

ANÁLISIS ECOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL
ECCULTIVO DE AGAVE (Agave lechugilla,
A. atrovirens y A. Salmiana) EN EL NORTE DE
ZACATECAS.

RODOLFO RUIZ REYNA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

JUNIO DE 1999



BIBLIOTECA
SANTO G. REYNATO
BANCO DE TESIS
U. A. A. N.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

ANÁLISIS ECOLÓGICO Y PRODUCTIVO DEL ECOCULTIVO DE AGAVE
(*Agave lechuguilla*, *A. atrovierens* y *A. salmiana*) EN EL NORTE DE
ZACATECAS.

TESIS

POR

RODOLFO RUIZ REYNA

Elaborada Bajo la Supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada
Como Requisito Parcial Para Optar al Grado de:

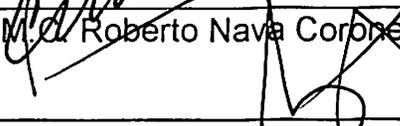
MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES

COMITE PARTICULAR

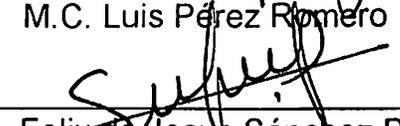
Asesor Principal:


M. Roberto Nava Coronel

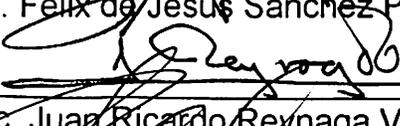
Vocal:


M.C. Luis Pérez Romero

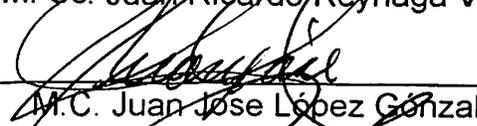
Vocal:

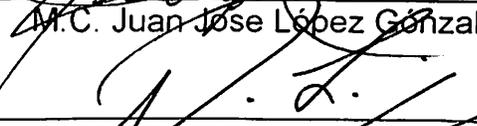

M.C. Felix de Jesus Sánchez Pérez

Vocal:

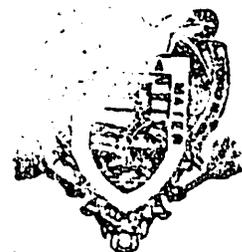

M. Sc. Juan Ricardo Reynaga Váldez

Vocal:


M.C. Juan José López González.


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado

Buenavista , Saltillo, Coahuila, Junio de 1999



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.

DEDICATORIA

A MI PADRE

Quien fomentó al hombre cultivando en el niño y el joven los valores y principios de la vida y el trabajo. Eres hombre que a mi ver amalgama experiencia, sabiduría, rectitud y honestidad; merecedor de todos mis respetos y admiración.

A MI MADRE

Por que sé que siempre contaré con su comprensión, rezos y amor incondicional en cualquier difícil momento y situación que su hijo viva.

A MI BELLA ESPOSA

Por que lucha a mi lado hombro a hombro por forjar nuestros sueños y decide por su propio consentimiento compartir conmigo todos los matices que la vida nos depara.

A MI HIJA

Que es la concepción de amor, felicidad, fe y esperanza hecho un Ser. Por que me haces entender el Ciclo de la Vida.

A MIS HERMANAS

Por los lazos fraternos de amor que ni tiempo ni distancia romperán y por que compartimos juntos los imborrables momentos de una hermosa y añorada niñez.

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho este espacio para expresar toda mi gratitud no sólo por su participación en este trabajo; sino también por sus enseñanzas tanto dentro como fuera de aula al Maestro Roberto Nava Coronel. Agradezco el privilegio de sentirmepreciado con su amistad la cual me a valido para que aspire ser un competente profesional.

Un sincero reconocimiento a: M.C. Luis Pérez Romero, M.Sc. Ricardo Reynaga Váldez y M.C. Juan José López por su experiencia y vocación hacia el descubrimiento de la naturaleza y la enseñanza de ella. Agradezco infinitamente sus aportaciones y asesoría para enriquecer este documento.

Del departamento de Estadística agradezco la asesoría siempre cordial del M.C. Felix de Jesús Sánchez Pérez.

Al Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro tanto al personal de investigación, docentes y secretarias que siempre fueron agradablemente serviciales.

Al personal del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas por el apoyo y disponibilidad otorgada para el desarrollo de trabajo de campo.

A la Fundación Ecológica Mexicana A.C. por brindarme apoyo y ambiente privilegiado para la culminación y desarrollo de este trabajo.

COMPENDIO

Análisis Ecológico y Productivo del Ecocultivo de Agave (*Agave lechuguilla*, *A. atrovierens* y *A. salmiana*) en el Norte de Zacatecas.

POR

RODOLFO RUIZ REYNA

MAESTRIA
MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARÍA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 1999.

M.C. Roberto Nava Coronel -Asesor-

Palabras claves: Ecocultivo, Agave, *A. lechuguilla*, *A. atrovierens*, *A. salmiana*, ixtle, aguamiel, tasa de cambio poblacional, micrositio, zonas áridas y semiáridas.

Con los objetivos de 1) Caracterizar el desarrollo y la dinámica poblacional de los ecocultivos de *Agave lechuguilla* y *Agave atrovierens*. 2) Evaluar la productividad de importancia antropogénica de *A. lechuguilla*, *A. atrovierens* y *A. salmiana*. 3) Analizar las condiciones del micrositio del suelo en el manejo de estos agaves con criterios de ecocultivos bajo análisis físico y de la composición florística de plantas hemicriptófitas como indicativo del mejoramiento del microhábitat.

Se obtuvieron registros de número de individuos y fecha de establecimiento, se tomaron datos cuantitativos de los ecocultivos de *A. lechuguilla* y *A. atrovierens*, especies asociadas actualmente, edad del ecocultivo, descripción de manejo y diseño de arquitecturas con ello se elaboró la estadística descriptiva de los ecocultivos de *A.*

lechuguilla y *A. atrovierens*. Se estimó la dinámica de población tanto como la tasa de cambio poblacional. En el análisis productivo de *Agave lechuguilla* se consideraron las plantas que mostraron un adecuado tamaño de cogollo para ser cosechado y estimar la producción de fibra. De doce magueyes cosechados se midió la producción de aguamiel en dos diferentes épocas y dos diferentes especies, se analizó estadísticamente comparación con un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerándose como factores especie de maguey, época de cosecha y toma de muestra del día.

Para el análisis del suelo del micrositio en los ecocultivos se realizó un estudio físico de suelo en el laboratorio. Y en el campo se utilizó la presencia de fitocenosis asociada como indicador de la sucesión del hábitat; comparandose con una área que fue igual de devastada que las anteriores sin posteriormente aplicar el concepto. Las especies asociadas se identificaron y se estimó su frecuencia y cobertura.

El estudio demuestra el alto establecimiento de estos agaves siendo de 100 y 92 por ciento de éxito para *A. lechuguilla* y *A. atrovierens* respectivamente al igual que su alto grado de permanencia y resistencia al medio durante nueve (*A. atrovierens*) y doce años (*A. lechuguilla*). La producción de hijuelos por planta corresponde a nueve para *A. lechuguilla* y diez para *A. atrovierens*, mostrando ambos sistemas una tasa de cambio poblacional positiva de 0.66 y 1.02 respectivamente. Del total de la población de *A. lechuguilla* sólo el 10.15 por ciento de plantas mostraron atributos para considerarse cosechables y para el ecocultivo *A. atrovierens* este fue de 2.17 puntos porcentuales. Respecto a la producción de aguamiel esta obtuvo un promedio de 112.16 lt en un período de 51 días promedio. Siendo la época de primavera la que

más días productivos y mayor cantidad de aguamiel produce en comparación al otoño. En confrontación entre *A. atrovierens* y *A. salmiana* se encontró diferencia de producción favoreciendo al segundo hasta por 47 por ciento. De las dos cosechas que se realizan al día la toma de la mañana resultó ser mayor hasta un nueve por ciento que la toma de la tarde.

En el análisis físico de suelo solamente en cantidad de materia orgánica se encontró diferencia entre manejo de ecocultivos y áreas sin manejo. Para los aspectos de textura y densidad aparente no hubo diferencia que sea atribuida al manejo. Se encontró en el análisis de micrositio en el campo mayor cantidad de especies asociadas en el área de ecocultivos que en el área no tratada.

ABSTRACT

Ecological & Productivity Analysis of Agave's Ecocrop (*Agave lechuguilla*, *A. atrovierens*, *A. salmiana*) In The Northeastern Zacatecas.

BY

RODOLFO RUIZ REYNA

MASTER OF SCIENCE
RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNE 1999.

M.C. ROBERTO NAVA CORONEL -Adviser-

keywords: Ecocrop, *Agave*, *Lechuguilla agave*, pulque agave, *A. salmiana*, ixtle fiber, aguamiel (honey water), population rate, microsite, arid and semiarid.

The objectives of the research were 1) To characterize the development and the population dynamic of *Lechuguilla agave* and pulque agave as treated as ecocrop 2) To evaluate productivity from centric importance of *Lechuguilla agave*, Pulque agave and *Agave spp.* 3) To examine the conditions of soil microsite's in the management of these agaves as ecocrop criterion throughout the soil physic attributes and the florist composition of grasses plants as an indicative of the microhabitat improvement.

Some data have been gathered with respect the number of individuals, the date in which the species were established, associated species, ecocrop's age, management description and architecture design to elaborate the descriptive statistic.

The population dynamic and the rate population change were estimated. for the productive analysis the *Lechuguilla agave* were included the plants that showed the central part of the plant to be harvest and to estimate the ixtle or fibre production. From twelve magueys harved the aguamiel production were evaluated in two differents seasons and two differents species, these were examined whit a completely randomised design with a factorial arrangement, considering as a factors: specie of *Agave*, harvest's season and daily harvest of honey water (aguamiel).

Whit respect to the analysis of the microsite research in the ecocrops a survey was made to the soil in the laboratory and in the study area the phytocenosis were used as an indicator of the succession habitat; confronting with an area that was depleted in past without applied the ecocrup concept. The associated specie were identify and it's frequency and cover were estimated.

This research shows high establishment settlement of these agaves having 100 and 92 percent of success for *A. lechuguilla* and *A. atrovierens* respectably as it's highest degree of permanency and resistance at the environments throughout nine (pulque agave) an twelve years (*Lechuguilla agave*). The productions of shooty were nine for *Lechuguilla agave* and 10 for pulque agave, showing both systems a change from positive 0.66 and 1.02 population rate respectably. From the total of the *Lechuguilla agave* population, only the 10.15 percent of the plants showed attributes to be harvest and for the ecocrop of pulque *Agave*. were 2.17 percentage. In honey water production the average were 112.16 It in a period of 51 days. For the spring season showed the highest production of honey water and with more day of production days than autumn season. The comparation between *A. atrovierens* and

A. salmiana showed that the latter had a difference in production with a 47 percentage. From the two harvest that were done per day the morning harvest ended with nine percent of honey water than the afternoon harvest.

In the natural field survey only in the organic matter showed difference between ecocrop management and areas without being management as ecocrop. The texture and density showed no difference an attribute with respect to management. In the analysis of microsite were found more quantity of associated specie than in the areas that hasn't been managed as ecocrop.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
ECOCULTIVOS.....	5
<u>ECOCULTIVO DE <i>Agave lechuguilla</i></u>	7
ORIGEN Y ARQUITECTURA DEL ECOCULTIVO DE <i>Agave lechuguilla</i>	8
PRODUCCIÓN DE CANALIZACIÓN ANTRÓPICA EN EL ECOCULTIVO DE <i>Agave lechuguilla</i>	9
<u>ECOCULTIVO DE MAGUEY</u>	11
ORIGEN DEL ECOCULTIVO DE MAGUEY	12
ARQUITECTURA PARA ECOCULTIVO DE MAGUEY	13
PRODUCCIÓN DE CANALIZACIÓN ANTRÓPICA DEL MAGUEY.....	14
<u>PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL</u>	16
<u>MICROSITIO EN ECOCULTIVOS</u>	16
MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
<u>MACROLOCALIZACIÓN</u>	19
<u>MICROLOCALIZACIÓN</u>	19
<u>CLIMA</u>	22
<u>TOPOLOGÍA</u>	22
<u>HIDROLOGÍA</u>	23
<u>VEGETACIÓN</u>	23
<u>FAUNA</u>	25
METODOLOGÍA.....	25
<u>RECONOCIMIENTO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE LOS ECOSISTEMAS</u>	25
DINÁMICA DE POBLACIÓN	26
<u>ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE IMPORTANCIA ANTRÓPICA</u>	28
PRODUCCIÓN DE COGOLLOS EN <i>Agave lechuguilla</i>	28
PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL EN <i>Agave salmiana</i> y <i>A. atrovierens</i>	28
<u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL</u>	29
<u>ANÁLISIS DEL MICROSITIO</u>	30
ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO DE MICROSITIO.....	30
ANÁLISIS DE MICROSITIO POR ESPECIE INDICADORA	31
RESULTADOS.....	32
RECONOCIMIENTO DE ECOCULTIVOS DE AGAVE.....	32

<u>ECOCULTIVOS DE <i>Agave lechuguilla</i></u>	32
DATOS GENERALES.....	32
DATOS PRODUCTIVOS.....	33
<u>DINÁMICA DE POBLACIÓN</u>	33
<u>TASA DE CAMBIO POBLACIONAL</u>	34
<u>PRODUCCIÓN DE COGOLLOS PARA IXLTE</u>	34
<u>ECOCULTIVO DE MAGUEY</u>	35
DATOS GENERALES.....	35
DATOS DE PRODUCCIÓN.....	36
<u>DINÁMICA DE POBLACIÓN</u>	36
<u>TASA DE CAMBIO POBLACIONAL</u>	37
<u>PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL EN ECOCULTIVOS</u>	37
PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL.....	37
DÍAS PRODUCTIVOS DE AGUAMIEL.....	41
<u>EFFECTOS MICROAMBIENTALES EN ECOCULTIVOS DE AGAVE</u>	44
ANÁLISIS FÍSICO DE SUELO EN LABORATORIO.....	44
<u>TEXTURA DE SUELOS</u>	44
<u>DENSIDAD APARENTE</u>	45
<u>MATERIA ORGÁNICA</u>	45
ANÁLISIS CUALITATIVO DE SUELO CON RESPECTO A FITOCENOSIS ASOCIADA.....	46
<u>COMPOSICIÓN FITOCENOSICA</u>	47
DISCUSIÓN.....	48
<u>ESTABLECIMIENTO DE ECOCULTIVO DE AGAVES</u>	48
<u>PERMANENCIA DE ECOCULTIVOS DE AGAVE</u>	49
<u>ARQUITECTURA POBLACIONAL DE ECOCULTIVOS DE AGAVE</u>	49
<u>GRADO DE ARTIFICIALIZACIÓN EN EL MANEJO ECOCULTIVOS DE AGAVE</u>	50
<u>DINÁMICA POBLACIONAL</u>	51
TASA DE CAMBIO POBLACIONAL.....	52
<u>PRODUCCIÓN ANTROPOGÉNICA</u>	54
PRODUCCIÓN DE COGOLLOS PARA IXTLE.....	54
PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL EN ECOCULTIVO DE MAGUEY.....	55
<u>POBLACIÓN COSECHABLE</u>	55
<u>PRODUCCIÓN DE AGUAMIEL</u>	56
DÍAS PRODUCTIVOS DE AGUAMIEL.....	57
COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE AGUAMIEL.....	59
<u>EFFECTOS MICROAMBIENTALES</u>	59
ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO.....	59
ANÁLISIS CUALITATIVO DE SUELO CON RESPECTO A FITOCENOSIS ASOCIADA.....	60
<u>COMPOSICIÓN BOTANICA</u>	60
COCLUSIÓN.....	62
RESUMEN.....	64
LITERATURA CITADA.....	67
APÉNDICE A.....	73
APÉNDICE B.....	79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Página
2.1	Productividad y costos de cosecha en ecosistemas puros de <i>Agave lechuguilla</i> , Campo Experimental Noria de Guadalupe , Zacatecas. 1975 (Nava <i>et al</i> ; 1977).	10
2.2	Composición química y características físicas de <i>Agave atrovierens</i> y <i>A. salmiana</i> en el sur de Coahuila (González, 1994).	15
3.1	Especificaciones pertinentes sobre el material de estudio del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN.....	26
3.2	Fecha de castración e inicio de producción de aguamiel en ecocultivos de maguey en el campo experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN.....	29
4.1	Caracterización de comportamiento de los ecocultivos de lechuguilla y maguey establecidos en el Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996.	34
4.2	Datos de producción de aguamiel en ecocultivos de <i>Agave salmiana</i> y <i>A. atrovierens</i> y dos épocas de cosecha. Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.....	38
4.3	Análisis físico de suelo provenientes de manejo con ecocultivo de Agaves y sin manejo de criterio de ecocultivo. Laboratorio de Suelos de la UAAAN 1997.	45
4.4	Cobertura y frecuencia de especies gramíneas asociadas a los ecocultivos de lechuguilla , maguey y sin manejo de este criterio. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
3.1	Representación geográfica de la República Mexicana destacando la localización del Municipio de Concepción del Oro, Zacatecas.....	20
3.2	Representación gráfica del Campo Experimental Noria de Guadalupe. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.....	21
4.1	Representación gráficas en vista horizontal de la distribución de elementos de <i>Agave lechuguilla</i> en una unidad muestral de un metro cuadrado.....	33
4.2	Representación gráfica en vista horizontal de distribución de plantas de maguey en una unidad muestral de un metro cuadrado.....	36
4.3	Efecto de la producción de aguamiel (<i>Agave spp.</i>) sobre dos épocas de cosecha. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.....	39
4.4	Efecto de la especie de maguey sobre la producción total de aguamiel por maguey. Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.....	40
4.5	Producción total de aguamiel de ambos magueyes en diferentes tomas de muestra: mañana y tarde. Campo Experimental Noria de Guadalupe. UAAAN. 1996-1997.....	40
4.6	Comportamiento interaccional de la producción de aguamiel de la época sobre <i>Agave salmiana</i> y <i>A. atrovierens</i> . Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.....	41
4.7	Influencia de la época sobre el número de días productivos de maguey. Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.....	42
4.8	Efecto de la época y especie de ecocultivos de maguey sobre la producción acumulada de aguamiel. Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN.....	42

4.9	Tendencia de comportamiento de producción de aguamiel promedio diaria de Noria de Guadalupe, Zacatecas. 1996 - 1997	44
4.10	Contenido de materia orgánica de suelos provenientes de manejo de ecocultivos con agaves y suelo sin aplicar el concepto. Campo Experimental Noria de Guadalupe. UAAAN.	46

INTRODUCCIÓN

En el ámbito rural del desierto chihuahuense en sus zonas áridas y semiáridas la vida de sus habitantes es difícil donde las pocas actividades económicas que actualmente se realizan sólo son con el fin de alcanzar la subsistencia a causa de un medio degradado y poco productivo por lo que estos pobladores en su mayoría viven en extrema pobreza.

La degradación al medio y su poca o nula producción en estas áreas se debe al poco entendimiento de las interacciones de este sistema siendo el hombre el que a contribuido a transformar el medio en aras de una agricultura de temporal poco factible en estas zonas; la agricultura intensiva es la labor rural de mayor apego en realizar por el hombre rural, sin embargo; esta actividad es causa de excesivos cambios sin que se tome en cuenta la capacidad sustentadora del medio.

En otros casos la excesiva presión a los ecosistemas ejercida vía directa o zococosis, así como la subutilización de los recursos naturales renovables son causa también de degradación. En consecuencia se presenta una sucesión negativa que por lo general ocasiona menor producción canalizable al hombre.

Se debe considerar por lo tanto que el desarrollo productivo sostenible que se genere para estas zonas deba poseer estrecha relación con los recursos naturales

disponibles implementando un plan acorde a las condiciones reales socio, tecnoestructurales y biogeoestructurales del árido mexicano.

En recursos naturales renovables las estrategias de mejoramiento de la respuesta productiva de canalización antrópica se dividen en 1) adición de estímulo al sistema y 2) cambio de comportamiento del sistema (Nava *et al.*, 1996). La primera resulta ideal para ambientes privilegiados ya que para ambientes áridos y semiáridos la relación estímulo respuesta no es muy favorable. Por lo tanto mencionada estrategia empleada a estos ambientes exigiría excesiva aplicación de energía que se traduciría en una relación costo beneficio poco o nada redituable. La segunda estrategia consiste en organizar ciertos elementos bióticos y abióticos del ecosistema. El cambio se puede realizar modificando el número, dimensiones, forma de los elementos y cambiando la distribución espacial de los componentes. Dicha estrategia es la adecuada para ambientes desérticos. En un equilibrio de estos dos esquemas nacen los ecocultivos donde se modifican de manera simultánea estímulos y elementos bióticos y abióticos, de tal manera que se logre un nivel óptimo de productividad acorde al sistema. El concepto ecocultivo es un modelo moderno enfocado al manejo de áreas áridas y semiáridas en donde se plantea utilizar lo mejor de los ecosistemas naturales incluyendo tecnología concordante a la problemática ambiental.

Para un ecocultivo se requiere la utilización de plantas de importancia antrópica y que el desarrollo de las misma sea posible en las zonas áridas y semiáridas. Diversas plantas en ambientes naturales áridos han demostrado alto establecimiento y perdurabilidad en dichas zonas y además proporcionan un beneficio

directo al hombre como son cactáceas, yucca, candelilla, orégano y agaves por mencionar algunas.

Justificación

La justificación del presente trabajo estriba en la preponderante necesidad de obtener una producción segura que retribuya beneficio económico en los pobladores rurales de las zonas áridas y semiáridas del desierto chihuahuense mexicano. Las actividades económicas que se acostumbra a realizar son con un alto grado de probabilidad de fracaso. Las épocas críticas son recurrentes año con año teniendo constantemente períodos que van de cuatro a hasta ocho meses de nula precipitación. Por otro lado la falta de recursos de producción que caracteriza a estas gente no les permite agregar elevadas cantidades de estímulos que son exigidas en estos ambientes para proporcionar una producción altamente intensiva. Anexemos que cada día existe mayores áreas devastadas que resultan ser cada vez menos productivas.

Es por ello que con un enfoque sistémico se evalúan en este estudio; diseño de arquitecturas estructuradas por plantas de agave como principal interés por considerarlos elementos que son característicos del escenario de los pastizales áridos mexicanos del norte de México y su importancia también radica que a lo largo del tiempo estas han sido explotadas por el hombre de estas regiones en las épocas adversas. Sin embargo pese a estos atributos en general los habitantes rurales de esta zona no les a proporcionado un adecuado manejo para que les sean más productivo.

Objetivos.

Los objetivos que se plantea este trabajo son:

- Caracterizar el desarrollo y la dinámica poblacional de los ecocultivos de *Agave lechuguilla* y *A. atrovieren*.

H₀: Los ecocultivos de *Agave lechuguilla* y *A. atrovierens* no son factibles de desarrollo y de poseer atributos poblacionales de éxito en zonas semiáridas.

- Evaluar la productividad primaria neta de importancia antrópogenica de los ecocultivos de *Agave lechuguilla*, *A. atrovierens* y *A. salmiana*.

H₀: Con diseños arquitectonicos de agave en áreas semiáridas no existe producción que permita influir en el desarrollo sostenible del semiárido.

- Analizar las condiciones del micro-sitio del suelo en el manejo de los agaves con criterio de ecocultivos bajo análisis físico y de la composición florística de hemicriptofitas existentes como indicativo del mejoramiento del micro-hábitat del suelo.

H₀: No existe diferencia significativa de suelos atribuida al manejo de ecocultivos de agave que permita afirmar que existe una sucesión progresiva de mayor producción antropocéntrica.

REVISIÓN DE LITERATURA

Ecocultivos

El concepto ecocultivos se plantea como una opción al problema de productividad en ambientes desfavorables. Es un estilo de agricultura basado en el diseño de arquitecturas ecosistémicas susceptibles de producir rendimientos moderados pero sostenibles de alta canalización antrópica, sin requerir grandes inversiones energéticas externas (Gastó *et al.*, 1981).

Un ecocultivo debe contemplar el diseño del recurso natural e introducir arquitecturas que contengan el máximo de los atributos de los sistemas naturales simultáneamente con algunos de los buenos atributos de los sistemas cultivados. Los ecocultivos se basan en el diseño arquitectónico que no es otra cosa que el arreglo topológico de la materia y energía y representa las diferentes modalidades que puede tomar una estructura (Nava *et al.*, 1996).

Gastó *et al.*, (1981) definen a los ecocultivos como un estilo de agricultura de disclimax avanzado y moderada artificialización, siendo los elementos plantas de interés que se definen como esenciales para el ecocultivo más otras plantas que se asocian como complemento dando preferencia a estas en ocupar los nichos y territorios no ocupados sobre aquellas plantas que no tengan beneficio productivo antropocéntrico.

Esto es un beneficio en comparación a las actividades de agricultura y ganadería que se practica con alto riesgo y comúnmente con resultados erráticos en áreas semidesérticas (Villarreal, 1995).

Para el desierto chihuahuense que comprende principalmente los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, Chihuahua, Durango y Coahuila así como algunas regiones de Nuevo León y Tamaulipas; los ecocultivos podrían desarrollarse con alta posibilidad de éxito. Donde según Velasco (1991) las características generales de estas zonas en lluvias oscilan generalmente entre 200 y 450 mm por año en suelos mal drenados y concentraciones salinas elevadas.

Para aplicar este concepto se debe 1) determinar para cada sistema el grado de artificialización, 2) determinar la etapa y meta sucesional en que debe mantenerse el proceso, 3) Optimizar la tasa de estímulos y el nivel de cosecha y 4) es necesario plantearse formalmente los atributos que debe contener la transformación del ecosistema.

Molina *et al.*, (1996) señalan que un ecocultivo requiere la utilización de plantas de importancia antrópica y que el desarrollo de las mismas sea factible en las zonas áridas y semiáridas. Dependiendo del fin que tenga la cosecha el ecocultivo puede ser para uso directo del hombre, indirecto por medio del pastoreo y de uso industrial o farmacéutico. Y de esta depende la arquitectura diseñada y el propósito que esta tenga. Algunas especies fitocenósicas susceptibles de ecocultivar son: Maguey (*Agave spp*), la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), candelilla (*Euphorbia*

antisiphilitica), *Yucca*, (*Yucca filifera*) , Costilla de vaca (*Atriplex canescens*), nopales (*Opuntia spp*). Y como estas existen otras muchas que se pudieran aplicar al concepto.

En este caso se toman especies de plantas que por su estructura y su fisiología aseguren un éxito de establecimiento, producción y alta homeostasis, en condiciones adversas.

Ecocultivo de *Agave lechuguilla*

Debido a que *A lechuguilla* sea la planta más comúnmente observada en el desierto chihuahuense por su uso, adaptación y resistencia a este tipo de regiones la hacen favorables para realizar su ecocultivo.

La gran importancia socioeconómica que alcanza este agave (*A. lechuguilla*) es debido a que es la más cosechada para la producción de fibra por aproximadamente 200,000 habitantes de zonas rurales del Noreste de México (Nobel, 1998)

En términos generales se puede afirmar que la lechuguilla se desarrolla bien en las regiones áridas comprendidas entre los 200 y 2000 msnm, con una precipitación que varía de 150 a 350 mm anuales pudiendo resistir sequías de varios años al igual que resisten inundaciones y heladas que ocurren en el desierto chihuahuense (Cepeda, 1949).

Nava *et al.*, (1977) argumentan que la comunidad de fitocenosis de *A. lechuguilla* se caracteriza por presentar una alta diversidad de estratos en cuanto a altura y edades donde se incluyen elementos microfanerófitos. La diversidad de especies, estratos y el carácter multietáneo de las poblaciones le da una mayor homeostasis y es por ello que se recurre a menudo aún en épocas desfavorables a este tipo de comunidades que permite mantener a la población humana en condiciones de subsistencia. Los mismos autores añaden que el costo de funcionamiento como el de manutención es prácticamente nulo.

Los estímulos exógenos no son usuales en la región para estas plantas incluso en una investigación hecha por Linares (1991) al comparar producción de hojas al agregar diferentes cantidades y tipos de fertilizantes a poblaciones de lechuguilla encontró que este tiene moderada respuesta y en algunos casos insignificativa. Por lo general obtuvo la mejor respuesta al agregar dosis bajas de compuestos nitrogenados.

Origen y Arquitectura del Ecocultivo de *Agave lechuguilla*

Para dar lugar a una transformación exitosa Nava *et al.*, (1977) recomiendan tomar la arquitectura natural de matorral rosétofilo mezclado con otras fisonomías vegetales eliminando elementos adicionales de nanofanerófitas y microfanerófitas con el objeto de liberar territorio susceptible de ser ocupado por especies rosetófilas. Existen diversas estrategias para llegar a un ecocultivo de *A. lechuguilla* y cada una

con diferentes costos, probabilidades de éxitos y un tiempo muy variable en su establecimiento y funcionamiento.

Debido a que este origen es el más común la arquitectura contiene una fitocenosis multietáneas que da mayor homeostasis. Además debe esta población estar asociadas con especies de hemicriptófitas que deberán ser aprovechada por especies de ganado menor.

El objetivo práctico de esta arquitectura radica principalmente en darle la dimensión correcta a los elementos de la fitocenosis así, proporcionar el valor requerido al ecosistema en cuanto al diseño de elementos productivos de tejido de sostén y construir los horizontes foliares a la altura requerida, tanto para el manejo de nutrientes como para la producción de fibra (Nava y Pérez, 1989).

Producción de Canalización Antrópica en el Ecocultivo de *Agave lechuguilla*

Para Nava *et al.*, (1977) la meta que se persigue con la arquitectura de *A. lechuguilla* es de proporcionar mayor diversidad al sistema, donde aparentemente no se observa el beneficio de esta estrategia, pero en años de escasas lluvia es una alternativa de subsistencia en gran parte del árido chihuahuense.

El producto que se cosecha generalmente es el cogollo del cual se talla y se obtiene el ixtle o fibra que se utiliza en la industria del vestir, artesanal e industrial de la región. En el Cuadro 2.1. se muestran algunos datos productivos en un estudio realizado en Noria de Guadalupe Zacatecas.

Se sabe que los rendimientos en fibra son más alto y de mayor calidad en los terrenos de origen volcánico y en los suelos calizos bien drenados que en las llanuras arcillosas o ricas en substancias orgánicas (Mesa y Villanueva, 1949). El rendimiento por hectárea esta en función de la densidad, desarrollo de la planta, época del año y sistema de extracción (Fuentes, 1958).

Cuadro 2.1. Productividad y costo de cosecha en ecosistemas puros de *Agave lechuguilla*, Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas; en la temporada 1975 (Nava et al., 1977).

Atributos	Valor
• Peso seco de la fibra de cada cogollo	9.2 g
• Peso fresco del cogollo	195 g
• N° de cogollo por m ²	6.8
• kg/ha de fibra en pie	625.6
• kg de cosecha por día por persona	6
• kg de cosecha por hora	0.75

La cosecha del cogollo se efectúa varias veces en una misma planta las que se limitan a diez en una misma superficie lo que equivale a un corte cada 36 días, escogiéndose las plantas cuyo cogollo tienen las medidas requeridas para su explotación; los cortes están limitados por el crecimiento de los cogollos que tardan siete a 12 meses, una planta puede durar en producción aproximadamente de ocho a diez años. (Zamora, 1980).

Ecocultivo del Maguey

La planta de maguey reúne características de resistencia, adaptación y canalización antrópica que la hace ser una de las opciones de ecocultivo que aseguran éxito en el árido y semiárido. La misma estructura de la especie rosetófila de hojas o mejor conocidas como pencas en número de 30 a 50, cóncavas y de una longitud de 1 a 1.5 m de largo (Torres, 1995) causan que sea un gran interceptor de agua de lluvia encausandola hacia la base de esta para humedecer mejor el suelo donde se encuentran su sistema radical, además; las hojas están revestidas de una cutícula aperminada que ayuda al evitar la evapotranspiración.

La altitud en que el maguey se desarrolla perfectamente oscila entre los 2,200 y 2, 700 m es una planta resistente a las prolongadas sequías e inclemencias de las zonas semiáridas, puede vivir en terrenos muy pobres y poco húmedos. (Macedo, 1950).

Los estímulos externos como plagicidas y fertilizantes, enraizadores no es una práctica común para estas plantas. Por otro lado sea obtenido moderada respuesta al aplicar estos estímulos la mayor respuesta han sido sólo cuando se aplican estos compuestos con riego razón por la que hay que considerar este manejo en relación al costo beneficio. (Chávez, 1995; Martínez, 1996; Ramírez, 1996; Torres, 1995 y Zamora, 1997).

Origen del Ecocultivo de Maguey

Existe dos formas en las que se propaga el maguey, 1) por semillas y 2) por retoños hijuelos o mecuates. La primera forma a caído en deceso y en la actualidad nadie la práctica debido a que es más dilatada la obtención de plantas y además de que nacen diversas variedades de especies. El maguey tiene la particularidad de criar retoños o hijuelos que nacen de sus raíces; estos retoños también llamados mecuates, constituyen nuevas plantas, y es el método más usual en la reproducción del *Agave*.

Para dar origen al ecocultivo del maguey se realiza por lo general mediante la practica del transplante de hijuelos o mecuates; esta modalidad es la más económica y sencilla, reduciendose a sacar los renuevos ladeados y delgados que se encuentran comprimidos por la planta madre y transplantarlos en otros nichos (Macedo, 1950).

Ruvalcaba (1983) menciona que el maguey adulto da origen a un promedio de diez plantas si es que el terreno no es muy favorable para su desarrollo. Los hijuelos nacen aproximadamente después de los tres años de transplantada la planta madre a su lugar definido llegando a producir hasta tres o cuatros mecuates por año haciendo un total de diez a doce durante su vida.

En un terreno de cultivo intensivo abandonado en el que sólo existe especies primarias si se desea establecer un ecocultivo de maguey es necesario reintroducir esta especie y aún en un ecosistema natural de estado maduro para conducirlo al estado meta deseado con esta planta sería conveniente agregar elementos nuevos,

no obstante existan componentes de este ecocultivo en el sistema. Además por lo general los hijuelos de elementos bien establecidos deben ser reubicados para tener una mejor distribución espacial y dar forma a la arquitectura deseada.

El periodo desde el trasplante hasta su maduración toma alrededor de ocho a diez años dependiendo de las condiciones de humedad y puede disminuir el lapso de maduración cuando las lluvias son favorables en varios años consecutivos (Macedo 1950).

Arquitecturas para Ecocultivo de Maguey

La arquitectura a diseñar para dicho ecocultivo va a depender de los propósitos que esta tenga, por ejemplo; cortinas rompe vientos, extracción de aguamiel, forraje, aprovechamiento de estrata inferior, fibra. Para cualquiera que sea el propósito por lo general la modalidad es tranplantarlas en franjas siendo la distancia entre estas la que muy comúnmente varia. La distancia entre plantas que recomienda García (1991) es de 2.5 m para permitir un buen desarrollo de estas plantas.

Una arquitectura diseñada con corredores amplios a su vez permitiría pastorear ganado sin dañar al ecocultivo, aprovechando la estrata de hemicriptófitas que se desarrollen conjuntamente. Es muy común observar que se utilicen franjas de maguey alternadas con una melga de cultivos pioneros en las rancherías y ejidos con el fin de evitar erosión o delimitar propiedades.

La estructura por edades en la arquitectura diseñada debe ser multitánea para asegurar una constante producción en el predio por parte del ecocultivo. La multitanedad según Gastó *et al.*, (1981) está fuertemente relacionada con la estabilidad del sistema asimismo con su tasa de renovación.

Producción de Canalización Antrópica del Maguey

Granados (1993) presenta una relación entre la cultura de los grupos étnicos que habitaban las zona áridas y semiáridas de México con la utilización del maguey que les proporcionaba alimento, bebida, vestido, las pencas y espinas se utilizaban como componente de herramientas, de viviendas y combustible. Los usos más comunes del maguey actualmente en cuanto a producción es para obtener fibras que son utilizadas en la industria del vestir alcanzando una nueva perspectiva artesanal que es bien cotizada, como forraje tosco para el ganado, la extracción de aguamiel del que se procesa el pulque o se consume de manera natural, dulce que produce el quiote al ser procesado. Por otro lado hasta algunas de sus plagas como el gusano blanco *Acentrocne me hesperiaris wilk* se vende como un exquisito y caro manjar (Perez, 1980).

Martinez (1994) recomienda usar el maguey en temporadas de sequía como emergente y en la dieta diaria de animales complementándolo con otros forrajes de fácil adquisición para bajar los costos de alimentación.

El mismo autor reporta que el maguey posee un alto índice de producción en verde por ha por año y de regular a baja en base a materia seca para la región Sur de Coahuila, reportando en producción en verde 93.38 ton/ha y 11.41 ton/ha de materia seca para *A. Salmiana*. Y para *A. atrovierens* 54.98 ton/ha peso en verde y 6.11 ton/ha producción de materia seca.

González (1994) en su estudio realiza una comparación química y física para estos magueyes que se muestran a continuación en el Cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Composición química y características físicas de *Agave atrovierens* y *A. salmiana* en el sur de Coahuila (González, 1994).

Variable	<i>Agave atrovierens</i>	<i>Agave salmiana</i>
• Materia seca. ton/ha	10.37	11.14
• Proteína ton/ha	04.46	04.62
• E.L.N. %	57.90	57.13
• Extracto etéreo %	01.39	01.33
• Fibra %	19.68	17.24
• Cenizas %	16.09	20.51
• Ancho de penca. cm.	30.53	37.80
• Altura de planta. m.	02.03	02.62
• Número de pencas	55.9	46.00
• Largo de penca m.	01.24	01.71
• Peso de penca. kg.	05.66	12.18
• Peso de la piña y meyote kg.	214.00	245.00

Producción de Aguamiel. El aguamiel es la savia del maguey que se obtiene para ingerirla natural o para elaborar el pulque, para ello se interrumpe el desarrollo normal de la planta por medio de la práctica de la castración (Monroy, 1992). Nobel, 1998 asevera que la clave es la acumulación de carbohidratos, como azúcares y almidones; seleccionando plantas maduras de entre diez y doce años.

Monroy (1992) señala que el tiempo de duración de producción es de tres meses y a la tercera semana alcanza su máxima producción. Mientras tanto Nobel (1998) afirma que la extracción de aguamiel tiene una duración de entre dos y seis meses con una producción entre 400 a 1000 lt de aguamiel.

Micrositio en Ecocultivos.

Existe una heterogenidad del suelo incluso en cortas distancias, un suelo puede variar significativamente en nutrientes, disponibilidad de agua, concentración de iones tóxicos y otros factores que afectan los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas. (Charley, 1972; Charley y West, 1975; Tiedemann y Klemmedson, 1977).

Refiriendose a arbustos Pérez *et al.*, (1993) sostienen que se ha llegado a establecer que debajo del dosel de las plantas existe una mayor cantidad de nutrientes que los encontrados en espacios abiertos entre ellos. Es decir, se presentan mayores valores de todas las propiedades químicas debajo del dosel y estas decrecen con el incremento de la distancia de la planta. Por otra parte también se modifican las propiedades físicas del suelo, siendo las más importantes la

estructura del suelo. Mejorando ésta como resultado del incremento de la materia orgánica y actividad de microorganismos.

Estos micrositios cercanos a las plantas pueden ser considerados como sitios seguros ó islas de fertilidad. Harper (1977) describe al sitio seguro como aquellos micrositios viables para la germinación y establecimiento de plantas.

Garner y Steinberger (1989) mencionan que la isla de fertilidad no solamente son el punto de concentración de nitrógeno, sino de igual manera concentra la humedad, mayor contenido de materia orgánica la cual reduce el escurrimiento y la pérdida de nitrógeno en el suelo, mayor sombra, reducción de temperatura diurna y además mejora la fuente de alimento para zoocenosis con una importante interacción entre la micro, meso y macrofauna. Romey *et al.* (1980) estudiando diferentes sitios encontraron diferencias altamente significativas entre áreas bajo arbustos y suelo desnudo en base a diferentes propiedades químicas del suelo entre ellas la conductividad eléctrica, potasio intercambiable, carbón, nitrógeno orgánico y disponibilidad de fósforo. Resultando con mayor fertilidad de suelo aquellas debajo de la cubierta de la vegetación.

García y Mckell (1970) afirman que la acumulación de partes de la planta y partículas finas del suelo adicionan de manera significativa materia orgánica a la planta, así; la acumulación de mantillo proviene de hierbas y zacates anuales que se desarrollan bajo la protección del arbusto; contribuyen a la generación superficial de materia orgánica e incrementan el nitrógeno del suelo bajo la cubierta de cada planta creando las islas de fertilidad.

Rubio (1997) encontró diferencia altamente significativa de nutrientes en un estudio realizado en suelos de Noria de Guadalupe comparando aquellos provenientes de islas de fertilidad que resultaron favorecidos contra aquellos de origen de suelos desnudos, aseverando también que los primeros contenían un mayor banco de semillas.

La cubierta vegetal permanente, de alta fitomasa en pie, tal como en los ecocultivos, con un desarrollo radical abundante y con una cubierta densa de mantillo, es importante para mantener un adecuado balance hídrico según Gastó *et al.*, (1981).

Debido a lo anterior es que se ha inferido que la transformación de ecosistemas en zonas áridas y semiáridas tendrá éxito siempre que sean aprovechando estos microsítios para generar sistemas más productivos (Pérez ,1990; Pérez *et al.*, 1993, Rubio, 1997).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Área de estudio

Macrolocalización

El presente trabajo se realizó en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe” propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El predio se localiza en la región Noreste del estado de Zacatecas (Ver Figura 3.1) en el municipio de Concepción del Oro; la propiedad forma parte de la cuenca endorréica conocida como valle de san Tiburcio. Las coordenadas son 24° 21' latitud Norte 101° 22' Longitud Oeste. Su altitud varía de 1850 a 1780 m.

Microlocalización

El predio se encuentra por la carretera federal número 54, a 35 km aproximadamente de Concepción del Oro, en dirección a Zacatecas. Las dimensiones del terreno son de 3058 m de largo por 528 m de ancho; contando con 30 divisiones de aproximadamente 200 por 500 m cada uno en donde se encuentran diferentes arquitecturas productivas (Ver Figura 3.2).

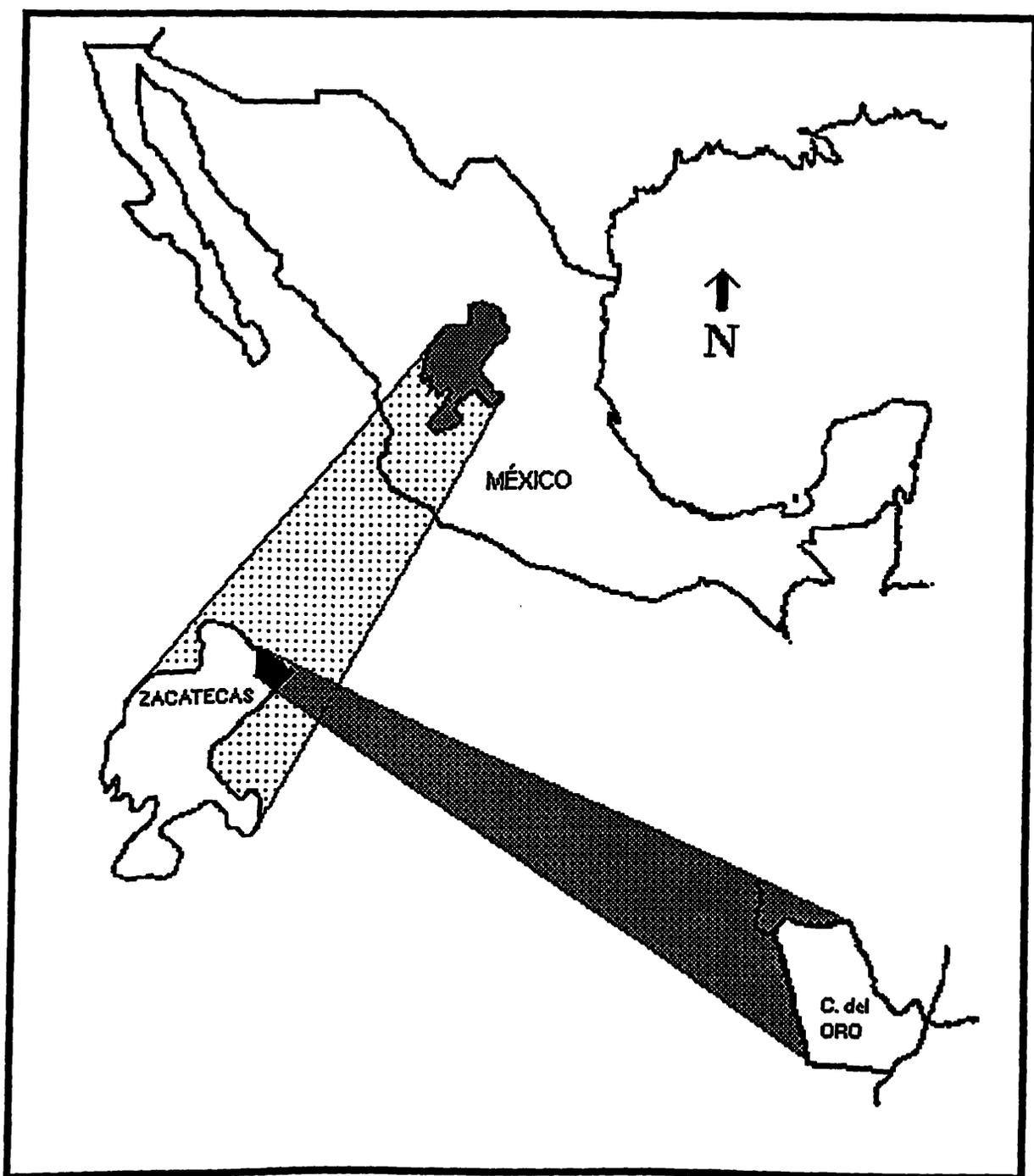


Figura 3.1. Representación geográfica de la República Mexicana destacando la localización del Municipio de Concepción del Oro, Zacatecas.

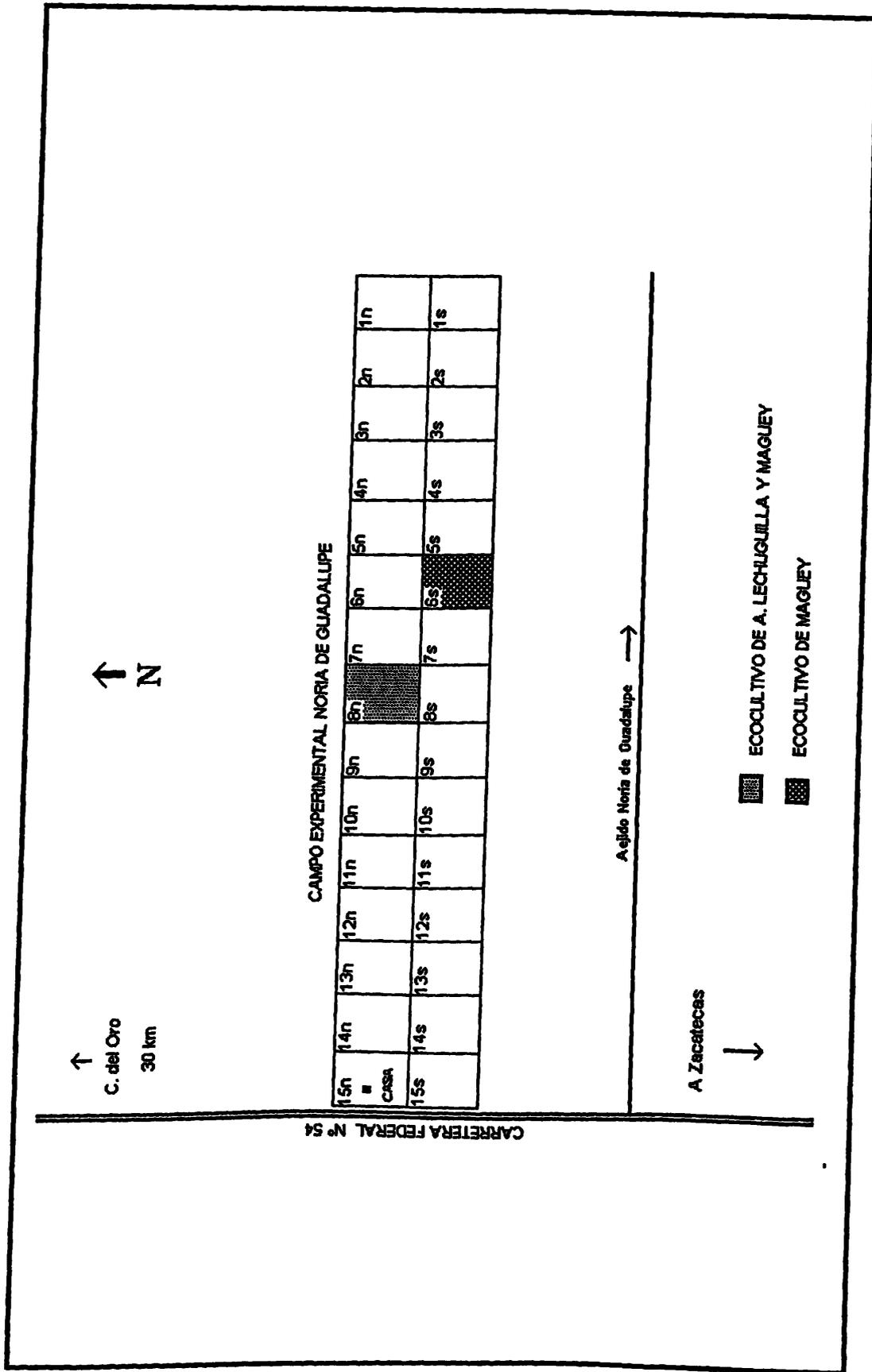


Figura 3.2. Representación gráfica del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Clima

El clima para esta zona es clasificado como: BS_o Kx' (e') (seco templado extremo, con lluvias escasas todo el año.), la temperatura promedio anual corresponde a 14.8 ° C. Con una máxima de 22.2 °C. y mínima de 7.6 °C; el periodo de heladas es de octubre a abril con temperaturas de hasta -6°C. la precipitación media anual es de 209.6 mm. siendo julio el mes más lluvioso y marzo el mes más seco (Mendoza, 1983). La temperatura media y precipitación registradas en el área durante la tomas de muestra de producción de aguamiel se presentan en las Figuras B 1 y B 2.

Topología

Rodriguez y Gavande (1976) caracterizan las condiciones topológicas considerando que el campo posee un relieve regular (tres a cuatro por ciento), muy poco accidentado y ligeramente pedregoso. Con materia parental caliza; suelos con textura de migajón que se encuentra dentro del grupo de las arenas; en cuanto a partículas la arena se encuentra en mayor producción, luego el limo y por ultimo las arcillas, con cantidades variantes entre cinco y 20 por ciento, capacidad de infiltración de 3.5 a 10 cm/hr, densidad aparente de 1.4 gr/cm , los contenidos de materia orgánica encontrados son medianamente pobres de uno a cuatro por ciento; en Nitrógeno los contenidos son de 1046 a 1620 kg/ha (extremadamente pobre a pobre). El fósforo va de 23 a 55.8 kg/ha medianamente pobres). En cuanto a Potasio es

extremadamente rico con 1120 kg/ha de Potasio intercambiable; el pH va de medio a ligeramente alcalino con valores de 7.7. a 7.9.

Hidrología

En el predio no existe corrientes superficiales permanentes, recibiendo sólo escurrimientos de sierras cercanas. Actualmente en el potrero 3N se encuentra un pozo el cual tiene gasto sólo para uso doméstico.

Vegetación

Vázquez *et al.* (1996) registran seis grandes comunidades de plantas para el área de estudio y la zona inmediata de influencia:

- 1) Pastizal hálfito, dominan los zacates alcalinos (*Sporobolus airoides*), navajita azul, (*Bouteloua gracilis*), rizado (*Panicum hallii*), zacate mesquite (*Panicum obtusum*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), junco (*Koeberlinia spinosa*) y tasajillo (*Opuntia leptocaulis*); se localizan en las planices y áreas de inundación.

- 2) Matorral Halófito, son comunes los arbustos como la jauja (*Suaeda palmeri*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y zacate alcalino (*Sporobolus airoides*), los cuales se observan sobre suelos arcillosos de piedemonte.

- 3) Matorral de Yucca-Opuntia, representado por la palma china (*Yucca filifera*), huizache (*Acacia farnesiana*), nopal cardón (*Opuntia streptacantha*), nopal cuijo (*Opuntia cantabrigiensis*), gatuño (*Acacia gregii*) y mariola (*Parthenium incanum*), con algunos zacates perennes como el búfalo (*Buchlōe dactyloides*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), banderita (*Bouteloua curtipendula*), temprano (*Setaria leucopila*) y gigante (*Leptochloa dubia*).

- 4) Matorral de Agave-Parthenium, dominado por lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guayule (*Phartenium argentatum*), engordacabras (*Dalea bicolor*), albarda (*Fouquieria splendens*) y candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*). Se registran también algunos zacates como el banderita (*Bouteloua curtipendula*), rizado (*Panicum hallii*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), colorado (*Heteropogon contortus*) y algunas especies del género *Stipa*.

- 5) Matorral de Larrea-Flourensia, representado en una amplia superficie y dominado por arbustos como la gobernadora (*Larrea tridentata*) y hojasén (*Flourensia cernua*) los cuales se asocian con algunos zacates como el navajita azul (*B. gracilis*), banderita (*B. curtipendula*), temprano (*S. leucopila*), gigante (*L. dubia*) y búfalo (*B. dactyloides*).

- 6) Bosque de Pino-Piñonero, en el cual se incorpora de forma abundante el pino piñonero (*Pinus cembroides*), palma samandoca (*Yucca*

carnerosana) y el juniperos (*Juniperus monosperma*) así como también algunos zacates como el banderita (*B. curtispindula*), navajita velluda (*B. hirsuta*), lobero (*Lycurus phleoides*), aparejo (*Muhlenbergia repens*).

Fauna

Algunos animales silvestres encontrados por Gonzalez (1975) en el área de influencia del Campo son: Lagartija (*Sauromalus y diososaurus*), escorpión (*Heloderma*), víbora de cascabel (*Crotalus*), huiloita (*Zenaidura*), liebre (*Lepus*), conejo (*Sylvilagus*), ardilla de tierra (*Spermophilus*), rata canguro (*Dipodomys*), ratón de campo (*Peromyscus*), rata (*Syngmodon*), zorra (*Vulpes, Urocyon*), mapache (*Procyon*), coyote (*Canis latrans*), zorrillo (*Silogate, Mephitis, Conepatus*) y venado cola blanca (*Odocoiles virginianus*), puma (*Felis concolor*) y lince (*Lynx*).

Metodología

Reconocimiento Cualitativo y Cuantitativo de los Ecosistemas

Se obtuvo de registros de actividades del campo experimental los datos de fecha de establecimiento de los ecocultivos de maguey y lechuguilla ubicados en el potrero ocho norte y seis sur (Ver cuadro 3.1); los cuales tuvieron un establecimiento artificial es decir el terreno fue completamente deshierbado para originar este ecocultivo. Se tomaron datos cuantitativos de elementos, especies fitocenosis

asociada, edad del ecocultivo, descripción del manejo, descripción del diseño de arquitectura y con ello se elaboró la estadística descriptiva de cada ecosistema.

Cuadro 3.1. Especificaciones pertinentes sobre el material de estudio del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN

Especificación	lechuguilla	Maguey
• Fecha de estudio	10/08/1996	10/08/1996
• Establecimiento	Primavera 1984	Primavera 1987
• Ubicación	Potrero 8 Norte	Potrero 6 Sur
• Dimensiones	3000m ²	10500m ²
• Arquitectura	758 plantas origen transplantadas en 2x2 m	500 plantas origen transplantadas en 7x3 m

Dinámica de Población

De los ecosistemas seleccionados tanto de maguey como lechuguilla se tomó una muestra aleatoria representativa de cada población apoyado en un muestreo para la estimación de la media poblacional, bajo un esquema de muestreo simple aleatorio sin remplazo y con igual de posibilidad.

$$n = \frac{NZ^2S^2}{Nd^2 + Z^2S^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.

N = Tamaño de la Población.

Z = Grado de confiabilidad deseado ($P \leq 0.05$).

S^2 = Varianza obtenida en la muestra piloto.

d^2 = Grado de precisión propuesto (± 2 plantas).

Se consideró como la unidad de muestro a la planta madre que fue ecocultivada. Se realizó un conteo de hijuelos para cada unidad de muestra las cuales fueron fijadas para los demás objetivos del estudio, al igual que se observó el estado de la planta madre e hijuelos diferenciándolos vivos o muertos en base a esto se estimó la tasa de natalidad, de mortandad y cambio poblacional de acuerdo a la siguientes fórmulas:

$$\eta = \frac{n_{T1} - n_{T0}}{n_{T0}(t)}$$

Donde:

η = Tasa de natalidad

n_{T1} =Población estimada de plantas por natalidad a la fecha muestreo

n_{T0} = Número de plantas que dieron origen al ecocultivo.

t = Tiempo en años desde el establecimiento a la fecha de muestreo.

$$d = \frac{n_d - n_{i1}}{n_{i1}(t)}$$

d = Tasa de mortandad

n_d = Población de plantas estimadas muertas a la fecha de muestreo.

n_{i1} = Población estimada de plantas por natalidad a la fecha de muestreo.

t = Tiempo en años desde establecimiento a la fecha de muestreo.

Entonces:

$$r = \eta - d$$

Donde:

r = Tasa de cambio poblacional.

η = Es la tasa de natalidad.

d = Es la tasa de mortalidad.

Análisis de Producción de Importancia Antrópica

Para estimar la producción promedio de ixtle del ecocultivo de lechuguilla se corto el cogollo de las plantas que se encontraban en las unidades de muestras que fueron seleccionadas en muestreo simple aleatorio sin remplazo con igual probabilidad; se seleccionaron aquellos cogollos que cumplían las características deseadas para la cosecha de acuerdo a lo comúnmente practicado en la región, para después estimar el tamaño promedio de los cogollos cosechados.

Producción de Aguamiel en *A. salmiana* y *A. atrovierens*

De las plantas factibles de producción se seleccionaron 12 magueyes de los cuales se practicó el castrado para la extracción de aguamiel; el cual se tomó diariamente en dos colectas al día. Los magueyes cosechados fueron seis magueyes *A. atrovierens* (potrero ocho norte) siendo tres para el periodo otoño-invierno de 1996 y tres para el periodo de primavera-verano de 1997 (Ver fecha de inicio de

producción en el Cuadro 3.1). De igual manera se dividieron los seis restantes de *A. salmiana*.

Cuadro 3.2. Fecha de castrado e inicio de producción de aguamiel en ecocultivos de maguey en el campo experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN.

	Otoño				Primavera			
	A. atrovierens		A. salmiana		A. atrovierens		A. salmiana	
	castrado	inicio	castrado	inicio	castrado	inicio	castrado	inicio
1	21/10/96	22/10/96	04/10/96	05/11/96	21/04/97	22/04/97	21/04/97	22/04/97
2	21/10/96	23/10/96	04/10/96	06/11/96	21/04/97	22/04/97	21/04/97	22/04/97
3	04/10/96	05/11/96	19/10/96	20/11/96	21/04/97	22/04/97	21/04/97	22/04/97

Análisis Estadístico de la Producción de Aguamiel. Bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2^3 con tres repeticiones, considerándose como factores especie de maguey, época de cosecha y toma del día se analizaron los datos de producción de aguamiel bajo el modelo:

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \lambda_k + \alpha\lambda_{ik} + \beta\lambda_{jk} + \alpha\beta\lambda_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

$i =$ (otoño, primavera)

$j =$ (*A. atrovierens*, *A. salmiana*)

$K =$ (Muestra de mañana, Muestra en tarde)

$l =$ (1,...r)

Para analizar los datos de diferencia en días de producción se utilizó un arreglo factorial 2^2 con tres repeticiones los factores de influencia a considerar fueron época y especie de maguey bajo el modelo:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

i = (otoño, primavera)

j = (*A. atrovirens*, *A. salmiana*)

K = (1,... r)

Análisis del Micrositio.

Análisis Físico del Suelo de Micrositio

Para evaluar si estos ecocultivos son factor de mejoramiento del hábitat del micrositio de suelo en el que prosperen especies de progresión en la sucesión secundaria se realizó en cada parcela (de las mismas establecidas fijamente) en los ecocultivos de lechuguilla (tratamiento 1) y del maguey (tratamiento 2) del potrero ocho norte y por último una muestra de suelo sin manejo de ecocultivo aledaño del mismo potrero que al igual en un principio fue devastada toda la fitocenosis existente (tratamiento 3); con tres repeticiones cada uno de aproximadamente de un metro cuadrado, se analizó el suelo correspondiente a cada ecosistema; determinándose materia orgánica por el método de Walkey-Black, textura por el método de Hidrómetro de Bouyoucos (1962) y la densidad aparente, que fueron realizados en los laboratorios del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". La toma de muestra de suelo en maguey y lechuguilla se procuró que fuera lo más cercana posible a la planta madre y con una profundidad aproximada de 15 cm y posteriormente se realizó un análisis en un diseño completamente al azar para las variables de materia orgánica y densidad aparente bajo el siguiente modelo lineal:

$$y_{ij} = \mu + \delta_i + \varepsilon_{ij}$$

$i=(1,2,3\dots\text{tratamientos})$

$j=(1,2\dots\text{repeticiones})$

Análisis de Micrositio por Especies Indicadoras

Para el análisis de suelo de cada micrositio de una manera cualitativa se utilizó la presencia de fitocenosis asociada a cada ecosistema como indicador de sucesión del hábitat. Se utilizó de las parcelas previamente fijadas aleatoriamente siete unidades de muestreo para cada ecosistema (1.Ecocultivo de lechuguilla, 2. Ecocultivo de Maguey 3. Sin manejo de ecocultivo). Utilizando la técnica de Línea de Canfield (1941) se estimó la cobertura para cada una de las muestras considerando sólo a las gramíneas midiendo el área basal que interceptaba la línea. Se tiraron seis líneas para cada unidad de muestra con un metro de largo cada una. La fórmula para estimar cobertura se consideró:

$$\hat{C} = \left(\frac{\sum L_2}{L_1} \right) 100$$

\hat{C} = Porcentaje de cobertura.

L_1 = Suma Longitud de línea que es interceptada por gramíneas.

L_2 = Longitud total de línea.

Por otro lado se obtuvo también la frecuencia en que se presentaba cada especie por unidad de muestra de los ecocultivos todo ello para elaborar un listado de la composición botánica al área de influencia de las plantas del ecocultivo.

RESULTADOS

Reconocimiento de Ecocultivos de *Agave*

Ecocultivo de *Agave lechuguilla*.

Datos Generales.

Actualmente el ecosistema posee una estructura compuesta por nuevos elementos de interés distribuidos alrededor de la planta madre proyectando una distribución de mayor aleatoriedad en el sistema como se ejemplifica en la Figura 4.1. donde se aprecia la distribución de *A. lechuguilla* en una unidad muestral de un metro cuadrado.

El ecocultivo se encuentra asociado con fitocenosis de tipo hemicriptófito como zacate navajita yesosa (*Bouteloua karwinskii*), zacate navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), zacate borreguero (*Dasyochloa pulchella*), zacate agujilla blanca (*Stipa leucotricha*), Zacate gigante (*Leptochloa dubia*) y Zacate temprano (*Setaria leucopila*). Estas gramíneas crecen muy cercanos y entre los elementos fitocenósicos de interés de este ecocultivo.

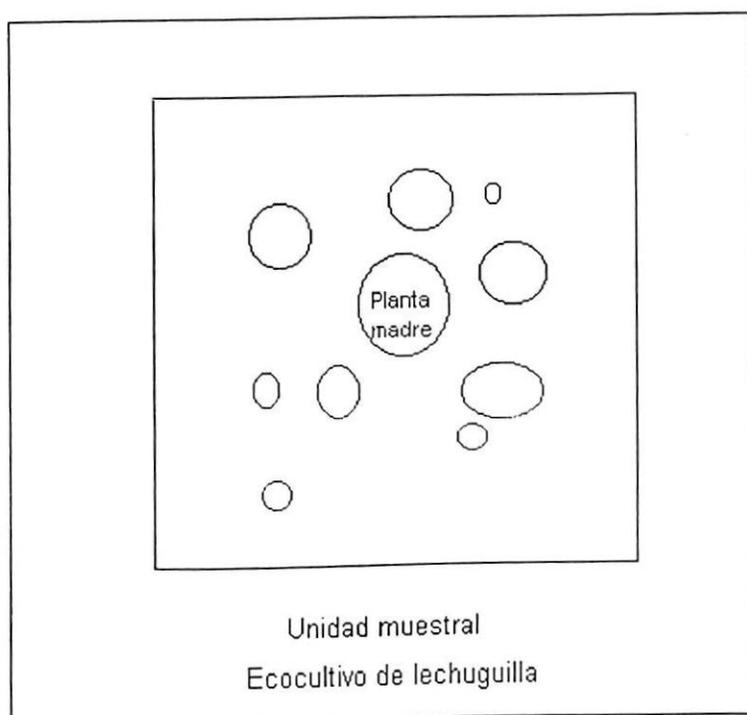


Figura 4.1 Representación gráfica en vista horizontal de la distribución de elementos de *Agave lechuguilla* en una unidad muestral de un metro cuadrado.

Datos Productivos

Dinámica de Población. Los datos de algunos aspectos de producción relacionados con la dinámica poblacional se presentan en el Cuadro 4.1. Se observa que el éxito de establecimiento para este ecocultivo fue de 100 por ciento, el porcentaje de plantas madres vivas de 87.69. La producción de hijuelos por planta es de 9.6 ± 2 hijuelos con una confiabilidad del 95 por ciento. Las Plantas en floración y mortandad corresponden a: 12.30 y 10.76 por ciento respectivamente.

Tasa de Cambio Poblacional. La tasa de cambio poblacional (r) es de 0.66 considerando una migración igual a cero, la tasa de natalidad de 0.76 y tasa de mortandad arrojada es de 0.09 en 12 años.

Cuadro 4.1. Caracterización de comportamiento de los ecocultivos de lechuguilla y maguey establecidos en el Campo experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996.

Variable	E. lechuguilla	E. maguey
• Edad del ecocultivo en años.	12	9
• Población inicial	758	500
• Población total estimada	6900	5027
• Éxito de establecimiento.	100 %	92 %
• Plantas madres encontradas vivas.	87.69 %	88 %
• Producción de hijuelos por planta.	9.2 ± 2 $s^2 = 36.77$	10.17 ± 2 $s^2 = 20.36$
• Plantas en floración.	12.30 %	2.27 %
• Porcentaje de mortandad.	10.76 %	2.17 %
• Porcentaje de plantas susceptible de cosecha.	10.15 %	2.17 %
• Tamaño del cogollo.	44.82 cm $s^2 = 24.04$	-

Producción de Cogollos para Ixtle. El porcentaje de encontrar alguna plantas susceptibles de cosechar su cogollo por cada unidad de muestra (planta madre ecocultivada más hijuelos) es de 66.15, resultando que en su totalidad la planta madre poseía los atributos necesarios para ser cosechada y el 34.88 por ciento de estas últimas al menos uno de los hijuelos contaba con características deseables. En

promedio se encontró 0.97 plantas susceptible de cosechar por unidad de muestra ($s^2=0.90$). Con lo anterior se infiere que en el total de la población de 6900 plantas se encontraban 735 plantas aceptables para cosechar hasta la fecha de toma de datos. El tamaño de cogollos producidos para este ecosistema es de 44.82 cm (s^2 de 24.04) y crecimiento promedio de cogollos después de cosechados a los 321 días de 13.42 cm bajo una varianza de 10.82. la producción de fibra estimada para esta población es de 23 kg por hectarea.

Ecocultivo de Maguey

Datos generales

En la actualidad nuevos integrantes de la especie se han agregado al sistema como consecuencia del proceso de reproducción vegetativa. Estos componentes nacen muy cercanos a la base de la planta madre sufriendo a la vez una compresión por parte de esta. En resultado la distribución de la población es tendiente a formar una conglomeración compactada alrededor de las plantas establecidas uniformemente en amplios corredores (Figura 4.2)

Entre los corredores y entre las plantas se ha originado una comunidad de gramíneas compuestas en su mayoría por especies como *Bouteloua karwinski* (navajita yesosa) y *leptochloa dubia* (zacate gigante) principalmente.

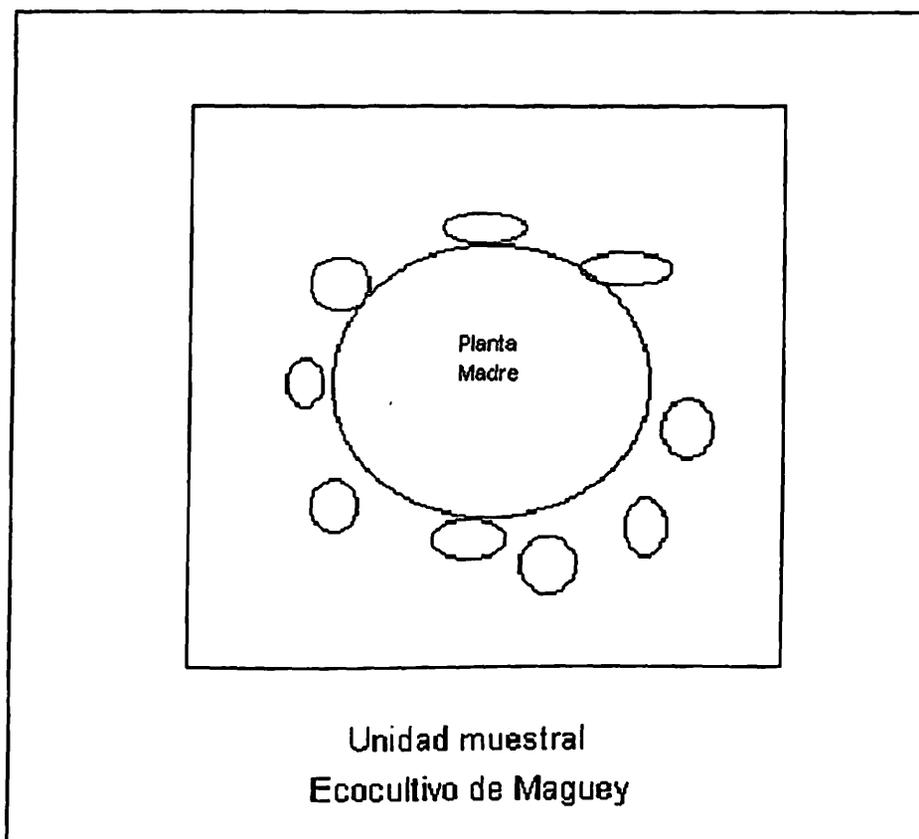


Figura 4.2 Representación gráfica en vista horizontal de distribución de plantas de maguey en una unidad muestral de un metro cuadrado.

Datos de Producción

Dinámica de Población: El éxito de establecimiento para este ecocultivo es de un 92 por ciento de plantas. El porcentaje de plantas madres encontradas vivas hasta la fecha de toma de datos es de un 88 de las cuales 2.27 por ciento se encontraron en floración. La producción de hijuelos o mecuates para los nueve años ha sido un promedio de 10.17 ± 2 por planta madre, la mortandad corresponde a un 2.17 por ciento (Véase Cuadro 4.1).

Tasa de Cambio Poblacional: La tasa de cambio poblacional para este ecocultivo de maguey a los nueve años es de 1.02. La migración igual a cero, tasas de natalidad y tasa de mortandad arrojaron resultados de 1.13 y 0.11 respectivamente.

Producción de Aguamiel en Ecocultivos: En total el 2.17 por ciento (Cuadro 4.1) después de nueve años se considera que reunieron los requisitos de tamaño y madurez adecuados para extraer aguamiel. Se estima que hasta esta fecha existía una población de 5027 plantas de las cuales aproximadamente 99 reúnen características para ser cosechadas en un área de 10500 m².

Producción de Aguamiel: La concentración de información en producción de aguamiel se encuentran plasmados en el Cuadro 4.2. El promedio de producción total de ambas especies de magueyes fue de 112.162 litros. El ANVA (Cuadro A 1.) demostró diferencia con 99 por ciento de confiabilidad presentando un coeficiente de variabilidad de 11.73 por ciento en producción entre temporadas al igual que entre especies no así para las tomas de cosecha mañana y tarde donde la prueba no encontró diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

La prueba de medias según Tukey ($P \leq 0.01$) presenta a la temporada de primavera con mayor cantidad promedio de producción de ambos magueyes con 74.280 l de aguamiel contra 37.884 l que produce en promedio total por toma un maguey cosechado en época de otoño (Figura 4.3). Es decir en la época de primavera produce el doble en promedio que la producción en otoño.

Cuadro 4.2 Datos de producción de aguamiel en ecocultivos de *Agave salmiana* y *A. atrovierens* y dos épocas de cosecha. Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.

Variable	A. salmiana			A. Atrovierens			Ambos Magueyes		
	otoño	primavera	promedio	otoño	primavera	promedio	otoño	primavera	promedio
	49	56	52	43	59	51	46	57	51
• Días productivos	103.143	190.197	146.672	48.39	106.916	77.654	75.768	148.559	112.162
• Producción de aguamiel por maguey. l	2.105	3.396	2.820	1.124	1.812	1.646	1.647	2.606	2.180
• Producción de aguamiel por toma diaria. l.	1.052	1.698	1.410	0.562	0.906	0.823	0.823	1.303	1.090
• Producción de aguamiel en toma de mañana. l.	56.970	93.793	75.381	27.726	55.676	41.701	42.348	74.735	58.541
• Producción diaria en la mañana. l.	1.162	1.674	1.449	0.644	0.943	0.817	0.920	1.311	1.147
• Producción de aguamiel en toma de la tarde. l.	46.173	96.404	71.291	20.666	51.240	35.953	33.420	73.824	53.622
• Producción diaria por la tarde. l.	0.942	1.721	1.370	0.480	0.868	0.705	0.726	1.295	1.051

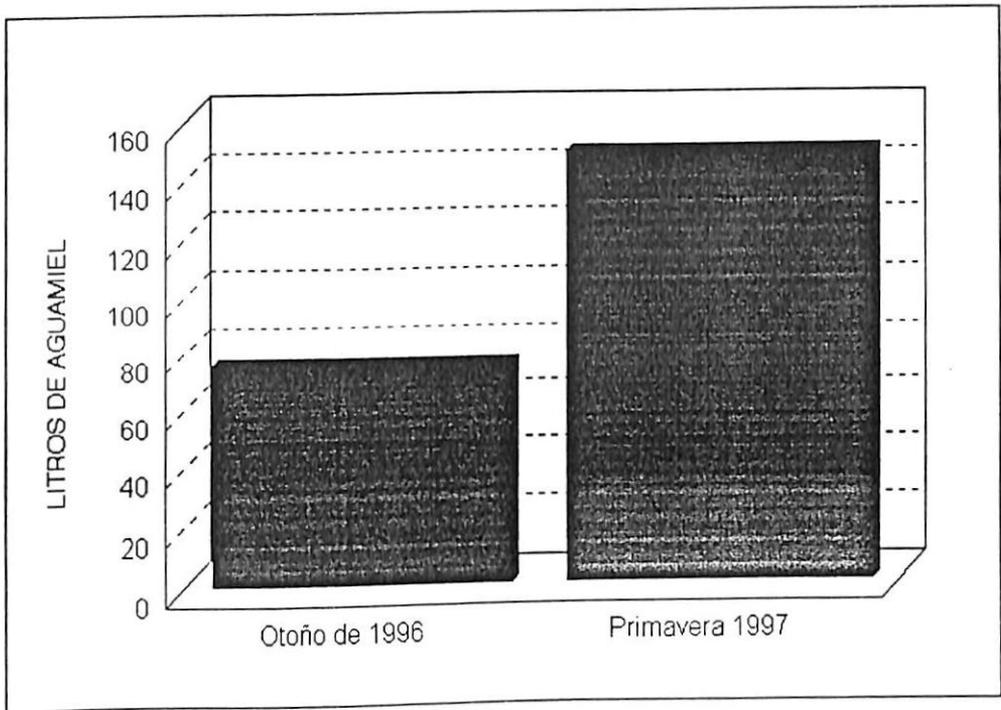


Figura 4.3. Efecto de la producción de aguamiel (*Agave* spp.) sobre dos épocas de cosechas. Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.

La misma prueba falla en favor del maguey manso (*A. salmiana*) con 146.672 l promedio de producción total por maguey que el *A. atovierens* el cual alcanzó apenas una producción de 77.654 l como se puede apreciar en la Figura 4.4. Así que *A. salmiana* marca una diferencia de 188 puntos porcentuales con respecto a *A. atovierens* (Cuadro 4.2).

En cuanto al factor cosecha del día: mañana y tarde, el ANVA (Cuadro A 1.) solamente presenta diferencia a una confiabilidad menor de 92 por ciento. En este caso extrayéndose mayor cantidad de aguamiel acumulada por la mañana con 58.541 l total promedio por ambos magueyes que en la tarde con 53.622 l (Ver Figura 4.5).

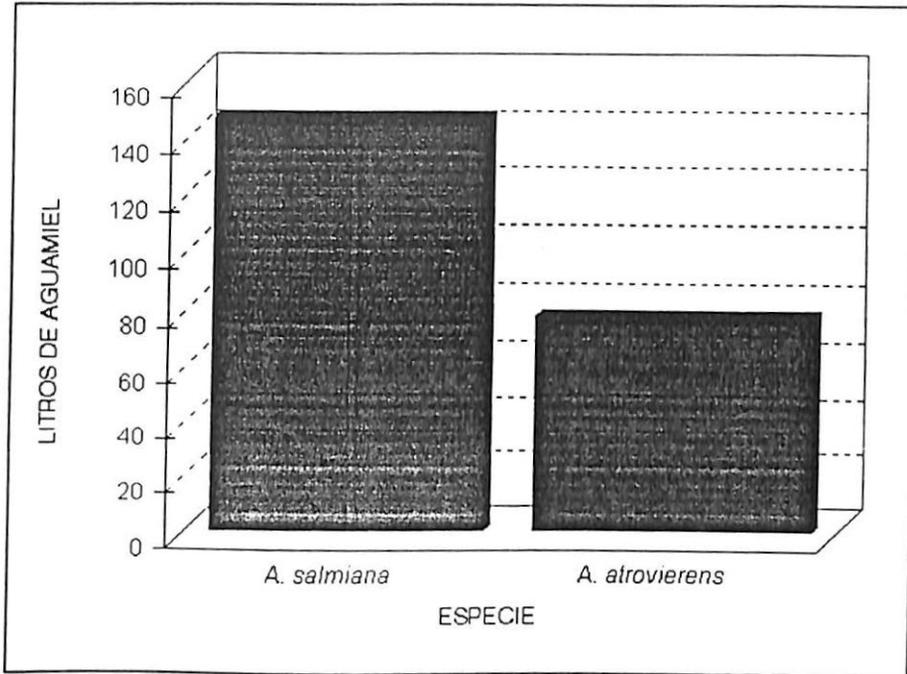


Figura 4.4. Efecto de la especie del maguey sobre la producción total de aguamiel por maguey. Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997

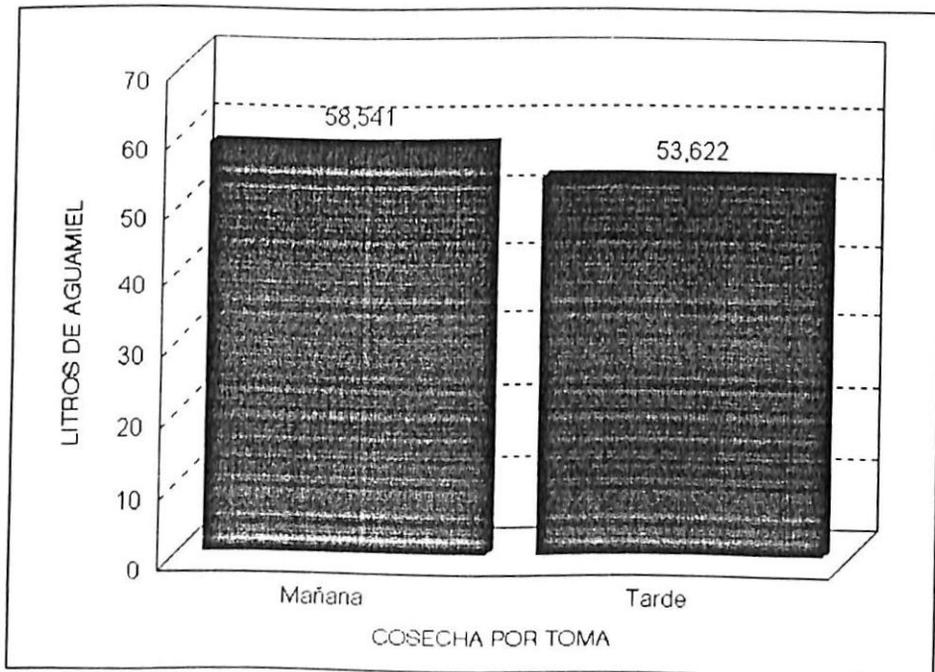


Figura 4.5. Producción total de aguamiel de ambos magueyes en diferentes tomas de muestras: mañana y tarde. Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.

La interacción temporada por especie presenta diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$). Presentando según Tukey que el *A. salmiana* en época de primavera proporciona la mayor producción promedio con 95.101 l seguido por la producción de este mismo en época de otoño y *A. atrovierens* en época de primavera con 53.458 l y 51.571 l respectivamente no mostrando diferencia entre ellos al 95 por ciento de confiabilidad; la producción de *A. atrovierens* en época de otoño resulta ser la menor con sólo 24.196 l producidos (Figura 4.6).

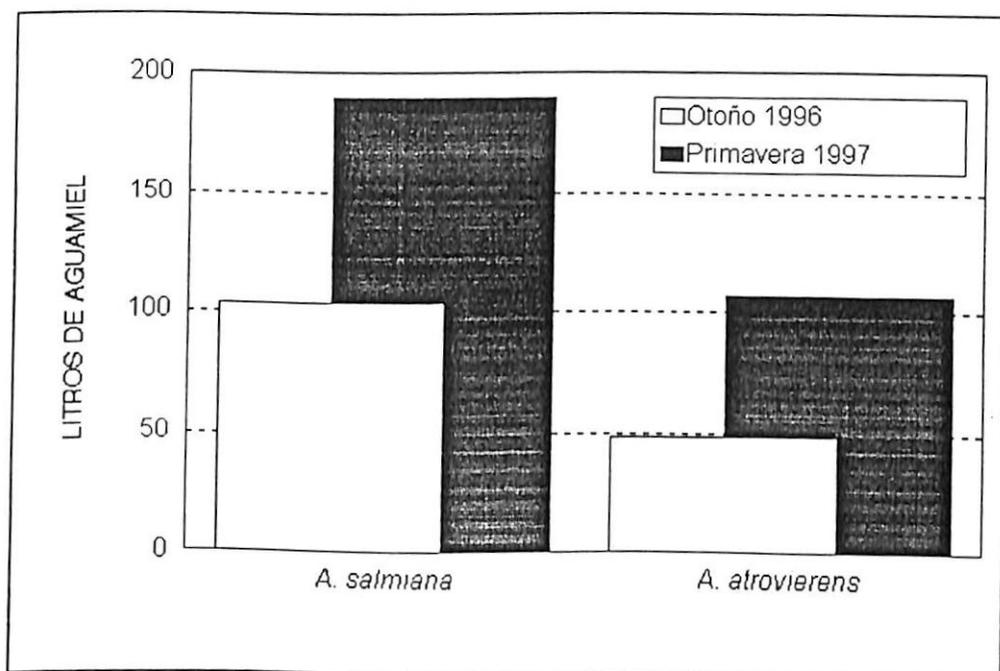


Figura 4.6. Comportamiento interaccional de la producción de aguamiel de la época sobre *Agave salmiana* y *A. atrovierens*. Noria de Guadalupe Zacatecas, 1996-1997.

Días Productivos de Aguamiel: Los datos de producción de aguamiel presentados por las plantas cosechadas se muestran en el Cuadro 4.2. El promedio es de 51 días productivos. En el Análisis de Varianza (ANVA) sobre épocas demuestra que existe

diferencia altamente significativa (Ver Cuadro A 2) entre épocas, según Tukey ($P \leq 0.01$) resulta tener más días productivos la época de primavera con 57 días de promedio; en comparación a otoño que tuvo en producción 46 días tal como se aprecia en la Figura 4.7.

Respecto a comparación entre especies *A. salmiana* y *A. atrovierens* el ANVA (Cuadro A 2) no registro diferencias significativa. Por otro lado si existe diferencia ($P \leq 0.05$) entre las interacciones por época y especie, encontrando en prueba de Tukey que en el *A. atrovierens* existe mayor número de días productivos que en otoño con medias de 59 y 42 días respectivamente. De igual forma sucede para *A. salmiana* donde el promedio para primavera es de 56 días y 49 días en otoño.

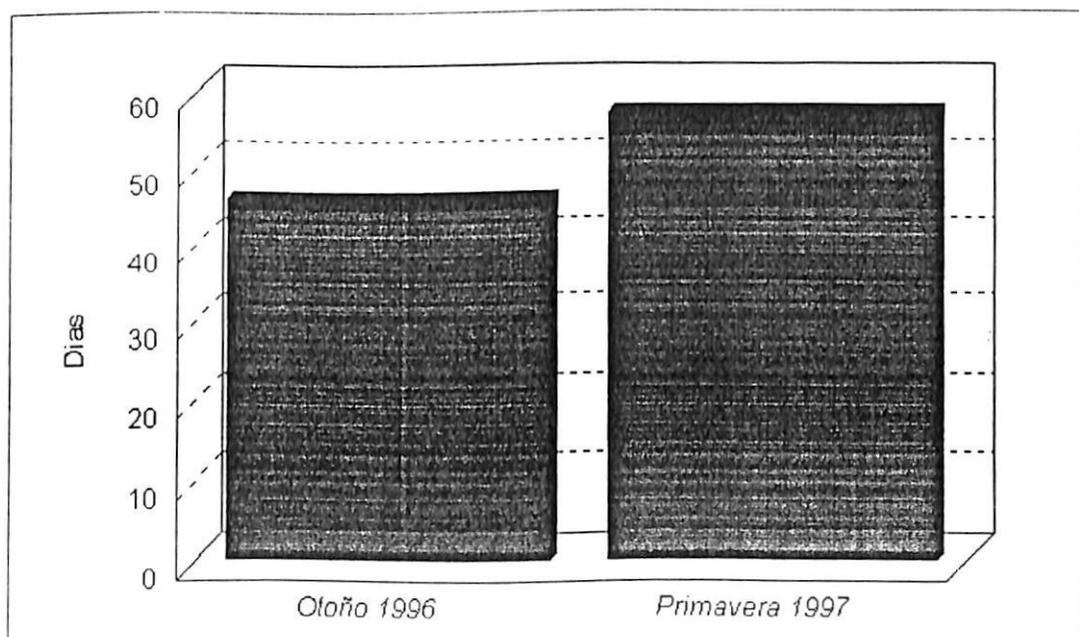


Figura 4.7. Influencia de la época sobre el número de días productivos de maguey. Campo experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.

La Figura 4.8 presenta gráficamente el comportamiento de producción diario acumulado apreciando en él la diferencia existente entre épocas productivas y entre especie de maguey.

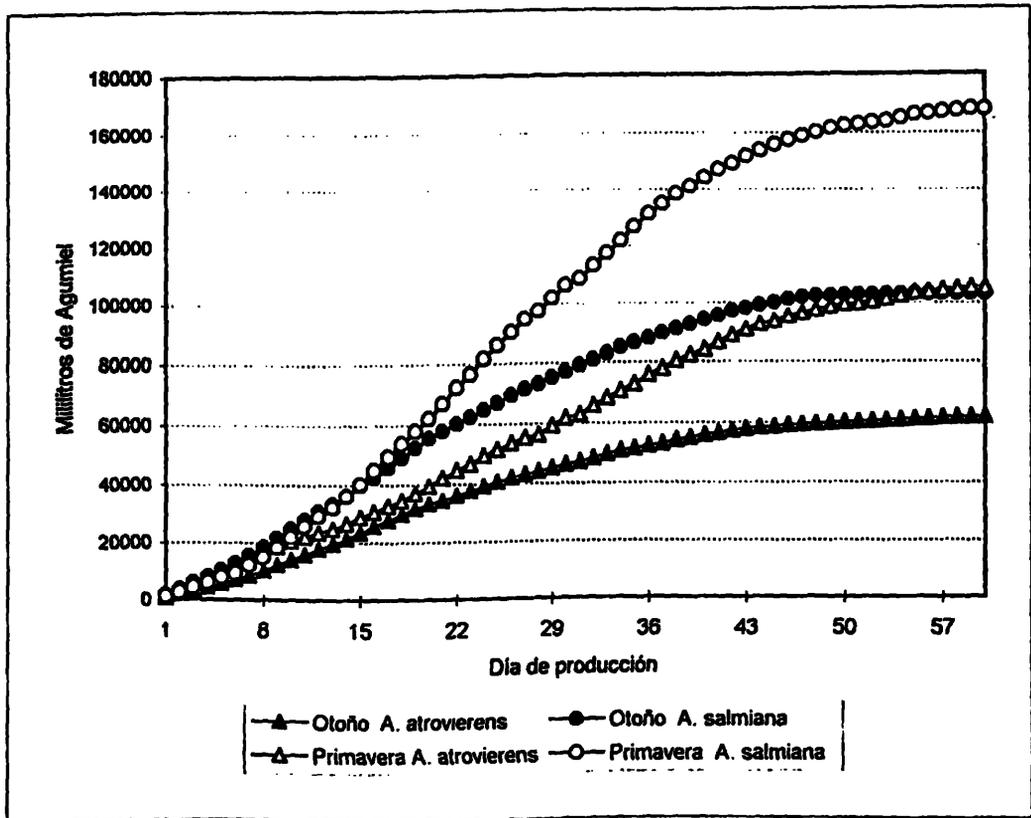


Figura 4.8. Efecto de la época y especie de ecocultivos de maguey sobre la producción acumulada de aguamiel. Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.

La tendencia del comportamiento de la producción promedio para todos los magueyes se presenta en la Figura 4.9. la que esta dada por la ecuación: $\hat{y}_i = 0.044X_i^3 - 6.115X_i^2 + 190.85X_i + 1145.50$ (Ver Cuadro A 3.) con un coeficiente de determinación ajustado de 0.914. Ocurriendo que después de la segunda semana hasta al termino de la cuarta existe las mayores cantidades de producción.

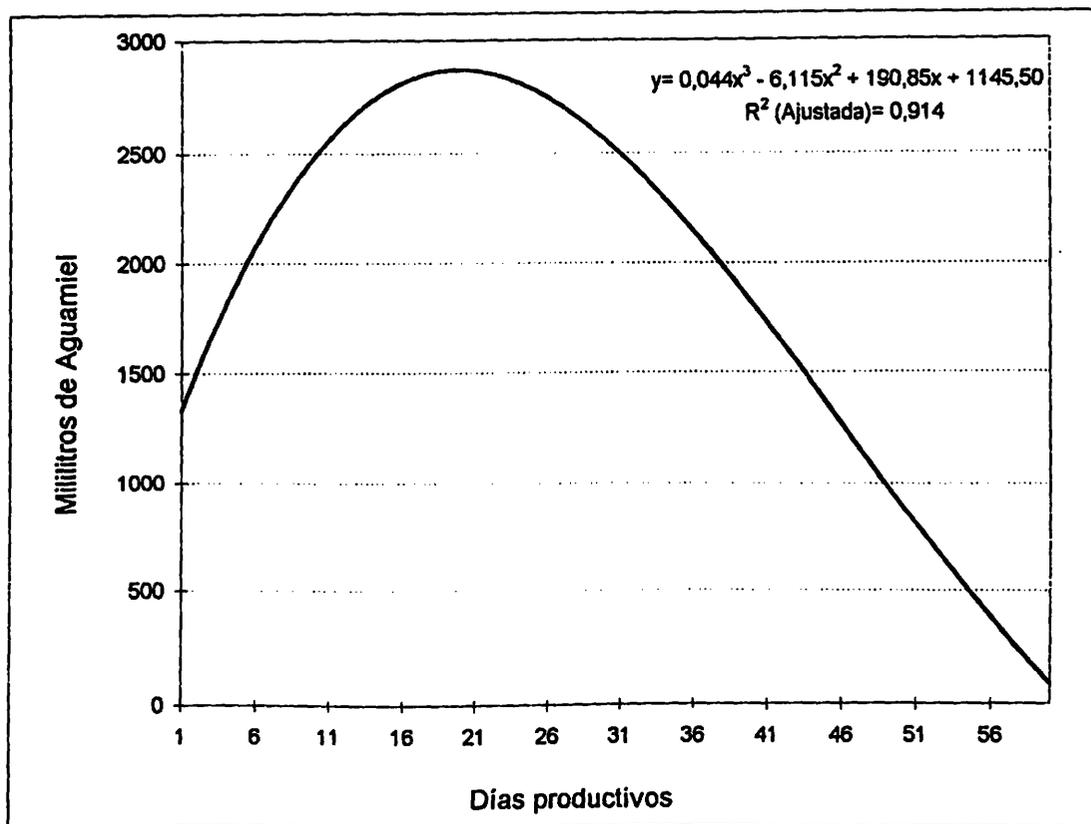


Figura 4.9. Tendencia de comportamiento de producción de aguamiel promedio diaria de Noria de Guadalupe Zacatecas. 1996-1997.

Efectos Microambientales en Ecocultivos de Agave

Análisis Físico de Suelo en Laboratorio

El análisis de laboratorio de los tres tipos de suelo (tratamiento con ecocultivo de Maguey, ecocultivo de lechuguilla y suelo desnudo) se presentan en el Cuadro 4.3.

Textura de Suelos: Las tres clases de suelo corresponden al tipo de textura denominado migajón arcilloso. Compuesto el suelo aproximadamente de 40 a 42 por ciento de arena, de limo alrededor de 24 a 26 y arcilla 34 a 37 por ciento.

Densidad Aparente: El ANVA no demuestra diferencia significativa entre suelos con la variable densidad aparente (Cuadro A 4), con un coeficiente de varianza igual a 3.19 por ciento. Los promedios de lechuguilla es de 1.09, de suelo de maguey 1.08 y para suelo desnudo 1.10 gr/cm³.

Cuadro 4.3. Análisis físico de suelo provenientes de manejo con ecocultivo de *Agave* y sin manejo de criterio de ecocultivo. Laboratorios de suelo de UAAAN 1997.

Procedencia de suelo	Tipo de textura	Densidad apa. Gr/cm ³	Materia orgánica %
E. de maguey	migajón arcilloso	1.08	3.20
E. lechuguilla	migajón arcilloso	1.09	2.84
Sin Tratamiento	migajón arcilloso	1.10	2.20

Materia Orgánica: El análisis de varianza con un coeficiente de variación de 5.35 por ciento comprueba diferencia altamente significativa para los tres suelos en cuanto a la variable materia orgánica (Ver Cuadro A 5). La prueba de Tukey ($P \leq 0.1$) falla en favor sin diferencia entre los suelos de ecocultivo con mayor cantidad de materia orgánica que el suelo sin manejo de ecocultivo. Los porcentajes de materia orgánica alcanzan 3.20 para ecocultivo de maguey, 2.84 corresponde al ecocultivo de lechuguilla y 2.20 al área sin manejo y se puede observar gráficamente en la Figura 4.10.

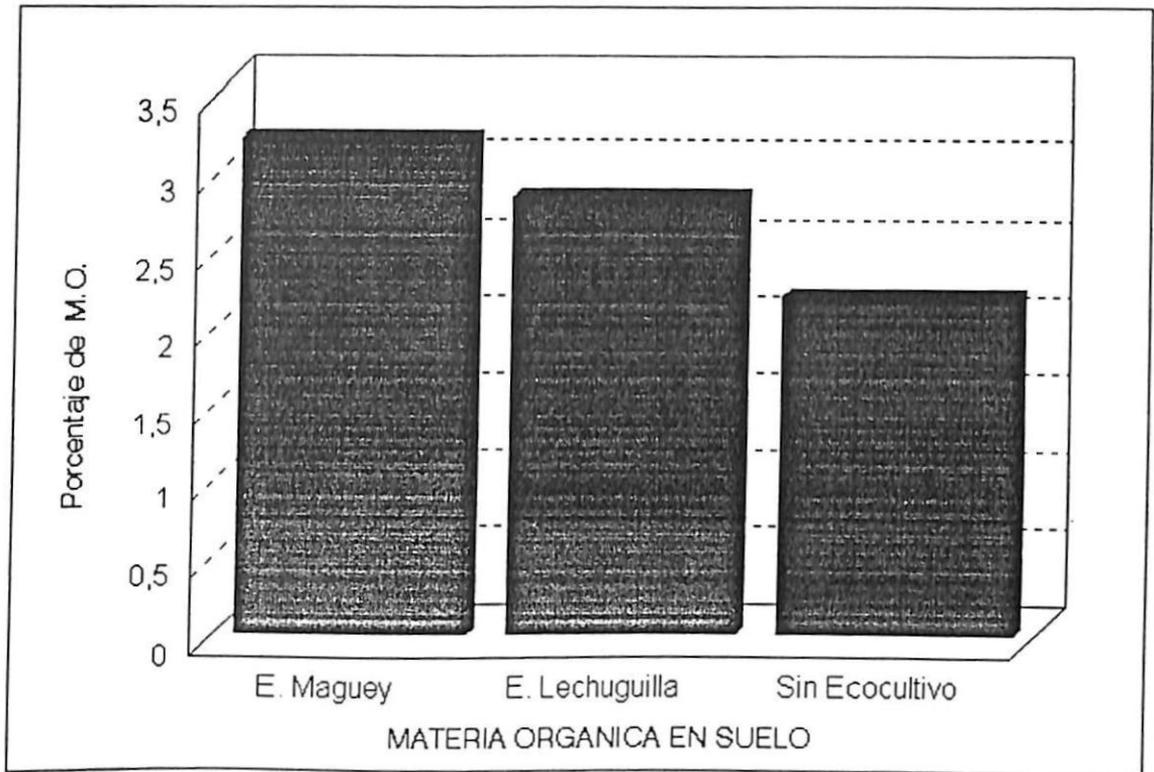


Figura 4.10. Contenido de materia orgánica de suelos provenientes de manejo de ecocultivos con agaves y suelo sin aplicar el concepto. Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN.

Análisis Cualitativo de Suelo con Respecto a Fitocenosis Asociada.

Composición Fitocenosis: El ecocultivo de *A. lechuguilla* presentó mayor cantidad de especies asociativas con seis, el ecocultivo de maguey se presentó con cuatro especies y el área no tratada sólo se encontró una especie en el área (Cuadro 4.5.) las que con mayor frecuencia se presentaron son: *Stipa leucotricha*, *Dasychloa pursella* con 71 y 57 por ciento respectivamente. En el ecocultivo de maguey que presenta cuatro especies asociadas las de mayor frecuencia resultan ser *Stipa leucotricha* con 71 por ciento seguida de *Bouteloua karwinski* con 51; por último el suelo sin tratamiento de ecocultivo se ha visto invadido por *Dasychloa pulchella* donde alcanzó una frecuencia de 100 por ciento que a la vez es absoluta.

Cuadro 4.4. Cobertura y frecuencia de especies gramíneas asociadas a los ecocultivos de lechuguilla, maguey y sin manejo de este criterio. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. UAAAN.

Especies	E. lechuguilla		E. Maguey		Sin manejo	
	cobertura %	frecuencia %	cobertura %	frecuencia %	cobertura %	frecuencia %
• <i>Dasychloa pulchella</i>	0.69	57	-	-	3.33	100
• <i>Setaria leucopila</i>	1.05	28	0.59	42	-	-
• <i>Bouteloua karwinskii</i>	0.09	14	0.38	57	-	-
• <i>Stipa leucotricha</i>	3.02	71	0.57	71	-	-
• <i>Leptochloa dubia</i>	0.26	28	0.95	14	-	-
• <i>Bouteloua hirsuta</i>	0.12	14	-	-	-	-
• Cobertura total de especies asociadas	5.23	-	1.64	-	3.33	-

La cobertura total de especies gramíneas asociadas al ecocultivo de lechuguilla suma un 5.23 por ciento y 1.64 para el ecocultivo del maguey. Las especies asociadas que mostraron mayor cobertura son *Setaria leucopila* con 1.05 por ciento en el ecocultivo de lechuguilla, *Stipa leucotricha* con 0.95 por ciento en el ecocultivo de maguey y para el área sin manejo *Dasychloa pulshella* posee una cobertura absoluta de 3.33 por ciento.

DISCUSIÓN

Establecimiento de Ecocultivo de Agaves

De acuerdo a los resultados arrojados en estos ecocultivos (*E*) el éxito de establecimiento (100 y 92 por ciento lechuguilla y maguey respectivamente) infiere que las posibilidades de éxito sobre el fracaso son altas; García (1991) obtiene similares resultados reportando 99 por ciento para lechuguilla y de 93 por ciento promedio en áreas semiáridas de Coahuila en módulos de producción y compará el establecimiento con otras especies resultando estas de las que mejores resultado ofrecieron. Por lo cual al decidir establecer un ecocultivo de cualquiera de estas especies en ambientes adversos como el dado se puede tener la certeza que la inversión inicial sea altamente eficiente en su objetivo.

El éxito de establecimiento en parte se atribuye que estos ecocultivos tienen la ventaja de ser trasplantados utilizando elementos jóvenes de estructura bien diferenciada generalmente provenientes de áreas cercanas. Esto contribuye sin duda a elevar el éxito de establecimiento y acelerar el período de producción ya que si este se realizara por semillas el período desde emergencia de planta hasta producción sería muy largo tal como lo afirman Macedo (1950) y Granados (1993)

Permanencia de Ecocultivos de Agave

La alta permanencia en el medio (9 y 12 años) de estos ecocultivos los cuales han permanecido en pie y siempre verde en cualquier época del transcurso de los años muestra la alta resistencia, de igual forma García (1991) ubica a estas mismas especies como las más resistentes después de un período de 20 meses de sequía. Si comparamos estos ecocultivos con los cultivos temporales los cuales las plantas son de tipo terófitas es decir que su ciclo vital es realizado en el transcurso de un período del año y al termino del ciclo la fitomasa en pie es totalmente removida. Estos ciclos catastróficos en los cultivos no permiten la madurez del sistema. A su vez la alta permanencia de los ecocultivos de agave comprueba la alta homostasis que posee esta biogeoestructura.

Arquitectura Poblacional de Ecocultivos de Agave

La arquitectura actual resultante en el Ecocultivo de *A. lechuguilla* (E_L) debido al incremento de número de elementos en el sistema (Δn) el cual es una de las causante de proporcionar un arreglo topológico (σ) que proyecta una mayor cobertura del espacio junto a otra especies hemicriptófitas que han cohabitado dando mayor biodiversidad. Los estímulos (ϵ) de manutención del sistema de *A. lechuguilla* son solamente de desmonte selectivo eliminando aquellas plantas de tipo arbustivo que pudieran competir por energía y nutrientes.

En el caso de Ecocultivo de maguey (E_m) los elementos esenciales tienen que ser reubicados y con ello proporcionar un mayor orden al sistema para evitar

amontonamiento de plantas lo cual viene aliviar las restricciones que en este caso son espacio, energía y nutrientes; es decir evitar la competencia intraespecífica.

En cuanto a estructuras por edades se puede apreciar que debido a la evolución del sistema tanto E_L como E_m la bioestructura es multietánea donde plantas maduras conviven con las jóvenes. Esto se puede apreciar por los resultados de la dinámica de población. Característica que no se aprecia en los cultivos intensivos donde los elementos fitocenóticos tiene que ser coetáneos; la multietanidad en el sistema se encuentra relacionada con la homeostasis y estabilidad, debido a que con ello se garantiza una tasa de renovación permanente en la población lo cual permitirá al sistema seguir su evolución por mecanismos endógenos hasta obtener el estado productivo meta correspondiente al ecosistema. En el caso de los cultivos coetáneos las estructuras son generalmente removidas al término del ciclo productivo por cual la dinámica de este tipo de agrosistema inicia nuevamente desde un estado totalmente devastado. En ambientes desfavorables la alta probabilidad de una escasa ó nula producción antropogénica se debe minimizar y un factor de estabilidad al sistema según Gastó (1980) y Nava *et al.*, (1996) corresponde a la multietanidad.

Grado de Artificialización en el Manejo de Ecocultivos de Agave

El grado de artificialización es considerado bajo ya que para la manutención de estos no se a requerido de grandes inversiones evitandose la aplicación de energía fósil, de químicos y fertilizantes. Las prácticas realizadas son con herramientas blandas y tradicionales que en su mayoría consiste en palas, talache, machetes; estos son fácilmente disponibles para los pobladores. La explicación es que estos

ecocultivos están diseñados para que los mecanismos endógenos regulen el sistema. Los estímulos exógenos aplicados en ecocultivos consisten más que nada en direccionar y mantener la sucesión en el estado deseado. Esto concuerda con estudios hechos con estas plantas en zonas áridas donde se pretendió aplicar estímulos de compuestos químicos con pobres resultados cuando estos no son aplicados con riego (Chavez, 1995; Paredes, 1996; Ramírez, 1996 y Zamora 1997).

Dinámica Poblacional.

La producción de hijuelos por planta después de nueve y doce años de transplantados coincide con lo encontrado en la literatura donde se afirma que el agave produce en promedio diez a doce hijuelos durante su vida refiriéndose de manera general a los Agaves (Granados, 1993; Nobel, 1998 y Ruvalcaba, 1983).

Se señala en los resultados que en el E_L algunas plantas madres y ciertos hijuelos se presentaron en estado de floración. Una planta de agave después de que ha floreado y produce semilla muere y así termina su ciclo de vida. No obstante en la lechuguilla este ciclo puede prolongarse solamente cuando la planta es aprovechada; es decir cuando el cogollo se desprende de la planta para la producción de fibra, la planta desarrolla otro nuevo cogollo el cual puede ser de nuevo aprovechado. Cepeda (1949) y Nava *et al.*, (1977) menciona hasta diez prácticas de cosecha en lechuguilla lo que permitiría a la planta vivir otros diez años. Pese a lo anterior hasta la fecha de este estudio no se había realizado esta práctica en E_L de estudio motivo por lo cual el 12.30 por ciento de plantas presentaron floración; por lo cual se debe precisar que

para llevar a cabo un mejor manejo del ecosistema este tiene que ser aprovechado y así mantenerlo en un estado productivo deseado.

En el E_m de igual manera la floración no debe ser permitida ya que la producción de aguamiel es antes de que esta flore en el E_m se encontró que no se aprovechó en este ciclo el 2.27 por ciento que corresponden a las que presentaron floración. A diferencia que el manejo del ecocultivo de lechuguilla cuando la planta de maguey es aprovechada esta muere. Sin embargo el quiote puede ser también aprovechado elaborando dulce.

El porcentaje de mortandad parece en ambos casos a simple vista guardar una relación con el porcentaje de plantas en floración que son las próximas a morir. Se debe considerar que aunque el ecocultivo presente diferentes estratos de edades al establecer las plantas estas se consideraron de la misma edad sin necesariamente serlo; por ello la diferencia en estado fisiológico que presenta cada planta madre.

Tasa de Cambio Poblacional.

Tanto el E_L como el E_m las tasa de cambio poblacional resulta positiva, lo cual infiere que estas poblaciones van en crecimiento resultando que para el E_m esta tendencia es mayor ($r=1.2$). El E_L ($r=0.66$) fácilmente puede incrementar esta tendencia sólo con el adecuado manejo del ecocultivo ya que como se mencionó anteriormente con la cosecha de cogollos se prolonga la longevidad de la planta. El caso del maguey donde su cosecha de aguamiel conlleva inevitablemente a la muerte de la planta, el aprovechamiento de esta no aceleraría la tasa de mortandad en la

población ya que, como su estructura es multietánea solamente se pueden cosechar las que estén próximas a florear; la tasa de cosecha no debe ser mayor que la tasa de natalidad. Sin embargo la cosecha debe estar condicionada al estado fisiológico de la planta para que sea aprovechada antes de su deceso.

Por motivo de eficiencia de producción se debe minimizar la mortandad natural. En estos caso la mortandad natural no es de interés antropocéntrico sin embargo la mortandad artificial en el maguey es necesaria para la producción de aguamiel.

En la materia de los ecocultivos cuando se ha llegado al estado ecosistémico de producción deseado se debe mantener una tasa poblacional igual a cero por intervención humana ($r=0$). Estas dos poblaciones de estudios no han alcanzado la densidad de equilibrio poblacional (K) el manejo de estos dos sistemas debe beneficiar a estas dos poblaciones hasta que K sea el óptimo productivo. La tendencia deseada es que la tasa poblacional (r) siga positiva aún usufructuando el ecosistema. Al momento que se considere alcanzar el estado óptimo productivo la r se mantiene en cero mediante prácticas antrópicas como lo es la extracción de elementos de la población para ser agregados a otros sistemas y por supuesto mediante la cosecha.

Según Gasto (1980) y Nava (1996) debido a la misma capacidad sustentadora del sistema se llega un momento en que r disminuya a cero naturalmente e incluso sea negativa, sin embargo el estado natural no necesariamente corresponde al estado

óptimo productivo. Es por ello necesario la aplicación de estímulos mediante el cambio el manejo de la arquitectura del ecosistema.

Es necesario como práctica estimulante la misma cosecha. Si estos ecocultivos no son aprovechados estos sistemas se deterioraran dando lugar a una población senil improductiva en que la tasa de población tenga una tendencia negativa dando lugar al incremento de otras especies que no sean de interés tal como lo afirman algunos autores como Gastó (1980), Nava *et al.*, (1996). esto conduciría a un deterioro ambiental y de ingresos económicos.

Producción Antropogénica

Producción de Cogollos para Ixtle.

De la población de lechuguilla en estudio los cogollos que fueron cosechados son cortos (44.82) a comparación de los que cita Granados (1993). Esto puede ser a que las condiciones de terrenos no sean las más propicias para expresar un mejor crecimiento, el autor no especifica ni de qué zona ni en qué condiciones se encuentran las plantas de mayores cogollos. Sin embargo lo importante a resaltar es la producción moderada teniendo en cuenta la cantidad de gente que práctica la obtención de fibra como subsistencia en poblaciones naturales. La producción de 2500 cogollos por ha que en promedio se infiere que corresponde a 23 kg de fibra que es lo que se estima para la estructura de este ecocultivo después de 12 años, se puede anticipar que la cosecha se irá incrementando año con año cuando las plantas ahora inmaduras sean susceptibles de cosechar agregándose a las plantas que ahora

están en producción. Zamora (1980) reporta que para que una planta vuelva a ser cosechada debe pasar por lo menos de seis a un año dependiendo de los factores ambientales. Para este ecocultivo a los 321 días se consideró que los cogollos en crecimiento de las plantas cosechadas todavía no alcanzaban un tamaño adecuado en promedio (13.42 cm). Sin embargo la varianza si disminuyó de 24.04 correspondiente a los cosechados a 10.82 lo cual de seguir esta tendencia tendremos una cosecha próxima más uniforme que repercutiría en la calidad del producto. Si bien el crecimiento de los nuevos cogollos parece muy limitado es importante señalar que la época de lluvias todavía no iniciaba para la fecha de toma de estos datos que es cuando se espera que haya mayor crecimiento del cogollo.

La cosecha de cogollos para la extracción de fibra es realizada en cualquier época del año lo que resulta ser una considerable actividad para los pobladores de estas áreas cuando las demás actividades temporales declinan. Esta es una ventaja que se puede adjudicar a los ecocultivos de lechuguilla ya que en épocas críticas la extracción de fibra es una de las actividades económicas de las que pueden disponer los habitantes de zonas áridas.

Producción de Aguamiel en Ecocultivo de Maguey

Población Cosechable. Después de nueve años algunas plantas han alcanzado su madurez para ser cosechadas las cuales corresponden a 128 plantas de 5900 en un área de 10500 m² . Considerar que sólo el 2.17 por ciento de la población sea la porción aprovechable da continuidad a la producción en los ecocultivos, en el cual los elementos que este año no están completamente maduros para su producción y con

el factor tiempo a favor en una futura época estos presentarán las características deseadas para su cosecha pero nunca se pretende en este ecocultivo que toda la población en el mismo tiempo sea cosechada ya que comprometería totalmente a la producción próxima del siguiente año. Motivo por el cual se afirma que los ecocultivos presentan una producción moderada pero segura y continua (Gastó *et al.*, 1981, Molina *et al.*, 1996 y Nava 1996). Este distintivo es muy ventajoso para ambientes adversos como el dado.

Producción de Aguamiel. La producción total de aguamiel por maguey (promedio de 112 litros) es inferior de la que cita Nobel (1998) que va desde 400 a 1000 l. Se debe considerar que gran diferencia pueda ser debida a la competitividad de los cosechadores del aguamiel y a las diversas manera de prácticas de castrado y raspado que diferencia de acuerdo a regiones; Granados (1993) cita dos formas muy diferentes de castrado (destrucción del pedúnculo floral) en maguey para la zona de Hidalgo y otra para Oaxaca. Las cuales pueden influir en la producción de aguamiel. Otras posibles causas pueden ser la especie de maguey, condiciones meteorológica, condiciones edáficas y manejo.

La temporada de primavera en este estudio es más productiva que la del otoño cerca de 50 por ciento de diferencia por lo cual es de afirmar que el mejor período para la extracción de aguamiel sea en esta época. El factor temperatura puede ser el que más influya en este aspecto Nobel (1998) afirma que el índice térmico junto con el hídrico y fotónico son factores influyentes en el índice de productividad.

Un beneficio de los ecocultivos de maguey es que aunque exista marcada diferencia entre temporada; la producción no está totalmente restringida a una temporada por lo que se puede realizar en cualquiera de estas épocas. Esto en el aspecto desarrollo sustentable es muy significativo ya que se puede hacer uso de este recurso en alguna época crítica en la cual el poblador rural necesite de ingresos.

La diferencia de producción entre especies con cerca de 47 puntos porcentuales de diferencia entre *A. salmiana* y *A. atrovirens* puede en parte explicarse al tamaño en la piña ya que *A. atrovirens* posee menor tamaño y posee menor peso de piña que es el lugar donde se acumulan los carbohidratos que dan origen al aguamiel. González (1994) para estas especies reporta una diferencia de peso de 12.65 por ciento de peso en favor de *A. salmiana* considerando sólo la piña y meyote. Por otro lado según Nobel (1998) la capacidad de almacenar agua en agaves está relacionada con el tamaño de estos.

La producción de aguamiel por toma es apenas mayor un nueve por ciento en promedio siendo las mañanas donde mayor producción se obtiene; esta diferencia puede estar más marcada a la desigualdad de lapso en tiempo de recolección entre tomas. Si consideramos que la primera toma del día se hiciera después de las ocho horas y la segunda antes de las 19 horas del día esto condicionados por aprovechar las horas de fotoperíodo. Otro factor por considerar es la temperatura.

Días Productivos de Aguamiel. Los días productivos en promedio resultaron ser de 51 días lo que de acuerdo a la literatura revisada (Granados, 1993; Macedo, 1950; Monroy 1992 y Nobel, 1998) es un período corto ya que esta habla de producción

desde dos hasta cerca de seis meses. Es necesario señalar que esta práctica de extracción de aguamiel no era realizada con anterioridad a este trabajo en el área de estudio por lo que se tenía nula experiencia en la práctica de castrado y tallado de magueyes, razón por el cual puede ser factor que afecte tanto cantidad de extracción como días en producción a comparación de los que señala la literatura en donde es de suponer que la práctica de extracción sea rutinaria; además estos mismos autores añaden que la experiencia del raspador del maguey es muy importante. Es decir, el raspado que se le aplica tiene su importancia ya que si este no es bien realizado no estimularía la producción de aguamiel, por otro lado si se raspa más de lo necesario es lógico que el período productivo se acorte. Otro factor que no es considerado en comparación a la literatura es la genética de estas plantas ya que por el diferente manejo en lugares donde la producción es más intensiva se seleccionan plantas de progenitores altamente productivos. Por lo cual es conveniente que de igual manera se añada esta práctica en estos ecocultivos.

El período productivo de primavera (20 de abril a 20 de junio de 1997) es cerca de un 20 por ciento más prolongado que el de otoño (5 de noviembre a 9 de enero de 1996) como se mostró en los resultados. El término de producción del 66 por ciento de las muestras en la época de otoño coincide con la primera helada presentada en el campo (20 de diciembre de 1996). Por tal razón este evento más catastrófico que catabólico es el que pudo marcar la diferencia en el lapso productivo de los magueyes.

Comportamiento de Producción Diaria de Aguamiel. Después de la segunda semana hasta el transcurso de la cuarta se mantiene la mayor producción de aguamiel diferenciando con Monroy (1992) donde argumenta que esta se da hasta después de la tercera semana. Se debe señalar que este es un promedio de producción de 18 magueyes que se castrarón durante el transcurso de este estudio sin diferenciar época, ni especie de maguey.

En el estudio la producción diaria acumulada tiende a decrecer después de los 40 días de producción. Antes de ello, la curva se comporta con notable incremento de producción por día transcurrido. Aun así es recomendable cosechar el aguamiel de acuerdo al comportamiento individual de cada maguey ya que como se mostró anteriormente existe diferencia entre épocas y especie de maguey.

Efectos Microambientales.

Análisis Físico del Suelo.

Si bien el análisis de los resultados de laboratorio no encontraron diferencia en la textura (migajón arcilloso) ni en la densidad aparente del suelo por lo que este manejo no a contribuido a un cambio físico del suelo considerando estos dos factores. Lo que si encontró diferencia fue en materia orgánica señalando a los ecocultivos como mayores generadores de materia orgánica que en un suelo aledaño sin manejo. Autores como Garner y Steinberger (1989), Harper (1977) y Pérez *et al.*, (1993), por mencionar algunos coinciden que los micrositos aledaños a las plantas contienen mayor materia orgánica que los suelos más alejados de estas.

Una explicación dada por García y Mckell (1970) a este efecto es que las partes de la planta y partículas finas del suelo adicionan materia orgánica a la planta; así la acumulación adicional de mantillo provenientes de hierbas y zacates anuales que concluyen su ciclo bajo la protección de la planta contribuyen a la generación superficial de materia orgánica y a elevar el nitrógeno del suelo bajo la cubierta de cada planta creando las "islas de fertilidad".

Análisis Cualitativo de Suelo con Respecto a Fitocenosis Asociada.

Composición Botánica. Los ecocultivos demostraron tener mayor especies asociada que el área sin ecocultivo. Esto se puede explicar debido al sitio seguro generado y al banco de semilla que se encuentre alrededor de la planta nodriza. Rubio (1997) para estos suelos encontró diferencia altamente significativa en el banco de germoesperma siendo mayor en suelos provenientes de islas de fertilidad contra aquellos que provenían de suelo desnudos.

Las ventajas que dan estos micrositos cercanos a la planta madre son desde más baja temperatura diurna en el suelo, mayor humedad, mayor materia orgánica, mayores nutrientes. Por lo que en forma global estos microambientes son más propicios para encontrar mayor variedad de especie.

Mientras que la única especie encontrada en el área sin manejo de ecocultivo (*Dasychola pulchella*) que corresponde según Vázquez (1996) a una especie indicadora de sobre pastoreo. Las encontradas en los ecocultivos son de

aprovechamiento para ganado por lo cual este ecosistema puede ser manejado para doble propósito. Para este caso más que considerar a *Dasychola pulchella* como especie indicadora de sobre pastoreo en un área que no es actualmente apacentada es un error sin embargo podemos tomarla como una especie indicadora de sucesión negativa con respecto a producción.

La cobertura parece ser mayor en el área sin manejo de ecocultivo en comparación a la presentada por el E. maguey; sin embargo, la primera corresponde a una cobertura absoluta y en la segunda a una cobertura relativa ya que como se considero sólo especies asociadas al ecocultivo de interés sin tener interés en el área que ocupa tanto los magueyes como las lechuguillas.

CONCLUSIÓN

En base a lo anterior este trabajo concluye :

- El alto grado de establecimiento así como la permanencia de estos ecocultivos y su éxito reproductivo los privilegia como una opción de diseños de arquitectura en ambientes semiáridos. La producción de hijuelos por planta corresponde a nueve para lechuguilla y diez hijuelos para maguey (*A atrovierens*). La tasa de cambio poblacional que se obtuvo en estos ecocultivos es positiva siendo de 0.66 para *A lechuguilla* y 1.019 para *A. atrovierens*.
- Las plantas que en el ecocultivo de *Agave lechuguilla* que mostraron atributos para la cosecha de cogollo es de 10.15 por ciento. Mientras que el porcentaje de plantas susceptibles de cosecha para extracción de aguamiel corresponde a 2.17 puntos porcentuales con respecto a total de la población. Esta producción es considerada moderada pero que sin embargo garantiza continuidad de producción con respecto al desarrollo de la población. El promedio de producción de aguamiel por maguey en el "Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas" es de 112.16 litros en un período de 51 días. En la producción de aguamiel la época de primavera resulta tener más días productivos y mayor producción en comparación a la época de otoño hasta de un 50 por ciento. El *Agave salmiana* resulta producir más litros de aguamiel que el *A. atrovierens* en un 47 por ciento de diferencia. La producción de aguamiel por toma es un nueve por ciento mayor en la mañana que en la tarde. De

esta información se puede afirmar que aunque existen factores que afectan la cantidad de producción, esta no se restringe a una época ó especie; lo que pretende este estudio es que se realice un manejo más integral del recurso pastizal con los elementos disponibles.

- El manejo de ecocultivo aplicado en áreas totalmente degradadas en comparación al área no tratada después de nueve y doce años en cuanto a los aspectos físicos del suelo estos se diferencian sólo en cantidad de materia orgánica en favor del manejo del ecocultivo. Existe mayor diversidad de especies asociadas en el área de manejo de ecocultivo que en el área no tratada. Con esto se puede recomendar el mencionado manejo como una estrategia segura para aplicar en áreas degradadas y sin beneficio productivo directo ó indirecto.

RESUMEN

Señalando las cualidades que ofrecen los ecocultivos de agave en zonas semiáridas se realizó este estudio con los objetivos de 1) Caracterizar el desarrollo y la dinámica poblacional de los ecocultivos de *Agave lechuguilla* y *Agave atrovierens*. 2) Evaluar la productividad de importancia antropogénica de *A. lechuguilla*, *A. atrovierens* y *A. salmiana*. 3) Analizar las condiciones del micrositio del suelo en el manejo de estos agaves con criterios de ecocultivos bajo análisis físico y de la composición florística de plantas hemicriptófitas como indicativo del mejoramiento del microhábitat.

Este estudio se realizó en el Campo Experimental Noria de Guadalupe propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de donde se obtuvo de los registros información pertinente sobre los ecocultivos establecidos de agave, con ello y un muestreo se caracterizó el desarrollo y dinámica poblacional de los ecocultivos. Se observan especies asociadas actualmente, descripción de manejo y diseño de arquitecturas con ello se elaboró la estadística descriptiva de los ecocultivos de *A. lechuguilla* y *A. atrovierens*. En el análisis productivo de *Agave lechuguilla* se consideraron las plantas que mostraron un adecuado tamaño de cogollo para ser cosechado y estimar la producción de fibra. De doce magueyes cosechados se midió la producción de aguamiel en dos diferentes épocas y dos diferentes especies, se analizó estadísticamente comparación con un diseño completamente al azar con

arreglo factorial considerándose como factores especie de maguey, época de cosecha y toma de muestra del día. Para el análisis del suelo del micrositio en los ecocultivos se realizó un estudio físico de suelo en el laboratorio. Y en el campo se utilizó la presencia de fitocenosis asociada como indicador de la sucesión del hábitat; comparandose con una área que fue igual de devastada que las anteriores sin posteriormente aplicar el concepto. Las especies asociadas se identificaron y se estimó su frecuencia y cobertura comparando los suelos por la composición botánica que presentan.

El estudio demuestra el alto establecimiento de estos agaves siendo de 100 y 92 por ciento de éxito para *A. lechuguilla* y *A. atrovierens* respectivamente al igual que su alto grado de permanencia y resistencia al medio durante nueve (*A. atrovierens*) y doce años (*A. lechuguilla*). La producción de hijuelos por planta corresponde a nueve para *A. lechuguilla* y diez para *A. atrovierens*, mostrando ambos sistemas una tasa de cambio poblacional positiva de 0.66 y 1.02 respectivamente. Del total de la población de *A. lechuguilla* sólo el 10.15 por ciento de plantas mostraron atributos para considerarse cosechables y para el ecocultivo *A. atrovierens* este fue de 2.17 puntos porcentuales. Respecto a la producción de aguamiel esta obtuvo un promedio de 112.16 l en un periodo de 51 días promedio. La época de primavera es que más días productivos y mayor cantidad de aguamiel produce en comparación al otoño. En confrontación entre *A. atrovierens* y *A. salmiana* se encontró diferencia de producción favoreciendo al segundo hasta por 47 por ciento. La toma de muestra de la mañana resultó ser mayor hasta un nueve por ciento que la toma de la tarde.

En el análisis físico de suelo solamente en cantidad de materia orgánica se encontró diferencia entre manejo de ecocultivos y áreas sin manejo. Para los aspectos de textura y densidad aparente no hubo diferencia que sea atribuida al manejo. Se encontró en el análisis de micrositio en el campo mayor cantidad de especies asociadas en el área de ecocultivos que en el área no tratada.

El estudio concluye en recomendar diseños de ecocultivos utilizando estas especies de agave como opción exitosa desde su establecimiento, permanencia y reproducción en ambientes semiáridos. La producción de importancia antropogénica que ofrecen estos ecocultivos deben ser considerados para contribuir en el desarrollo sostenible de zonas semiáridas. Estos ecocultivos muestran mayor cantidad de materia orgánica en el suelo que áreas no tratadas, además se muestra mayores especies asociadas que se pueden considerar de importancia para el apacentamiento animal por lo cual se infiere que estos ecocultivos pueden influir en el mejoramiento del microhábitat direccionando a la comunidad hacia una sucesión progresiva desde el punto de vista antrópico.

LITERATURA CITADA

- Bouyoucos, G. L. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agron. J.* 54:464-465 United State of America.
- Canfield; R., H. 1941. Application of the line in interception method in sampling range vegetation . *J. Forestry* 39:388-394. United States of America.
- Cepeda A., R. 1949. Fibra de lechuguilla. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Saltillo, Coah., México. 82p.
- Charley, J.L. 1972. The rol of shrub in nutrient cycling. In: Mc Kell, C.M. J.P. Blaisdell, and J.R. Goodin (Eds). *Wildland shrub their biology and utilization*. USDA. Forest Service Gen. Tech. Rep. 1:182-203. United States of America.
- Charley, J.L. and N. E. West. 1975. Plant-Induce soil chemical patterns in some shrub-dominated semi-desert ecosystem of Utah. *J. Ecology*. 63 (3):945-964p. Great Britain.
- Chavez D., J. G. 1995. Uso de la Hormona enraizadora (Biozyme T.S.) en maguey manso de la variedad (*A. atrovirens Karw*) Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 42p.
- Fuentes R., F. 1958. Estudio de la lechuguilla en el estado de Coahuila. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 59p.

- García, V. M. 1991. Módulos de producción Integral. En: Meléndez, G., R., S. Morelos O., R. D. Valdéz C., R. Peña R. y R. Mata G. (Ed.) Alternativas de manejo y utilización de los recursos de zonas áridas. Saltillo, Coah. México. p. 22-29.
- García, M.E. and C.M. Mckell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of desert-wash plant community. *Ecol.* 51(1):81-88. United State of America.
- Garner, W. and Y. Steinberger. 1989. A proposed mechanism for the formation of "fertile island" in the desert ecosystem. *J. of Arid Env.* 16(2):257-262. Tel-Aviv, Israel.
- Gastó C. ,J. 1980. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago de Chile. p. 220-299.
- Gastó. C., J.; R. Nava C. y L. Pérez R. 1981. Ecocultivo. Una alternativa de mejoramiento al ecosistema natural. Monografía Técnico-científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 7(2):69-134. Saltillo, Coahuila, México.
- González E. M. 1975. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el norte del estado de Zacatecas. Tesis. Licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 263p.
- González G., S. R. 1994. Valor nutricional de dos especies de maguey (*Agave salmiana* y *Agave atrovierens Karw*) forrajeras utilizadas en las zonas áridas del norte de México en relación a sus características fenológicas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 36p.
- ✓ Granados S., D. 1993. Los Agaves en México. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 252p.

Harper. J., L. 1977. Population biology of plants. Academic press. New York. 645 p.
United States of America.

Linares O., H. 1991. Nutrición mineral en (*Agave lechuguilla Torr.*). Tesis. Licenciatura.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 56p.

Macedo, E. M. 1950. Manual del magueyero. Ed. Bartolomé. Truenco México D.F. p.
9,28,96.

Martinez C., J. L. 1994. Valor nutricional de dos especies de Maguey (*Agave atrovierens Karw*) y (*Agave salminana*) en el sur del Estado de Coahuila.
Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo
Coahuila, México. p.77.

✓ Martinez D., A. 1996. El cultivo del maguey pulquero (*Agave salmiana Otto*) en los
llanos de Apan. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio
Narro. Saltillo, Coahuila, México. 84p.

Mendoza. H., J. M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata
de la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 618p.

Mesa A., M. y Villanueva V. R. 1948. La producción de fibras duras en México,
Monografía industriales del banco de México S. A.

✓ Molina A. R.; R. Nava C.; L. Pérez R. y R. Ruiz R. 1996. Los ecocultivos: una
alternativa para el desarrollo sustentable. En: Molina. A., R., M. E. León de P.
y R. Nava C. (Comp.) Ecología, Educación y desarrollo de la frontera.
Memorias del ciclo de conferencias y mesas redondas 1996. Cd. Valle
Hermoso, Tamaulipas, México. p. 26-30.

✓ Monroy R., J. 1992. Del maguey al pulque. Pulque: A traditional and nutritious bevege.
En Escala. 38(3) 77-89. Distrito Federal, México

- Nava C. R. y L- Pérez R. 1989. Los Ecocultivos en el desarrollo integral de la cuenca de San Tiburcio, Zacatecas, México: Caso de estudio. Buenavista; Saltillo Coahuila, México.
- Nava C. R; Armijo T. y J. Gastó C. 1996. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Ed. Trilla. México. D.F. p 137-207.
- Nava C. R.; Armijo T. y J. Gastó C. 1977. Investigación silvoagropecuarias de las zonas áridas de México. Campo experimental Noria de Guadalupe. Monografía. Técnico Científica. Universidad Autónoma Agraria. 3 (3): 182-265. Saltillo, Coahuila, México.
- Nobel P., S. 1998. Los incomparables Agaves y Cactus. Ed. Trillas. México D.F. p. 37-58
- Paredes S., O. 1996. Influencia del Hami K-900 en el desarrollo de *Agave salmiana*. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 67p.
- Pérez R., L. 1990. Autoecología de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Emergencia, sobrevivencia y crecimiento en microambientes diferentes. Tesis. Maestría en manejo de Pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México 75 p.
- Pérez R. L.; R. Nava C; J. Gutierrez y J. Dueñez A. 1993. Interacciones ecológicas de las arbustivas: Implicaciones para los ecocultivos. En: Memorias del IX Congreso Nacional sobre manejo de pastizales. Manejo integral y sostenible del pastizal. Hermosillo, Sonora, México. p.102-125.
- Pérez S. 1980. Principales problemas fitosanitarios del maguey pulquero (*Agave atrovierens karw*). en la mesa central de México. Revista Chapingo. 4(3):23-24. Cahpingo, México.

- Ramírez M., L. F. 1996. Respuesta a la fertilización y riego del maguey (*Agave salmiana*) para uso forrajero en el cañon de San Antonio de las Alazanas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 77p.
- Rodríguez G., F. y A. Gavende S. 1976. Evaluación de características edáficas, hidrológicas y climáticas con fines de producción de algunos cultivos en zonas áridas. Monografía, Técnico Científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 2 (7):562-622. Saltillo, Coahuila, México.
- Romey E. M., A. Wallace, H. Kazz and V.Q. Hale. 1980. The role of shrubs on redistribution of mineral nutrients in soil in the mojave desert. Great Basin Nat. Mem. 4:124-133. United States of America.
- Rubio, A. F. A. 1997. Respuesta del zacate Buffel a dos ambientes de suelo provenientes de islas de fertilidad y áreas adyacentes de *Larrea*. Tesis de Maestría. Manejo de pastizales. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 129 p.
- Ruvalcaba M., J. 1983. El maguey manso. Historia y presente de Epazoicuon, Hidalgo. Colección de cuadernos universitarios. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 4: 223p.
- Tiedeman, A. R. and J.O. Klemmedson. 1977. Effect of mezquite trees on vegetation and soil in the desert grassland. J. Range Manage. 30(5):361-367p. United Stated of America.
- Torres A. M. 1995. El maguey. (*Agave sp.*). Tesis monográfica. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México 82 p.
- Vázquez A, R.; J. A. Villareal Q.; M Vázquez R.; E. E. Sosa R. y R. Meza S. 1996. Las plantas de pastizales del campo experimental de zonas áridas "Noria de

Guadalupe", Municipio de Concepción del Oro, Zacatecas. Folleto de divulgación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro 3(5) 26p. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Velasco M., H. A: 1991. Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo. Ed. Limusa. México p53.

Villarreal B., A. R. 1995. Pobreza y Marginación de los productores de cera de candelilla. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 87p.

Walkey A. 1935. An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils. J. Agr. Sci. 25:598-609.

Zamora L., R. 1980. Determinación de la producción de fibra a partir de las poblaciones naturales de *Agave lechuguilla* en la parte norte de Zacatecas. tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 122p.

Zamora M., L. E. 1997. Respuesta del maguey (*Agave salmiana*) a la fertilización y riego en la región de San Antonio de las Alazanas. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 41p.

APÉNDICE A

Cuadro A 1. Análisis de varianza para la producción de aguamiel en arreglo factorial 2x2x2x3. Como factores a probar temporada (Otoño 1996 y primavera 1997), especie de maguey (*A. salmiana* y *A. atrovirens*) y cosecha del día (Mañana y tarde).

Factor	GL	SC	CM	F	P>F
Factor A	1	7947902976.000	7947902976.000	183.436**	0.000
Factor B	1	7145259008.000	7145259008.000	164.911**	0.000
Factor C	1	145186816.000	145186816.000	3.351*	0.083
A x B	1	305373184.000	305373184.000	7.0479**	0.017
A x C	1	96444416.000	96444416.000	2.2259 ^{NS}	0.152
B x C	1	4128768.000	4128768.000	0.0953 ^{NS}	0.759
A x B x C	1	43646976.000	43646976.000	1.0074 ^{NS}	0.332
Error	16	693248000.000	43328000.000		
Total	23	16381190144.000			

C.V.= 11.737 %

Donde:

Factor A= Temporada.

Factor B= Especie de Agave.

Factor C= Cosecha del día.

Cuadro A 2. Análisis de varianza para días de producción de aguamiel en arreglo factorial 2x2x3 probando como factores la época (otoño 1996 y primavera 1997) y la especie de maguey. (*Agave Salmiana* y *A. atrovirens*).

Factores	GL	SC	CM	F	P>F
Época	1	408.334	408.334	36.029**	0.001
Especie	1	8.334	8.3334	0.7354 ^{NS}	0.580
Interrelación	1	65.332	65.332	5.7646 **	0.042
Error	8	90.666	11.333		
Total	11	572.666			

C.V. = 8.69 %

Cuadro A 3. Resultados de ajuste de modelo para datos de producción diaria de aguamiel del Campo Experimental Noria de Guadalupe Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.

Variable Independiente	Coefficiente	Error estándar	t-calculada	P>t
Constante	1145.463615	150.22513	7.6250**	0.000
X_i	190.851158	20.813571	9.1696**	0.000
X_i^2	-6.115432	0.77.6655	-7.8741**	0.000
X_i^3	0.043799	0.008238	5.3165**	0.000

R^2 (Ajustado)= 0.9137

DurbWat=1.495

Donde:

X_i = Día de producción

y_i = Producción de aguamiel.

Entonces:

$$\hat{y}_i = 0.043799x_i^3 - 6.115432x_i^2 + 190.851128x_i + 1145.463615$$

Cuadro A 4. Análisis de varianza para la variable densidad aparente provenientes de tres micrositios: suelo sin tratamiento de ecocultivo, suelo con ecocultivo de maguey y suelo con ecocultivo de lechuguilla.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	0.001089	0.000545	0.4496 ^{NS}	0.661
Error	6	0.007267	0.001211		
Total	8	0.008356			

C.V.= 3.19 %

Cuadro A 5. Análisis de varianza para el efecto de ecocultivos de maguey y lechuguilla sobre el contenido de materia orgánica.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	2	1.539200	0.769600	35.6295**	0.001
Error	6	0.129601	0.021600		
Total	8	1.668800			

C.V. 5.35%

APÉNDICE B

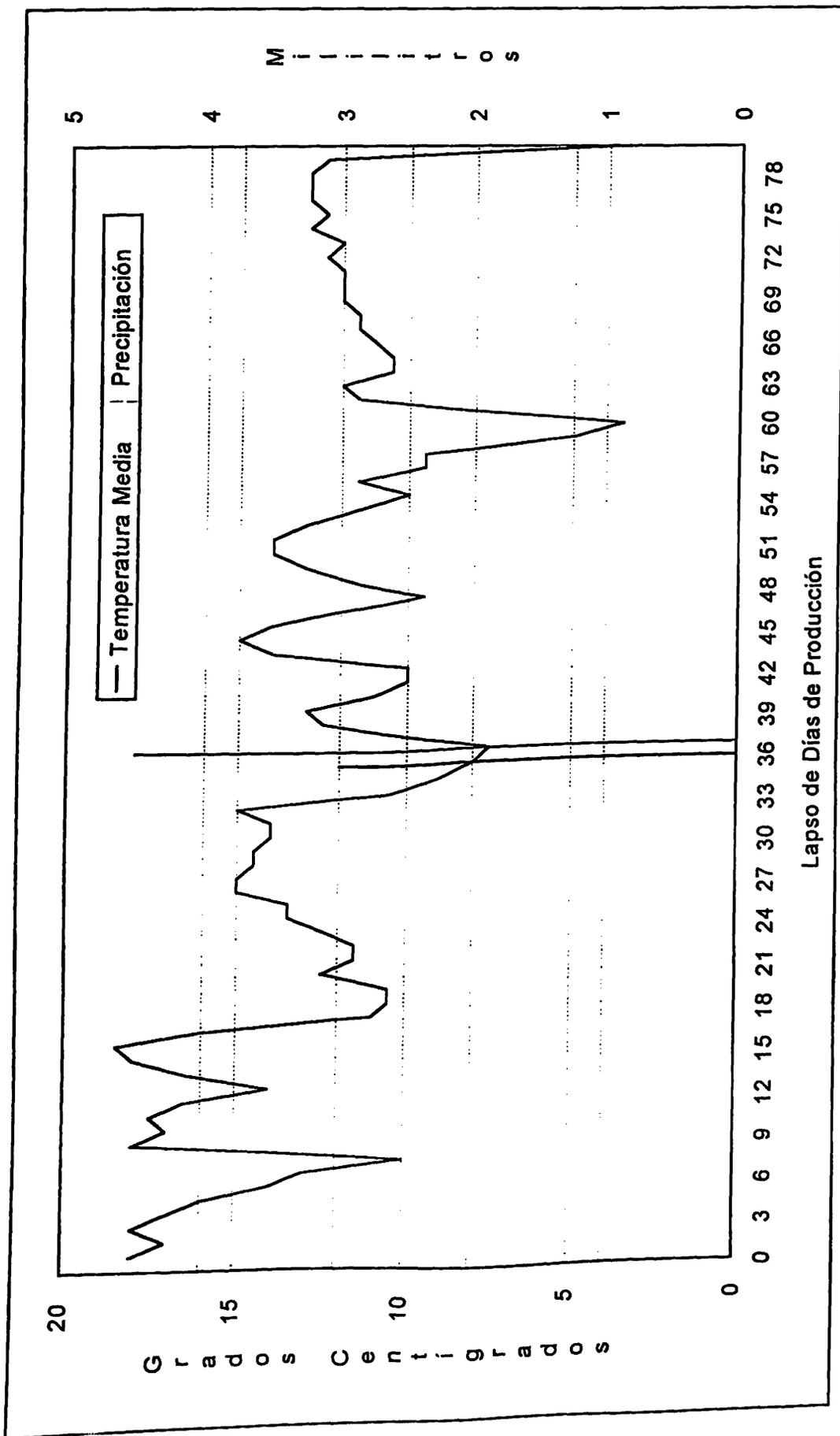


Figura B 1. Temperatura media y precipitación diaria registrados durante el período del 20 de octubre de 1996 al 9 de enero de 1997. Correspondientes a los días de producción de aguamiel en otoño. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. U.A.A.A.N.

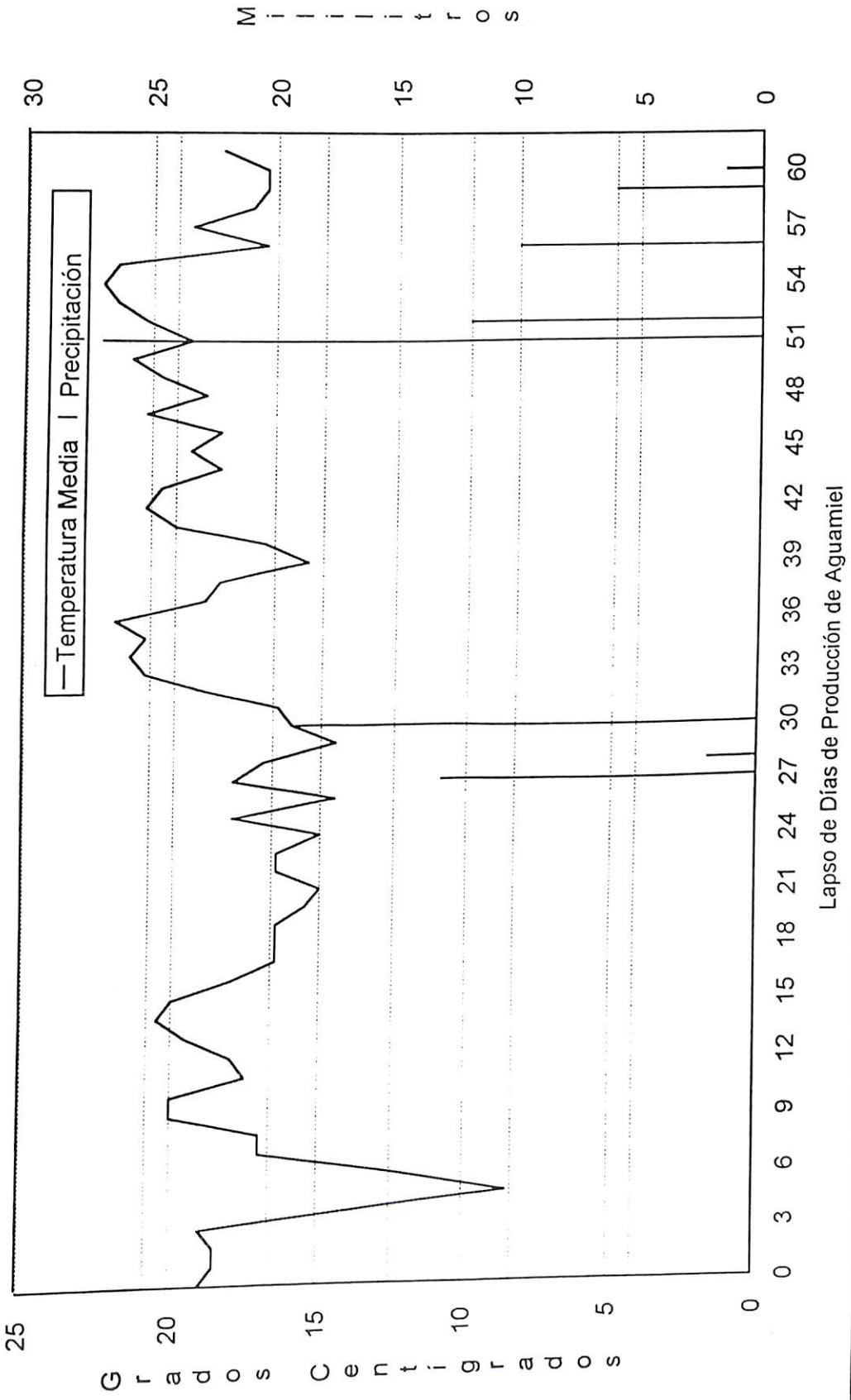


Figura B 2. Temperatura media y precipitación diaria registrados durante el periodo del 22 de abril al 20 de junio de 1997. Correspondientes a los días de producción de aguamiel en primavera. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas. U.A.A.A.N.

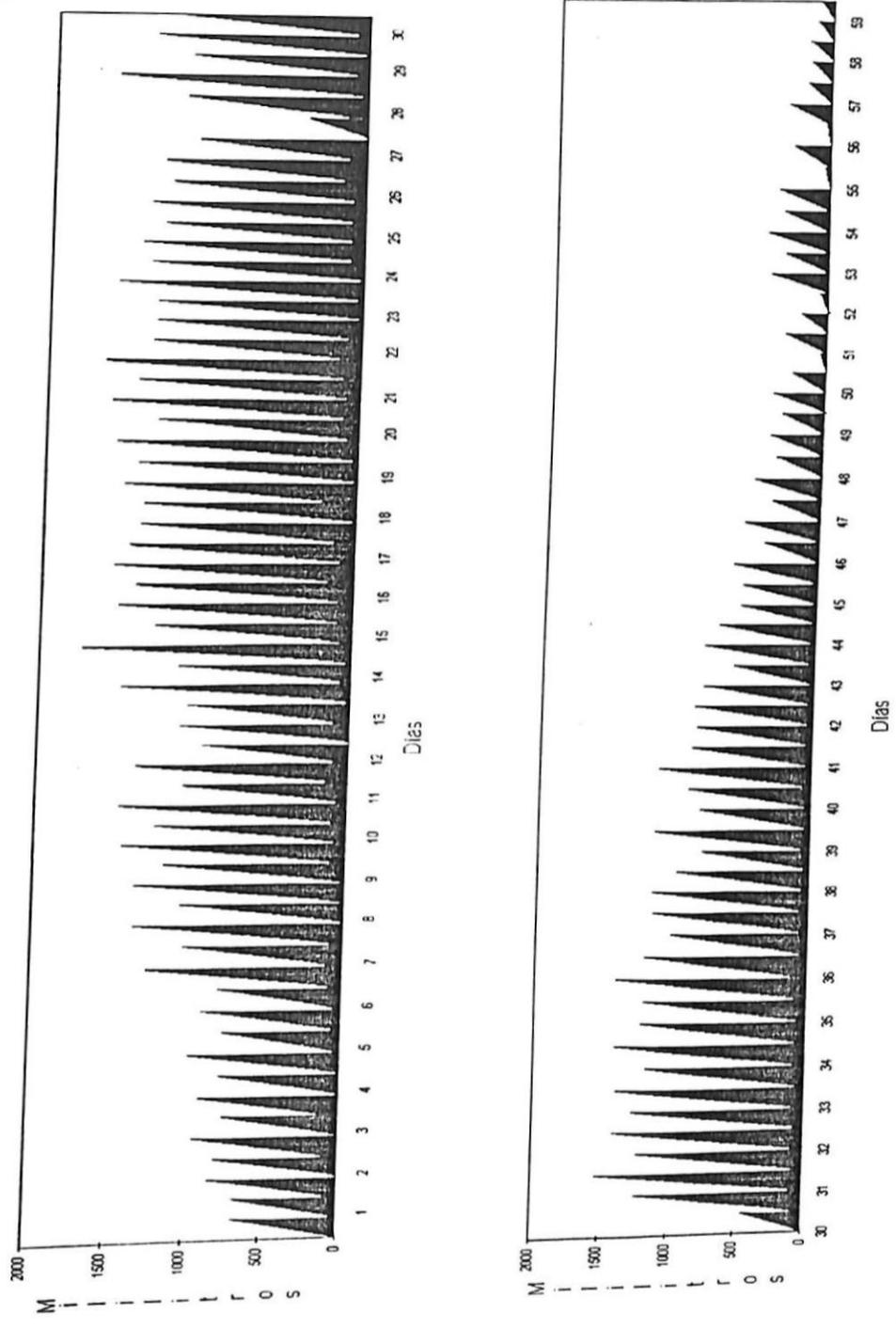


Figura B 3. Representación gráfica del proceso de acunulación y cosecha diaria de aguamiel promedio en magueyes del campo Experimental Noria de Guadalupe; Zacatecas. UAAAN. 1996-1997.