

Informe final* del Proyecto G037
Análisis de viabilidad para poblaciones de la cactácea amenazada *Ariocarpus trigonus*

Responsable: Dr. Humberto Suzán Azpiri
Institución: Universidad Autónoma de Tamaulipas
Instituto de Ecología Aplicada
Dirección: División del Golfo # 356, Libertad, Ciudad Victoria, Tam, 87019 , México
Correo electrónico: hsuzan@uaq.mx
Teléfono/Fax: Tel/Fax: 01(42)15 4777
Fecha de inicio: Septiembre 29, 1995
Fecha de término: Agosto 8, 1997
Principales resultados: Cartografía, base de datos, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Suzán Azpiri, H. 1998. Análisis de viabilidad para poblaciones de la cactácea amenazada *Ariocarpus trigonus*. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Instituto de Ecología Aplicada. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. G037.** México, D.F.

Resumen:

El presente proyecto se realizará con *Ariocarpus trigonus*, una especie considerada por el Gobierno Federal como amenazada y, de la cual se cuenta con suficiente información previa para poder construir modelos de viabilidad de las poblaciones ante diversos condicionantes ambientales. Cabe mencionar que información que incorpora datos ecofisiológicos y demográficos con cactáceas en peligro es casi nula tanto en nuestro país como en el extranjero. Es necesario resaltar la importancia de considerar para su conservación especies clave para la comunidad como son las plantas nodriza, debido a su trascendencia para la sobrevivencia de la especie en estudio. Experiencias de este tipo las encontramos en el estudio realizado por diversos investigadores en el desierto sonorense y, que han llevado a la protección del palo fierro por el gobierno federal, debido a su importancia como planta nodriza y creadora de microhabitat. Estos modelos que integren información ecofisiológica, demográfica y de interacción biótica, servirán en el futuro para su implementación con otras especies consideradas como amenazadas o en peligro de extinción.

-
- * 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.

REPORTE FINAL DE ACTIVIDADES

PROYECTO G037 CONABIO:

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA POBLACIONES DE LA CACTACEA
AMENAZADA *Ariocarpus trigonus***

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TAMAULIPAS

PARTICIPANTES:

Dr. Humberto Suzán A.

Dr. Guadalupe Malda B.

M.C. Manuel Lara V.

M.C. Silvia Casas G.

Biól. Guadalupe Martínez A.

Lic. Sandro Villa M.

P.Biól. Larisa Loya.

P.Biól. Fidencio López.

Febrero 1997

INTRODUCCIÓN.

El presente informe final de actividades realizadas en el proyecto “Análisis de viabilidad para poblaciones de la cactácea amenazada *Ariocarpus trigonus*” corresponde al periodo Octubre 1995-Octubre 1996 y presenta una síntesis de los resultados globales durante el periodo Octubre 1995- Enero 1997, incluyendo un análisis preliminar de las fluctuaciones poblacionales de la especie, una descripción del estado de las plantas nodrizas y salud de las cactáceas, así como un análisis del efecto de plantas nodrizas y polinizadores sobre la biología de *A. trigonus*, con el objetivo de integrar un análisis preliminar de la viabilidad de sus poblaciones en el Valle de Jaumave, Tamaulipas. Simultáneamente presentamos una actualización de las bases de datos y cartografía generadas en el proyecto, así como las correcciones sugeridas por el comité evaluador de la CONABIO. Las bases de datos generadas en el proyecto se presentan en hojas cálculo Excel, y los datos geográficos se presentan en formato Arc-Info.

Ariocarpus trigonus es una especie considerada por el Gobierno Federal como amenazada, y que presenta una distribución restringida a la porción oriental del Desierto Chihuahuense, así como en una pequeña zona de la Provincia Biótica Tamaulipeca (Martínez *et al.* 1993). La zona central de su distribución y el área de mayor densidad de poblaciones se encuentra en el Valle de Jaumave, Tamaulipas (Suzán *et al.* 1989) por lo que el estudio de la viabilidad de las poblaciones se realizó en este sitio.

Cabe mencionar que el análisis de viabilidad de esta especie es la primera experiencia de esta índole en Tamaulipas, siendo este estudio una primera aproximación para el conocimiento de la dinámica de la especie (es obvió la necesidad de contar con varios ciclos anuales fenológicos completos para mejorar los modelos planteados). Experiencias de esta índole son fundamentales para extenderlas a otras especies de la región que se encuentren en peligro de extinción. Finalmente queremos hacer hincapié en la importancia de considerar para la conservación de *A. trigonus* especies clave para la comunidad como son las plantas nodriza y los polinizadores.

ANTECEDENTES

La determinación de la viabilidad para poblaciones de especies en peligro de extinción es un aspecto fundamental para implementar técnicas de manejo y conservación adecuadas. Los análisis de viabilidad (o de estimación de poblaciones mínimas viables) se fundamentan en la demografía, genética, historia natural y estocasticidad ambiental de la población objeto de estudio (Gilpin & Soulé 1986, Menges 1990), siendo necesario comprender los factores densodependientes y densoindependientes que afectan sus tasas demográficas (Ruggiero et al. 1994). Los primeros análisis demográficos que incluían proyecciones sobre el futuro de una especie se realizaron con especies de edad determinada, basándose en proyecciones de una matriz de transiciones (matriz de Leslie). Actualmente contamos con técnicas que nos permiten estimar parámetros demográficos (anuales) de importancia en especies que presenten un crecimiento por estadios, basados en una matriz de Leftkovitch (Cochran & Ellner 1992), pudiendo así tener estimaciones de todos los parámetros de una tabla de vida en especies con ciclos de vida en estadios..

Los monitoreos de especies en peligro de extinción se han incrementado en los últimos años (Palmer 1987). Desafortunadamente son pocos los estudios de orientados a la determinación de la viabilidad de poblaciones desde una perspectiva demográfica autoecológica como los de Menges (1990) con *Pedicularis furbishiae* y Lesica (1992) con *Howellia aquatilis*, siendo la mayoría de los trabajos orientados a la estimación de parámetros genéticos como variabilidad genética, sobrevivencia de híbridos, etc... (Lesica & Allendorf 1992). Silvertown *et al* (1996) presentan una metodología simple para interpretar la importancia de las diferentes regiones de la matriz de Leftkovitch, y así sugerir aspectos de conservación y manejo de especies en peligro.

Con respecto a cactáceas en peligro, las estimaciones de viabilidad poblacional son casi nulas, siendo la mayoría de los trabajos orientados a estimaciones de la estructura de tamaños (Suzán et al. 1989, Martínez et al. 1993), las relaciones con plantas nodriza (Martínez et al. 1994, Suzán et al. 1994), así como los efectos de la modificación del hábitat natural sobre la sobrevivencia de las cactáceas (Nabhan et al. 1991, Nabhan & Suzán 1994).

Para *Ariocarpus trigonus* la primera evaluación reportada sobre sus poblaciones es la de Sánchez Mejorada (1986) donde se considera a la especie como vulnerable. Suzán et al. (1989) reportan para poblaciones en el Valle de Jaumave, densidades poblacionales, estructura

de tamaños y relaciones con las plantas nodrizas, entre las cuales destacan *Prosopis laevigata*, *Euphorbia antisiphilitica* y *Mimosa leucaenoides*. Para la realización de este estudio en 1988 se establecieron sitios de observación, que fueron visitados en esta evaluación. Martínez et al. (1993) reportan resultados similares para la estructura de tamaños y relaciones con nodrizas en otras poblaciones de la región.

Es importante mencionar que las principales nodrizas de la especie se encuentran sujetas a explotación comercial y/o familiar, y el impacto sobre estas así como los efectos sobre las cactáceas no ha sido evaluada, siendo un posible factor de importancia en la sobrevivencia de la especie.

En el Instituto de Ecología y Alimentos de la UAT, se han llevado a cabo diversos programas de monitoreo de cactáceas en peligro. El primero a cargo de Humberto Suzán A. y Luis Hernández S., fue el programa FLORUTIL en 1988-89 financiado por W.W.F.; posteriormente USFWS-SEDUE financiaron en 1989-90 un proyecto de monitoreo, evaluación y recuperación de cactáceas en peligro de extinción en el valle de Jaumave con Guadalupe Malda y Humberto Suzán como responsables; J. Guadalupe Martínez A. realizó un Inventario florístico de las cactáceas del Estado de Tamaulipas financiado por la CONABIO entre 1993-1994. Actualmente existe otro proyecto con CONABIO donde se evalúan 5 especies de la región, a cargo del biól. Martínez Avalos.

OBJETIVOS

1. Analizar las tendencias demográficas de *Ariocarpus trigonus* (natalidad, estructura de tamaños y edades, producción de frutos y semillas, viabilidad de semillas y plántulas y mortalidad) en el Valle de Jaumave, Tamaulipas.

2. Analizar el crecimiento de la cactácea.

3. Estimación del estado actual de la vegetación asociada, las plantas nodriza y de los polinizadores de la especie.

4. Estudio de los efectos microclimáticos por la remoción de las nodrizas en la fisiología y viabilidad de los individuos.

5. Modelamiento de las fluctuaciones poblacionales por medio de análisis metapoblacionales, y estimación de riesgos de extinción utilizando modelos de simulación STAGE-COACH y RAMAS-GIS.

6. Crear bases de datos en formato de hojas de cálculo Excel sobre características de las poblaciones y vegetación asociada, e incorporar la información geográfica en un Sistema de Información Geográfico (ILWIS y/o ARC-INFO).

METODOLOGIA

1. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEMOGRÁFICAS

1.1 Localización de las poblaciones:

Por recorridos de campo se registraron y mapearon las poblaciones de *Ariocarpus trigonus*, utilizando un Geoposicionador Magellan GPS DLX 10 de 10 canales.

1.2 Características de las poblaciones:

Se estimaron los tamaños de las poblaciones por medio de cuadrantes de 25 m² acorde al tamaño sugerido por (Suzán *et al* 1989) , utilizando un muestreo aleatorio estratificado de cuadrantes de 5 x 5 m, con cada población como estrato (Cochran 1982).

En cada cuadrante muestreado se midieron todos los individuos registrándose el diámetro de la planta. Se seleccionaron aleatoriamente individuos para contar el número de tubérculos por planta.

Se establecieron sitios de observación permanentes (uno por población), y se visitaron los sitios establecidos en 1988.

Se registraron para todos los cuadrantes la producción de flores, frutos y semillas en los sitios de observación permanentes (20 sitios de 25 m²), designándose una población (El Chihue) como piloto para realizar dichas observaciones.

2. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

2.1 Crecimiento de individuos juveniles y adultos:

Se marcaron tubérculos y midieron diámetros de los individuos con el objetivo de estimar las tasas de crecimiento. Se utilizaron las simulaciones basadas en Cochran & Ellner (1992) para estimar la edad de individuos en cierta categoría diamétrica, y poder ser incluidos en el modelamiento de las fluctuaciones poblacionales.

2.2 Ensayos de germinación:

Para estimar la producción de semillas se colectaron un total de 27 frutos de 21 plantas provenientes de la colección del Instituto de Ecología y Alimentos y de los cuadrantes de observación en el sitio del Chihue. Con estas semillas se determinaron los niveles de germinación en laboratorio para plantas libremente polinizadas, manipuladas en el campo y autopolinizadas por medio de un experimento con un diseño completamente al azar. Los tratamientos considerados y el número de plantas seleccionadas por tratamiento son los siguientes: libres= 8; autopolinizadas= 7; manipuladas en cuadrantes= 6; Cada tratamiento tenía 10 cajas petri y 10 semillas en cada una.

Cada fruto seleccionado se guardó en una bolsa de papel celofán junto con su etiqueta de campo respectiva. Posteriormente se trasladaron al laboratorio donde se contaron y preservaron las semillas en bolsitas de papel dextrosa. Todas las semillas colectadas se guardaron en el banco de semillas del IEA (a excepción de las de los experimentos de germinación).

El substrato para el experimento era de la localidad, el cual se limpió con ayuda del tamiz Fiicsa, número 16 de 1 mm., posteriormente se esterilizó en el Autoclave a 1.5 lbs. de presión por 15 minutos. Las semillas se desinfectaron en una solución de Cloro al 10%, por 5 minutos y enjuagaron con agua por 2 minutos, para ser posteriormente pesadas en una balanza analítica Sartorius 1602 MP8-1 25 gr. Posteriormente se colocaron las semillas distribuidas equitativamente, en un arreglo 3-2-3-2 por caja, y colocadas en una incubadora Lab-Line instruments 845 414 W a 22°C de temperatura.

Debido a la poca producción de semillas no se pudo realizar un experimento de germinación bajo nodrizas sanas y dañadas en campo propuesto en la propuesta original.

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS PLANTAS NODRIZAS Y POLINIZADORES

3.1 Análisis de la vegetación asociada:

En los sitios muestreados se trazaron transectos de 5x50 m registrándose el número de individuos, cobertura y altura de cada una de las especies arbóreas y arbustivas presentes en el transecto..

3.2 Nodrizas:

Se determinó la planta nodriza (cuya proyección de la sombra de la copa cubriera a la cactácea) de cada individuo determinándose:

a) Especie de nodriza, distancia de la cactácea al centro de la copa. Se compararon las distancias planta-nodriza con las distancias de puntos al azar - arbusto o árbol perenne más cercano por medio de pruebas de "t". La contribución de cada especie de nodriza se comparó con el valor esperado de la contribución de cada especie en cobertura a la comunidad por medio de pruebas de χ^2 .

b) Altura de la nodriza.

c) Área basal de la nodriza (por mediciones diamétricas).

d) Área basal dañada.

e) Superficie cubierta por la copa.

f) Superficie de la copa removida por daño a la nodriza debido a forrajeo y debido a corta para carbón y leña.

3.3 Polinización y Polinizadores:

Se determinaron los importantes fenómenos fenológicos relacionados con la producción de flores y frutos. En una población piloto se estimaron las fechas de floración, se describió la antesis y estructuras florales.

Se dio el seguimiento de los polinizadores en los sitios de observación por medio de captura y determinación de las especies de polinizadores, se tomaron datos de actividad (hora e intensidad de las visitas), medición de distancias de vuelo, marcaje de flores con polvo fluorescente; estimación inicial de metapoblaciones.

4. EFECTOS DE LA REMOCIÓN DE LAS NODRIZAS

4.1 Salud de las cactáceas en el campo:

Se determinó la correlación del estado de las nodrizas en el campo (medidos en una categoría ordinal acorde al grado de daño) con la salud aparente de las cactáceas (también basados en mediciones en una categoría ordinal). Se utilizó un análisis de correlación no paramétrica por medio de una tabla de contingencia (Zar, 1984).

4.2 Mediciones del área foliar:

Con un instrumento licor-LAI-2000 se realizaron mediciones de área foliar en dos localidades. Se seleccionaron sitios con baja y alta cobertura vegetal para comparar la salud de los individuos ante varias coberturas. Se realizaron tanto medidas centradas en un individuo (como estimación inicial del volumen foliar), como mediciones de calidad de sombra de la comunidad (índice de área foliar).

4.3 Análisis de estrés térmico:

Se registraron las temperaturas apicales, la radiación total diurna y la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) en invierno y verano con un DATA LOGGER LICOR-1000, para plantas bajo nodrizas sanas, y plantas cuyas nodrizas hayan sido removidas en los sitios de observación permanentes en el Valle de Jaumave. Las mediciones se realizarán un día por estación (4 días al año), cada 2 horas a partir de 2 horas anteriores al amanecer hasta 4 horas después del atardecer. El diseño experimental fue completamente al azar con 15 plantas por tratamiento (protegidas y expuestas) Las mediciones de temperatura apical se realizaron por termopares, y las de radiación por un sensor quantum-fotómetro conectado al data-logger.

La temperatura superficial del suelo y ambiental: se midió con el LICOR- 1000 a 1 m sobre el suelo bajo nodrizas sanas y dañadas las mediciones de temperatura superficial con termopares especiales. Las mediciones se dieron en forma simultánea utilizando el mismo diseño experimental, y la misma secuencia de registros (cada 2 horas).

5. MODELAMIENTO DE FLUCTUACIONES POBLACIONALES

Basado en estudios de las poblaciones se estimaron parámetros de plantas con estadios acorde a la metodología de Cochran & Ellner (1992), utilizando proyecciones matriciales en base a la matriz de Leftkovich. Algunos de los parámetros obtenidos en las simulaciones son: tasas intrínsecas de crecimiento, estructura estable de edades, análisis de sensibilidad y elasticidad de las matrices, determinación de los parámetros de vida de la especie etc... La información fué analizada por medio del programa de simulación STAGE-COACH y del software RAMAS/GIS.

6. BASES DE DATOS

La información sobre las poblaciones, vegetación asociada, índices de área foliar, polinizadores y análisis térmico se incorporó en hojas de cálculo Excel.

Se digitalizaron los mapas INEGI escala 1:50,000 de topografía creándose en un Sistema de Información Geográfica un mapa base del Valle de Jaumave, un mapa de curvas de nivel, uno de ríos y uno de zonas cultivadas. Con los datos proporcionados por el GPS y el análisis de las poblaciones se creó un mapa de poblaciones en el mismo formato.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

1. ANÁLISIS DE TENDENCIAS DEMOGRÁFICAS

¡Error! Marcador no definido. 1.1 Localización de las poblaciones:

Un total de 11 poblaciones fueron localizadas en el Valle de Jaumave, las cuales ocupan un área aproximada de 63,250 m². Las poblaciones fueron geo-referenciada por un geoposicionador Magellan GPS DLX 10, y posteriormente corregidos en mapas de INEGI (escala 1:50,000). Los nombres y claves de las poblaciones analizadas y actualizadas son las siguientes:

- Población el Chihue (23°35'374 N, 99°19'934 W, 625 msnm). Clave: 1.
- Población San Lorenzito I (23°18'100 N, 99°25'604 W, 950 msnm). Clave : 2.
- Población San Antonio I (23°36'619 N, 99°21'890 W, 700 msnm). Clave: 3.

- Población Los Nogales (23°26'005 N, 99°17'250 W, 650 msnm). Clave: 4.
- Población San José de Salamanca (23°26'729 N, 99°16'715 W, 700 msnm). Clave: 5.
- Población Ejido La Reforma (23°34'943 N, 99°18'618 W, 900 msnm). Clave: 6.
- Población San Lorenzito III (23°19'905 N, 99°24'858 W, 920 msnm). Clave: 7.
- Población San Lorenzito II (23°19'640 N, 99°25'965 W, 900 msnm). Clave: 8.
- Población las Moras (23°28'820 N, 99°17'084 W, 850 msnm). Clave: 9.
- Población San Antonio II (23°36'676 N, 99°21'984 W, 750 msnm). Clave: 10.
- Población Padrón y Juárez (23°19'890 N, 99°25'251 W, 850 msnm). Clave 11.

En el límite del valle de Jaumave se encontró un híbrido de *Ariocarpus trigonus* con *Ariocarpus retusus* en el camino a Miquihuana: (23°22'080 N, 99°36'384 W 1300 msnm). Clave: CAM.

Las poblaciones se encuentran registradas en el archivo area.lin en formato del Sistema de Información Geográfica Arcinfo.

1.2 Características de las poblaciones:

El número total de cuadrantes muestreados por población desde Octubre 1995 se presenta en el cuadro 1.1. El estimador puntual del número de individuos de *Ariocarpus trigonus* que habitan el valle de Jaumave fue de 34,031 individuos. El intervalo de confianza de la media al 95% da un límite inferior de 23,898 y uno superior de 44,164 individuos. El cuadro 1.1 presenta información del área y número de individuos por cada población, así como la media y varianza del número de individuos por cuadrante. Como podemos ver la población más grande (y que se encuentra en la zona de mayor perturbio) es la del Chihue (Población 1).

La distribución espacial de los individuos determinada por medio de la razón media varianza y una prueba de bondad de ajuste (Ludwig & Reynolds 1988) nos indica una distribución espacial contagiosa en la mayoría de las poblaciones analizadas (cuadro 1.2).

Los datos colectados por individuo se encuentran en la hoja de calculo ariofin.xls, la cual es una versión modificada del archivo ariocde.xls (presentada en el segundo informe). Este archivo se transformó para facilitar el manejo de datos en una base de datos con paginación continua, donde los campos son los siguientes:

- Plantas: Individuo de *A. trigonus* con un diámetro común y misma nodriza.

- Diámetro: Diámetro a la base de cada individuo de *A. trigonus* en centímetros.
- Nodriza: Especie arbórea o arbustiva más cercana que provee sombra al individuo de *A. trigonus* (Ver clave de especies). Cuando se encontró un individuo sin nodriza o solo se veían remanentes de estas (el caso más común) se les asignó la clave sin nodriza.
- Altura: Altura de la nodriza en metros.
- Diám.N: Diámetro de la copa de la nodriza en metros.
- Distancia: Distancia de la planta a la posible nodriza en metros.
- Orientación: Orientación (en grados) de la cactácea con respecto a la nodriza.
- Flores: Presencia de flores durante el muestreo.
- Estado: Apariencia externa de la cactácea (bueno, dañado (incluyendo su causa), muerto, etc...). En este campo también se menciona el número de botones y/o frutos visibles.
- Población: clave de las poblaciones.
- Cuadrante: etiqueta de cada cuadrante en cada población. Se le asignó un valor numérico a cada cuadrante.

En el cuadro 1.3 encontramos un resumen sobre la distribución de las categorías diamétricas de las 11 poblaciones principales. Para definir los estadios se consideraron categorías de 4 cm de diámetro (0-4, 4-8, 8-12, 12-16 y 16-20 cm). En la primera categoría se encuentran las plántulas e individuos juveniles. Por regla general encontramos una mayor concentración de individuos con diámetros de entre 4 y 8 cm de diámetro (el cual es un primer indicador de un largo tiempo de residencia en dicha categoría). Las relaciones entre diámetro y número de tubérculos se presenta en el capítulo 2 del informe.

Los datos de la base de datos florutil (DBASE III, y DBASE IV) colectados en 1988 y 1989 se encuentran en el archivo Ario89.xls donde los campos son los siguientes:

- Subcua: subcuadrante (cuadrante de 5x5 m).
- Planta: Plantas por categoría.
- Diám: Diámetro de la planta.
- Núm. de tubér: Número de Tubérculos.
- Distancia: Distancia a la nodriza más cercana.

- Botones: Número de flores y botones.
- Frutos: Número de frutos.

Las dos poblaciones muestreadas en 1989 (El Chihue y San Lorenzito I) fueron encontradas en el campo, pero debido a que las etiquetas fueron removidas la identificación de los individuos se dio en forma incompleta. Estos datos podrán mejorar los análisis demográficos, pero no permitirán construir matrices individuales para dichos años.

En las poblaciones El Chihue y San Lorenzito I se establecieron cuadrantes permanentes etiquetándose todos los individuos.

Para estimar la producción de frutos y semillas y efectos de los polinizadores se seleccionaron individuos de la población del Chihue. En el capítulo 2 del informe se analizan los experimentos de germinación, y en el 3 el efecto de los polinizadores.

2. ANÁLISIS DE CRECIMIENTO

2.1 Crecimiento de individuos juveniles y adultos :

En un análisis de la correlación entre tamaño (diámetro) y número de tubérculos realizado con los datos de 1988-89 encontramos una fuerte asociación de ambas características con una correlación $r = .78619$, y un coeficiente de regresión diámetro- num. tub. de $R^2 = .681$ con una $P(F=139.18/180 \text{ g.l.}) < 0.0001$ (Suzán *et al.* 1989). En un marcaje de 143 individuos en el muestreo de 1995-1995 encontramos una correlación $r = .891$. Por lo que consideramos que el diámetro es un indicador eficiente del tamaño de las plantas.

La distribución de estadios acorde al diámetro de la planta nos indica una carencia de individuos con diámetros mayores. Una comparación de la distribución de frecuencias por categorías diamétricas entre 1988 y 1996 de las poblaciones El Chihue y San Lorenzito nos indican poca variación en la estructura a lo largo de 8 años (Figura 2.1). en la población del Chihue la proporción de los individuos mayores (18 cm) disminuyó, en tanto que en San Lorenzito aumentó.

2.2 Ensayos de germinación

Los datos colectados sobre frutos y semillas se encuentran en la hoja de cálculo Microsoft Excel Ariofrut.xls. Los campos en la hoja de datos son:

Planta: Planta de la que proviene el fruto
Diámetro: Diámetro de la planta.
Tratamiento: Tipo de tratamiento, los posibles niveles son:

T1: Plantas libres.

T2: Plantas autopolinizadas.

T3: Plantas de los cuadrantes manipulados.

Fruto: Número de frutos colectados.

Semillas. Número de semillas por fruto.

Los porcentajes de germinación fueron extremadamente bajos (1/300), rompiendo la dormancia únicamente un individuo del tratamiento control (plantas libres). Un análisis de varianza del diámetro de las semillas en los tres tratamientos dio resultados no significativos pues la $P(f = 2.978/2,24 \text{ gl}) = 0.0699$

Es importante considerar para estudios futuros diversos tratamientos de escarificación de las semillas para inducir la germinación.

Debido a la baja producción de semillas y los bajos porcentajes de germinación no se continuaron los experimentos de germinación en campo (en sitios expuestos y bajo nodrizas sanas y dañadas).

3. DETERMINACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS PLANTAS NODRIZAS Y POLINIZADORES

3.1 Análisis de la vegetación asociada:

Se trazaron transectos de 5x50m en 9 de las 11 poblaciones muestreadas. En cada transecto se contaron el número de individuos por cada especie, así como el radio de cobertura y altura de cada una de las especies arbóreas o arbustivas presentes. Las poblaciones muestreadas fueron las siguientes: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 y 11.

Se cuentan con otros 18 transectos en las localidades de Los Nogales (Población 4) y San Antonio (Población 3) donde se realiza un estudio paralelo con poblaciones de la cactácea simpátrica *Obregonia denegrii* (Tesis de licenciatura del Biól. Fidencio López, defendida en Marzo 7, 1997).

Se ha modificado el archivo original Arioveg, en un archivo sintético de la información de vegetación el cual fue denominado como Arioveg2.xls en hoja de cálculo Excel. Los campos presentes en el archivo arioveg2 son:

Sitio,	latitud y longitud en la presentación de cada transecto.
Especie.	Ver clave de especies.
Numind.	Número de individuos por especie.
Altx.	Altura promedio de las plantas en metros.
Alts.	Desviación estándar de la altura en metros.
Radx.	Radio de cobertura promedio de las plantas en metros.
Rads.	Desviación estándar del radio de cobertura promedio en metros.
Área.	Área de cobertura total de las copas de la especie.
% Área	Porcentaje del área cubierta por cada especie.

El análisis de vegetación arroja un total de 37 especies arbóreas o arbustivas asociadas a *Ariocarpus trigonus*. Las especies de mayor cobertura fueron *Cordia boisieri*, *Prosopis laevigata*, *Acacia rigidula* y *Acacia farnesiana*. En la impresión de la base de datos Arioveg2.xls podemos encontrar el porcentaje del área cubierta en cada cuadrante por cada especie. Los datos de esta base se utilizaron en el análisis de las plantas nodrizas (siguiente capítulo). En el apéndice podemos ver el listado de las especies arbóreas encontradas en el estudio.

3.2 Nodrizas:

Las relaciones de *Ariocarpus trigonus* con las plantas perennes que le dan sombra se estudiaron por medio de la comparación de las distancias planta perenne- *A. trigonus* contra distancias de puntos al azar- plantas perennes. Aquellas plantas donde solo se encontraban restos de las nodrizas posibles (tocones) fueron excluidas del análisis. De las 1343 plantas muestreadas 653 presentaban nodrizas aparentes y 435 tenían un tocón o resto de alguna planta perenne cercana siendo un total de 1088 plantas con evidencias de nodricismo. Un total de 100 puntos al azar se trazaron en la comunidad (10 por población de importancia), y comparándola contra 612 plantas de estas poblaciones encontramos diferencias significativas con una $P(f=4.12/1,711\text{ gl}) = .0427$. En la figura 3.1 encontramos una representación gráfica

de los intervalos de la DMSH (dif. significativas mínima honesta) de Tukey, donde podemos observar que las distancias puntos al azar- perenne más cercana son significativamente diferentes de las cactus-nodriza, lo cual sugiere una posible dependencia de *A. trigonus* con nodrizas que le proporcionen sombra.

Una comparación del número de individuos encontrados bajo cada una de las especies de nodrizas con los que esperaríamos acorde a la contribución de cada una de ellas en cobertura a la comunidad arroja resultados interesantes. La prueba de bondad de ajuste para la comparación de ambos valores para las 39 especies presentes en la comunidad indica una falta de ajuste entre ambas distribuciones ($P \chi^2 = 1449.99/1 \text{ gl} < 0.0001$). En la figura 3.2 podemos ver que tanto *Prosopis laevigata* como *Cercidium praecox* presentan mucho más individuos de los que esperaríamos por su cobertura, en tanto que *Cordia boisieri* una especie indicadora de perturbio presenta menos individuos de los esperados. Este resultado sugiere la importancia de hábitats conservados que presenten vegetación longeva para el reclutamiento de individuos de la especie.

3.2 Polinización y polinizadores:

3.21 Periodo de floración de *Ariocarpus trigonus*:

Para estudios sobre polinización y germinación se seleccionó como población piloto la población No 1. (El Chihue). La producción de flores de *Ariocarpus trigonus*, en la población “El Chihue”, inició el 5 de octubre de 1995, y finalizó el 6 de diciembre de ese mismo año. Se consideró este intervalo como el período de floración en base a la observación de brotes de botones y flores producidos en los cuadrantes. Esta etapa se dividió en 2 cortos subperiodos; el primero de ellos del 5 al 20 de octubre y el segundo del 23 de noviembre al 6 de diciembre.

Es de importancia mencionar que un detalle particular y que podría ser utilizado en estudios posteriores a éste como indicador de la emergencia de botones, fue la presencia de una capa pilosa, fina y abundante de color blanco entre los tubérculos centrales de *A. trigonus*, aproximadamente entre 3 a 4 días previos a la floración (Figura 3.3). Esta capa, conforme el botón va aumentando de tamaño y su crecimiento se va diferenciando, abriéndose hasta permitir la formación completa de la flor.

3.22 Antésis y morfología floral:

Para estudiar la antésis, se caracterizaron las fases que encierran el desarrollo de la flor. Comprendieron nueve etapas, desde el surgimiento del botón hasta la formación completa de la flor. Una vez las flores abiertas completamente, sean polinizadas o no, se cerraron al cabo de entre dos a tres días. En éste caso los verticilos florales, principalmente los pétalos, comienzan a adherirse unos entre otros y a manera de marchitamiento la flor se encuentra completamente en senescencia.

Asimismo fueron contempladas las horas de apertura y cierre de la flor, en los días de colecta de el área de estudio. Se apreció que las flores de este cactus presentan un efecto positivo a la influencia solar ya que, el horario de apertura de ellas, inicia en promedio a partir desde las 8:28 hrs. a las 9:22 hrs., en la cual la incidencia solar se hace presente (amanecer) y esta va aumentando hasta que la flor se encuentra completamente abierta (mediodía) y hasta el atardecer en el cual el cierre ocurre en promedio desde las 14:24 hrs. hasta las 15:42 hrs. , coincidiendo con la puesta de el sol. El cuadro 3.1 resume la información de la floración.

En lo que se refiere a la morfología floral de *A. trigonus* una representación gráfica se presenta en la Figura 3.4 , y en el Cuadro 3. 2 donde se distinguen algunas de las características de las estructuras florales.

3.23 visitantes florales

Los visitantes florales encontrados en *A. trigonus* se presentan en el Cuadro 3.3, Pertenecientes a la clase Insecta, incluyendo tres ordenes: Hymenoptera, Coleoptera y Diptera. Del orden Hymenoptera se encuentran representadas cuatro familias: Andrenidae, Apidae, Halictidae y Formicidae, y del orden Coleoptera, una familia :Melyridae, y del orden Diptera la familia Syrphidae. La identificación de algunas especies se encuentra en proceso por especialistas de la Universidad de Utah, coordinados por el Dr. Vince Tepedino, el cual ayudó a la identificación de las especies de la familia Apidae. Un análisis de los números de diversidad en cuanto a polinizadores nos indica que de 72 reportes visuales se contaron 6 especies, y se obtuvo un índice N1 (antilogaritmo del índice de Shanon) de 1.6718, y un valor para N2 (inverso del índice de Simpson) de 2.79, siendo así una diversidad baja de polinizadores con presencia de pocas especies muy importantes.

Los datos de visitas se encuentran en la base de datos ariopol.xls en hoja de cálculo Excel. Los campos presentes en el archivo ariopol.xls son:

Fecha Día de la visita a la población.

Cuadrante: Cuadrante donde se realizó la observación.
hora: Hora de registro.
visitante: Orden del visitante floral.
número: Número de individuos de la especie que visitaron las flores.

En la figura 3.5 encontramos un resumen de la actividad por hora. Es importante recalcar que los periodos de mayor actividad fueron entre las 9.00 y 9.30 para los himenópteros y entre las 12.15 y 12.30 hrs para los coleópteros, únicamente se contó un diptero a las 9.30 hrs.

FECHA	HORA DE APERTURA	HORA DE CIERRE
10-OCT-95	8:00-9:40	14:20-16:30
19-OCT-95	8:30-9:00	14:45-15:30
29-NOV-95	8:40-9:30	14:30-15:30
2-DIC-95	9:00-9:45	15:00-15:30
6-DIC-95	8:15-9:00	15:00-15:30

Cuadro 3.1.- Horas de apertura y cierre de la flor de *A. trigonus* observados en el área de estudio.

CARACTERÍSTICAS REPRODUCTIVAS	FLOR #1	FLOR #2
Tiempo de apertura de la flor	Diurna	Diurna
Longitud de la flor A	0.476 cm	0.420 cm
B	0.790 cm	0.650 cm
C	0.667 cm	0.650 cm
D	1.556 cm	1.590 cm
E	4.178 cm	3.242 cm
F	4.290 cm	3.600 cm
Color de las partes del perianto	Amarillo - pálidas	Amarillo - pálidas
Número de podarios decurrentes	7	7
Número de pétalos	30	32
Número de estambres		
Número de lóbulos del estigma	6	6

Cuadro 3.2.- Características reproductivas de la flor de *Ariocarpus trigonus*

4. EFECTOS DE LA REMOCIÓN DE LAS NODRIZAS.

4.1 Salud de las cactáceas en el campo:

Con respecto a la salud aparente de los individuos una prueba exacta de Fisher (Zar 1984) para una tabla de contingencia 2x2 donde un criterio de entrada es la presencia o ausencia de nodriza actual , y el otro criterio el daño por herbivoría o insolación contra sanos (cuadro 4.1) indica una falta de homogeneidad por lo que las plantas sin nodriza presentan un daño mayor que las que si la tienen ($P_{\chi^2} = 82.69 < 0.001$).

Cuadro 4.1 Tabla de contingencia de presencia ausencia de nodrizas con daño evidente.

	CON NODRIZA	SIN NODRIZA
CON DAÑO	128	278
SIN DAÑO	542	380

4.2 Mediciones del área foliar:

Los campos transcritos en el archivo Ariolai.xls son los tomados en el campo con el aparato LICOR LAI-2000. Muchas mediciones no corresponden a datos generados bajo un individuo, sino son mediciones de la cobertura de la comunidad (LAI o índice de área foliar) y únicamente se menciona el individuo más cercano al punto de medición. Por esta razón los campos de altura, cobertura y especie se encuentran vacíos en muchas ocasiones. En la hoja de datos los campos existentes son:

- Genero: En caso de medición centrada en un arbusto o conjunto de arbustos es el género de los mismos.
- Especie: Especie del o de los arbustos.
- Altura: Altura de el arbusto (si es uno solo).
- Cobertura: Cobertura del arbusto (si es uno solo).
- LAI: Índice de área foliar.

- Arioc: Presencia de individuos de *Ariocarpus trigonus* en el lugar de medición (con =con nodriza, sin= sin nodriza).
- Medición: Si la medición fue centrada en un individuo (individual) o bajo el dosel de la comunidad (comunitaria, la cual corresponde a un verdadero LAI).

Los datos colectados en periodo de secas (Octubre-Noviembre) arrojan los siguientes resultados con una prueba de “t” con varianzas heterogéneas. (Cuadro 4.2):

Cuadro 4.2. Resultados de la prueba de diferencia de medias entre sitios con y sin

A. trigonus : $.20 < \Pr(t=1.157/12.72 \text{ gl}) < .50$

GRUPO	MEDIA	DESV.ESTANDAR	PRUEBA “t”
sin <i>A. trigonus</i>	1.557	0.4065	
con <i>A. trigonus</i>	1.289	0.497	t=1.157

La carencia de diferencias entre intensidades de sombra en sitios donde *A. trigonus* se encontraba indica un rango de tolerancia a diferentes índices de área foliar en la comunidad, por lo que la planta puede sobrevivir en sitios alta y medianamente sombreados.

4.3 Análisis de estrés térmico:

Se realizaron todas las series estacionales de mediciones de temperaturas del suelo, cuticulares y radiación PAR (radiación fotosintéticamente activa) con sensores Li-COR colectados por un data-logger LI-1000. Las fechas de medición fueron Enero 19, Abril 21, Mayo 24, Julio 23 y Septiembre 19 de 1996), y se realizaron en plantas con sombra y expuestas a radiación total. El tamaño de muestra se redujo de 15 a 6 por tratamiento debido a la lentitud de respuesta de los sensores térmicos (termopares). Los datos se encuentran en el archivo Excel: Ariotemp.xls. Las mediciones de primavera se

suspendieron por tormentas eléctricas y de polvo por 4 días. Estos datos se volvieron a tomar el 24 de Mayo.

Los resultados preliminares indican diferencias significativas entre las temperaturas cuticulares de plantas expuestas y sombreadas a diferentes horas del día en todas las épocas del año: Pr ($f=78.37/17,90$ g.l.)=0.0001. Resultados similares se encontraron en temperaturas del suelo: Pr ($f=76.39/17,90$ g.l.)=0.0001, y radiación fotosintética activa en los sitios de medición Pr($f=23.38/ 17,90$ g.l.)=0.0001

En invierno se encontraron Diferencias mínimas significativas honestas entre la radiación fotosintéticamente activa entre sitios sombreados y expuestos a las 13:00 hrs (Figura 4.1), en temperaturas cuticulares tanto a las 13:00 como a las 15:00 hrs., siendo menores en las plantas expuestas (Figura 4.2), siendo los resultados similares en temperaturas del suelo (Figura 4.3). Estos datos sugieren la no presencia de un efecto de protección invernal de las nodrizas (pues las diferencias serían en las horas más frías), pero si un efecto protector a altas temperaturas.

En primavera la radiación PAR tiene un comportamiento dependiente de la nubosidad ambiental, encontrándose diferencias a las 11:30 y 13:30 del 23 de abril (Figura 4.4) y a las 12:00 hrs del 24 de Mayo (Figura 4.7). Las diferencias en temperaturas cuticulares es a las 13:30 el 23 de abril, y de las 12:00 a 14:00 hrs el 24 de mayo (Figuras 4.5 y 4.8 respectivamente). Las temperaturas superficiales del suelo vuelven a comportarse similarmente a las cuticulares de las plantas (Figuras 4.6 y 4.9 respectivamente), siendo siempre mayor la temperatura superficial del suelo a la de la planta, sugiriendo un proceso de control térmico por las plantas.

En el verano los datos indican diferencias importantes en las horas de mayor temperatura (14:00 hrs) tanto en PAR como en temperaturas de las plantas y superficiales del suelo en las plantas expuestas y sombreadas(Figuras 4.10, 4.11 y 4.12). Un ligero proceso de termoregulación se observa incluso en las horas de mayor insolación. Finalmente en otoño las diferencias entre plantas y sitios sombreados con aquellos expuestos se da desde las 11:00 hasta las 15:00 hrs.

El grueso de los resultados del análisis térmico sugieren la importancia de las plantas nodrizas para esta especie debido a su efecto en la mitigación de las temperaturas

máximas en todo el año, creando microambientes propicios para el desarrollo y buen funcionamiento de las plantas protegidas.

Finalmente se realizó una regresión stepwise entre temperatura de la planta con temperatura del suelo y el PAR para todas las mediciones, encontrando que el mejor modelo es: $\text{temp. planta} = 1.228 + .9389 \text{ temp.suelo}$, con una $r^2 = .938$, $\text{Pr}(f=4.076/1,106) = 0.0000$ siendo esta relación muy alta.

Los campos en la base de datos Ariotemp.xls son los siguientes:

- Num. planta: relación de las plantas donde se realizaron las mediciones. Se incluye también la hora de la medición.
- Luz (PAR): mide la radiación fotosintéticamente activa en micromoles por segundo por metro cuadrado.
- Temp. Planta: Temperatura superficial de la planta en las areolas (en grados centígrados).
- Temp. Suelo: Temperatura superficial del suelo a 5 cm de la planta medida (en grados centígrados).

5. MODELAMIENTO DE FLUCTUACIONES POBLACIONALES

Se calculó la matriz de transiciones para ambas poblaciones en base al seguimiento de 4 cuadrantes permanentes (2 en cada población) de Octubre 1995 a Octubre 1996. Los estadios utilizados son : semillas, plántulas (0-4 cm de diámetro), 4-8 cm, 8-12 cm, y > 12 cm. Los datos de germinación y sobrevivencia de semillas en el suelo se infirieron de los ensayos de germinación y sobrevivencia de semillas expuestos en la sección de estudios de polinización y germinación. Una vez construida la matriz de transición se procedió a realizar un proceso de simulación por medio de los programas STAGE-COACH (Cochran & Ellner 1992) y RAMAS-GIS.

5.1 Matriz de transición y sus eigenvectores e eigenvalores dominantes:

La matriz de transiciones (Leftkovich) que incluye la matriz de sobrevivencia y de nacimientos o reclutamientos se analizó por medio del programa STAGE-COACH. El eigenvalor dominante se considera como la tasa de crecimiento poblacional (λ), el

eigenvector dominante derecho la distribución estable de estadios y el izquierdo el valor reproductivo, y la matriz de elasticidades que indica los sectores de la matriz que contribuyen con mayor peso.

Como podemos ver en el cuadro 5.1 los elementos más importantes tanto en la matriz de transiciones como en la de elasticidades se encuentran en la diagonal lo cual indica una fuerte estasis (Silvertown *et al* 1996). La población se encuentra creciendo moderadamente ($\lambda=1.10$), siendo la aportación mayor la de la categoría de mayor tamaño (eigenvector dominante izquierdo). La distribución estable de edades indica la necesidad de un muy fuerte aporte al banco de semillas, por lo que la protección de los individuos de mayor diámetro es fundamental para el mantenimiento de la población. En la matriz de elasticidades el aporte mayor se encuentra en la zona diagonal (estasis) lo cual caracteriza a las especies longevas y de lento crecimiento.

Con un proceso de simulación basado en las transiciones de categorías por año y descrito en Cochran & Ellner (1992) se obtuvieron las edades promedio por estadio así como el tiempo promedio de residencia en cada estadio (Cuadro 5.2). Con estos datos fue posible generar la distribución estable de edades, considerando una edad máxima de 100 años. El tiempo generacional estimado es de 12.71 años.

Posteriormente se construyeron las curvas de sobrevivencia (Figura 5.1) donde vemos el clásico comportamiento de especies longevas con una alta mortalidad en los primeros estadios. La curva de maternidad (Figura 5.2) nos indica una alta reproducción en los individuos adultos, tendiendo a estabilizarse posterior a los 30 años (edad en que el valor reproductivo también se asintotiza en un valor dado. La tasa reproductiva neta para el estadio 1 es de 5.83, por lo que un individuo promedio de este estadio puede contribuir a la siguiente generación con 5.83 individuos. El tiempo generacional estimado fue de 28.49 años con una desviación estándar de 20.7 años. La probabilidad de que una semilla llegue a la madurez es de .0058 y la edad a la madures reproductiva es 2.17

Finalmente el cuadro 5.3 presenta los tiempos de residencia por estadio de un individuo producido en una cohorte.

Podemos concluir con este primer análisis de viabilidad que las poblaciones se encuentran creciendo lentamente con una alta mortalidad de semillas y valores reproductivos altos en los individuos de mayor porte, los cuales son los que se encuentran más propensos a

ser extraídos por colectores comerciales debido a su mayor valor en el mercado (Martínez et al 1993, 1994). Cabe mencionar que la calidad del hábitat juega un papel preponderante en la sobrevivencia de la especie, debido a la necesidad de mantener plantas nodrizas para el reclutamiento de semillas.

Cuadro 5.1 Matriz de transición, eigenvalor dominante y sus asociados eigenvectores izquierdo y derecho, y matriz de elasticidades. Exponentes expresados con la letra D.

Matriz de transición

AÑO t+1	AÑO t				
	SEMILLAS	2-4 cm	4-8cm	8-12cm	> 12 cm
SEMILLAS	.15000D+00	.42300D+01	.36470D+02	.63160D+02	.16400D+03
2-4cm	.50000D-02	.65300D+00	.14000D-01	.00000D+00	.00000D+00
4-8cm	.00000D+00	.19200D+00	.72100D+00	.27000D-01	.00000D+00
8-12cm	.00000D+00	.00000D+00	.16100D+00	.81000D+00	.00000D+00
> 12 cm	.00000D+00	.00000D+00	.15000D-01	.10800D+00	.95000D+00

Eigenvalor dominante = .11017D+01

Eigenvector derecho = .97706D+00 .11069D-01 .58099D-02 .32067D-02 .28574D-02

Eigenvector izquierdo= .42533D-03 .80956D-01 .17982D+00 .27898D+00 .45981D+00

Matriz de elasticidades:

1	.12395D-01	.39598D-02	.17920D-01	.17129D-01	.39632D-01
2	.78640D-01	.11635D+00	.13093D-02	.00000D+00	.00000D+00
3	.00000D+00	.75990D-01	.14978D+00	.30958D-02	.00000D+00
4	.00000D+00	.00000D+00	.51889D-01	.14409D+00	.00000D+00
5	.00000D+00	.00000D+00	.79679D-02	.31664D-01	.24819D+00

Cuadro 5.2 Edad promedio por estadio, tiempo de vida promedio por cada estadio y distribución estable de edades (con edades seleccionadas al azar).

Edad promedio en estadio 1 es	.115761D+01	con desv. estand.	.427147D+00
Edad promedio en estadio 2 es	.370652D+01	con desv. estand.	.211743D+01
Edad promedio en estadio 3 es	.687216D+01	con desv. estand.	.353574D+01
Edad promedio en estadio 4 es	.106490D+02	con desv. estand.	.479469D+01
Edad promedio en estadio 5 es	.171521D+02	con desv. estand.	.828564D+01

ESTADIO.	TIEMPO DE VIDA PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR
1	.12461D+01	.15836D+01
2	.11833D+02	.15870D+02
3	.16177D+02	.18124D+02
4	.18930D+02	.19049D+02
5	.20000D+02	.19494D+02

DISTRIBUCIÓN ESTABLE DE EDADES

1	.84403D+00	2	.11875D+00	3	.19106D-01	4	.48948D-02	5	.24851D-02
6	.18005D-02	7	.14346D-02	8	.11726D-02	9	.96922D-03	10	.80723D-03
16	.29555D-03	17	.25225D-03	18	.21561D-03	19	.18451D-03	20	.15807D-03
21	.13553D-03	22	.11629D-03	23	.99841D-04	24	.85767D-04	25	.73710D-04
56	.72754D-06	57	.62731D-06	58	.54089D-06	59	.46638D-06	60	.40214D-06
61	.34675D-06	62	.29899D-06	63	.25781D-06	64	.22230D-06	65	.19169D-06
76	.37564D-07	77	.32391D-07	78	.27931D-07	79	.24085D-07	80	.20768D-07
81	.17908D-07	82	.15442D-07	83	.13316D-07	84	.11482D-07	85	.99013D-08
86	.85379D-08	87	.73623D-08	88	.63485D-08	89	.54743D-08	90	.47205D-08
96	.19407D-08	97	.16734D-08	98	.14430D-08	99	.12443D-08	100	.10730D-08

Cuadro 5.3 Tiempos de residencia por estadio.

Tiempo de residencia estadio 1 =	.11765D+01	St.dev. =	.45565D+00
Tiempo de residencia estadio 2 =	.42846D+01	St.dev. =	.28475D+01
Tiempo de residencia estadio 3 =	.86592D+01	St.dev. =	.52744D+01
Tiempo de residencia estadio 4 =	.13922D+02	St.dev. =	.70892D+01
Tiempo de residencia estadio 5 =	.33181D+02	St.dev. =	.20747D+02

6. BASES DE DATOS

Las bases de datos generadas en el proyecto fueron entregadas a la CONABIO, y cada una de ellas se encuentra descrita con su análisis respectivo en los capítulos previos.

Con respecto a la información incorporada a un sistema de información geográfica se han digitalizado cuatro mapas en formato arc-info e ilwis. Se utilizaron como mapas base los de INEGI, escala 1:50,000 (cartas F14A28, F14A29, F14A38 Y F14A39), así como la información generada por medio del GPS. Cabe mencionar que no se tenía ningún mapa digitalizado de la zona por lo que fue necesario digitalizar aquellos que se disponían (únicamente topográficos). Los mapas generados para el proyecto se realizaron en el sistema UTM. El primero de los mapas es el área cubierta por el valle de Jaumave (sitio más importante en cuanto a la distribución de *A. trigonus*) tomando como cota superior los 1,000 m.s.n.m., y acotándolo en el noroeste al inicio de la sierra, y al sudoeste cuando se conforma el cañón del río Guayalejo (Mapa 1). El archivo digitalizado de este mapa es area.lin.

El segundo mapa representa las principales poblaciones de *A. trigonus* en el valle (Mapa 2), El archivo digitalizado de este mapa es pob.lin, y la tabla de atributos se presenta en forma anexa.

Un tercer mapa digitalizado es el de las curvas de nivel cada 100 m en el valle (Mapa 3) y cuyo archivo es curvas.lin. El cuarto mapa es de ríos (ríos. lin), y el quinto es áreas de cultivo (cult.lin).

Como podemos observar en los mapas, *A. trigonus* tiende a localizarse cerca de los ríos, en altitudes entre las curvas de 700 y 1000 m.s.n.m., preferentemente en la zona este y sur del valle, y las poblaciones tienden a conformar grupos o metapoblaciones distanciadas entre ellas (El Chihue, San Antonio 1, 2 y el Ejido la Reforma) conforman un grupo, en tanto que San Lorenzito 1,2, 3 y Padrón y Juárez un segundo grupo, y San José de Salamanca, Las Moras y los Nogales el tercer grupo. Otro aspecto importante de analizar es la cercanía de la mayoría de las poblaciones a las zonas de cultivo. Esto es un factor preocupante pues cualquier intento de apertura de la frontera agrícola afectaría irremediablemente a las poblaciones. Este factor de fragmentación del hábitat también nos puede indicar que las poblaciones estuvieron interconectadas, o que se han perdido irremediablemente algunas poblaciones que pudieron servir de puente genético entre los tres grupos de poblaciones encontrados.

En estos momentos nos encontramos realizando un estudio del efecto de las distancias entre poblaciones y su cercanía a sitios de cultivo y a ríos. Una vez concluido este análisis los resultados le serán enviados a CONABIO.

Una primera apreciación de la situación de dispersión de las poblaciones y sus características demográficas indica que las poblaciones están sujetas a presiones humanas por su cercanía a zonas de cultivo y poblados, así como por la extracción comercial de individuos de gran porte. A pesar de que las poblaciones son aparentemente estables (la $\lambda = 1.10$), la muy baja densidad en San Lorenzito 1 (16) y Ejido la Reforma (60) puede acelerar el proceso de extinción de estas 2 poblaciones.

Para poder dar recomendaciones y conclusiones definitivas, es necesario que el estudio continúe por un segundo año (básicamente para ver patrones de mortalidad), y así con la visita anual de los sitios permanentes poder mejorar la simulación de la dinámica poblacional.

8. OTROS RESULTADOS

8.1 Tesistas:

El tesista de licenciatura en Biología Fidencio López Camacho del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria defendió y aprobó el 7 de Marzo de 1997 su tesis: Estudio

Ecológico y Demográfico de *Obregonia denegrii* Fric (Cactaceae), en el Valle de Jaumave, Tamaulipas. Su trabajo de campo fue financiado parcialmente por CONABIO (se anexa portada y hoja de agradecimientos).

La otra tesista incorporada al proyecto (Pas. Biól Larisa Loya) con la tesis: Estudios de polinización en *Ariocarpus trigonus* se encuentra en fase de escritura y se espera que se gradúe el mes de Abril del presente año.

8.2 Congresos y publicaciones:

Se presentó una ponencia sobre plantas en peligro de extinción y reservas de la biosfera en el X Festival de la Naturaleza en Aguadilla, Puerto Rico.

Se presentó exitosamente una ponencia sobre factores que afectan la viabilidad de dos cactáceas amenazadas en México, en la reunión conjunta de la Ecological Society of America y la Society for Conservation Biology en Rhode Island, USA.

Se espera publicar los resultados de este análisis una vez concluido el segundo año de colecta de datos (Octubre 1997).

Se someterá una versión corta de este trabajo al premio estatal de ciencia y tecnología en Tamaulipas.

9. RESTRICCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información generada en el presente proyecto se considerará de uso restringido al equipo de trabajo de la Universidad Autónoma de Tamaulipas hasta la publicación de los mismos (Octubre 1997). Posteriormente serán de acceso a investigadores certificados por CONABIO con previa autorización del director del proyecto.

CONCLUSIONES

1. *Ariocarpus trigonus* es una especie de distribución restringida al Noreste de México, con su principal centro de distribución en el Valle de Jaumave, Tamaulipas, donde un total de 11 poblaciones con aproximadamente 35,000 individuos fueron detectados.

2. Las poblaciones de *A. trigonus* difieren en tamaño y extensión cubierta. Las plantas presentan una relación planta-nodrizas aparente más no exclusiva, por lo que más la salud de la población que su sobrevivencia dependen del buen estado de las plantas nodrizas.
3. Los análisis térmicos de las plantas indican que pese a poder termorregular a sol abierto, presentan mejores características aquellas que se encuentran en sitios sombreados, apoyando estos resultados la hipótesis de la relación planta-nodrizas.
3. *A. trigonus* es una especie polinizada principalmente por abejas, y la germinación de los individuos se da fundamentalmente en semillas producto de polinización animal aunque no se excluye la autopolinización.
4. Las poblaciones aparentemente son viables, pero la complejidad en la fragmentación del hábitat y sus bajos índices de reclutamiento sugieren que la especie debe continuar como una especie protegida.
5. Los estudios con la especie deben continuar para mejorar los modelos planteados.

BIBLIOGRAFÍA

- Cochran, W. 1982. Técnicas de muestreo. CECSA, México.
- Cochran, M., and S. Ellner. 1992. Simple methods for calculating age-based life history parameters for stage - structured populations. *Ecological Monographs* 62(3):345-364
- Gilpin, M.E., and M.E. Soulé. 1986. Minimum viable populations: processes of species extinction. Pages 19-34 in M.E. Soulé, editor. Conservation Biology, the science of scarcity and diversity. Sinauer, Sunderland, Massachusetts, USA.
- Lesica, P. 1992. Autoecology of the endangered plant *Howellia aquatilis*; implications for management and reserve design. *Ecological Applications* 2(4):411-421
- Lesica, P., and Allendorf, F.W. 1992. Are small populations of plants worth preserving?. *Conservation Biology*. 6(1):135-139.
- Ludwig, J., and J. Reynolds. 1988. Statistical Ecology. Wiley Int. N.Y.
- Martínez, A.G., H. Suzán, and C.A. Salazar. 1993. Aspectos ecológicos y demográficos de *Ariocarpus trigonus* (Weber) Shumann. *Cact. Succ. Mex.* 38(2):30-38.

Martínez, A.G., H.Suzán, and C.A.Salazar. 1994. Aspectos ecológicos y demográficos de *Neolloydia pseudopectinata* (Backeberg) E.F. Anderson. *Cact. Succ. Mex.* 39(2):27-33

Menges, E.S. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. Conservation Biology. 4(1):52-61

Nabhan, G., D.House, H.Suzán, W.Hodgson, L.Hernández, and G.Malda. 1991. Conservation and use of rare wild plants by traditional cultures of the U.S./Mexico border states. Pages 127- 146 in M.L.Oldfield, and J.Alcorn, editors. Biodiversity, culture, conservation, and ecodevelopment. Westview, S. Fr.

Nabhan G.P., and H.Suzán. 1994. Boundary effects on endangered Cacti and their nurse plants in and near a Sonoran desert biosphere reserve. Pages 55-67 in G.P.Nabhan and J.L.Carr, editors. Ironwood: An ecological and cultural keystone of the Sonoran Desert. Conservation International Occasional Paper no 1.

Palmer, M.E. 1987. A critical look at rare plant monitoring in the U.S.A. Biological Conservation. 6:137-127

Rugiero, L. 1994. Viability analysis in biological evaluations: concepts of population viability analysis, biological population, and ecological scale. Conservation biology. 8(2): 364-372

Sánchez Mejorada, H. 1987. Observación sobre el estado de conservación de doce especies de cactáceas amenazadas del noreste de México. *Cact. Succ. Mex.* 32:61-71

Silvertown, J., M. Franco, and F. Menges. 1996. Interpretation of elasticity matrices as an aid to the management of plant populations for conservation. *Conservation Biology* 10(2) 591:598

Suzán, H., G. Malda, J.Jiménez, L.Hernández, M.Martínez, y G.Nabhan. 1989. Evaluación de plantas amenazadas y en peligro de extinción en Tamaulipas. *BIOTAM* 1(1):20-27.

Suzán, H., G.Nabhan, and D.T.Patten. 1994. Nurse plant and floral biology of a rare night blooming cereus, *Peniocereus striatus* (Brandege) F.Buxbaum. *Conservation Biology* 8:461-470.

Zar, J. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice Hall. N.Y.

APENDICE

1. Clave de especies:

Acacia farnesiana = Acfa

Acacia funkiana = Acfu

Acacia gregii = Acgr

Acacia rigidula = Acri

Agave lechuguilla = Agle

Ariocarpus trigonus = Artr

Astrophytum myriostigma = Asmy

Castella tortuosa = Cato

Cercidium praecox = Cepr

Cordia boissieri = Cobo

Croton niveus = Crni

Dalea lutea = Dalu

Echinocactus platyacanthus = Ecpl

Euphorbia antisiphylitica = Euan

Ferocactus hamathacanthus = Feha

Ferocactus rafaensis = Fera

Flourensia cernua = Flce

Galfibia glauca = Gagl.

Hechtia glomerata = Hegl

Helieta parvifolia = Hepa

Jatropha dioica = Jadi

Karwinskia humboldtiana = Kahu

Koeberlinia spinosa = Kosp

Leucophillum texanum = Lete

Lycium sp = Ly??

Lippia berlandieri = Libe

Lippia dulcis = Lidu

Mammillaria heyderi = Mahe

Mammillaria picta = Mapi

Mimosa monancistra. = Mimo

Mimosa sp2 = Mis2

Neopringlea integrifolia = Nein

Obregonia denegrii = Obde

Opuntia leptocaulis = Ople

Opuntia lindeinieri = Opli

Opuntia microdasys = Opmi

Prosopis leavigata = Prle

Yuca filifera = Yufi

Zapotaceae = Zap?

*Nota: aquellas especies señaladas con interrogaciones ?? (p.ej. Ly??) solo se tiene la identificación a género.