Informe final* del Proyecto R007
Estudio poblacional de Turbinicarpus valdezianus en el Cañón de las Bayas, Municipio de Arteaga, Coahuila

Responsable:	Dr. Manuel Humberto Reyes Valdés
Institución:	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Departamento de Fitomejoramiento
Dirección:	Buenavista, Saltillo, Coah, 25315 , México
Correo electrónico:	mhreyes@uaaan.mx
Teléfono/Fax:	Tel: 91(84)17 7361

Fecha de inicio:	Diciembre 15, 1998
Fecha de término:	Febrero 19, 2001
Principales resultados:	Hoja de cálculo, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:**	Reyes Valdés, M. H. 2001. Estudio poblacional de Turbinicarpus valdezianus en el Cañón de las Bayas, Municipio de Arteaga, Coahuila. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. R007.** México D. F.

Resumen:

Turbinicarpus valdezianus es una especie de la familia de las cactáceas, cuya localidad tipo es Saltillo, Coahuila y se clasifica como amenazada en la NOM-059-ECOL-1994. El crecimiento urbano y la posible colecta indiscriminada han disminuido drásticamente el tamaño poblacional de dicha especie en los lugares donde se reportó originalmente. En exploraciones preliminares, hemos localizado a T. valdezianus en el Cañon de la Bayas, Municipio de Arteaga, Coah. y, por su inaccesibilidad, parece ser un lugar que puede funcionar como reservorio de variabilidad para dicha especie, y posiblemente como lugar para reubicación de poblaciones amenazadas localizadas cerca de la mancha urbana. En este trabajo pretendemos estudiar la distribución espacial y de edades así como la densidad de la especie en el Cañon de las Bayas. La distribución espacial será estudiada en cuadrantes, por medio de pruebas de bondad de ajuste con la distribución de Poisson y con el uso del índice varianza/media, para el cual se estimarán intervalos de confianza por medio de métodos estadísticos de remuestreo. La estructura de edades se analizará asumiendo proporcionalidad entre cronología y diámetro de las plantas, así como construcción de histogramas de frecuencia. La densidad se estimará por conteos en cuadrantes aleatorios. Adicionalmente, se determinará el número cromosómico y patrón de apareamiento meiótico de la especie, con la técnica del aplastamiento de anteras y tinción con acetocarmín.

- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
- ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

r

ESTUDIO POBLACIONAL DE *Turbinicarpus valdezianus* EN EL CAÑÓN DE LAS BAYAS, MUNICIPIO DE ARTEAGA, COAH.

Clave: R007

CONABIO

Informe Final

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Buenavista, Saltillo, Coah.

Enero de 2001

Responsable: Dr. M. Humberto Reyes Valdés

Colaboradores:

Biól. Hermila Trinidad García Osuna

Biól. Rubén Rojas Meléndez

Lic. Martha Gómez Martínez

M. C. José Guadalupe Martínez Ájalos

Dr. Jesús Valdés Reyna

I. INTRODUCCIÓN

Turbinicarpus valdezianus es una especie de cactácea clasificada como amenazada en la norma oficial vigente NOM-059-ECOL-1994. Su localidad tipo es Coahuila, cerca de la Ciudad de Saltillo, donde las poblaciones se componen de ejemplares con flor color violetarojizo.

El área de estudio de dicha especie, en lo que concierne a este proyecto, está situada dentro de la región marcada por la CONABIO como número 61, que corresponde a la Sierra de Arteaga. Específicamente, comprende el Cañón de las Bayas y las dos prolongaciones montañosas que lo circunscriben, y que en su conjunto forman parte de la Sierra San Lucas.

El objetivo general de este trabajo es conocer el estado y la dinámica poblacional de *Turbinicarpus valdezianus* (Móller) Gi. & F., en el Cañón de las Bayas, y el posible valor de esta zona como reservorio de la especie. Los objetivos particulares a cubrir durante el primer período de seis meses fueron: (i) explorar el área de estudio, con el fin de construir un mapa de la distribución de *T. valdezianus,* (ii) estudiar los cromosomas meióticos de la especie, y (iii) determinar el patrón de distribución espacial dentro de colonias.

II. EXPLORACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se realizaron recorridos por el fondo del Cañón de las Bayas, por la cima de las prolongaciones montañosas que lo circunscriben y las vertientes exteriores e interiores. Dada la inaccesibilidad del terreno, en todos los casos los recorridos se hicieron a pié, y en varios lugares se recurrió a la escalada libre.

Los tipos de vegetación encontrados se anotan a continuación:

Ladera sur de la Sierra San Lucas.
Es orden ascendente de altitud se encontraron: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, selva baja caducifolia espinosa y bosque de pino.

Ladera interna del Cañón de las Bayas, con exposición norte.
En orden ascendente de altitud: matorral desértico rosetófilo, comunidad mixta de matorral desértico rosetófilo y selva baja caducifolia espinosa y matorral desértico micrófilo.

Ladera interna del Cañón de las Bayas, con exposición sur.
En orden ascendente de altitud: comunidad mixta de matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo, comunidad mixta

de matorral desértico rosetófilo y selva baja caducifolia espinosa, matorral desértico rosetófilo.

Ladera norte de la Sierra de San Lucas, con exposición oriente.
En orden ascendente de altitud: comunidad mixta de matorral desértico rosetófilo y matorral desértico micrófilo, matorral desértico micrófilo y bosque de pino.

Ladera norte de la Sierra de San Lucas, con exposición poniente.
Comunidad mixta de matorral desértico rosetófilo y pastizal.

En cuanto a la distribución de T *valdezianus*, esta especie se encontró principalmente en la cresta de la ladera norte del Cañón de las Bayas, desde una altitud de 1600 m hasta los 1830 m. Las plantas que se localizan a menor altitud en esta área, coinciden con instalaciones de manejo de agua potable. En forma mucho menos abundante, se encontró la especie en la ladera norte de la Sierra San Lucas, desde la falda hasta altitudes no mayores a los 1800 m.

La distribución general de la especie se muestra representada en el mapa "DISTRIBUCIÓN DE *Turbinicarpus valdezianus* EN LA SIERRA DE LAS BAYAS, MUNICIPIO DE ARTEAGA, COAH." (Figura 11-1).

En la Figura II-2A se muestra una foto de *T. valdezianus* en el área de estudio, en estado de botón floral. En la Figura II-2B se muestra un ejemplar en plena floración, la cual ocurrió en el mes de febrero. En la Figura l1-2C se ilustra el hábitat típico con el cual se encontró asociada la especie T valdezianus.

111. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DENTRO DE COLONIAS

Se estudiaron un total de cinco colonias, cuya localización y hábitat se describen con los datos de la Tabla III-1. En cada una de ellas se estudió una área de 2 m X 2 m, en la cual se precisó la localización de cada planta a través de coordenadas cartesianas. Para la realización *del análisis* de distribución espacial se elaboró un

programa de cómputo con el lenguaje Mathematica®.

El análisis consistió en dividir cada área de estudio en 16 cuadrantes de 0.5 m X 0.5 m. En cada uno de los cuadrantes se contó el número de ejemplares de *T. valdezianus y se* construyó una tabla de frecuencias observadas de cuadrantes para cada número de plantas. Por medio de la distribución de Poisson con parámetro ?? = media de
plantas por cuadrante, se calcularon las frecuencias absolutas esperadas para cada clase. Esto se hizo con la finalidad de comparar,

por inspección, las frecuencias observadas con aquellas esperadas bajo la suposición de distribución al azar de las plantas.

La prueba de bondad de ajuste por medio de x^2 no tiene un comportamiento adecuado cuando se tienen clases con menos de cinco observaciones (Manly, 1991). Una solución que se ha usado en otros trabajos es el agrupamiento de clases, sin embargo esto conduce a pérdida de información relevante, especialmente con el tipo de datos que obtuvimos. Por ello se usó el índice varianza/media, aplicado a los números observados de plantas por cuadrante, y se calcularon sus límites de confianza al 95% por medio de un método "bootstrap", con 10,000 muestras en cada caso. Los datos y resultados de los análisis para cada colonia se concentran en las Tablas 111-2, 111-3, 111-4,111-5 y 111-6.

Para la Colonia 1, el índice varianzalmedia resultó ser igual a 6.55, que por sí mismo es un indicativo de distribución en conglomerados por ser mayor que 1. A esta hipótesis le da solidez el hecho de que el intervalo de confianza para dicho índice, se ubica en cantidades mayores que 1. Una inspección de la Figura 111-1, que representa la distribución de las plantas de la Colonia 1, muestra que la población parece ubicarse en dos o tres conglomerados principales.

Para la Colonia 2, el índice varianza/media fue igual a 10.29, que soporta la hipótesis de distribución en conglomerados. Sin embargo, el límite inferior del intervalo de confianza es de 0.778, por lo cual no se tienen argumentos estadísticos para rechazar la hipótesis de que la distribución sea aleatoria. En la Figura 111-2 se aprecia que la colonia es en sí misma un conglomerado, lo cual pudo afectar la significancia de la prueba estadística.

En el caso de la Colonia 3, el índice varianzalmedia se situó en 3.05, y el intervalo de confianza se compone de valores mayores que 1. Estos resultados apoyan significativamente a la hipótesis de que la distribución es en conglomerados. En la Figura 111-3 se aprecia la presencia de al menos tres conglomerados.

Para la Colonia 4, el índice varianzalmedia fue de 3.11, con un intervalo de confianza arriba de 1. Esto apoya la hipótesis de que las plantas se distribuyen en conglomerados, lo cual puede apreciarse en la Figura 111-4.

En el caso de la Colonia 5, el índice varianza/media se situó en 4.6, con un intervalo de confianza compuesto de valores mayores que uno. Al igual que en la mayoría de las colonias, esto soporta la hipótesis de la distribución en conglomerados. Sin embargo, esto es

difícil de apreciar en la Figura 111-5, en el cual la colonia misma parece ser un solo conglomerado.

Ya que en todos los casos el índice varianzalmedia fue mayor que 1, y que en cuatro de cinco colonias el intervalo de confianza se situó arriba de 1, se tienen suficientes argumentos para afirmar que la distribución espacial de *T, valdezianus* tiende a dividirse en conglomerados dentro de colonias, al menos en el área de nuestro estudio. Hay dos razones posibles para este fenómeno. Una de ellas es la forma de reproducción, en el que las plantas adultas se propaguen a través de las semillas que caen a su lado, lo cual implicaría que no hay una forma eficiente de transporte de propágulos. La otra razón posible es la presencia de microambientes dentro de las colonias, altamente favorables para el establecimiento de las plantas.

IV. ANÁLISIS DE DENSIDAD

Se muestreó *el área* de distribución de *T. valdezianus* en forma estratificada. La Sección 1 consistió en la cresta de la prolongación montañosa que circunscribe al Cañón de las Bayas *hacia el norte. La* Sección 2 consistió en la vertiente norte de dicha prolongación. Ambos sectores cubren el área de distribución reportada en el mapa "DISTRIBUCIÓN DE *Turbinicarpus valdezianus* EN LA SIERRA DE LAS BAYAS, MUNICIPIO DE ARTEAGA, COAH." (Figura II-1).

La estrategia de muestreo fue el tendido de transectos aleatorios, cada uno con 15 cuadrantes de un metro cuadrado, separados a su vez por una distancia de un metro. La Sección 1, de un área aproximada de 64,000 m^2, se muestreó con 30 transectos con lo cual se cubrieron 450 cuadrantes. La Sección 2, con un área aproximada de 700,347 m^2, se muestreó con 38 transectos con lo cual se cubrieron 570 cuadrantes. Ambos sectores presentan una marcada diferencia en densidad: la Sección 1 tiene una abundancia considerable de la especie, mientras que la Sección 2 presenta una distribución escasa. Adicionalmente, la Sección 2 presenta una pendiente más pronunciada, lo cual parece ser un factor limitante en el establecimiento de las plantas de la especie en estudio. Las variables básicas asociadas a estas secciones y sus transectos se describen en la Tabla IV-1.

Se estimó una densidad global en el área de distribución marcada en el mapa ya referido, de 0.118 plantas/$m^{2,}$ con un tamaño poblacional total estimado de 90,189 plantas (Tabla IV-2). Para la Sección 1, la densidad estimada fue de 1.044 plantas/m^2 y una población de 66,844

plantas. Para la Sección 2, se estimó una densidad de 0.033 plantas/m^2, con una población de 23,345 plantas.

De acuerdo con los límites de confianza, obtenidos por el método "bootstrap" con 2,000 remuestreos, se estima que al menos existen 72,447 especímenes de *T. valdezianus* en el área de estudio. Por lo que respecta a la Sección 1, el límite inferior es 52,764. Ya que esta última área es la menos accesible, resulta un reservorio importante para la especie. Sin embargo, la presencia cercana de varias pedreras constituye un peligro para la supervivencia de esta población.

Los taxa vegetales que se encontraron más asociadas espacialmente *con T. valdezianus* fueron: *Bouteloua* spp., *Agave lechuguilla, Hecthia spp., Acacia berlandieri, Senecio sp., Larrea tridentala,*

Prosopis sp., Ephedra sp. y Dalea divaricata. Por lo que respecta al suelo donde se encontró la especie, fue del tipo litosol y regosol, de naturaleza calcárea. Cabe señalar que los especímenes se encontraron en las crestas o mesetas de las lomas, pero no en los arroyos. Además, se observó además una tendencia al establecimiento de las plántulas en las fisuras *de las rocas.*

Con los datos de cuadrantes de la Sección 1, se llevó al cabo un análisis de distribución espacial. Se estimó un índice varianzalmedia de número de plantas en los cuadrantes igual a 3.826, con un intervalo de confianza de (2.398, 5.243). Este resultado corrobora lo reportado en el Capítulo 111, acerca de la distribución espacial en conglomerados para la especie en estudio. Aunque en este caso se trata de una forma de aglomeración de una jerarquía mayor, que el observado dentro de colonias. De este último estudio se desprende que lo que llamamos "colonias" son grupos que tienen una existencia "real" en el aspecto de que comparten un espacio común y están más o menos aisladas de otros conglomerados.

V. DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS

En las Tablas V-I, V-2, V-3, V-4, V-5 y V-6, se presentan datos de diámetros registrados en una muestra de 4 m^2 de cada una de las cinco colonias del área de estudio (referidas en el Capítulo III), además de una colonia testigo localizada en el municipio de Ramos Arizpe, Coah. Para ello se tomaron dos diámetros opuestos de cada planta y se calculó el promedio para cada una de ellas.

La Colonia testigo tuvo un promedio mayor de diámetro que las cinco colonias del área de estudio. Este es un resultado que ya esperábamos, porque nuestros estudios preliminares indicaban que la población del área de estudio era más joven. Cabe mencionar que las

poblaciones del Cañón de las Bayas pueden ser mucho más jóvenes que la Colonia testigo, ya que ésta se encuentra en la zona donde se reportó originalmente T *valdezianus*, y su mayor edad sería una de las razones del mayor tamaño de sus especimenes. Sin embargo, como se verá más adelante, los disturbios causados por la colecta y las pedreras pueden estar jugando un papel preponderante en la distribución de tamaños.

En la Figura V-1 se presentan histogramas de frecuencia relativa de los diámetros de las plantas en cada una de las colonias. Dichos histogramas de frecuencias, bajo el supuesto de una relación lineal entre edad y tamaño, representan también las distribuciones de edades en cada uno de los sectores estudiados.

Para el caso de la Colonia 1, se observa una alta frecuencia de plantas juveniles, y destaca como la clásica pirámide de edades de una población en crecimiento. La barra atípica que se localiza al extremo derecho del histograma, representa una cristata localizada en esta colonia. Desde el punto de vista de dinámica poblacional, se puede predecir un incremento del tamaño poblacional de este grupo de plantas en los próximos años, a menos que ocurra algún tipo de disturbio. Lo mismo puede decirse de la Colonia 2, en la que sobresale el hecho de que más del 50% de las plantas son juveniles.

En las Colonias 3 y 4 se observó una distribución de diámetros en la que prevalecen los adultos de tamaño intermedio. La falta de individuos juveniles puede deberse a factores de disturbio a los cuales están sujeta las dos colonias. En el caso de la número 3, se observó una exposición considerable a los polvos emanados *de una* de las pedreras. Por otro lado, *la* número 4, está localizada junto a un camino primitivo.

En la Colonia 5 se observó una distribución aproximadamente uniforme de diámetros hasta los 16.5 mm. Esta es una colonia muy aislada, que se encuentra en la Sección 2 de nuestra área de estudio. La frecuencia de individuos juveniles es moderada y resulta posible que la colonia se encuentre en equilibrio en cuanto a su distribución de edades.

La Colonia testigo presentó una distribución bastante irregular de tamaños. La presencia de plantas juveniles de menos de 4.5 mm es casi nula. Esto parece deberse al alto impacto que sobre esa zona tiene el polvo de las pedreras, *acrecentado por el* paso continuo de camiones de carga a escasos centímetros de esta colonia, que cubre a *las plantas y puede* estar afectando los procesos fotosintéticos así como la germinación. Curiosamente se observa una alta frecuencia de individuos entre 4.5 y 8.5 mm y una baja súbita de la frecuencia

de individuos más grandes. Este fenómeno, según nos parece, es causado por la colecta ilegal de especímenes de una forma selectiva hacia las plantas grandes y sanas.

VI. FONOLOGÍA **DE LA POBLACIÓN**

En cada una de las colonias estudiadas se determinaron las siguientes variables: inicio de floración, término de floración, promedio de floración, fecha inicial de maduración de fruto, fecha final de maduración de fruto y promedio de fructificación. Para cada una de las cinco colonias en el área de estudio, las Tablas respectivas son: VI-1, VI-2, VI-3, VI-4 y VI-5. Se incluye además la Tabla VI-6 para la localidad testigo de Ramos Arizpe, Coah.

Las Colonias 1 y 3 tuvieron el más temprano inicio de floración (18 de enero de 2000) y la más tardía fue la Colonia Testigo con inicio de floración el 16 de febrero de 2000. Esta última colonia parece haber tenido, al menos potencialmente, la terminación de floración más tardía. Sin embargo un posible saqueo (identificado por claras huellas de extracción) impidió una determinación precisa de este dato (la última floración observada fue el día 22 de febrero). En cuanto a las colonias del área de estudio, la más tardía fue la Colonia 2 con una fecha final del 29 de febrero.

En cuanto al número de flores por planta, la mayoría de las que llegaron a floración sólo mostraron un botón. La floración promedio en todas las colonias fue baja, pero *como veremos* más adelante, esto parece tener como explicación una estructura de edades con una alta tasa de plantas en periodo pre-reproductivo.

El tiempo promedio de maduración de frutos en las plantas fue de seis semanas. Sin embargo, el promedio de fructificación fue muy bajo con respecto al promedio de floración. Esto se debió a una alta tasa de flores y frutos abortivos, lo que a su vez pudo ser causado por la prolongada sequía. Nuestra apreciación visual en el año anterior *fue la de una* mayor cantidad de frutos maduros.

En la Tabla VI-7 se presentan los diámetros de las plantas que se consideraron adultos, bajo el criterio de presencia de al menos un botón floral. La planta más pequeña con botón floral tuvo un diámetro de 9 mm y la más grande midió 24 mm. De aquí puede inferirse una clasificación básica entre pre-reproductivos y reproductivos, con una frontera de 9 mm entre ambas clases.

Para tener una clasificación mas fina de las clases de tamaño o edad, con respecto al estado de madurez, con dichos datos y las distribuciones generales de diámetros, se calculó un índice de

potencial reproductivo para cada clase de tamaño. Para ello se determinaron frecuencias relativas condicionales como el cociente entre las frecuencias absolutas de adultos sobre los números totales de plantas en cada intervalo de tamaño.

En la Figura VI-] se muestra un histograma de potenciales reproductivos para un rango representativo de tamaños. La primera clase con potencial reproductivo fue la de un diámetro medio de 10.5 mm, con un porcentaje aproximado de adultos de 20%. El potencial se incrementa en la clase de 14.5 mm con un 60% y alcanza su pico en la clase de 18.5 mm con un 100%. En la siguiente clase (22.5 mm) se observa un ligero descenso hacia aproximadamente 98%. Estos datos indican que la maduración o fertilidad se incrementan paulatinamente con la edad de las plantas. Por otro lado, no se observa una indicación clara de senescencia, lo cual puede tener como causa el estado relativamente joven de las colonias.

Si nos remitimos a la Figura V-1, podemos observar que en las Colonias 1 y 2 predominan las plantas que podríamos clasificar como pre-reproductivos de acuerdo con lo señalado arriba, ya que las clases de 14.5 mm y mayores están representadas por muy pocos individuos. Esto explica el bajo promedio de floración observado e indica un alto potencial de crecimiento poblacional. En las Colonias 3, 4 y 5, aunque hay menos predominio de pre-reproductivos, las clases de mayor potencial reproductivo (18.5 mm y mayores) están representadas por pocas plantas.

Se puede decir que, globalmente, la población de estudio presenta una dinámica con tendencia al crecimiento.

VII. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

En cada una de las cinco colonias, cuyas localizaciones fueron previamente reportadas, se eligieron 10 individuos al azar. Cada uno fue marcado con una estaca metálica numerada que se clavó en el suelo junto a la planta, pero evitando causarle disturbio alguno. Se registraron los diámetros de estos individuos en seis fechas diferentes espaciadas por cuatro meses, con un total de 20 meses entre la primera y la última medición. Por otro lado, se establecieron 20 plántulas a partir de semilla, usando como substrato suelo de la localidad y arena, bajo condiciones de humedad continua, y se hicieron cinco mediciones de diámetro en un periodo de 15 meses.

Las mediciones de campo se reportan en las Tablas VII-1, VII-2, VII3, VII-4, VII-5 y VII-6. Los datos de crecimientos bajo condiciones controladas se encuentran en la Tabla VII-7.

Como modelo de análisis se usó un sistema logístico, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\frac{dN}{dt} = rN\frac{K-N}{N}$$

En esta ecuación *N* es el diámetro de la planta, *K* es el diámetro máximo en condiciones naturales y r es la tasa de crecimiento en la fase exponencial. La expresión *dN/dT* es el incremento en tamaño en un intervalo de tiempo *dT*. Este modelo ha sido ampliamente usado en estudios de crecimiento individual y poblacional (Franco-López el *al.*, 1989; Maillette, 1992)

El parámetro K se estimó a partir de los histogramas de diámetros que se establecieron para las diferentes colonias, de acuerdo con el máximo normal sin contar las plantas con diámetros excepcionales, las cuales fueron consideradas estadísticamente como "fuera de tipo". De esta manera se estimó un valor de 25 mm para este parámetro. El parámetro r se estimó a través de regresión no linear con el uso del sistema Mathemática de Wolfram Research, y se obtuvo un valor de 0.11, considerando intervalos de tiempo de 4 meses.

La integral de la ecuación logística da como resultado: K

donde

$$a = \ln\left(\frac{K - N_0}{N_o}\right)$$

De esta manera y ajustando para t medido en años, la ecuación que describe el crecimiento de *T. valdezianus* en la localidad de estudio, de acuerdo con nuestras estimaciones, es:

$$N_t = \frac{2.5e^{\circ}\ 33'}{16+e\ o.33'}$$

Es importante aclarar que se observó mucha dispersión en las velocidades de crecimiento de las plantas, y que la precipitación anual debe jugar un valor importante; así que esta ecuación sólo deberá considerarse como una mera aproximación, y que la curva real de crecimiento de una planta dada dependerá del substrato particular, exposición solar, constitución genética, etc. En la Figura

VII-1 se presenta la gráfica correspondiente a esta fórmula y que describe el patrón de crecimiento bajo el modelo logístico.

Con los mismos estimados de los parámetros, se obtiene un estimador de la edad de las plantas en la localidad en función de su diámetro (mm):

$$t = 8.4 - 3.03 \text{Log}_{N5} - 1 ,$$

para $N < 25$

Nuevamente, esta fórmula debe considerarse solamente como una aproximación.

En los análisis anteriores se asumió que las plántulas de 2 mm, el límite menor observable en el campo sin instrumentos especializados, tenían un año de edad. Sin embargo, en condiciones controladas, como puede verse en los datos de la Tabla VII-7, el crecimiento es muy activo y en solamente dos meses se alcanzaron diámetros mayores a los 2 mm. La curva de crecimiento durante los 16 meses en estas condiciones se observa en la Figura VII-2. Se observa una disminución de la tasa de crecimiento en el último periodo, y consideramos que se debe al incremento de la demanda de nutrientes por las plantas combinado con la disminución de la disponibilidad de los mismos en el sistema cerrado donde se tuvieron, antes de cambiarlos de ambiente.

La duración del presente proyecto no permitió tener mediciones por un periodo más largo, que darían lugar a resultados más precisos sobre el comportamiento de crecimiento. Sin embargo, las plantas aun están marcadas y esperamos contar en un futuro con recursos para continuar realizando estas mediciones.

VIII. ANÁLISIS MEIÓTICO

Se obtuvieron botones florales, los cuales fueron fijados inmediatamente después de la colecta en una solución 3:1 (etanol: ácido acético glacial). Las anteras fueron extraídas y maceradas en portaobjetos con colorante acetocarmín. Posteriormente, el material fue calentado por un minuto y aplastado bajo cubreobjetos. Las células meióticas fueron analizadas con 100 magnificaciones en un microscopio Carl Zeiss@. De material proveniente de tres plantas diferentes, se analizaron 22 células en metafase 1 o diacinesis en cuanto al número de bivalentes y tipos de configuración. Las configuraciones fueron clasificadas en tres tipos: anillos, cadenas y

pares univalentes, basándose en la presencia de quiasma en ambos brazos, en un brazo o ausencia de quiasmas, respectivamente.

Con los datos de frecuencias de configuraciones meióticas, se sometió a prueba la hipótesis de que todos los pares homólogos tienen la misma probabilidad de formar cadenas, lo cual sería posible en el caso de que todos los cromosomas tuviesen aproximadamente el mismo tamaño y similar posición centromérica. Para ello se compararon los datos de frecuencias de células asociadas a los diferentes números de cadenas, con lo esperado de acuerdo con una distribución de Poisson con parámetro 1 igual número promedio de cadenas por célula.

La distribución observada de cadenas y la esperada de acuerdo con la distribución de Poisson fueron comparadas entre sí por medio del uso del indice varianza/media aplicado a los números observados de cadenas, el cual de acuerdo con Manly (1991) es un mejor estadístico

que el uso de la prueba de bondad de ajuste por medio de $_x2$,
especialmente para los casos en que existen clases con menos de cinco observaciones. El problema del indice varianza/media es la ausencia de fórmulas para calcular su intervalo de confianza. Sin embargo, es posible usar el método de remuestreo denominado "bootstrap" para obtener dicho intervalo (Press *et. al.,* 1992). En este trabajo se realizaron 10,000 remuestreos para obtener el intervalo de confianza al *95%* del índice varianza/media.

En las Figuras VIII-1A y VIII-113 se muestran microfotografias de células en diacinesis. Como puede ser observado, hay 11 bivalentes, lo cual se encontró en todas las células analizadas. Por otro lado, en
todos los casos se observó un *apareamiento cromosómico normal.* Esto indica que T *valdezianus* tiene un número cromosómico 2n = 2x = 22 y que es un diploide normal. Su patrón de apareamiento meiótico permite una segregación cromosómica regular y un comportamiento reproductivo sexual.

De acuerdo con nuestras observaciones, la reproducción sexual parece ser el patrón normal en esta especie, porque su propagación es llevada al cabo a través de semillas y sólo en unos pocos casos hemos observado una posible reproducción vegetativa en su ambiente natural. Por otro lado, su comportamiento cromosómico en meiosis hace altamente improbable un origen apomictico en la formación de semillas.

En la Figura VIII-113 se muestra una de las células que se usaron en el análisis de configuraciones meióticas, donde se señala una cadena bivalente por medio de una flecha, mientras que los diez bivalentes

restantes parecen ser anillos. En las 22 células analizadas, se observó un 80.2% de anillos, 19.8% de cadenas y 0% de pares univalentes. Los datos correspondientes a este estudio se concentran en la Tabla VIII-I.

El promedio de cadenas por célula fue de 2.18. Por otro lado, la ausencia de univalentes es un buen indicador de que la segregación cromosómica es balanceada en esta especie. Sin embargo, es pertinente aclarar que la forma *albiflorus* de *T. valdezianus* aún no ha sido analizada citológicamente.

En la Figura VIII-2A se presenta el histograma de frecuencias absolutas observadas de células para cada número de cadenas y en la Figura V111-2B se presenta el histograma correspondiente a las frecuencias esperadas de acuerdo con una distribución de Poisson con parámetro X = 2.18. Puede notarse una ausencia de células con cero cadenas y un exceso de células con una cadena en los datos experimentales, al ser comparados con lo esperado de acuerdo con la hipótesis de homogeneidad de probabilidades de formación de cadenas en los diferentes pares homólogos.

El intervalo de confianza al 95% generado por medio de remuestreo para el índice varianza/media resultó ser igual a (0.39, 0.95). Dado que todo el intervalo se encuentra dentro de (varianza/media) < 1, es indicativo de una distribución experimental que no se ajusta a la Poisson porque el número de cadenas por células es más uniforme de lo esperado. Estos resultados parecen sugerir que existe uno o más pares de cromosomas no metacéntricos, que regularmente forman cadenas en el apareamiento homólogo.

IX. CONCLUSIONOS GENERALES

1. En el área de estudio, *Turbinicarpus valdezianus* se distribuye solamente en la ladera norte del Cañón de las Bayas, y la población está concentrada especialmente en la cresta de dicha ladera, desde una altitud de 1600 m hasta 1830 m.

2. Los taxa vegetales que se encontraron más asociados espacialmente con *T. valdezianus* fueron *Bouteloua spp., Agave lechuguilla, Hechtia* spp., Acacia berlandieri, *Senecio sp., Larrea tridentata, Prosopis sp., Ephedra sp. y Dalea divaricata.* Por lo que respecta al suelo donde se encontró la especie, fue del tipo regosol y litosol, de naturaleza calcárea.

3. Se estima que la población total en el área de estudio es de 90, 189 plantas, con una densidad de 1.044 plantas/m^2 en la cresta de la ladera norte, y de 0.033 plantas/m^2 en la exposición norte de dicha ladera. Consideramos que la cantidad estimada de individuos en la zona, la convierte en *un reservorio* natural de la especie.

4. Esta especie se distribuye en colonias y en conglomerados dentro de colonias. Aunque el patrón de dispersión de la semilla debe jugar un papel importante en este tipo de distribución espacial, los microambientes parecen ser un factor decisivo en la aglomeración. Ya que en la mayoría de los casos las colonias se encontraron en sustrato rocoso, las fisuras en la piedra son determinantes en el patrón de distribución.

5. La distribución de tamaños de las plantas en el área de estudio, comparada con la localidad testigo, indica *que se* trata de una población relativamente joven y con tendencia al crecimiento.

6. La floración tiene lugar aproximadamente entre el 10 de enero y el último de febrero. El potencial de floración se inicia aproximadamente en plantas de 10 mm de diámetro, con un máximo en los 18 mm. La aparición de botones florales no fue abundante en forma global, debido a la estructura juvenil de la población.

7. La trayectoria de crecimiento de los individuos es mas bien errática, dependiente de las lluvias, el microambiente y probablemente su constitución genética. No obstante, se pudieron construir funciones de crecimiento, las cuales indican un aumento promedio de 1.25 mm por año en diámetro. Por otro lado, en condiciones controladas su crecimiento es mucho mas activo, lo cual sugiere la importancia de cultivar esta especie como una estrategia de conservacion.

8. Dadas las condiciones *favorables de* la zona de estudio para el establecimiento de T. *valdezianus,* consideramos que poblaciones amenazadas por crecimiento urbano, podrían ser transferidas a dicha localidad, como una forma de preservación de la especie.

9. Los resultados del análisis meiótico indican que T *valdezianus es* diploide, con un número cromosómico 2n =

2x = 22, el cual es consistente con el número básico x = 11 definido para las cactáceas estudiadas hasta el presente. Por otro lado, el carácter 2x = 22, coincide con la mayoría de los componentes estudiados de la subfamilia cactoideae. La naturaleza diploide de las plantas analizadas y su apareamiento cromosómico bivalente son buenos indicadores de que la formación de su semilla tiene origen sexual. El estudio de configuraciones meióticas indica que al menos para la población estudiada, el cariotipo podría incluir uno o más pares de cromosomas no metacéntricos.

X. LITERATURA CITADA

Franco-López J. *el al.* 1989. Manual de ecología. 2a ed. Editorial Trillas. México. 266 p.

Maillette, L. 1992. Seasonal model of modular growth in plants, Journal of Ecology 80:123-130

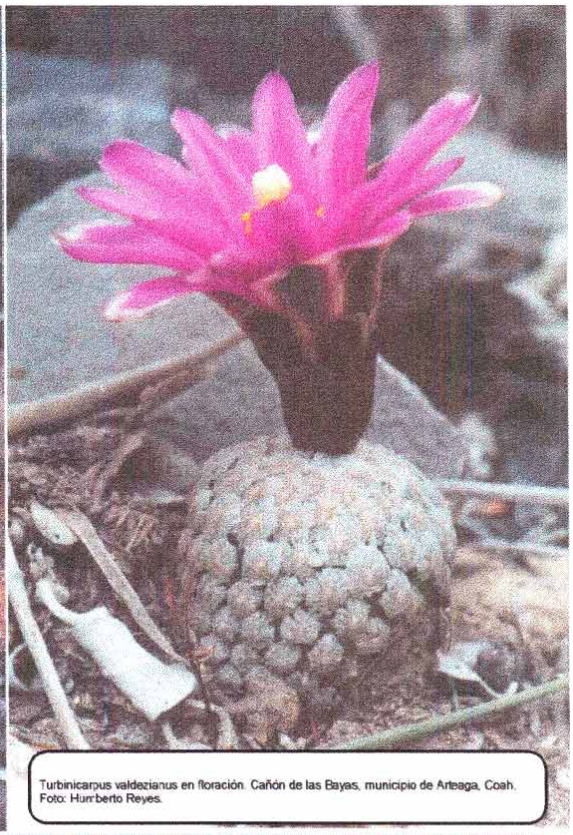
Manly, B. F. J. 1991. Randomization and Monte Carlo methods in biology. Chapman and Hall Nueva York. 281 pp.

Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling y B. P. Flannery. 1992. Numerical recipes in fortran. 2a. ed. Cambridge University Press. 963 pp.

Figura II-2. A. Planta de *Turbinicarpus valdezianus* en estado de botón floral. B. Planta de T. valdezianus en plena floración. C. Hábitat típico de *T valdezianus* **en el Cañón de las Bayas.**

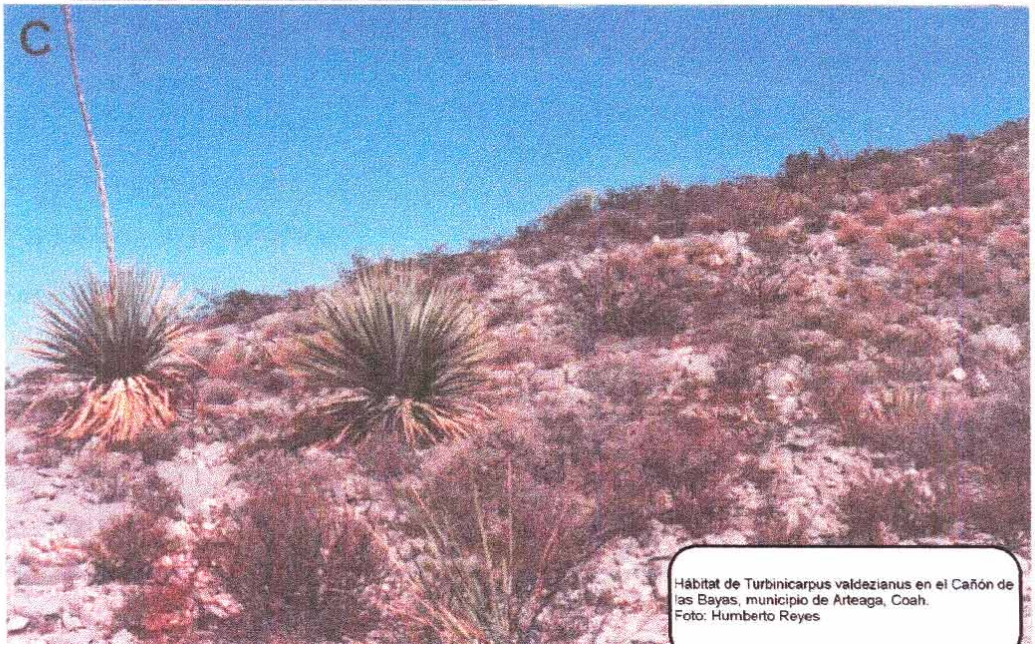
A

Turbinicarpus valdezianus en estado de botón floral. Cañón de las Bayas, municipio de Arteaga, Coah. Foto: Humberto Reyes.



Turbinicarpus valdezianus en floración. Cañón de las Bayas, municipio de Arteaga, Coah. Foto: Humberto Reyes.

C



Hábitat de Turbinicarpus valdezianus en el Cañón de las Bayas, municipio de Arteaga, Coah.
Foto: Humberto Reyes

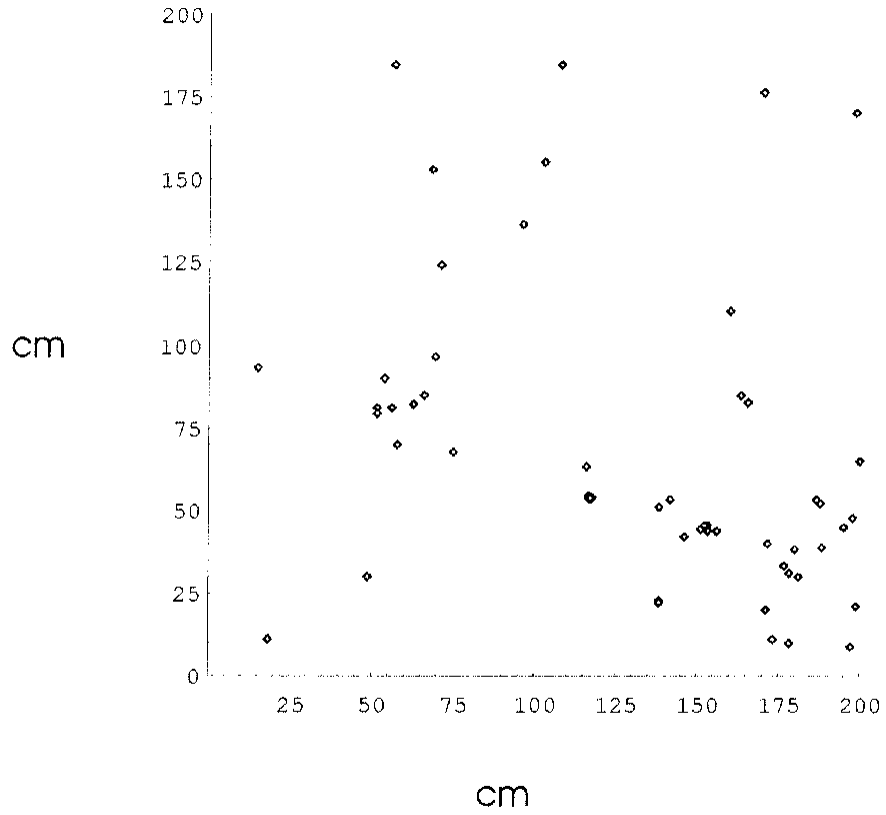


Figura lII-1, Distribución espacial de *Turbinicarpus* valdezianus en la Colonia 1,

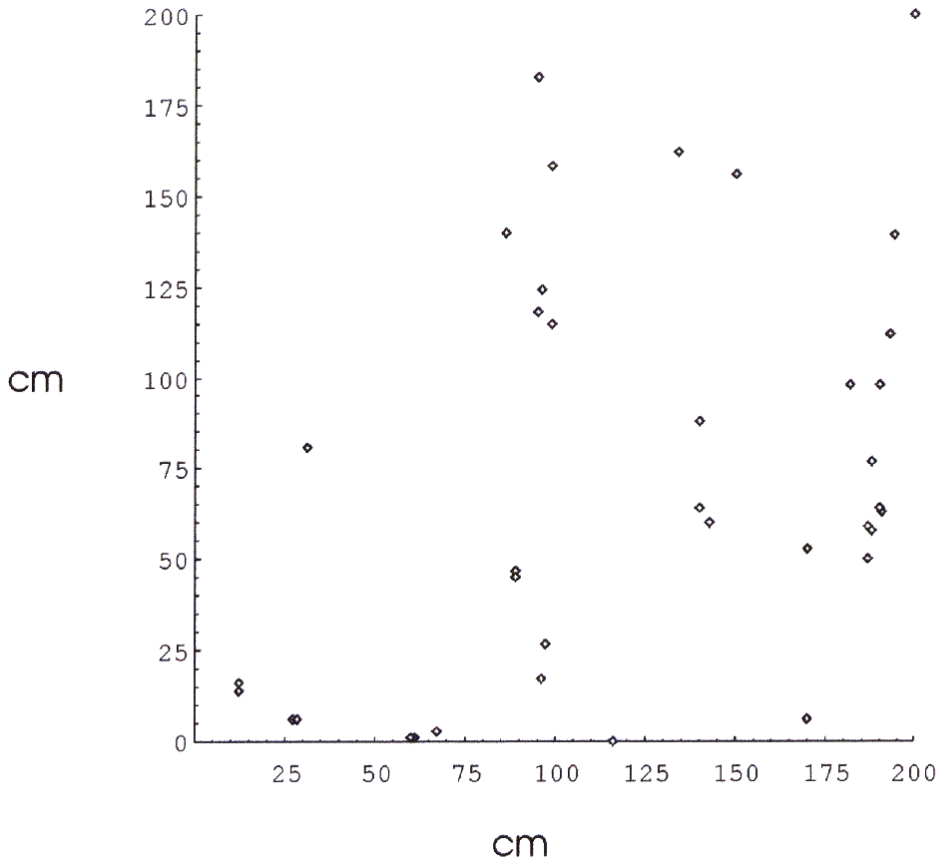


Figura 111-3. Distribución espacial de *Turbinicarpus valdezianus* en la Colonia 3.

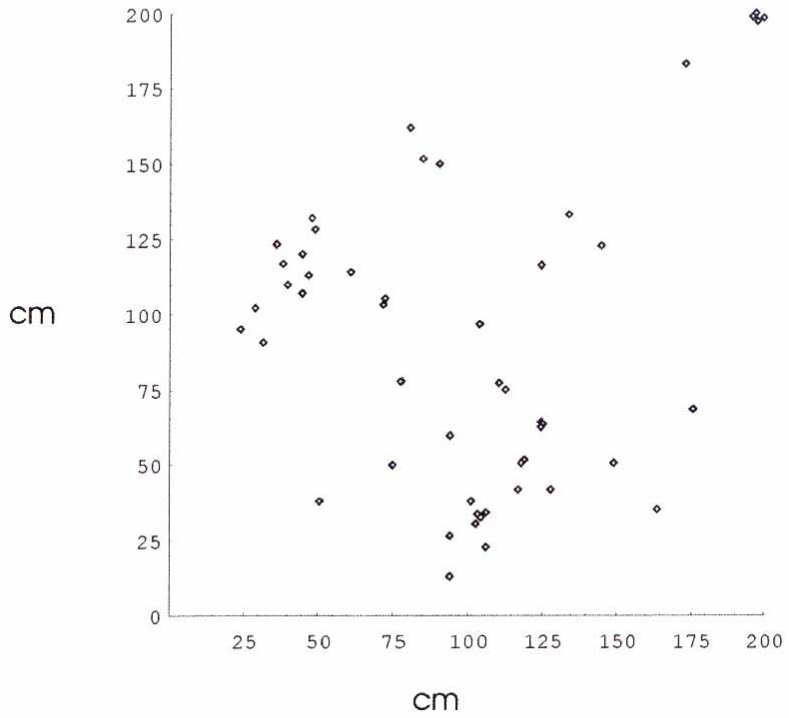
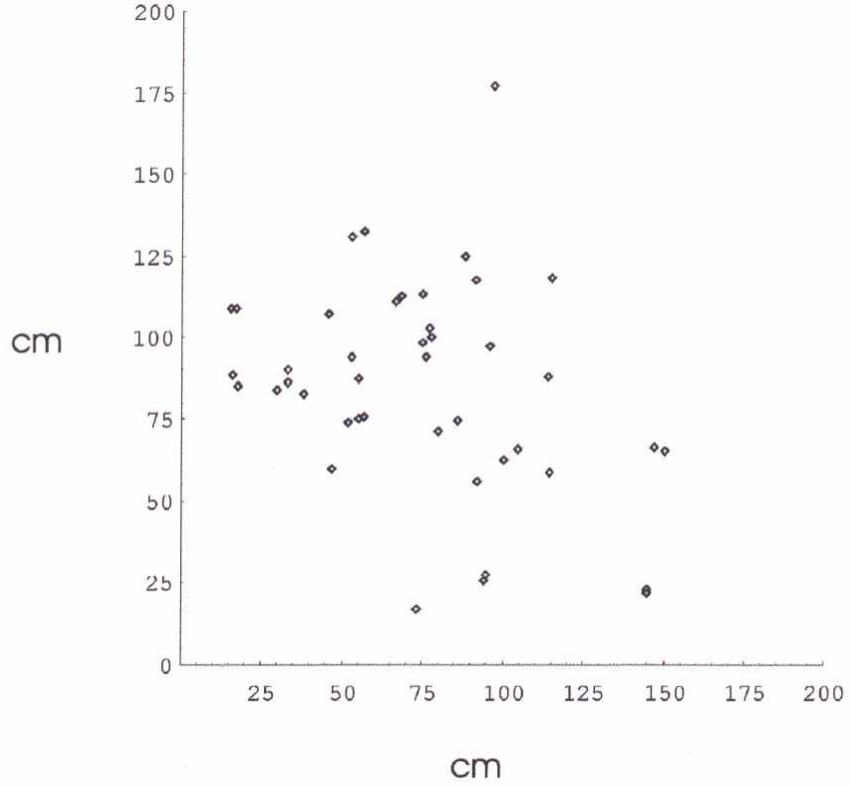


Figura 111-5. Distribución espacial de Turblnicarpus valdezianus en la Colonia 5.


200
175
150
125
100
75
50
25
0
cm
25
50
75
100
125
150
175
200
cm

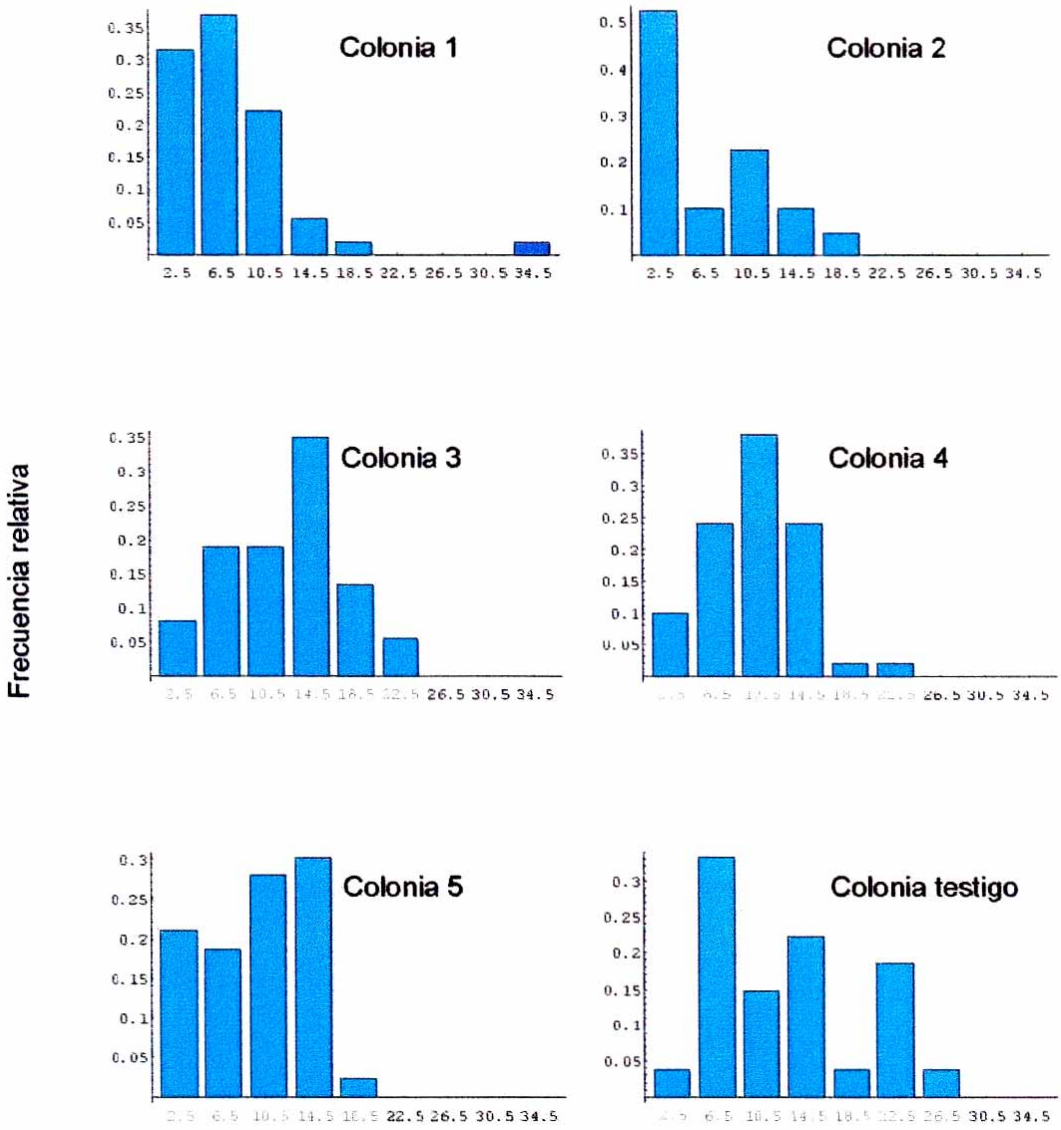


Figura V-1. Histogramas de frecuencia relativa de diámetros en cinco colonias del área de estudio y una colonia testigo, localizada en Ramos Arizpe, Coah.

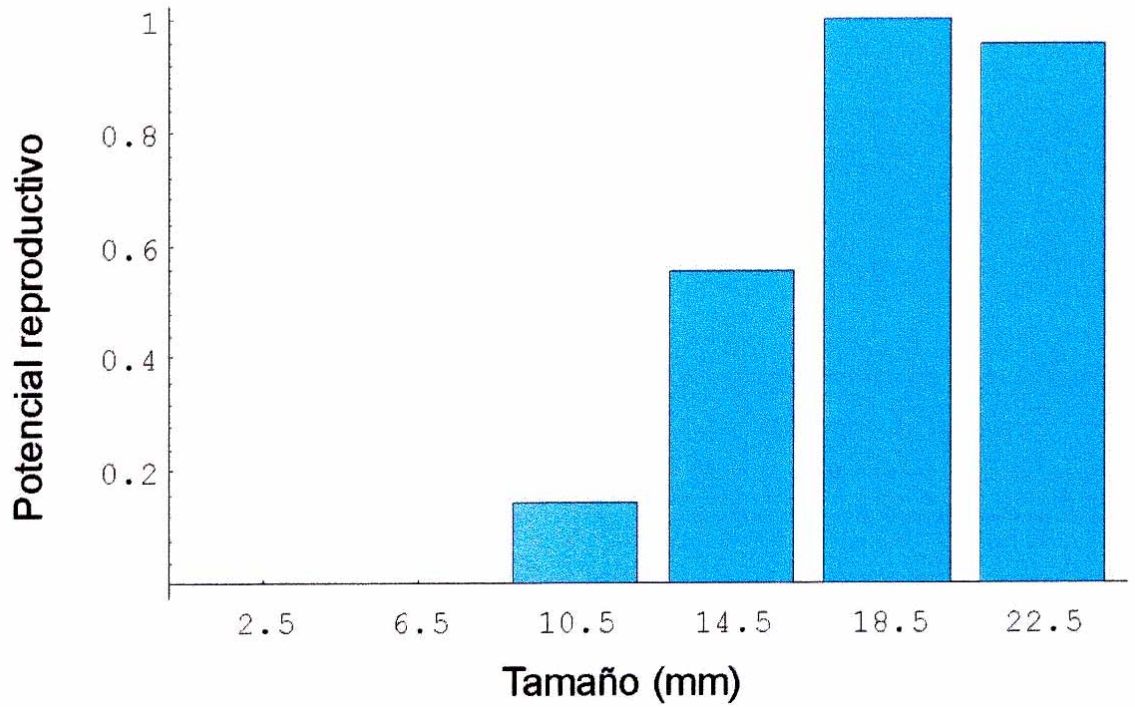


Figura VI-1. Histograma de potenciales reproductivos por tamaño en cinco colonias del área de estudio

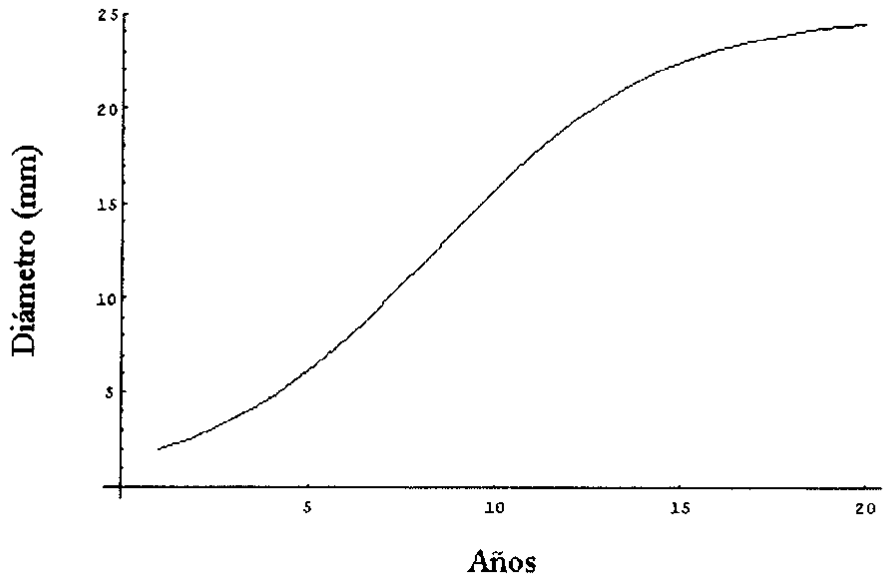
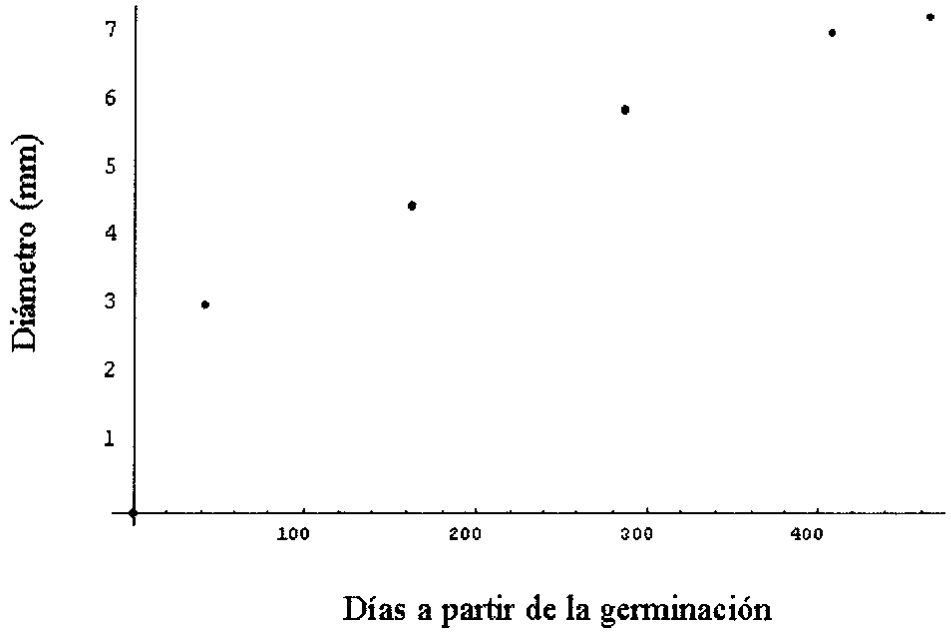


Figura VII-1. Curva logística de crecimiento para las plantas de la población estudiada.

Figura VII-2. Curva de crecimiento de las plantas bajo condiciones controladas.



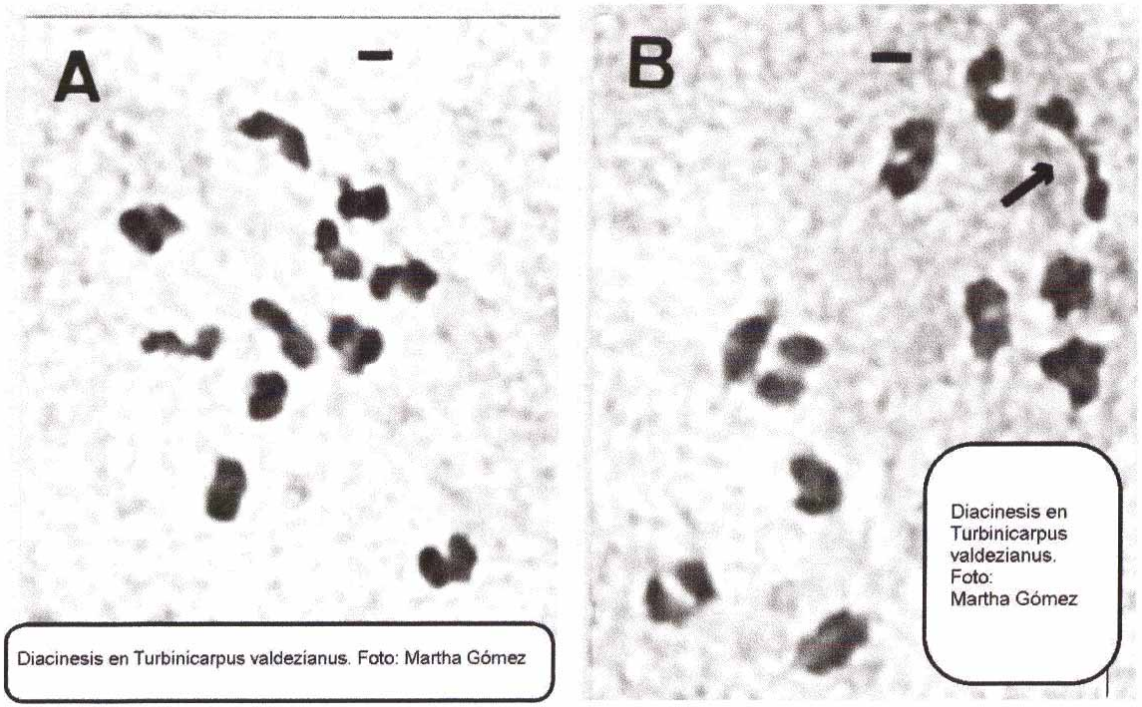


Figura VIII-1. Diacinesis en r *vaidezianus* donde se aprecia un total de 11 bivalentes, A. Bivalentes muy condensados donde es fácil detectar el número cromosómico pero no se pueden identificar las configuraciones con seguridad. B. Bivalentes cuyo tipo de configuración es identificable, los cuales en este caso son anillos, con excepción de las cadenas señaladas por una flecha. La escala en la parte superior de cada fotografía corresponde a 2 um..

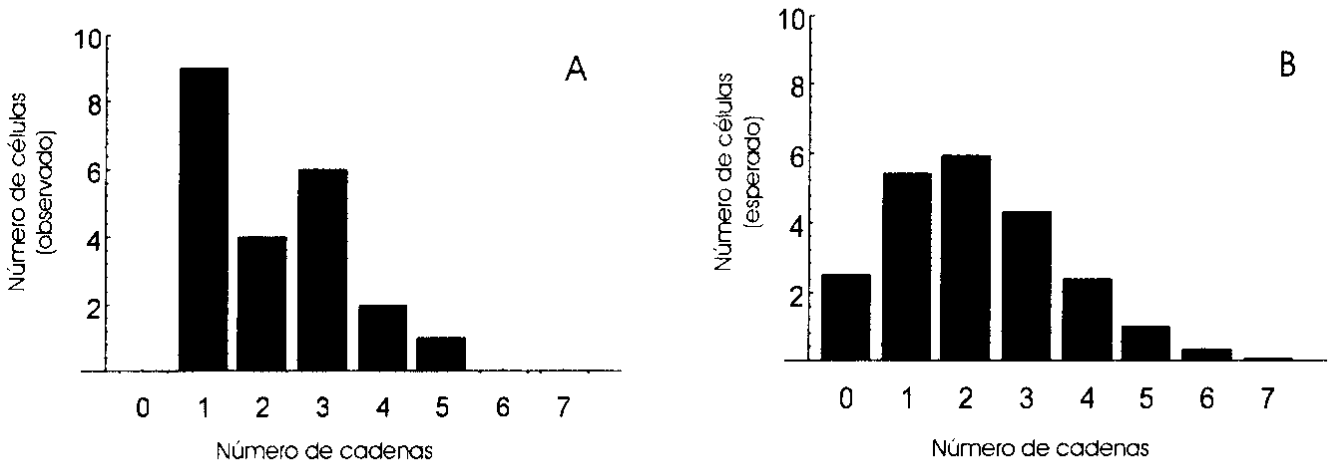


Figura VIII-2. A. Histograma de frecuencias absolutas observadas del número de cadenas por célula. B. Histograma de frecuencias absolutas esperadas bajo la suposición de que todos los cromosomas tienen la misma probabilidad de formar cadenas.