre Zapotitlán es parte de la formación geológica Zapotitlán con una edad que data desde el Cretácico Inferior, presenta una litología que va desde lutitas calcáreas de color gris, con intercalaciones de calizas y conglomerados esparcidos por todo el Sistema (Buitrón, 1970).

C) Geomorfología:

El Sistema Zapotitlán es el más diverso en cuanto a formas de relieve, esto se debe, a la presencia de distintas estructuras geológicas, donde las capas de las rocas están dispuestas en plegamientos y que en algunos casos como en la Barranca Miahuatepec el buzamiento de las rocas determina la presencia de formas como: las cuevas homoclinales, los cerros, los lomeríos, las laderas rectas, convexas y escarpes delimitados por fallas geológicas y por los procesos erosivos que se han encargado de modificar notablemente estas formas para crear otras de segundo orden como: terrazas, taludes y planicies de acumulación. Las pendientes van desde suaves hasta escarpadas.

d) Hidrología:

A pesar de las diversas formas de relieve, el patrón de drenaje que tiene el sistema en su mayor parte es dendrítico y subdendrítico, estos dos tipos están relacionados al tipo de roca que se presenta en la región del sistema (las calizas, conglomerados y lutitas). La penetración del agua busca su cauce siguiendo siempre las zonas de fracturas de lutitas.

e) Vegetación:

El matorral crasicaule es el tipo de vegetación que se presenta con más frecuencia, sobre todo en las zonas de las laderas. Las especies que dominan son *Neobuxbaumia tetetzo* y *Cephalocereus columna trajani*. Otro tipo de vegetación dominante es el matorral espinoso compuesto principalmente de *Cercidium precox*, *Prosopis laevigata*, *Opuntia sp.* Cabe comentar que en este Sistema es donde se da con mayor intensidad la interacción con las actividades humanas. Aquí es precisamente donde se encuentra asentado el poblado más grande que es Zapotitlán Salinas que es la cabecera municipal. (Barrera *op. cit.*).

f) Clima:

La Sierra Madre Oriental, y específicamente la Sierra de Zongólica, constituyen una barrera para los vientos húmedos del Golfo de México, formando así una zona de características físicas única, con una precipitación promedio a lo largo del año de 400 a 450 mm. El clima general de Zapotitlán Salinas corresponde al tipo BShw” (w)(e)g, de acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973); este tipo de clima se caracteriza por ser seco con lluvias en verano, con dos máximos de lluvia en junio y septiembre; separados por dos estaciones secas. La temperatura media anual oscila entre los 18 y 22.7° C (Valiente-Banuet y Escurra 1991).

g) Suelos:

Son derivados de rocas lutitas, calizas y conglomerados, presentan profundidad variable, pero todos de carácter calcáreo. Dada la heterogeneidad topográfica y litológica con varias unidades de suelos siendo las principales: Leptosol rendzico, Regosol calcárico, Fluvisol calcárico y Feozem calcárico. Excepto el último, los demás se consideran como jóvenes con desarrollo incipiente. Los Leptosoles y Feozem se presentan en declives y mesas, los Regosoles se encuentran sobre la base de las laderas y declives muy inclinados y los Fluvisoles en las zonas bajas cerca de los arroyos (Barrera *op. cit.*).

h) Problemas y limitantes:

Dentro de este Sistema se observa una intensa actividad humana; aquí es donde se desarrolla el mayor porcentaje de las actividades productivas, por ejemplo: el establecimiento de salineras, los talleres de ónix y mármol, el comercio, la agricultura y la ganadería. Esto ha generado un impacto sobre el paisaje, suelo y vegetación incrementando el grado de erosión y el deterioro del área.

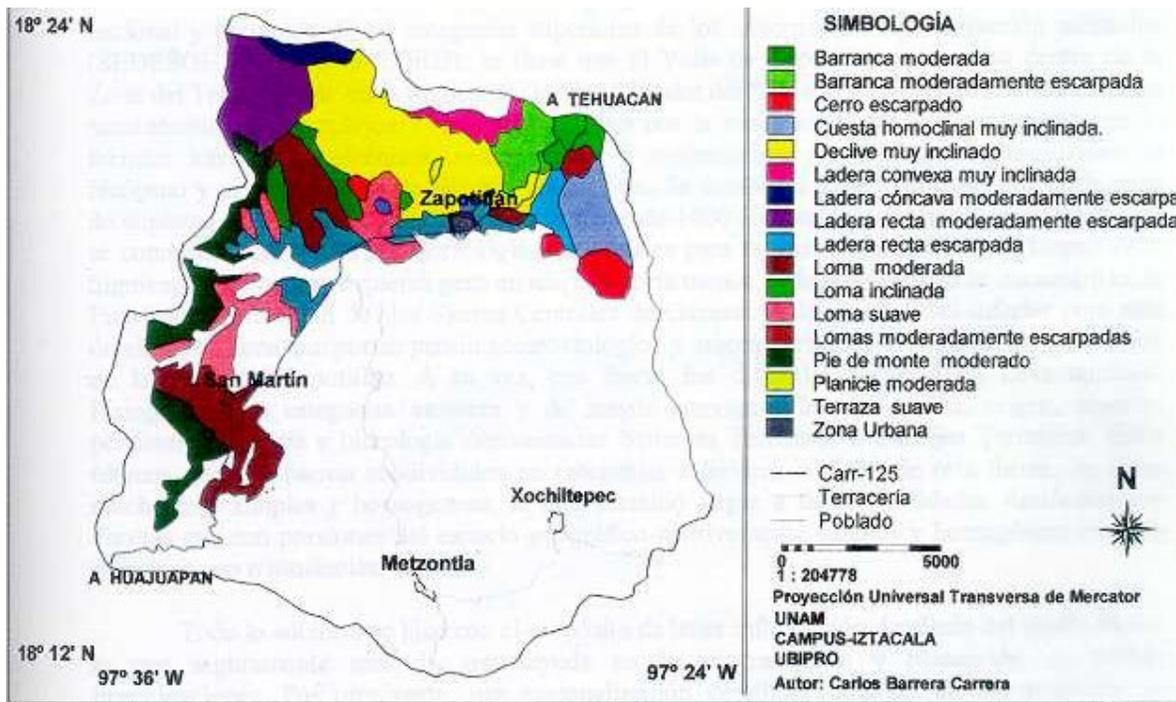


Fig. 2. Localización y distribución del Sistema fisiográfico Zapotitlán (tomado de Barrera 2001)

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo.

Estudio fitogeográfico:

Para la delimitación y descripción fisiográfica de las zonas de estudio, se consultó la información contenida en los trabajos florísticos del proyecto UBIPRO (UBIPRO 2000, Oliveros-Galindo 2000 y Paredes-Flores 2001), además se complementó esta información con las expediciones botánicas, que se realizaron una vez por mes durante un año. El estudio de campo se realizó tomando en cuenta el trabajo de Oliveros-Galindo (2000), quien considerando los criterios de Matteucci y Colma (1982), estableció el área mínima (curva área-especie), y de acuerdo a este análisis, los sitios de muestreo en el Valle de Zapotitlán fueron cuatro zonas que presentan diferentes niveles de alteración, con una extensión total de 9,600 m², que representa aproximadamente el 30% del área total de las cuatro zonas (Fig. 3). Es importante señalar que *N. tetetzo*, no se encuentra en las terrazas aluviales, sin embargo, su distribución esta desde las laderas de los cerros y en algunos puntos dentro o cercanos a los establecidos para el Sistema Fisiográfico Zapotitlán (Barrera, 2001). Para realizar los muestreos del presente trabajo, se hizo una serie de recorridos a las zonas de muestreo, en donde se determinó para la especie: el tamaño y formas del área (Matteucci y Colma, 1982).



Fig. 3. Ubicación geográfica de las cuatro zonas de muestreo en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla (tomado de Oliveros-Galindo, 2000)

Para establecer la distribución espacial de la especie en la zona de muestreo, se tomaron datos de georeferencia, con un navegador personal (Garmin's GPS 12 XL) y con la ayuda de mapas digitalizados de la zona, (Environmental Systems Research Institute, 1995), se logro interpretar la forma del área de dispersión. En estos puntos se tomaron registros de las características ecológicas generales del hábitat de las especies como: pendiente, vegetación acompañante y topografía del terreno.

Trabajo de laboratorio.

Estudio citogenético:

En las expediciones botánicas y con el conocimiento previo de la forma del área de dispersión, se colectaron a discreción en el centro y en la periferia del área: hijuelos, semillas e inflorescencias. Estas estructuras y los ejemplares vivos, formaron el material básico para el análisis citogenético.

Los ápices del sistema radicular de semillas germinadas y las inflorescencias fijadas en el campo fueron tratados según la técnica descrita por García (1988).

Técnica de estudio citogenético:

García (1988) desarrolló un método para la observación de cromosomas de ápices utilizando el método de aplastado, con buenos resultados. A continuación se describe la técnica que se aplicó a *N. tetetzo*.

a) Germinación:

Se lavaron las semillas en agua corriente y se trasladaron a un vaso de precipitado con 10 ml de hipoclorito de sodio al 30 %, en agitación, durante 15 min. Se colocaron las semillas en un frasco con agua para imbibirlas durante 24 hrs. Se pusieron las semillas en cajas Petri con un colchón de

algodón y se dejaron a una temperatura de 25 ° C . En un período de 3 días, las semillas desarrollaron un tamaño de raíz de 1 cm de largo.

b) Fijación:

Una vez desarrollada la raíz principal (0.5-1 cm), se cortó el ápice del sistema radicular y se colocó en un tubo Ependor con una solución acuosa de 8-hidroxiquinoleína 0.002 M durante 4 hrs en refrigeración (o a temperatura ambiente).

Se fijó el ápice con una solución de Farmer 3:1 (alcohol + ácido acético) o bien alcohol etílico al 70 %, durante 24 horas. Trascurrido el tiempo de fijación, se enjuagaron los ápices con agua destilada.

Se hidrolizaron los ápices con HCL 1N en baño maría a 60° C durante 15 minutos. Una vez hidrolizada la muestra, se retiró el HCL y se enjuago dos veces con agua destilada. Después, se agregó agua doble desionizada, dejándola por 30 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, a los ápices se les retiró el agua y se les agregó una solución acuosa de pectinasa al 4 % y celulosa al 1% en buffer de citratos con un pH de 7.4 y se colocó en baño maría a 37 °C durante una hora.

Los ápices, fueron enjuagados con agua destilada dos veces. Se agregó enseguida Farmer 3:1 para mantener el tejido en refrigeración durante el tiempo de procesamiento de estas muestras.

c) Preparaciones:

Se tomó de los tubos de Ependor un ápice y se colocó en un portaobjetos limpio, agregando una gota de ácido acético al 45 %. Si el tejido estaba muy blando, se le agregó inmediatamente una gota de aceto-orceína al 1%. Ahora, si el tejido estaba duro, se corto el meristemo radicular con ayuda de una navaja, y con una aguja de disección se desmenuzo un poco.

A continuación, en cualquiera de las formas de los tejidos, se colocó sobre el material un cubreobjetos limpio y cubriéndolo con un papel filtro se procedió a realizar presión sobre el tejido con la yema del dedo pulgar.

Para que la muestra no se seque se colocó en una cámara húmeda (caja Petri con ácido acético al 45 %) y en refrigeración. Al observar la muestra al microscopio, si la dispersión y la tinción del tejido, fue de buena calidad en la preparación, se procedió a una fijación permanente. La cual consistió: en colocar el portaobjetos con la muestra en un recipiente con hielo seco por 30 segundos aproximadamente. Al congelar la muestra, con mucho cuidado, se separó con ayuda de una navaja el cubreobjetos del portaobjetos. Enseguida, se introdujo en un frasco que contenía butanol concentrado, por un intervalo de 10 segundos, realizando esta maniobra una vez más. Transcurrido el tiempo, se escurrió el cubreobjetos y el portaobjetos quitando así el exceso de líquido. Se agregó una gota de bálsamo de Canadá sobre la muestra que contenía el portaobjeto y se colocó encima el cubreobjetos. Para el secado rápido del bálsamo se colocó la preparación en un horno a 60 °C durante una semana aproximadamente.

Las preparaciones fueron observadas en un microscopio de contraste de fases, y de las mejores preparaciones se obtuvieron fotos utilizando películas fotográficas a color y en blanco y negro (Plus x). Se obtuvo el índice mitótico, para establecer la hora de mayor frecuencia de células en metafase y para realizar el conteo de los cromosomas existentes en ellas.

Trabajo de gabinete.

Los datos de georeferencia obtenidos en el campo fueron procesados por medio de un software del Sistema de información geográfica Arc View versión 3.1 (Environmental Systems Research Institute, 1995), de esta manera, se obtuvo la forma del área de *N. tetetzo* dentro de la zona de

muestreo, los mapas analizados fueron: el tipo de suelo, la pendiente, la orientación, el tipo de vegetación y el clima.

Los datos morfométricos obtenidos en el campo, se emplearon para elaborar un espectro de variación morfométrica (gráfica que indica el intervalo y variación de los caracteres métricos).

Para los estudios citogenéticos se calculó el Índice Mitótico e índice de fases ($IM = \frac{\text{No de células en división}}{\text{total de células analizadas}}$ y $IF = \frac{\text{No de células en fase}}{\text{total de células en división}} \times 100$) para elaborar una gráfica de índice mitótico (Rodríguez y Seijo, 2000).

El resultado de los conteos cromosómicos de la especie fueron ordenados en tablas y se obtuvo un promedio de los conteos realizados.

Se elaboró el cariotipo de *N. tetetzo*, tomando medidas de los brazos, determinando los pares cromosómicos de acuerdo a la nomenclatura de Levan *et al* 1964, la cual establece la ubicación del centrómero en relación con la longitud de los brazos y su relación con la longitud total del cromosoma. Para obtener estos datos se calcularon: los valores de **L** (longitud del brazo largo), **s** (longitud de brazo corto), **L + s = C** (longitud total del cromosoma), **d** (diferencias de brazos cromosómicos), **r** (proporción de brazos cromosómicos), e **i** (índice centromérico), para la especie en estudio (véase apéndice I).

RESULTADOS

Descripción morfológica tomada de Bravo-Hollis (1978) de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg

Plantas columnares de 1.5 a 15 m de alto, a veces simples pero generalmente poco ramificadas. Tronco principal de 9 a 60 cm de diámetro. Ramas de color verde grisáceo claro. Costillas de 13 a 17 a veces más; podarios de las costillas ligeramente elevados, llevando las aréolas en su parte superior y provistos debajo de éstas de una depresión obdeltoidea fuertemente marcada. Aréolas distantes entre sí de 7 a 35 mm, de 10 a 15 mm de longitud, obovadas, ovadas o casi redondeadas, provistas de abundante fieltro moreno hasta amarillento claro cuando jóvenes, después grisáceo, caduco. Espinas radiales 7 a 12, o a veces 2 o ninguna, de 5 a 20 mm de largo. Espinas centrales 1 a 3, la mayor hasta como de 3 a 4 cm. Flores nocturnas que nacen en el ápice de las ramas, tubular-infundibuliformes, de 5.5 cm de longitud, de color blanco verdoso; pericarpelo provisto de podarios pequeños que llevan una escama triangular, axilas con areolas que en ocasiones llevan lana y algunas espinas setosas cortas; tubo con podarios decurrentes que llevan una escama terminal pequeña y gruesa o a veces largas y cartáceo-acuminadas; cavidad nectarial sin diafragma, pero algo cerrada por una protuberancia de la base de los estambres primarios; estambres numerosos; filamentos blancos; anteras color crema; estilo blanco. Fruto ovoide, como de 4 cm de diámetro, color verde algo rojizo, provisto de podarios con escamas o bien cortas y gruesas, o a veces largas y cartáceo-acuminadas, axilas a veces con algunas espinas tenues y débiles; dehiscencia irregular con forma de estrella. El fruto permanece adherido al tallo hasta que se seca. Semillas pequeñas, oblicuo-reniformes, de 2mm de largo, color moreno oscuro, brillantes.

Descripción morfológica de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio.

Plantas columnares de 0.40 a 8.5 m de alto (gráfica 1), a veces simples pero generalmente poco ramificadas. Tronco principal de 7 a 52 cm de diámetro (grafica 2). Ramas de color verde grisáceo

claro. En costillas de 12 a 19 a veces más (gráfica 3). Espinas radiales 6 a 25 , de 5 a 20 mm de largo (gráfica 4). Espinas centrales 1 a 6, la mayor hasta de 3 a 4 cm (gráfica 5). En los tiempos de visita a la zona de estudio, no se obtuvieron datos sobre las características morfológicas de la flor , debido a las siguientes causas: las flores eran destruidas o consumidas por aves y por la gente de la población.

También se observó, que dentro de la zona de estudio, esta especie se encuentra preferentemente en las laderas, en pendientes poco pronunciadas, en suelos principalmente de tipo regosol calcárico (RGc) y Leptosol lítico (LPq), en un clima seco cálido con lluvias en verano (Bsohw) y a una altitud de 1417 a 1700 msnm.

Tabla 1. Datos morfológicos de diez ejemplares de *N. tetetzo* para la zona cercana a Zapotitlán y para la zona cercana al Jardín Botánico.

Zona	Forma	Altura (mts)	Tronco principal (cm)	No. De costillas	Espinas centrales	Espinas radiales
Zona cercana al poblado Zapotitlán	arborescente	2.0	21	15	3	10
	arborescente	5.0	23	14	1	10
	arborescente	3.0	26	16	5	15
	columnar	3.5	32	16	1	6
	arborescente	7.0	36	17	3	8
	arborescente	7.5	46	19	3	8
	columnar	3.5	26	16	3	10
	arborescente	7.5	32	19	3	8
	columnar	2.5	21	17	3	8
	columnar	4.0	23	16	4	10
intervalo		2-7.5	21-46	14-19	1-5	6-15
Zona del Jardín Botánico	arborescente	8.0	44	13	3	13
	arborescente	6.0	26	16	3	13
	columnar	3.5	23	14	3	15
	columnar	2.20	18	12	1	14
	columnar	4.0	25	18	2	14
	columnar	2.0	21	15	3	12
	columnar	0.40	7	12	3	10
	columnar	1.70	18	16	2	6
	columnar	0.90	15	16	2	9
	columnar	2.5	23	16	2	9
intervalo		0.40-8	7-44	12-18	1-3	6-15

Tabla 2. Datos morfológicos obtenidos en campo de diez ejemplares de *N. tetetzo* para la zona cercana a las Granjas así como para el Cerro Grande

Zona	Forma	Altura (mts)	Tronco principal (cm)	No. De costillas	Espinas centrales	Espinas radiales
Zona cercana a las Granjas	columnar	3.5	22	13	1	30
	columnar	3.80	19	13	1	14
	columnar	1.70	18	16	1	11
	columnar	1.45	20	13	1	9
	columnar	3.20	26	15	1	14
	arborescente	5.30	32	15	1	18
	columnar	4.0	26	15	1	9
	columnar	1.70	16	13	3	10
	columnar	2.50	22	15	4	17
	arborescente	6.50	37	15	3	16
Intervalo		1.45	16-37	13-16	1-4	9-30
Cerro Grande	arborescente	7.0	42	15	4	13
	columnar	3.25	26	15	1	6
	arborescente	3.0	24	12	3	13
	arborescente	6.0	28	13	4	14
	arborescente	8.0	46	15	3	9
	arborescente	8.5	52	12	1	10
	arborescente	6.0	29	16	1	9
	arborescente	6.0	36	15	3	11
	arborescente	2.50	32	15	4	13
	columnar	3.0	26	16	6	16
Intervalo		2.5-8.5	24-46	12-16	1-6	6-16

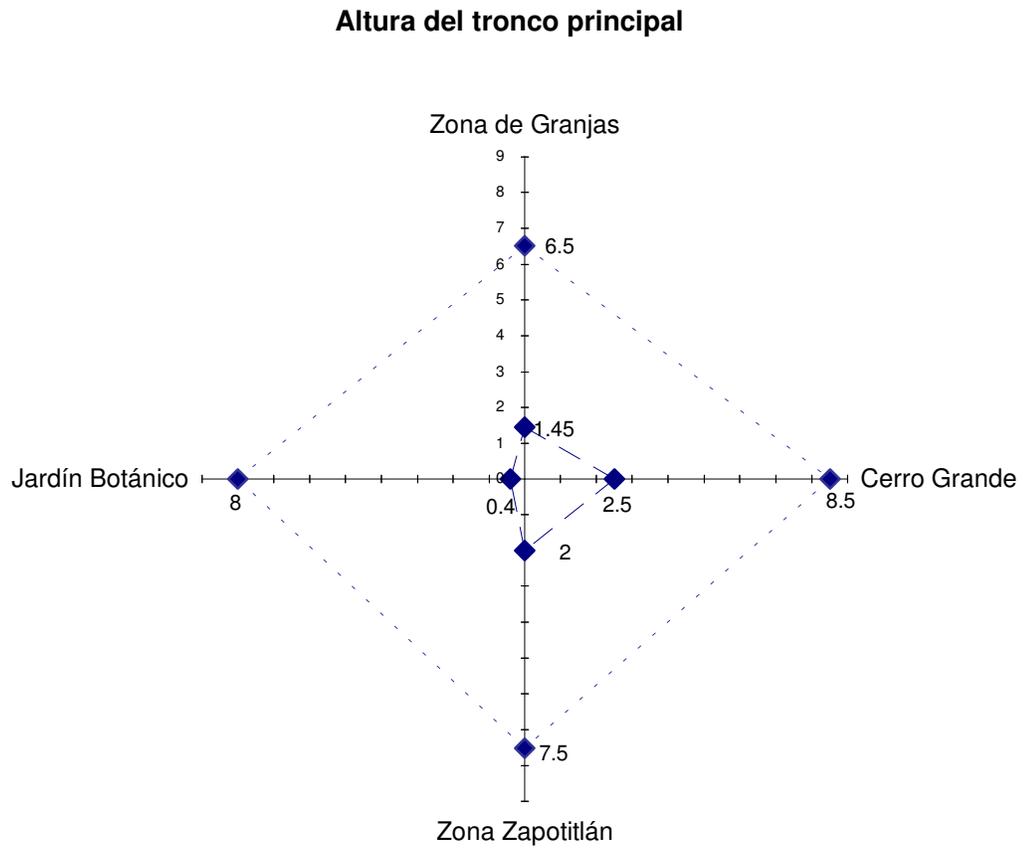


Fig. 4. Espectro de variación morfológica (valores máximos y mínimos de altura en metros) de *N. tetetzo* en la Subcuenca Baja de Zapotitlán.

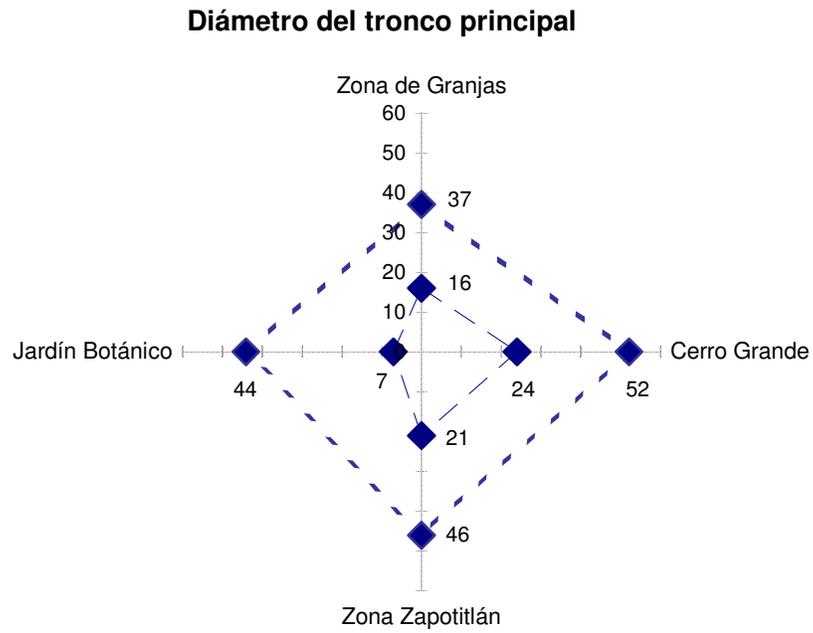


Fig.5. Espectro de variación morfológica (valores máximos y mínimos del diámetro en cm) de *N. tetetzo*, en la Subcuenca Baja de Zapotitlán.

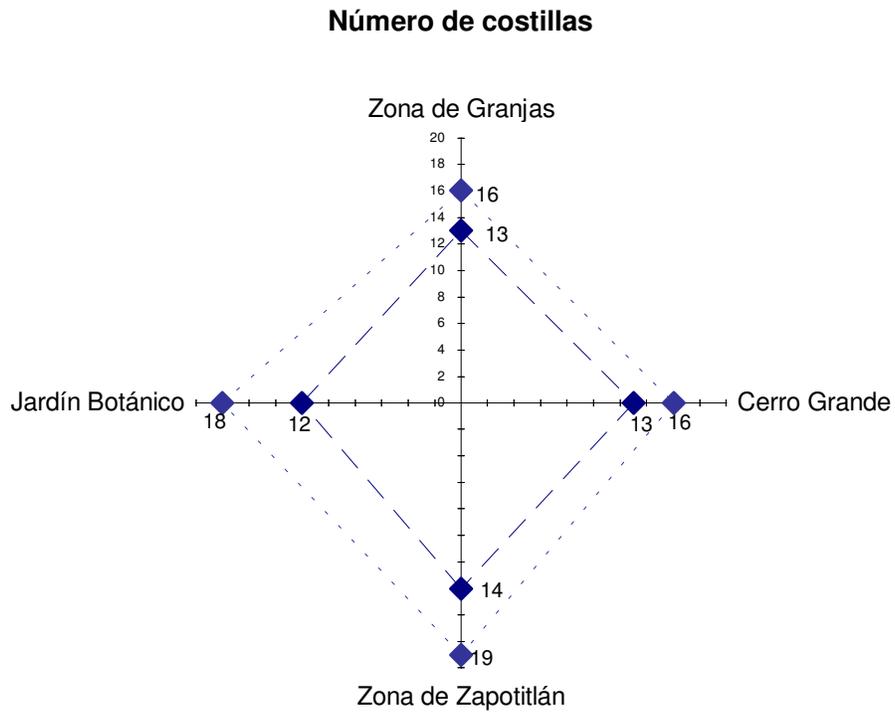


Fig.6. Espectro de variación morfológica (valores máximos y mínimos del número de costillas) de *N. tetetzo*, en la Subcuenca Baja de Zapotitlán.

Número de espinas radiales

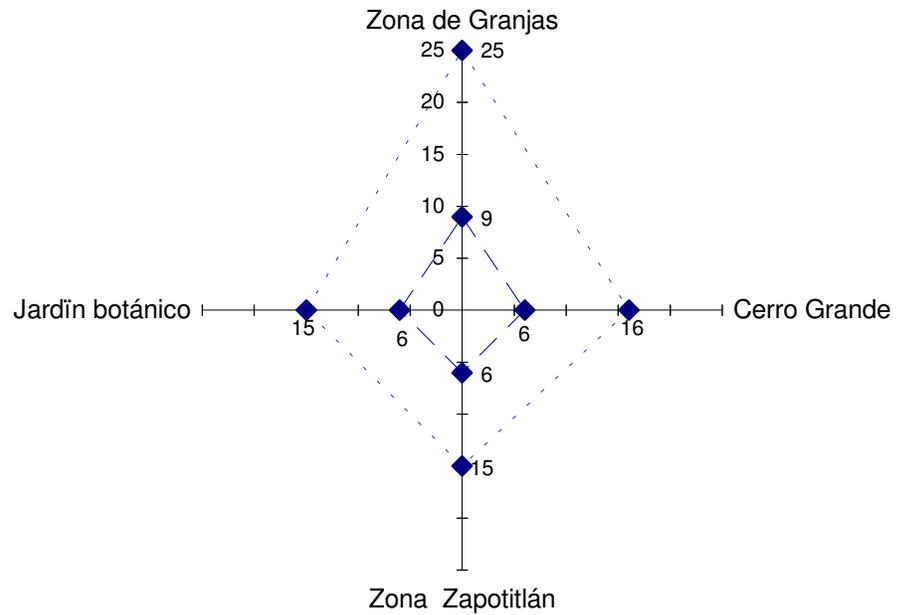


Fig.7. Espectro de variación morfológica (valores máximos y mínimos del número de espinas radiales) de *N. tetetzo*, en la Subcuenca Baja de Zapotitlán.

Número de espinas centrales

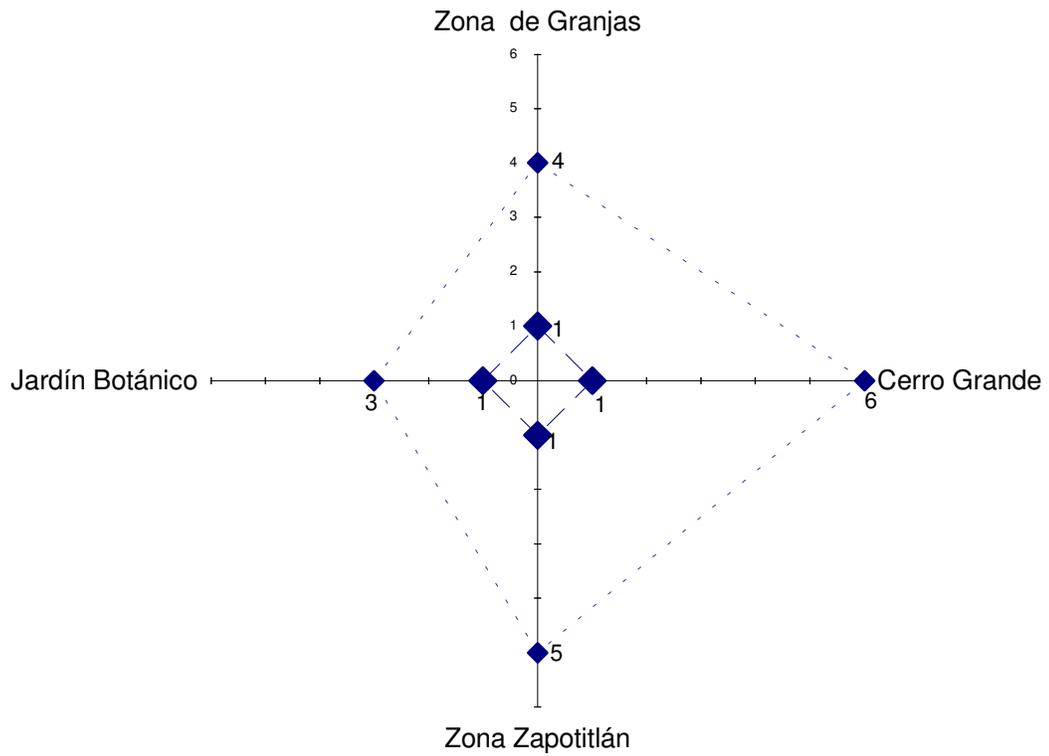


Fig.8. Espectro de variación morfológica (valores máximos y mínimos del número de espinas centrales)de *N. tetetzo*, en la Subcuenca Baja de Zapotitlán.

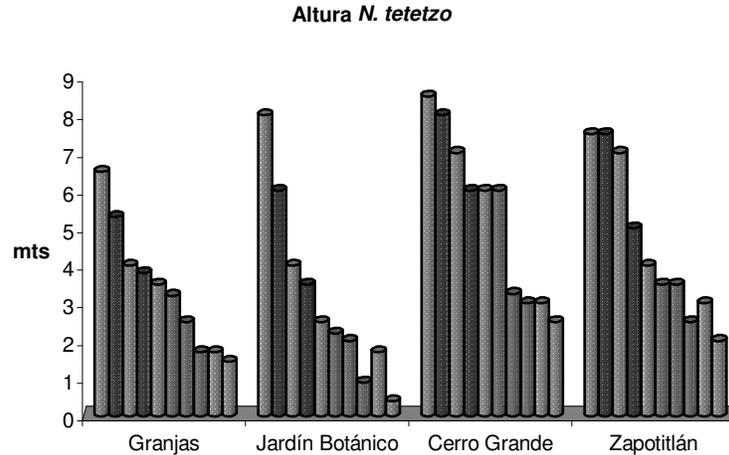


Fig. 9. Relación de la altura de los organismos en las diferentes zonas de estudio.

Díaz-Maeda (1991), señala que en los ambientes poco alterados se ve posibilitada la sobrevivencia de organismos pequeños. Tomando en consideración esta conclusión, se procedió a graficar los datos de altura en metros para las cuatro zonas (Fig. 9). De acuerdo a nuestras estimaciones, se establece que tanto los ambientes descritos para las Granjas y el Jardín Botánico se encuentran organismos jóvenes de tallas en el intervalo de 0.40 a 1.75 m.

Estudio citogenético de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio.

a) Índice de fases:

En el análisis del ciclo celular de meristemos de raíz de *N. tetetzo*, realizado el 19 de febrero del 2002, de 10:45 a 2:30 hrs., se observó en la mayoría de los tiempos una predominancia de interfases; sólo de 19:30 a 21:30, se presentó una frecuencia significativa de profases y de las 14:00 a 15:30 y a las 2:00 de la mañana se ubicó la presencia de metafases. Estos últimos tiempos, fueron tomados en cuenta para realizar los conteos cromosómicos (tabla 3 y Fig. 10). Por otra parte, en el ciclo celular en meristemo apical de tallo, realizado el 23 de marzo del 2002, también se observó una predominancia de células en interfase durante todos los tiempos. El tiempo donde puede observarse mayor incidencia de metafases fue a las 16:30 hrs. (tabla 4 y Fig. 11).

Tabla 3. Índice de fases en meristemos radiculares de *N. tetetzo*, (1000 células por hora) realizado el 19 de febrero del 2002.

ESPECIE	HORA	% INTERFASE	% PROFASE	% METAFASE	% ANAFASE	% TELOFASE
<i>N.tetetzo</i>	10:45	98.2	1.8	0	0	0
	11:15	97.8	2.2	0	0.1	0
	11:50	95.8	3.9	0.2	0	0.1
	12:20	89.6	5.5	0.8	0	0.1
	13:00	97.1	2.7	0.1	0.1	0
	14:00	96.5	3.2	0.1	0.2	0
	14:30	94.5	4.9	0.2	0.3	0.1
	15:00	90.4	8.8	0.5	0.2	0.1
	15:30	95	3.9	0.9	0.2	0
	19:30	62.9	36.8	0.2	0.1	0
	20:30	65.4	34.3	0.2	0	0.1
	21:30	51.4	48	0.4	0	0.2
	22:30	21.4	78.5	0.1	0	0
	23:30	10.2	88.9	0.2	0.1	0.2
	00:30	12.2	87.2	0.4	0.2	0
	01:30	8.7	91.2	0.1	0	0
	02:00	14.7	84.5	0.5	0.2	0.1
02:30	12.6	86.9	0.3	0.2	0	

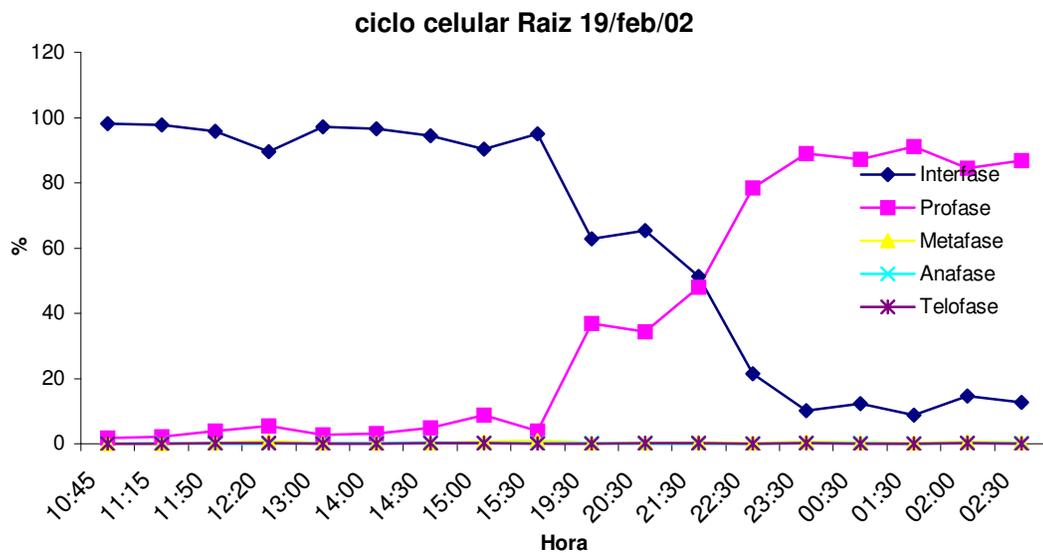


Fig. 10. Índice de fases en raíces de *N. tetetzo*

Tabla 4. Índice de fases en meristemos apicales de *N. tetetzo*, (1000 células por hora) realizado el 23 de marzo del 2002.

Hora	Interfase %	Profase %	Metafase %	Anafase %	Telofase %
11:15	95.8	4.2	0	0.1	0
11:50	96	4.1	0.2	0	0.1
12:20	89.6	5.5	0.8	0	0.1
13:00	94.1	5.7	0.1	0.1	0
14:00	91.5	8.2	0.1	0.2	0
14:30	84.5	14.9	0.2	0.3	0.1
15:00	90.2	8.8	0.5	0.2	0.1
15:30	95	3.9	0.9	0.2	0
16:30	60.9	36.8	1.6	0.1	0
20:30	65.4	34.3	0.2	0	0.1
21:30	51.4	48	0.4	0	0.2
22:30	21.4	78.5	0.1	0	0
23:30	10.2	88.9	0.4	0.1	0.2
00:30	12.2	87.2	0.4	0.2	0
01:30	8.2	91.2	0.6	0	0
02:00	14.7	84.1	0.9	0.2	0.1

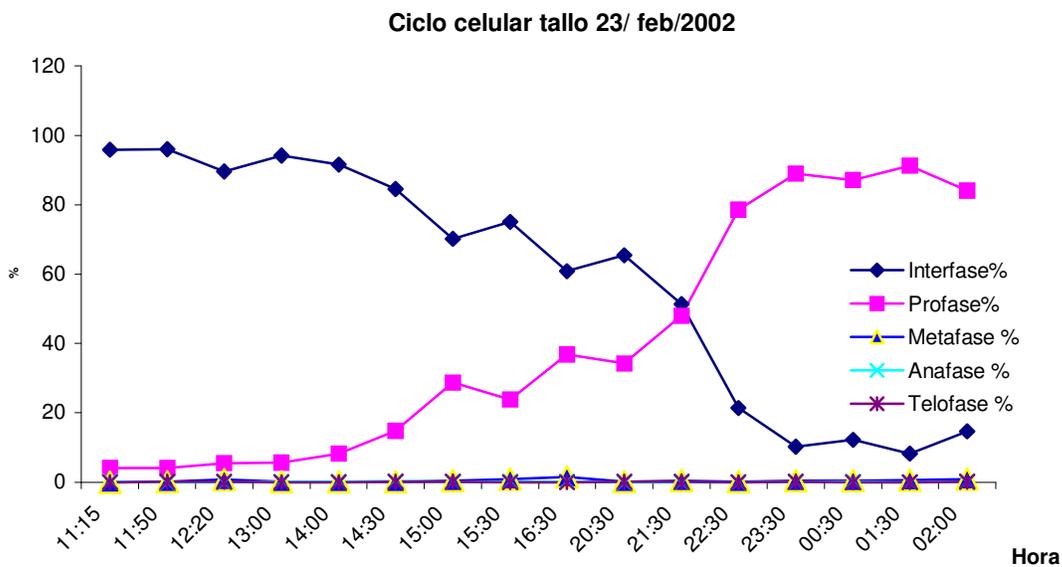


Fig. 11. Índice de fases de *N. tetetzo* en meristemo apical de tallo realizado el 23 de marzo del 2002.

b) *Conteos cromosómicos:*

Los conteos cromosómicos reportados como resultado de este estudio están contenidos en la tabla 5.

La distribución del nivel de ploidía de la especie demuestra que es preferentemente $2x$ en toda la zona de estudio. Los conteos que se obtuvieron para cada una de las poblaciones detectadas en las zonas de estudio, fue $2n=2x=22$ (11 pares cromosómicos) (Fig. 12, 13 y tabla 6).

Tabla 5. Conteo cromosómico de *N. tetetzo* tanto en células somáticas y gaméticas. En donde se obtuvo un promedio $2n = 21.4523$ y $n = 10.7826$, respectivamente.

Especie	Diploides		Haploides
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	22	22	11
	21	22	11
	20	21	11
	21	21	11
	22	22	11
	22	22	10
	21	22	11
	22	22	11
	20	21	10
	22	22	12
	20	22	10
	21	21	11
	21	20	11
	22	22	10
	21	22	11
	22	22	10
	21	20	11
	22	21	11
	21	22	10
	22	22	11
	22	22	11
	22	22	11
	22	22	11
	22	22	11
22	22	11	
22	21	11	
21	22		
22			
Promedio	21.4523		10.7826

Tabla 6. Puntos de muestreo de *N. tetetzo* en la subcuenca baja del sistema fisiográfico Zapotitlán, así como también el numero cromosómico obtenido para las diferentes zonas.

Taxa	zona	Localidad en Zapotitlán	No. De poblaciones	No de plantas analizadas	n	2n
<i>Neobuxbaumia tetetzo</i>	Zona de las granjas	N 18° 18' 8'' W 97° 29' 10'' 1537 m	1	10 individuos/ 250 células	11	22
		N 18° 18' 8'' W 97° 29' 9'' 1552 m				
		N 18° 18' 8'' W 97° 29' 9'' 1541 m				
		N 18° 18' 9'' W 97° 29' 9'' 1541 m				
		N 18° 18' 9'' W 97° 29' 8'' 1540m				
		N 18° 18' 9'' W 97° 29' 7.3'' 1533 m				
		N 18° 18' 9'' W 97° 29' 9'' 1546 m				
		N 18° 18' 10'' W 97° 29' 9'' 1542 m				
		N 18° 18' 10'' W 97° 29' 10'' 1559 m				
	Cerro Grande	N 18° 19' 3'' W 97° 28' 13''	1	10 individuos / 250 células	11	22
		N 18° 19' 2'' W 97° 28' 13''				
		N 18° 19' 3'' W 97° 28' 12''				

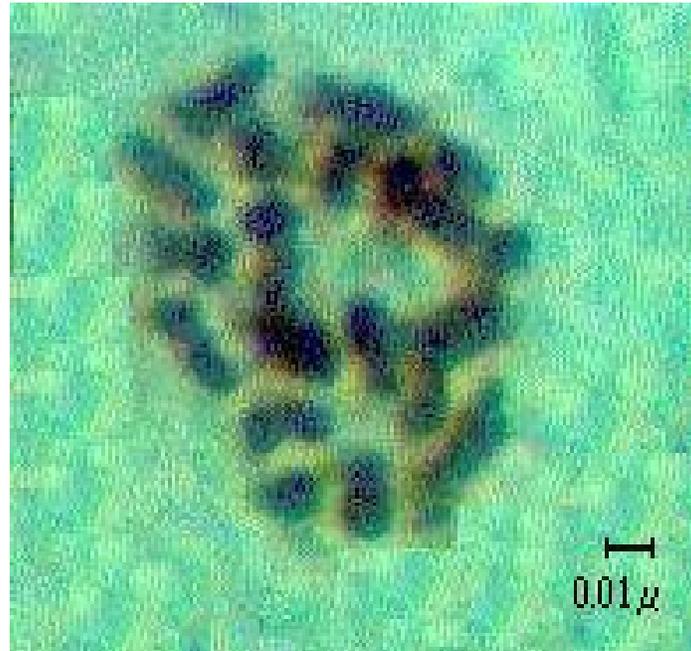


Fig. 12. Célula en metafase de *N. tetetzo*, con número cromosómico $2n=22$ (1000 X).

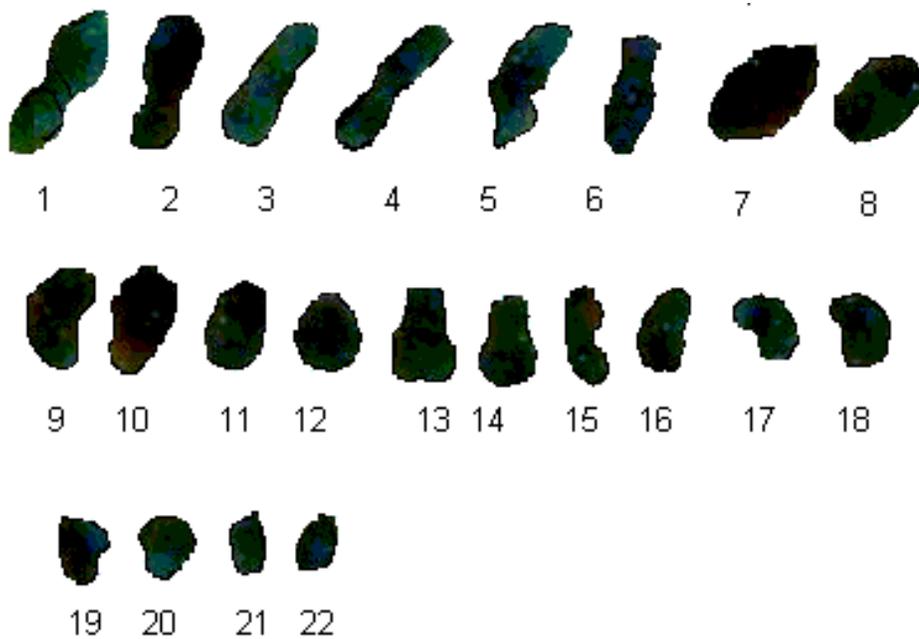


Fig.13. Cariotipo de *N. tetetzo* $2n=22$

Los resultados de las medidas de los brazos cortos y largos de los cromosomas de *N. tetetzo*, se observan en la tabla 7. En esta tabla se pueden advertir la denominación para cada par cromosómico, que quedaron de la siguiente manera: los pares 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 la posición del centrómero es metacéntrico (m) y los pares 4 y 11 son clasificados, en un sentido estricto, como Metacéntricos (M).

Tabla 7. Determinación de los valores **d**, **r**, **i** para la nomenclatura de cromosomas propuesta por Levan *et al.* (1964). Cariotipo de *N. tetetzo*

pares	cromosomas	C	s	L	d	r	I	Nomenclatura
1	1	3.8	1.8	2.0	0.52	1.11	47.39	m
	2	3	1.4	1.6	0.65	1.14	46.72	m
2	3	3.2	1.5	1.7	0.61	1.13	46.94	m
	4	3.5	1.5	2	1.30	1.3	43.47	m
3	5	3.3	1.5	1.8	0.90	1.2	45.45	m
	6	2.6	1.1	1.5	1.52	1.36	42.37	m
4	7	3	1.5	1.5	0	1	50	M
	8	2.4	1.2	1.2	0	1	50	M
5	9	2.3	1	1.3	1.30	1.3	46.94	m
	10	2.5	1	1.5	2	1.5	40	m
6	11	1.9	0.9	1	0.52	1.11	47.39	m
	12	1.9	0.9	1	0.52	1.11	47.39	m
7	13	1.9	0.9	1	0.52	1.11	47.39	m
	14	2.5	1	1.5	2	1.5	40	m
8	15	2	0.9	1.1	0.99	1.22	45.04	m
	16	1.9	0.8	1.1	1.56	1.37	42.19	m
9	17	1.8	0.6	1.2	3.33	2	33.33	sm
	18	1.8	0.9	0.9	0	1	50	M
10	19	1.5	0.7	0.8	0.65	1.14	46.72	m
	20	1.4	0.6	0.8	1.41	1.33	42.91	m
11	21	1.4	0.7	0.7	0	1	50	M
	22	1.4	0.7	0.7	0	1	50	M

c) *Estudio fitogeográfico:*

En cuanto a los aspectos de los factores fisiográficos y bióticos del ambiente, en donde se establece *N. tetetzo*, no se observó, en relación con el suelo, alguna preferencia por un tipo específico. Su distribución y establecimiento incurren en diferentes tipos como: RGc (Regosol calcarico), LPq-RGc (Leptosol lítico-regosol calcarico) y LPq (leptosol lítico) (Fig. 14).

Con lo referente a la altitud, *N. tetetzo* se encuentra por lo general dentro de un rango que va de 1417 a 1700 msnm, en la cuenca baja de Zapotitlán (Fig.15).

En cuanto a los tipos de vegetación en donde se puede establecer *N. tetetzo* son: VS (vegetación secundaria), TA (agricultura de temporal), MC-MB (matorral crassicaule- matorral subinermes), ME-MC (matorral espinoso- matorral crassicaule), MC (matorral crassicaule), D (desmonte), ME (matorral espinoso) (Fig. 16).

El clima que favorece el establecimiento y dispersión de *N. tetetzo* en la subcuenca baja de Zapotitlán, es seco (BShw''(w)(e)g)(Fig. 17).

Los individuos de *N. tetetzo*, dentro de la Subcuenca Baja de Zapotitlán, se encuentran creciendo y desarrollándose en suelos con pendientes de un 30% hasta suelos planos (Fig. 18) y en relación con la orientación, la mayoría se encuentra orientada al noroeste del poblado; en el jardín botánico, la ladera esta orientada al noroeste y oeste en una pequeña porción plana; la zona de Granjas esta orientada al noroeste y oeste (Fig. 19).

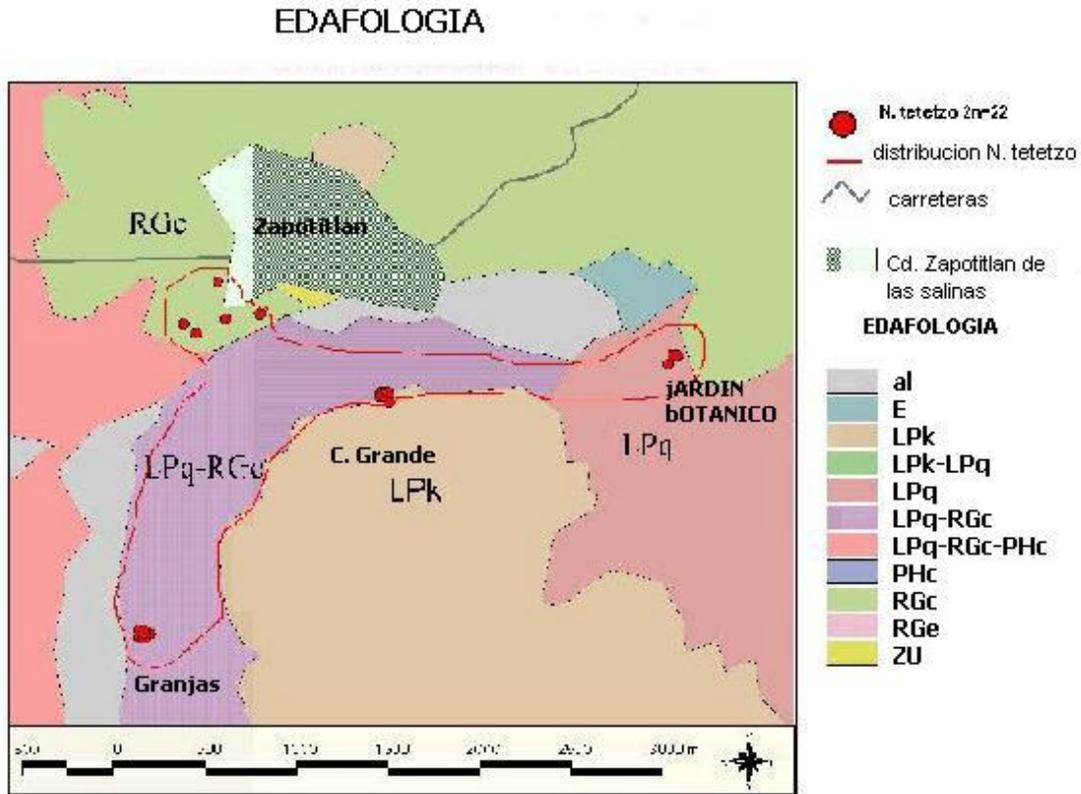


Fig.14. Forma del área de distribución de *N. tetetzo* en los tipos de suelo y nivel de ploidía de varias poblaciones en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla.

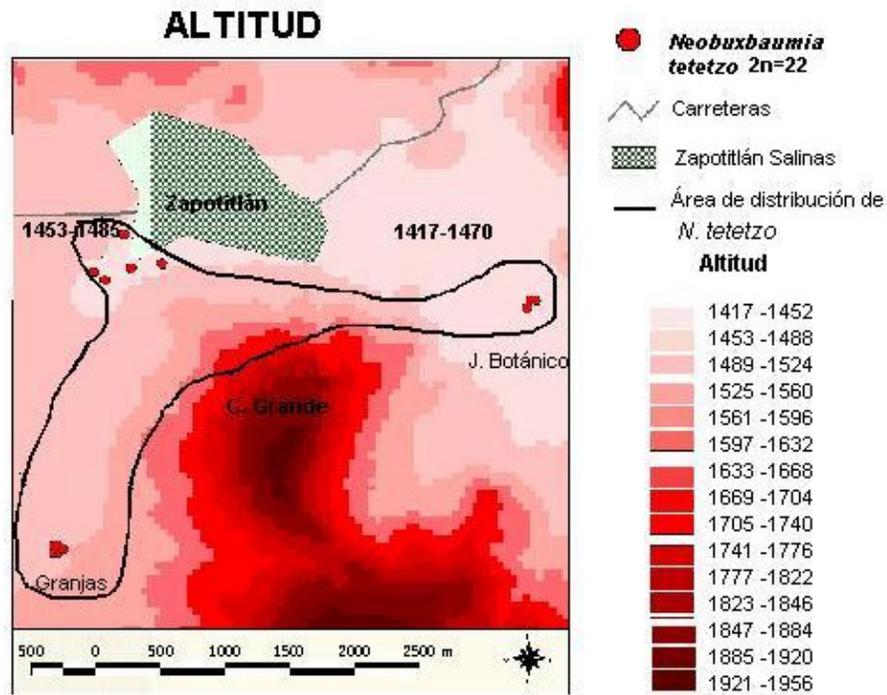


Fig.15. Forma del área de distribución de *N. tetetzo*, con referencia a la altitud y nivel de ploidía de varias poblaciones en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla .

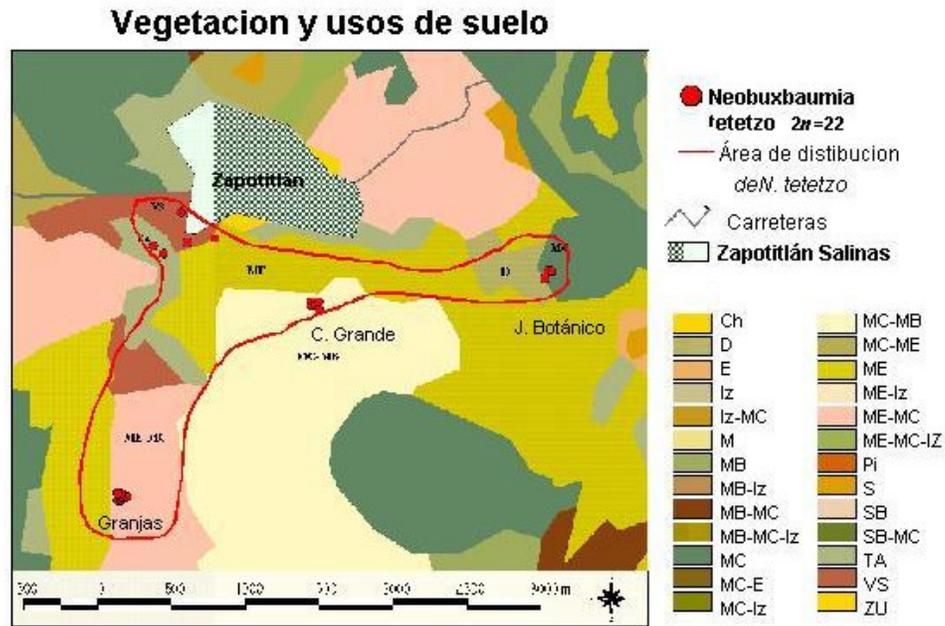


Fig. 16. Forma del área de distribución de *N. tetetzo* y nivel de ploidía en los diferentes tipos de vegetación en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla .

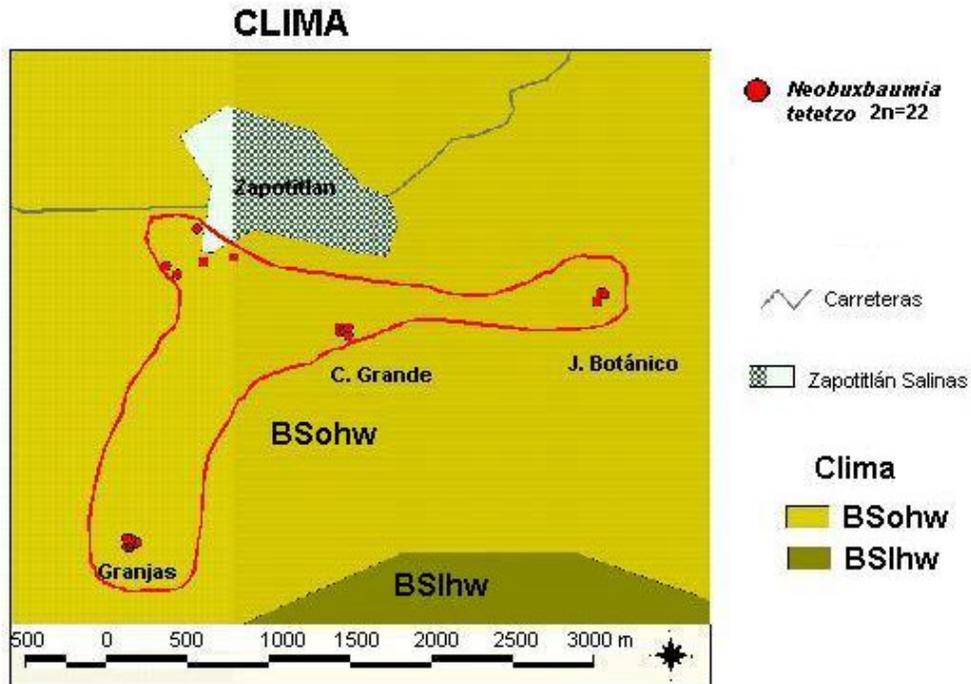


Fig.17. Forma del área de distribución de *N. tetetzo* en relación con el tipo de clima en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla.

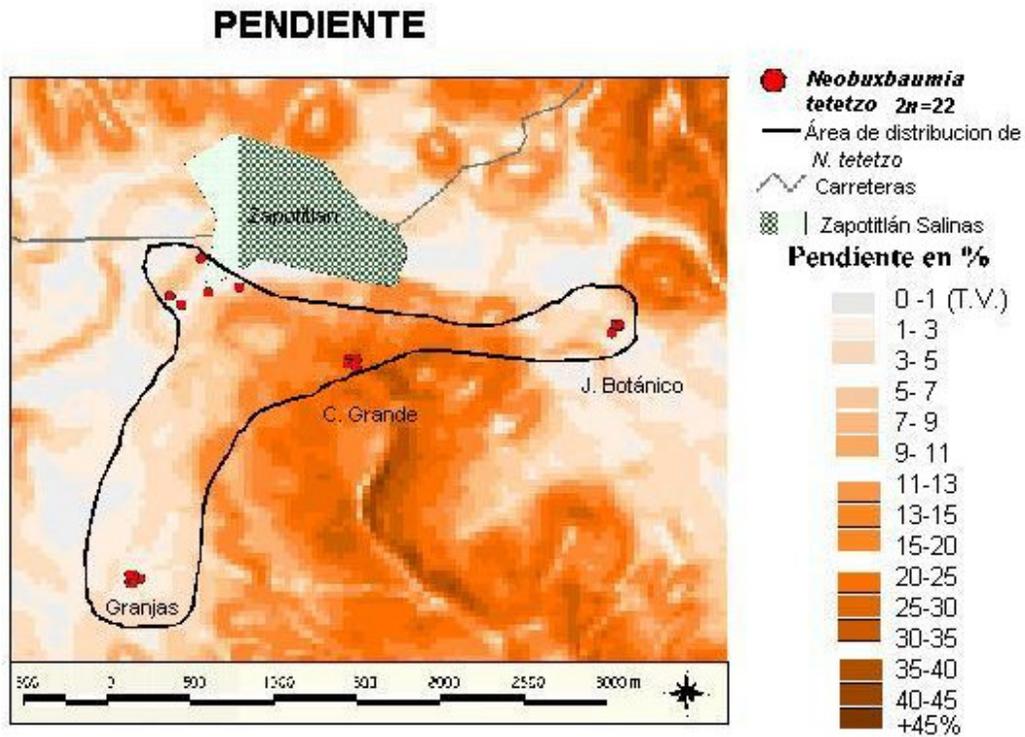


Fig. 18. Forma del área de distribución de *N. tetetzo* en relación con la pendiente del suelo en la subcuenca Baja de Zapotitlán, Puebla.

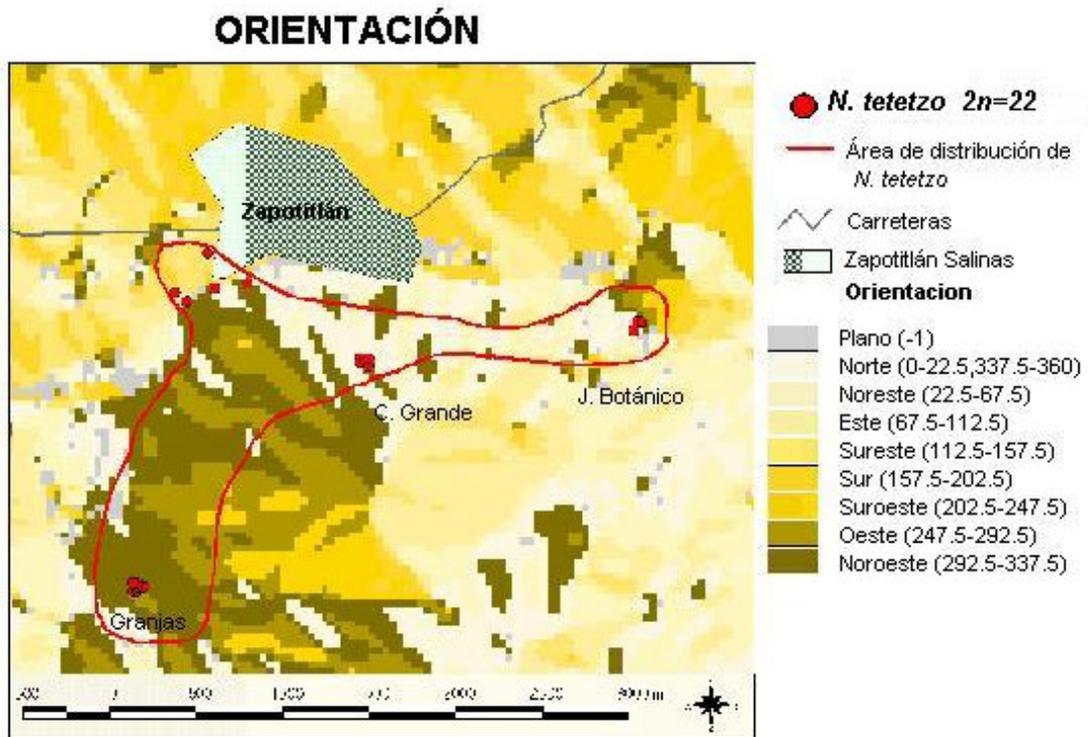


Fig. 19. Posición de *N. tetetzo* con relación a su orientación dentro de la zona fisiográfica Zapotitlán

DISCUSIÓN :

Análisis morfométrico de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio

Los caracteres morfométricos como: número de costillas, espinas centrales y espinas radiales no presentaron una variación importante, que indicará una diferencia entre las cuatro zonas. Los valores obtenidos se encuentran en su mayoría dentro del rango que caracteriza a esta especie, de conformidad con lo reportado en la descripción taxonómica de Bravo-Hollis (1978).

Es importante señalar, que se encontraron diferencias en el tamaño y la forma de los ejemplares en la zona de estudio. En el cerro Cutac y la zona cercana a Zapotitlán hay organismos más grandes y formas arborescentes. por tanto más viejos; en el caso de la zona de las Granjas y en la zona del Jardín Botánico, hay un balance entre organismos chicos y grandes o sea jóvenes y viejos (Fig. 9), dominando las formas columnares.

Lo anterior destaca la sobrevivencia de organismos pequeños en estas dos últimas zonas, en donde quizá estos organismos no han llegado a un estado reproductivo, que en consonancia con las observaciones hechas por Godinez-Álvarez (2001) quién señalo, que dependiendo de las características hídricas en donde estén los organismos, el primer acto reproductivo del tetecho ocurre cuando alcanzan los dos metros con una edad entre 40 y 80 años. Por tanto y tomando en consideración esta aseveración y lo mencionado anteriormente por Díaz-Maeda (1991), las Granjas y la zona del Jardín Botánico son ambientes poco alterados.

Esto también está relacionado a la abundancia de *N. tetetzo*, que en zonas como el Jardín Botánico y las Granjas las poblaciones son más densas, incluso en la zona de las Granjas es difícil el paso por la gran cantidad de cactáceas columnares, que en su mayoría son tetechos, como de algunas otras arbustivas. También en el Jardín Botánico hay abundancia de *N. tetetzo*. La población no se encuentra en las terrazas sino en la ladera más cercana al Jardín Botánico Hellia Bravo, en donde las

condiciones al parecer son más favorables para su establecimiento. La afirmación sobre el poco grado de alteración del ecosistema en las zonas de las Granjas como las del Jardín Botánico se considera preliminar y deberá confirmarse en futuros estudios de mayor extensión.

Índice mitótico de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio

La baja incidencia de figuras metafásicas, (tablas 3 y 4) tanto en células meristemáticas de raíz y tallo, fue viable por dos factores: primero, probablemente las fluctuaciones de la temperatura del laboratorio influyeron sobre las semillas para su germinación y segundo su condición biológica (viabilidad). Estos elementos, juntos o en forma individual, posiblemente retardaron el desarrollo y crecimiento de las células. De tal manera, que esto se observó en la determinación del índice de fases (Fig. 10 y 11), donde se observa que la división mitótica, se inicia durante la noche (mayor incidencia de profases). Situación que en forma natural ocurre, ya que de acuerdo a Godínez-Álvarez (2001) los procesos vitales de esta planta se desarrollan por la noche.

Del mismo modo, se observó que las condiciones climatológicas, principalmente la temperatura, influyen en el desarrollo del ciclo mitótico. Las horas establecidas para la incidencia de metafases en la primavera (febrero y marzo) fue de las 14 hs a 15:30 y en diciembre cambiaron a las 16 hs a 17 hs.

Distribución de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio

La forma del área de distribución de *N. tetetzo*, con una cobertura de aproximadamente 285, 448 ha en la zona de estudio, presentó una forma discontinua. Se observó, que en las terrazas aluviales no hay individuos de *N. tetetzo*.

La forma del área, es una evidencia del efecto que han tenido las terrazas aluviales dentro del área de estudio. Esto en parte, coincide con Muñoz *et al* (2002), quienes señalaron: que la porción oriental de las terrazas se presentan condiciones severas de erosión y salinidad que prácticamente

han acabado con el suelo, quedando las terrazas aluviales muy fragmentadas por la erosión. De tal manera, que este desarrollo forma o crea una barrera para la dispersión y distribución en forma continua, el asentamiento y la estabilidad de las poblaciones; que en consecuencia provocan su aislamiento.

En relación con la distribución, Diaz-Maeda (1991), señala que *N. tetetzo* no se distribuye aleatoriamente ni en forma continua, sino que presenta un patrón de agregación, la cual va de una mayor agregación en las plántulas con tallas menores a un metro hasta una menor agregación en organismos adultos. Observaciones hechas en este trabajo, confirmaron lo dicho por este autor, por ejemplo: las zonas de las Granjas y el Jardín Botánico, en donde se presentaron organismos más pequeños estaban más agregados, y en la zona de Zapotitlán y del cerro Cutac con organismos más grandes se encontraban menos agregadas las poblaciones.

La agregación puede deberse a propagación vegetativa o a heterogeneidad ambiental. Sin embargo, en *N. tetetzo* la agregación no es debido a la propagación vegetativa, ya que hasta el momento no han sido reportado casos de clonación en condiciones naturales para la especie, y en nuestro caso no observamos propagación vegetativa o reproducción asexual, por lo cual se infiere que la reproducción sexual, podría ser el evento muy importante en el establecimiento de la especie, el cual depende en gran medida de los murciélagos como su principal polinizador (Godinez-Álvarez, 2001).

Número Cromosómico y Cariotipo de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la zona de estudio

En las plantas de *N. tetetzo*, de las cuatro zonas de estudio, se reporta un número cromosómico diploide $2n=22$ y haploide $n=11$. Este es un dato congruente con el número indicado para la mayoría de las cactáceas, así como también corresponde con el número básico $x=11$ de la familia (Pinkava *et al.* 1985, Remski 1954, Ross 1981, Stockwell 1935, Weedin y Powell 1978).

Anteriormente, Gibson y Nobel (1986) y Johnson (1980) señalaron: los cariotipos con cromosomas en su mayoría del tipo metacéntrico son característicos de la familia Cactaceae. Además, Lewitzky (1931), considera que los cariotipos con mayor número de cromosomas metacéntricos son de carácter primitivo. Con estas afirmaciones y los datos de esta investigación, se considera a *N. tetetzo*, por su carácter diploide y por la presencia de cromosomas metacéntricos, organismos “primitivos”.

En el ámbito científico, no se han reportado estudios con respecto al número cromosómico para *N. tetetzo*, ni para el género, por lo cual no se puede hacer una comparación directa de los resultados obtenidos con trabajos anteriores. Sin embargo, existe el trabajo de Gama (1994), la cual reporta un número cromosómico diploide de $2n=22$, así como también informa un 100% de cromosomas metacéntricos para *Pachycereus weberi* (J. Coulter) *beberi* y *Pachycereus weberi aff* (J. Coulter) *beberi*, que de igual manera, es similar con lo encontrado en *N. tetetzo* y debido a que pertenecen a la misma tribu PACHYCEREA, estos resultados confirman y respaldan las relaciones filogenéticas existentes entre ambas especies (Fig. 4).

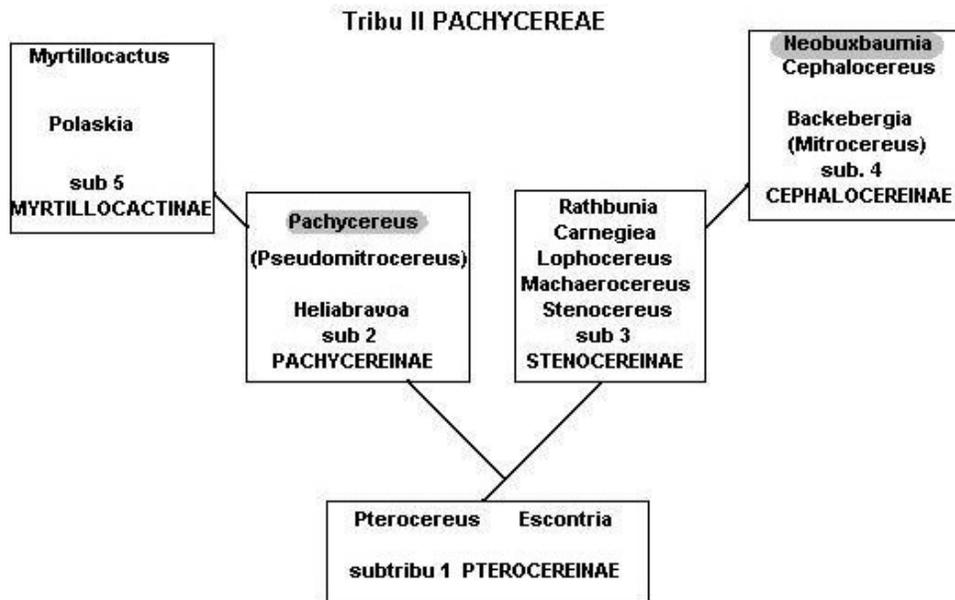


Figura 4. Diagrama que muestra, según F. Buxbaum, las relaciones filogenéticas de los géneros de la tribu *Pachycereae*. (Tomado de Bravo-Hollis, 1978).

CONCLUSIONES

- *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg es una planta considerada endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Godínez-Álvarez, 2001). En este estudio se determinó que esta especie dentro de la zona se encuentra preferentemente en las laderas, en pendientes poco pronunciadas, a una altitud de 1417 a 1700 msnm; principalmente en suelos de tipo regosol calcárico (RGc) y Leptosol lítico (LPq) y un clima seco cálido con lluvias en verano (Bsohw)
- Se reporta por primera vez, el número cromosómico de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la Subcuenca Baja de Zapotitlán Salinas Puebla que resulto ser $2n=2x=22$
- No hay variación en el número cromosómico con respecto a las diferentes áreas en donde esta especie se distribuye, por tanto tiene una ploidía de carácter diploide.
- La forma del área de dispersión de *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg en la subcuenca baja de Zapotitlán es de forma disyunta. Esta forma fue provocada principalmente por el efecto de la erosión y las características de suelo de las terrazas aluviales, así como también por la influencia de las actividades humanas.
- En relación con nuestra hipótesis la cual dice: “Si el deterioro ambiental altera los procesos de perpetuación, estabilidad y diversidad genética de las especies vegetales, entonces los parámetros citogeográficos, de la población de *Neobuxbaumia tetetzo* variarán en las zonas con diferente grado de deterioro”, se concluye que, por poseer un complejo genético de carácter diploide, el cual ha sido considerado por sus características cariótípicas poco evolucionado (100% metacéntrico y simétrico) y por tener una ploidía en toda la zona de estudio muy constante y por ser considerada a *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg una especie endémica: la extensión de su área estará limitada a la capacidad que les proporciona su dotación genética.

Por todo lo anterior, *Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg, en esta zona podría ser considerada una especie de alto riesgo de sobrevivencia.

APÉNDICE

Tabla 1. Nomenclatura recomendada por Levan, Fredga y Sandberg (1964), para la determinación de la proporción de brazos cromosómicos

Nomenclatura		$d = \frac{10(r-1)}{r+1}$	$r = L / s$	$i = \frac{100}{r+1}$	Posición Centromérica
M	Metacéntrico	0.0	1.0	50.0	Punto medio en el sentido estricto
M	Metacéntrico	0.5 – 2.5	1.05 – 1.67	47.5 – 37.5	Región media
sm	Submetacéntrico	2.5 – 5.0	1.67 – 3.0	37.5 – 25.0	Región submedia
st	Subtelocéntrico	5.0 – 7.5	3.0 – 7.0	25.0 – 12.5	Región subterminal
t	Acrocéntrico	7.5 – 9.5	7.0 – 39.0	12.5 – 2.5	Región terminal
T	Telocéntrico	10.0		0.0	Región terminal en el sentido estricto

LITERATURA CITADA

- Barrera C. C. 2001. Descripción y regionalización fisiografica del valle de Zapotitlan, Puebla. Tesis de licenciatura, ENEP- Iztacala, UNAM. Tlalnepantla, Edo. de México.
- Beard, E. C. 1937. Some chromosome complements in the Cactaceae and a study of meiosis in *Echinocereus Papillosus*. *Bot. Gaz.* (Crawfordsville) 99 :1-23.
- Berger, A.1915. Die agaven beitragezu ciner monographie. *Verlan Von Gustav. Fisher. Jena* 228.
- Bhattacharya, G.N. 1968. Chomosomes in different species of agave. *Journal of cytology and Genetics* 3: 1-6.
- Bravo-Hollis H. 1978. Las cactáceas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol 1 755 p.
- Buitron , B. E. 1970. Equinoides del cretácico inferior de la Región de San Juan Raya-Zapotitlán, Puebla. Instituto de Geología U.N.A.M. *Rev. Paleontología Mexicana.* 30:45.
- Cave, S.M. 1964. Cytological observations on some genera of the agavacea. *Madroño* 17: 163-169.
- Clarke, M. Y H. Rendell 2000. The impact of the farming practice of remodelling hillslope topography on badlad morphology and soil erotion proceses. *Catena* 40: 229-250.
- Comision Nacional de Zonas Aridas (CONAZA) 2002. <http://www.conaza.gob.mx/>
- Dávila, P., Villaseñor, J., Medina, R., Ramírez, A., Salinas, A., Sánchez-Ken, J.y Tenorio, P. 1993. Flora del Valle de Tehuacán Cuicatlán. Listados florísticos de México X. Instituto de Biología. UNAM. México, D.F. 195 pp.
- Díaz- Maeda, P. G. 1991. Efectos dependientes de la densidad e una cactacea Columnar (*Neobuxbaumia tetetzo* (Coulter) Backeberg) del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura, Fac. Ciencias, UNAM.
- Enviromental Systems Research Institute. (1995) Geografic Information System version 3.1. Redlands, CA. USA.
- Flores-Maya, S.1986. Estudio citogenético y fitogeográfico de *Agave crassispina* Trel. Y *A. Lechuguilla Torr* en el municipio de pinos, Zacatecas y en el municipio de real de Catorce, San Luis Potosí, México. Tesis de licenciatura, ENEP- Iztacala, UNAM. Tlalnepantla, Edo. de México.

- Gama, L. S. 1994. Análisis morfológico y citológico de *Pachycereus weberi* (J. Coulter) Backeb y *Pachycereus aff. Weberi* (J. Coulter) Backeb (Cactaceae). Tesis de licenciatura, Fac. Ciencias, UNAM.
- García, F. 1991. Influencia de la dinámica del paisaje en la distribución de las comunidades vegetales en la cuenca del Río Zapotitlán, Puebla. Investigaciones geográficas 23.
- García, V.A. 1988. Manual de técnicas de citogenética. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 144 pp.
- Gatt, M., Ding, H., Hammett, K., y Murray, B. 1998. Polyploidy and evolution in wild and cultivated *Dahlia* species. *Annals of Botany* 81:647-656.
- Gibson, A. C. y HoraK, K. E. 1978. Systematic anatomy and phylogeny of Mexican Columnar cacti. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 65:999-1057.
- Gibson, A. C. y Nobel, P. S. 1986. The Cactus Primer. Harvard Univ. Press, Cambridge, 286 p.
- Godínez-Alvarez H. O. 2001. El tetecho: historia natural de una cactacea columnar del centro de México. *Ciencia* 52 (1,2): 52-57.
- Gómez-Pompa, A. 1963 El genero Agave. Sociedad Mexicana de cactología VIII No.1
- Good, R. M. A. 1974. The geography of the flowering plants. 4a Ed., Ed. Logman. Great Britain.
- Granick, B. E. 1944. A karyosystematic study of the genus *Agave*. *American Journal of Botany* 31: 283-298.
- Ishii, T. 1929 Chromosome count, *Mammillaria sp.* *Bot. Mag.* Tokyo 43: 560.
- Johansen, D. A. 1933. Recent work on the cytology of the Cacti. *Cact. Succ. J.* (Los Angeles) 4(10): 356.
- John, B. 1976. Population cytogenetics. Ed. Edward Arnold LTD. London 74 pp.
- Johnson M. A. T. 1980. Further cytological investigations in *Mammillaria prolifera* and other *Mammillaria* species. *Cact. Succ. J. Gr. Brit.* 42(2):43-47.
- Jones, K. 1978. Aspects of chromosome evolution in higher plants. *In*: H. W. Woolhouse (ed.). Advances in Botanical research. Vol. 6. Academic Presss Inc., London. Pp. 120-194
- Katagiri, S. 1952. Studies on the chromosome number in some Cactaceae species. *Bol. Genet.* 1:233-236.

- Katagiri, S. 1953. Chromosome numbers and polyploidy in certain Cactaceae. *Cact. Succ. J.* (los Angeles) 25: 141- 142
- Leuenberger, B. E. 1986. *Pereskia* (Cactaceae). *Mem. New York Bot. Gard.* 41:1-141.
- Levan, A., K. Fredga y A.A. Sandberg. 1964 Nomenclatura for centromeric position on chromosomes. *Hereditas* 52: 201-220.
- Lewis, W. H. 1989. poliploidy. Biological relevance. Vol. 13. plenum press, New York. 583 p.
- Lewitsky, G. A. 1931. The karyotype in systematics (On the base karyology of the subfamily Helleboreae). *Bull. Appl. Bot., Gen. Pl.-Breed.* 27(1):220-240.
- Martínez-Palacios, A., Eguiarte, L.:E., y Furnier, R: G: 1999. Genetic diversity of the endangered endemic *Agave victoriae-reginae* (Agavaceae) in the Chihuahua desert. *American Journal of Botany* 86: 1093-1098.
- Matteucci, D. S. y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Ed. Secretaria General de la Organización de los Estados AMERICANOS. Washington, D.C. 169 pp.
- Noe, G. B. y Zedler, J.B. 2000. Differential effects of four abiotic factors on the germination of salt marsh annuals. *American Journal of Botany* 87(11):1679-169
- Oliveros-Galindo, O. 2000. Descripción estructural de las comunidades vegetales de las terrazas fluviales del Río el Salado, en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Boletín de la sociedad botánica de mexico* 59: 35-58.
- Paredes-Flores, M: 2001. Contribución al estudio etnobotánico de la flora útil de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM; Tlalnepantla, Edo. de Méx.
- Pinkava, D. J. y M.G. Mc. Leod. 1971. Chromosome numbers in some cacti of western North America. *Brittonia*, 23: 171-176.pp
- Pinkava, D.J. et. al. 1973. Chromosome numbers in some cacti of western North America. *Brittonia*, 25:2-9 pp
- Pinkava, D. J., McGill, L.A. y Reeves, T. 1977. chromosome numbers in some cacti of western North America –III. *Bull. Torrey Bot. Club* 104(2):105-110.

- Pinkava, D. J., Baker, M. A., Parfitt, B. D. Y Mohlenbrock, M. W. 1985. Chromosome numbers in some cacti western North America –V. *Syst. Bot.* 10(4):471-483.
- Pinkava, D.J., B.D. Parfitt, M.a., Baker y R.D. Worthington 1992 Chromosome numbers in some cacti of western north America VI, with nomenclatural changes. *Madroño* 39:98-113.
- Ramírez, L. A. 1936. Distribución de los Agaves de México. *Anales del instituto de Biología.* 7(1):17-43.
- Remski, M. F. 1954. Cytological investigations in *Mammillaria* and some associated genera. *Bot. Gaz.* (Crawfordsville) 116:163-171.
- Rivera, C.J. 1983. Estudio citogenético y fitogeográfico de *Agave Karwinski* Zucc en los Valles de Tehuacán , Puebla y Centrales de Oaxaca, Tesis de licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM: Tlalneplanta, Edo. de Mexico.
- Rodríguez, V. M. y Seijo, G. 2000. Estudio del ciclo celular en una especie leñosa: *Gleditsia amorphoides* (leguminosae). IBONE-CC209- Facultad de Ciencias Agrarias –UNNE. 4 pp
- Ross, R. 1981. Chromosome counts, cytology, and reproduction in the Cactaceae. *Amer. J. Bot.* 68(4): 463-470.
- Rzedowski, J. 1978 vegetación de México. Ed. Limusa México, D.F. 432 pp.
- Smith, C. 1965. Flora, Tehuacán Valley. *Fieldiana botany.* 31: 101-143
- Sosa, R. Y A. Acosta. 1966. Poliploidia en *Opuntia* sp. *Agrociencia* I(1):100-106.
- Stance, A. C. 2000. Cytology and cytogenetics as a fundamental taxonomic resource for the 20th and 21st centuries. *Taxon.* 49:451-477.
- Stebbins, G. L. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. Addison-Wesley Publishing Co., Lond. 216 p.
- Stockwell, P. 1935. Chromosome numbers of the Cactaceae. *Bot. Gaz.* (Crawfordsville) 96: 565-570.
- Sugiura, T. A. 1931. A list of chromosome numbers in angiospermous plants. *Bot. Mag.* Tokio 45: 353-355.
- Swanson, C. P., Merz, T. Y Young, W. J. 1981. Cytogenetics. The chromosome in división, inheritance and evolution . 2a ed. Prentice- Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 577 p.

- Tischler, G. 1928. Ubre die Verwendung der Chromosomenzahl für phylogenetische probleme bei den Angiospermen. *Biol. Zentralbl.* 48: 321-345.
- UBIPRO, 1998. Investigación en problemática del deterioro ambiental, restauración de sistemas degradados y manejo sustentable de recursos naturales en zonas áridas. Reporte: Proyecto UBIPRO. Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos UNAM.
- UBIPRO, 2000. Investigación en la problemática del deterioro ambiental, en zonas áridas. Reporte: Proyecto UBIPRO. Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos UNAM
- Valiente- Banuet, A., M. C. Arizmendi y A. Rojas-Martinez 1996. Nectar-feeding bats in columnar cacti forest of central México. *Bats* 14: 12-15.
- Valiente-Banuet, A. y Ecurra, E. 1991. Shade as cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse shrub *Mimosa luisana*. *Journal of Ecology* 2.11-14.
- Vellend, M., Lechowicz, M. J. y Waterway, M. J. 2000. Germination and establishment of forest sedges (Carex, Cyperaceae): tests for home-site advantage and effects of leaf litter. *American Journal of Botany* 87 (10): 1517-1525
- Villaseñor, J.L., Dávila y F. Chiang. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán- Cuicatlán. *Boletín de la sociedad Botánica de México* 50: 135-149.
- Weedin, F. J. y M.A. Powell. 1978. Chromosome numbers in Chihuahua desert cactaceae Trans-Pecos Texas. *American Journal of Botany*. 65(5):531-537.