



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES, IZTACALA

**“ESTUDIO CITOGENETICO Y FITOGEOGRAFICO DE AGAVE
CRASSISPINA TREL. Y A. LECHUGILLA TORR, EN EL
MUNICIPIO DE PINOS, ZACATECAS Y EN EL MUNICIPIO
DE REAL DE CATORCE, SAN LUIS POTOSI, MEXICO”.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
B I O L O G O
P R E S E N T A :
SAUL FLORES MAYA

LOS REYES IZTACALA, EDO, DE MEX., 1986.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES, IZTACALA.

"ESTUDIO CITOGENÉTICO Y FITOGEOGRÁFICO DE Agave crassispina
Trel. y A. lechuguilla Torr. EN EL MUNICIPIO DE PINOS,
ZACATECAS Y EN EL MUNICIPIO DE REAL DE CÁDORCE,
SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO".

T E S I S

Que para obtener el Título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a

SAUL FLORES MAYA

Los Reyes Iztacala, Edo. de Méx. 1986.

ESTE TRABAJO ESTA DEDICADO CON INMENSO CARIÑO Y RESPETO.

A MIS PADRES

Roberto Flores V. y Dolores Maya de Flores.

Por su forma de pensar, su hermoso cariño, su comprensión
y su invaluable apoyo.

A MIS HERMANOS

Roberto, Rocio, Angélica y Ernesto.

Por su cariño y apoyo moral.

A Joceline Arce G.

Por su cariño, comprensión y estímulo
constante.

AL. Biol. Roberto Moreno C.

y a mis profesores.

Por su amistad, consejos y apoyo
desinteresado.

A G R A D E C I M I E N T O S .

Mi más sincero reconocimiento y agradecimiento al M. en C. Juan Rivera Cázares, por su valiosa asesoría, por sus enseñanzas, por su paciencia, su amistad incondicional y estímulo constante en la realización de esta tesis.

Al Dr. Fermín Rivera A., Coordinador de Investigación de la E.N.E.P. Iztacala, de la U.N.A.M., por las facilidades otorgadas para la realización del presente trabajo.

A la M. en C. Martha Salcedo O. por su apoyo, ayuda desinteresada y por su confianza al permitirme disponer de las instalaciones del laboratorio de Biología Celular y Fisiología Vegetal de la E.N.E.P. Iztacala, que están a su cargo, donde se llevó a cabo parte importante del presente trabajo.

De igual forma quiero expresar mi agradecimiento a el Biol. Jacobo Demetrio Mtz. M. y al técnico académico José Luis Pérez Leal, encargados del Invernadero de la E.N.E.P. Iztacala, por sus atenciones, facilidades otorgadas desde el principio hasta la culminación de este trabajo y por haberme permitido disponer de las instalaciones del Jardín Botánico de la E.N.E.P. Iztacala.

A los Biólogos Alfonso Lugo Vázquez, Héctor González Burgos y Gerardo Ortiz Montiel, por su excelente trabajo fotográfico de gran valor para el presente trabajo.

A los sinodales, por su crítica constructivas y revisión de este trabajo.

También deseo expresar mi gratitud a la Sra. Julieta Ramírez de Valencia, por su eficiente labor en el mecanografiado del original de este trabajo, así como a las personas que de una forma u otra, contribuyeron a la realización de este trabajo.

I N D I C E

Pag.

1.- RESUMEN	1
2.- INTRODUCCION	2
2.1 Justificación del trabajo	3
2.2 Objetivos	4
3.- ANTECEDENTES	5
4.- MARCO TEORICO	14
5.- DELIMITACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO ..	26
6.- METODOLOGIA	35
6.1 En el campo	35
6.2 En el laboratorio	36
6.3 Gabinete	38
7.- RESULTADOS	40
7.1 Estudio Fitogeográfico	40
7.1.1 Delimitación del área de <u>Agave lechuguilla</u> Torr y el área de <u>Agave crassispina</u> Trel.	40
7.1.2 Determinación de características ecológicas generales del habitat de <u>Agave lechuguilla</u> Torr y <u>A. crassispina</u> Trel.....	40
7.1.3 Caracterización fenotípica de <u>Agave lechu-</u> <u>guilla</u> Torr y <u>A. crassispina</u> Trel en el - área de estudio.	44

	Pag.
7.2 Estudio Citogenético	62
7.2.1 <u>Agave lechuguilla</u> Torr y <u>A. crassispina</u> Trel	62
7.2.2 Mapas de zonas de colecta	62
7.2.3 Tablas de conteos de cromosomas	62
7.2.4 Determinación del número cromosómico - del estado diploide (2n) de <u>Agave</u> --- <u>lechuguilla</u> Torr y <u>A. crassispina</u> Trel.	62
7.2.5 Estudio del cariotipo de <u>Agave lechu-</u> <u>quilla</u> Torr y <u>A. crassispina</u> Trel	68
7.3 Etnobotánica	87
7.3.1 <u>Agave lechuguilla</u> Torr	87
7.3.2 <u>Agave crassispina</u> Trel	87
8.- DISCUSION Y CONCLUSIONES.....	89
8.1 Estudio Fitogeográfico	89
8.1.1 <u>Agave lechuguilla</u> Torr	89
8.2 Estudio citogenético	99
8.2.1 <u>Agave lechuguilla</u> Torr	99
8.3 Estudio Fitogeográfico	105
8.3.1 <u>Agave crassispina</u> Trel	105
8.4 Estudio citogenético	112
8.4.1 <u>Agave crassispina</u> Trel	112
9.- SUGERENCIAS	116
10.- CONCLUSIONES GENERALES	117
11.- BIBLIOGRAFIA	120

INDICE DE FIGURAS, MAPAS, FOTOGRAFIAS Y TABLAS.

No. de Figura.		Pag.
1	Esquema propuesta por Granick (1944) que muestra las relaciones filogenéticas basadas en datos citogenéticos	12
2	Diagrama ombrotérmico del Municipio de Pinos, Zacatecas (García, 1973).....	32
3	Diagramas ombrotérmicos del Municipio Real de Catorce, San Luis Potosí (García, 1973)	33
4	Diagrama ombrotérmico del Municipio Real de Catorce, San Luis Potosí (García, 1973)	34
5	Características morfológicas de la penca de <u>Agave lechuguilla</u> Torr	52
6	Características morfológicas de la penca de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	53
7	Características morfológicas de la penca de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	54
8	Características morfológicas de la penca de <u>Agave lechuguilla</u> Torr	55
9	Características morfológicas de la penca de <u>Agave crassispina</u> Trel	56
10	Características morfológicas de la penca de <u>Agave crassispina</u> Trel.....	57
11	Características morfológicas de la penca de <u>Agave crassispina</u> Trel.....	58

No. de Figura.		Pag.
12	Espectro de variación Morfológica de - <u>Agave lechuguilla</u> Torr	59
13	Espectro de variación Morfológica de - <u>Agave crassispina</u> Trel.....	60
14	Ideogramas Florales	61
15	Histograma de números cromosómicos di- ploides de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	74
16	Histograma de números cromosómicos di- ploides de <u>Agave crassispina</u> Trel.....	75
17	Cariotipo de <u>Agave lechuguilla</u> Torr...	82
18	Cariotipo de <u>Agave crassispina</u> Trel...	84
19	Ideograma de <u>Agave lechuguilla</u> Torr...	85
20	Ideograma de <u>Agave crassispina</u> Trel...	86

No. de Mapa .		Pag.
1	Distribución del género <u>Agave</u> en América...	13
2	Localización de la zona de estudio	27
3	Localización de la zona de estudio	28
4	Distribución de <u>Agave lechuguilla</u> Torr en el Municipio Real de Catorce, San Luis Potosí..	42
5	Distribución de <u>Agave crassispina</u> Trel en el Municipio de Pinos, Zacatecas.....	43
6	Sitios de muestreo para estudio citogenético de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	70
7	Sitios de muestreo para estudio citogenético de <u>Agave crassispina</u> Trel	71

No. de Fotografía.	Pag.
1 <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	48
2 Inflorescencia de <u>Agave lechuguilla</u> Torr...	49
3 <u>Agave crassispina</u> Trel.....	50
4 Inflorescencia de <u>Agave crassispina</u> Trel...	51
5 Microfotografías ópticas de células en meta- tase mitótica, tomadas de preparaciones de- ápice de raíz de <u>Agave lechuguilla</u> Torr...	81
6 Microfotografías ópticas de células en meta- tase mitótica, tomadas de preparaciones de- ápice de raíz de <u>Agave crassispina</u> Trel....	83

Tablas.		Pags.
1	Conteos de cromosomas en hijuelos de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	72
2	Conteos de cromosomas en hijuelos de <u>Agave crassispina</u> Trel.....	73
ANOVA	Análisis estadístico para las medias muestrales de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.	76
ANOVA	Análisis estadístico para las medias muestrales de <u>Agave crassispina</u> Trel.	77
3	nomenclatura recomendada por Levan, Fredga y Sandberg (1964), para la - determinación de la proporción de bra- zos cromosómicos.....	78
4	Determinación de los valores <u>d,r,i</u> pa- ra la nomenclatura de cromosomas pro- puesta por Levan <u>et. al.</u> (1964). Cario- tipo de <u>Agave lechuguilla</u> Torr.....	79
5	Determinación de los valores <u>d,r,i</u> pa- ra la nomenclatura de cromosomas pro- puesta por Levan <u>et. al.</u> (1964). Cario- tipo de <u>Agave crassispina</u> Trel.....	80

R E S U M E N

En el presente estudio se delimitó el área de Agave lechuguilla Torr. en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí y el área de Agave crassispina Trel en el municipio de Pinos, Zacatecas.

En cada área se analizó el comportamiento de los factores climáticos y edáficos, además se determinaron los parámetros ecológicos como porcentaje de pedregosidad, pendiente y vegetación acompañante para poder inferir cómo influyen estos factores ecológicos sobre la distribución y establecimiento de estas especies.

De igual manera se dedujo cómo estos factores ambientales influyen en el desarrollo vegetativo de estas plantas. Para llevar a cabo estas inferencias se realizó la caracterización fenotípica de Agave lechuguilla Torr y A. crassispina Trel en sus áreas de estudio.

Se establecieron sitios de muestreo en las áreas de cada especie para coleccionar hijuelos apomícticos cuyos ápices radiculares fueron empleados para el análisis citogenético.

Se propone a $2n = 90$ como el número cromosómico diploide de Agave lechuguilla Torr establecido en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí y para A. crassispina Trel a $2n = 120$ en el municipio de Pinos, Zacatecas. Se caracterizó además los cariotipos de estas especies, estableciendo la posición centromérica de los cromosomas de cada cariotipo.

Con base en el análisis fitogeográfico y citogenético-realizado para cada especie se sugieren algunos aspectos -- sobre la planeación para ampliar sus áreas, para mejorar su aprovechamiento que como sabemos representan un interés económico en algunos sectores de la población de los municipios donde se llevó a cabo el presente estudio.

INTRODUCCION.

Debido a la gran importancia socioeconómica y cultural que ha tenido desde tiempos prehispánicos en diversos grupos de población en nuestro país, podemos decir con certeza que no existe ningún otro grupo de plantas silvestres de México que haya tenido tantas modalidades de utilización como los magueyes (Gómez-Pompa, 1963).

La utilización que se le ha dado a diferentes especies de este género va desde las especies ixtleras, hasta las usadas para la elaboración de bebidas alcohólicas como el pulque, aguardiente y tequila, y algunas otras se han empleado para la elaboración de hormonas esteroides por medio de saponinas que se han encontrado en algunas especies, además de otros usos que la gente le ha dado como son: la construcción de viviendas y la preparación de alimentos, así podemos decir que a tal grado toda la planta del maguey es susceptible de industrializarse (Almaráz, 1984).

Se conocen 310 especies del género Agave. Todas ellas están distribuidas en una zona que va desde los 34° de latitud Norte, hasta 60° de latitud Sur que comprende, en el Norte Utah y Maryland, y por el Sur hasta Venezuela y Colombia, y la zona del Caribe.

Berger y otros autores en sus estudios sobre agaves proponen como centro de distribución a la Altiplanicie mexicana, en donde se presenta la mayor riqueza de especies (Ramírez, 1936).

Todo esto justifica el gran interés del estudio de esta planta que presenta grandes potencialidades de explotación en zonas semiáridas y de pendientes pronunciadas, que hacen muy difícil su aprovechamiento para otro tipo de cultivos, y que son zonas características de México (Vázquez, 1977).

Entre las especies del género Agave que poseen mayor importancia a nivel económico se encuentran a las que se refiere el presente trabajo.

Tanto por sus características biológicas como por sus perspectivas de explotación Agave lechuguilla es una planta cuyo aprovechamiento se ha enfocado a la utilización de su fibra en la industria jarciera y textil (Sheldon, 1980), aunque observaciones realizadas en el presente trabajo nos permiten afirmar que la explotación de este recurso es deficiente, en primer lugar porque no se han ubicado adecuadamente áreas en donde esta planta puede ofrecer grandes posibilidades de un mayor aprovechamiento y en segundo lugar, a la poca atención que se le ha dado a la Biología de este organismo, y en general a otras especies de este género.

Es por lo tanto de gran importancia abordar el estudio de estas plantas desde el punto de vista fitogeográfico, citogenético, etnobotánico, etc., considerando que estos estudios contribuyen a la Biología como a la industria de nuestro país.

Según Gómez-Pompa (1963), el género Agave tiene una enormidad de atractivos por las dificultades que presenta, y las posibilidades de investigación que nos llevan a abordar y entender problemas acerca de su evolución, variación, herencia, etc. que no sólo pueden aclarar la taxonomía de este género, sino que puede abrir el camino, en problemas semejantes que presentan otros grupos con gran variación.

El hecho de que los agaves requieran de 15 a 20 años - para madurar y que la hibridación se lleve a cabo fácilmente (además de que esta planta es un grupo con un genotipo extraordinariamente variable, que se traduce en variaciones morfológicas, en ocasiones tremendas, en las especies, incluso, dentro de una misma población), hace que el estudio taxonómico y filogenético de este género sea sumamente complejo (Gómez-Pompa, op. cit.).

OBJETIVOS.

En virtud de lo anterior, el presente trabajo tuvo la finalidad de determinar el número de Agave lechuguilla Torr y A. crassispina Trel., así como delimitar su distribución ecológica en el municipio de Pinos del Estado de Zacatecas y en el municipio de Real de Catorce, del Estado de San - Luis Potosí , México, con base en el análisis citogenético y fitogeográfico de las especies del presente estudio, se trató de inferir la dinámica evolutiva de estas plantas.

ANTECEDENTES.

Linneo fué el primero quién describió al género, cuyo nombre viene del griego y significa "admirable", describió - además cuatro especies, entre ellas la conocida Agave americana.

Después de Linneo otros autores siguieron trabajando, - pero desafortunadamente la mayoría de las especies que fue - ron descritas, se basaban en observaciones sobre plantas que eran cultivadas en jardines. Para la descripción de estos - agaves algunos autores empleaban como criterio la morfología floral, así por ejemplo Bentham y Hooker en 1833 (cit. in. - Rivera, 1983), fueron los primeros en colocar al género --- Agave dentro de la familia Amaryllidaceae. Entre los botáni- cos europeos, Berger en 1915 fué quién finalmente organizó - en una monografía la sistemática del género Agave, describiendo 274 especies. Este mismo autor reconoció tres subgéneros - que son Manfreda, Littaea y Euagave, pero el uso constante - de las características de la inflorescencia lo condujeron a dividir a estos subgéneros en secciones y series, así para - Littaea él ideó siete secciones y para Euagave dieciocho -- series. Otro autor quién realizó varias revisiones sobre -- Agave fué William Trelease en 1920 (Gentry, 1980).

Esto ha llevado a que la clasificación comience siendo artificial basada en simples observaciones referentes al ha- bitat y forma de vida, además, de la mayoría de las especies que han sido descritas hasta hoy no se conoce con exactitud - el lugar donde se encuentran en estado silvestre, las causas de este problema son las siguientes: primero, la mayoría de - los colectores no le dan gran importancia al lugar de proce- dencia, segundo, muchas especies han sido descritas en pre - sencia de plantas cultivadas que ya habían sufrido alteracio- nes debidas al medio y que, por tanto, no corresponden con -

las silvestres. Como consecuencia de todo esto existe cierta confusión en la literatura, existiendo una sinonimia científica tan considerable, que cada vez se hace más difícil el conocimiento de las plantas del género Agave (Ramírez, 1936).

El género Agave ha sido incluido bajo la familia de las liliaceas por Engler y Prantl en 1930 y en el familia Agavaceae por Hutchinson en 1934. Este último autor en su sistema, separa algunos géneros de Liliaceae y Amaryllidaceae y las coloca en Smilacaceae, Ruscaceae, Trilliaceae (Gómez-Pompa, Villalobos y Chimal, 1971), en el curso de este arreglo, el género Agave fué separado de Liliaceae y colocada en una nueva familia que él propuso, la cual es Agavaceae junto con Funkia, Polyanthes, etc. (Sharma & Bhattachrya, 1962).

La posición de la familia Agavaceae ha sido de gran controversia. Aunque algunos botánicos han apoyado y aceptado el sistema de Hutchinson, apoyándose en el estudio cromosómico de las especies individuales, el cual puede arrojar alguna luz del presente estado de confusión en la clasificación del género y en el conocimiento de su evolución (Granick, 1944).

Los cariotipos de Agave y otros géneros afines de Agavaceae son únicos entre las monocotiledóneas. Algunos citólogos han abordado el problema para tratar de encontrar las relaciones filogenéticas de esta familia, entre quienes destacan Mc Kelvey y Sax en 1933, Whitaker en 1934 y Sato en 1935, los cuales afirman que Yucca y Agave, deben estar en un mismo grupo a razón de que ambos poseen patrones similares de distribución cromosómica: 25 grandes y 5 cromosomas pequeños (Gómez-Pompa et. al. 1971), observese que este trabajo y los siguientes que se mencionan más adelante refuerzan la idea de Hutchinson.

Darlington y Wyllie, encuentran afinidades cromosómicas bien definidas entre los distintos representantes de esta familia, incluyendo además otro género: Hosta (Funkia) de China y Japón que se consideraban dentro de las liliáceas y que tiene afinidades cromosómicas muy marcadas con Agave, Yucca etc. Otro citólogo que apoya la idea de Hutchinson es Watkins, que encuentra una gran similitud en los sacos embrionarios - de Yucca y Agave (Gómez-Pompa, 1963).

Granick en 1944 publica su patrón cromosómico de Agavaceae, ella realizó un estudio cromosómico de 31 especies, - dando evidencias que el género Agave es un poliploide formando una serie de $2n$, $3n$, $4n$, $5n$ y $6n$ con un número básico de 30, y que al parecer este poliploidismo se relaciona con el desarrollo vegetativo del género, es decir, el desarrollo vegetativo de los poliploides es más grande que el de los diploides, expresando que la distribución geográfica de Agave se relaciona con el poliploidismo. Basándose en estudios previos manifiesta que muchos agaves diploides se encuentran en el centro de la República Mexicana, y sólo dos diploides han sido encontrados en Arizona, y en la parte Norte de su distribución se expresan principalmente tetraploides y algunos hexaploides, por lo cual ella sugiere, el centro de distribución es la parte central de México, confirmando además las suposiciones de otros trabajos, donde el poliploidismo-especialmente los aloploides- es más adaptable a causa de su composición genética variable. La principal evidencia de este estudio, elaborado por esta investigadora, la lleva a proponer una línea ascendente de las monocotiledóneas primitivas tales como las Butomales, pasando por las liliáceas rizomatosas como Hosta, hasta las agaváceas (fig. 1).

Sharma y Bhattacharyya (1962), y Cave (1964), también realizaron estudios citológicos con otros agaves, estos autores y los antes mencionados indican que la semejanza de las características morfológicas y de la constitución cromosómica de Funkia, Beschorneria, Hosta, Hesperoyucca, Cleistoyucca, Samuela, Hesperaloe (Liliaceae), Agave y Fourcraea (Amarillidaceae) han tenido un origen común y están estrechamente emparentadas; en tanto que otras como Cordyline, Dracaena, Sansevieria, Phormium, Nolina, Dasylyrion, Beau-carnea, Calibanus y Doryanthes, presentan un cariotipo con 19 pares de cromosomas diferente a los otros géneros por lo cual Gómez-Pompa et. al. (1971), proponen sean excluidas de las agavaceas (Rivera, 1983).

Recientemente, Rivera (op. cit.) en su estudio citogenético de los agaves del Valle de Tehuacán y de los Valles Centrales de Oaxaca, encuentra que en Agave aff. tequillana su número cromosómico es de $2n=60$; en Agave karwinskii encuentra tres formas, de las cuales Miahuatlan y Amatengo tiene un número cromosómico diploide 40, y para la forma Tehuacán es de 30, cinco pares de cromosomas largos y de diez a quince pares de cromosomas cortos respectivamente. Esta similitud con el cariotipo característico del género (5L + 25s) confirma que esta especie queda incluida en el género Agave. El autor hace notar al respecto, que sin embargo, aún cuando posee cinco pares de cromosomas largos no corrobora la afirmación de que el número cromosómico diploide sea 60 para el género, como lo han venido remarcando ciertos autores; en el caso particular de estas especies su número básico sería $X=15$.

Granick (1944), reporta el número cromosómico de Agave lechuguilla Torr. Como un tetraploide de un ejemplar de -- Texas y otro de Tamaulipas; Cave (1964), registra este mismo número en ejemplares colectados en Texas.

Para Agave crassispina Trel., hasta la fecha no se ha registrado ningún trabajo que comprenda aspectos citogenéticos, aunque hay que mencionar que Gentry (1982), en su libro sobre agaves de Norteamérica lo identifica como una variedad de Agave salmiana.

De muchos trabajos que se han realizado a nivel bioquímico, microfauna, citológico e histológico, etc., y al no ser por estudios de etnobotánica abarcando sólo vegetales de importancia económica, pocos han sido los trabajos que tiene un interés fitogeográfico grande.

Los trabajos que han tenido gran trascendencia han sido el de Berger (1915) y Ramírez (1936), quienes señalan como centro de origen de Agave a la Altiplanicie mexicana. Estos dos autores proponen que el área de distribución de este género esta ligada principalmente con otras zonas áridas o semiáridas de México y Norteamérica, llegando por el Noroeste a Maryland (subgénero Manfreda) y hacia el Sur el límite conocido es Colombia, elaborando así un mapa de distribución del género Agave en América (mapa 1).

Ramírez (op. cit.), en su publicación "Distribución de los Agaves en México", incluye una lista de especies de agaves que existen en la República Mexicana, en esta misma lista, el autor menciona la distribución que se conocía hasta ese momento de los agaves del presente estudio, así Agave lechuguilla Torr. lo reporta en los Estados de Chihuahua, Tamaulipas, Zacatecas y el Estado de Texas de la Unión Americana, y a Agave crassispina Trel. lo registra en los Estados de Durango y San Luis Potosí.

Un trabajo más fino a nivel fitogeográfico sobre agaves fué el que llevó a cabo Rivera (1983), quién realizó un análisis sobre el comportamiento de los factores ambientales (clima, precipitación, temperatura, suelo, etc.) a lo largo de las áreas de distribución de las dos especies que estudió, y basándose en los datos proporcionados por su estudio biogeográfico, delimito las áreas de distribución de Agave aff. - tequilana y Agave karwinskii Zuc. proponiendo además que esta última especie es endémica de México.

Gentry (1982), hace una descripción detallada de los agaves de Norteamérica, en particular de los subgéneros Littaea y Euagave (Agave), además realiza una sinopsis de las especies de estos subgéneros de acuerdo a su región geográfica.

En la sinopsis que hace este autor, menciona que Agave lechuguilla es uno de los agaves con un amplio rango de distribución, y que el número de individuos en roseta probablemente exceda a otros agaves en forma silvestre, abundan desde el Sureste de Nuevo México y Suroeste de Texas pasando por el Desierto de Chihuahua hasta el Estado de México e Hidalgo, también registra a Agave crassispina (como una subespecie de Agave Salmiana) en los estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí y Zacatecas pero en grupos pequeños de formas silvestres dentro de campos de cultivos grandes de salmiana. Esta información es la más actualizada que se tiene de la distribución geográfica de estos agaves.

Ahora como sabemos las especies tienden a distribuirse geográficamente según patrones dinámicos que cambian en el espacio y el tiempo, este proceso de dispersión conduce a la diversificación de genotipos a partir de uno o más troncos comunes, mediante la actuación de las fuerzas de selección natural, las cuales proporcionan el desarrollo de genomas apropiados cuya expresión fenotípica se ajusta a las condiciones ambientales que se van presentando a lo largo de tal proceso de distribución. Esta tendencia general de distribución de los organismos se presenta también en las especies del género Agave y naturalmente dicho proceso tiene repercusiones a nivel citogenético y por tanto evolutivo (Rivera op. cit.) .

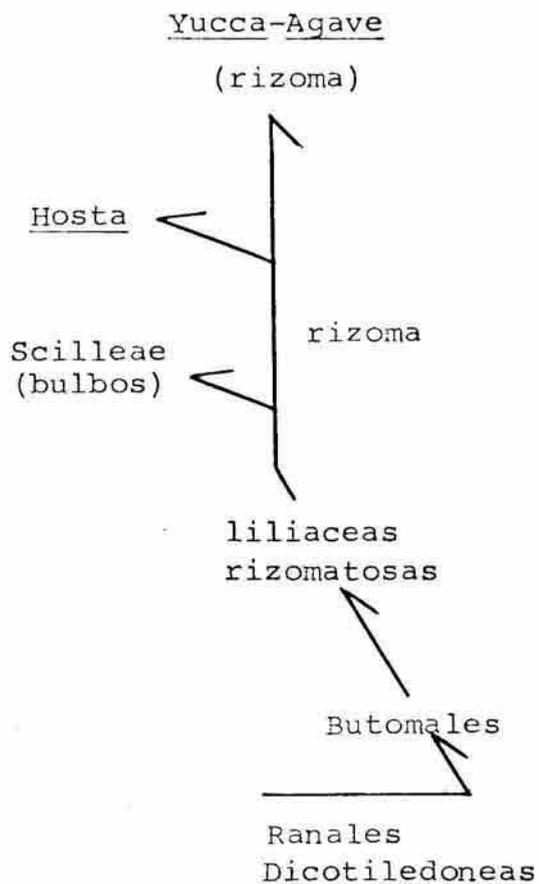
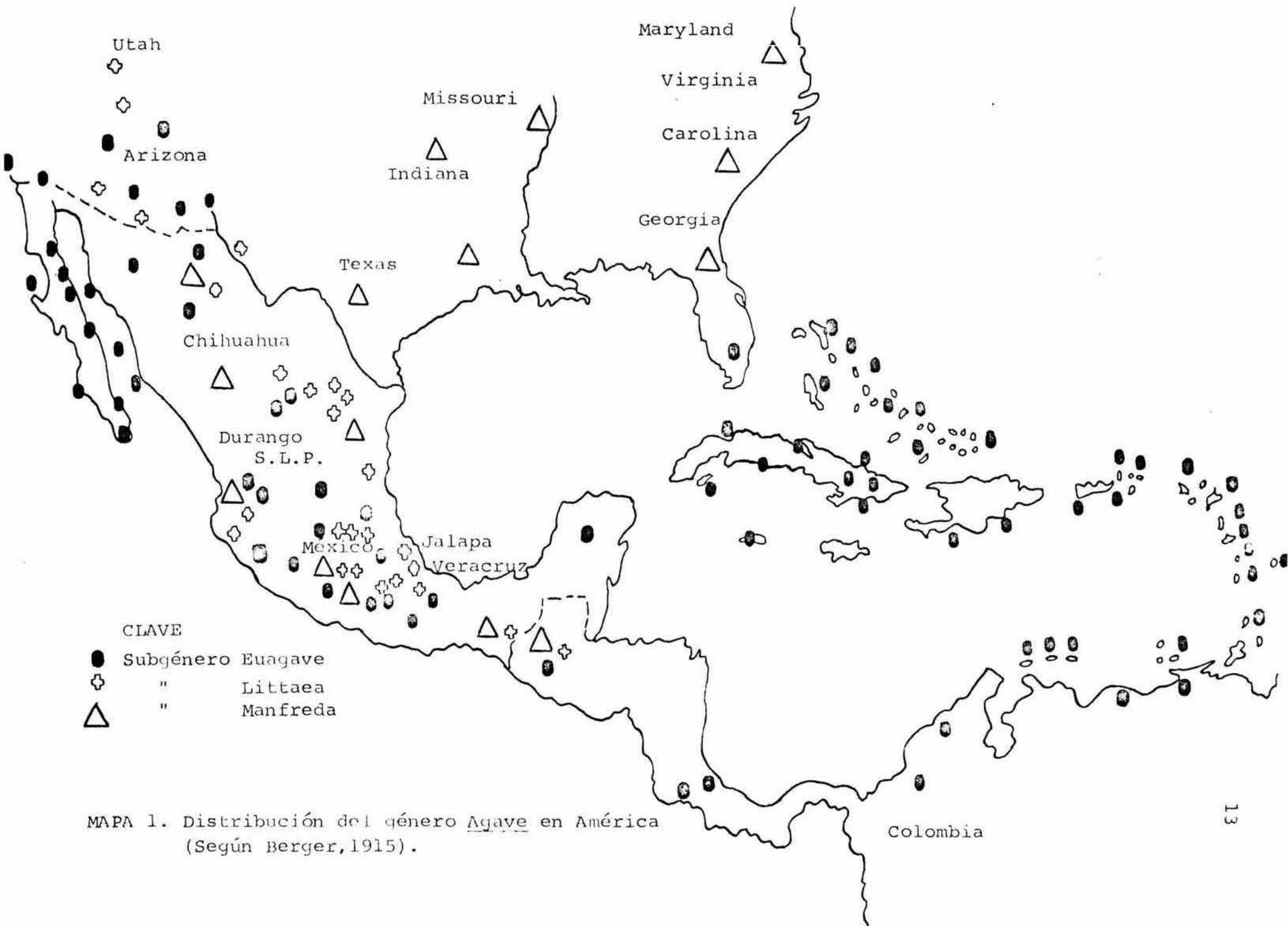


Fig. 1. Esquema propuesto por Granick (1944) que muestra las relaciones filogenéticas basadas en datos citogenéticos (tomado del mismo autor).



MAPA 1. Distribución del género Agave en América
 (Según Berger, 1915).

MARCO TEORICO.

La ciencia de la citogenética se basa en el hecho de que el material hereditario (ADN) de un organismo, sean bacterias, vegetales, o mamíferos está ordenado dentro de uno o más cromosomas.

Las características como el número de cromosomas y morfología (cariotipo) pueden ser usadas como cualquier otro tipo de datos comparativos; es decir, que los caracteres de los cromosomas y su comportamiento en meiosis y mitosis pueden ser las guías más confiables para apoyar los ordenamientos y revisiones taxonómicas así como dilucidar dinámicas evolutivas de los organismos, que muchos de los caracteres morfológicos tradicionales.

Como sabemos la cantidad de cromosomas es constante para cada especie vegetal por lo que los estudios cromosómicos, especialmente cuando se combina la hibridación y análisis genéticos, nos proveen evidencias esenciales para establecer la constitución y parentesco de diferentes especies y discernir dinámicas de invasión a nuevas áreas o la incapacidad de dispersión en organismos endémicos al comparar los cariotipos.

La tendencia de la citogenética es hacer una taxonomía natural que revele el parentesco por medio del origen. Una clasificación natural es tal cuando consideramos desde el punto de vista el origen de los caracteres tomando en cuenta el factor tiempo y considerando la evolución de estos de época a época. Es así como la genética al estudiar la descripción de los tipos de variación biológica y sus causas, y el tratar de comprender las diferentes causas de discontinuidad, a contribuido en gran parte a la formación de la taxonomía natural (Cain, 1945).

Como se mencionó anteriormente, los conceptos de cario tipo y análisis genómico han aportado considerables datos en apoyo de los ordenamientos y revisiones taxonómicas, sin embargo, existen frecuentemente grandes dificultades para pasar de las pequeñas diferencias estudiadas por los citogenetistas a las grandes diferencias y a los cambios ocurridos - en el pasado, es por esto que para comprender que en las poblaciones existe variación, y entender a que se debe esta va riación deben complementarse los datos citogenéticos y los - estudios morfológicos con los biogeográficos.

Los datos puramente geográficos también se estudian en parte por medio de procesos deductivos, pues se refieren a -- las distribuciones actuales, las cuales se han originado a - través del tiempo. Según Lam (cit. in Cain, 1945), la paleon tología es la única ciencia en la cual pueden efectuarse, -- salvo pocas excepciones, interpretaciones directas de los da tos concernientes a la dirección y al ritmo de la evolución.

Los biogeógrafos intentan explicar y comprender los mo vimientos pasados de los organismos, es así como la biogeo - grafía abarca la geografía de todos los organismos e implica la búsqueda de modelos para la distribución de plantas y ani males y el intento de explicar cómo surgieron estos modelos - durante el pasado geológico.

Biogeografía, se define como el estudio de los patro - nes de distribución de las especies y los factores ambienta - les que determinan esta distribución en su manifestación es - pacial y tiempo (Margalef, 1977 y Pianka, 1982).

El estudio de las distribuciones geográficas generales de las plantas y de los animales se denomina, respectivamente, fitogeografía y zoogeografía.

En el estudio de la fitogeografía se han establecido dos divisiones que son: la fitogeografía estática o descriptiva, la cual reúne los datos referentes a la flora; y la segunda y que continúa a la estática es la fitogeografía interpretativa o de síntesis, que intenta aclarar los problemas que la fitogeografía estática plantea (Caín, 1945 y --- Lawrence, 1951).

Caín (op. cit.), menciona que la fitogeografía interpretativa es una ciencia fronteriza que depende de otras ciencias más especializadas en cuanto a la obtención de materiales y de algunos conceptos, con el fin de buscar las causas, tanto modernas como históricas, de los fenómenos de la distribución. La aplicación de técnicas y el uso de los métodos en la fitogeografía interpretativa, pueden mostrarnos soluciones y respuestas a cuestiones de migración y evolución de floras, distribución discontinuas, endemismo y centros de origen.

La fitogeografía es una ciencia que está avanzando rápidamente en el campo de su investigación y principalmente en el campo de la fitogeografía interpretativa, donde los estudios se han enfocado principalmente a la taxonomía de los organismos.

Caín (op. cit.), en su libro "Fundamentos de Fitogeografía" menciona 13 principios básicos propuestos por Good y Mason y ampliados por Caín, estos principios consisten en:

A. Principios referentes al medio:

- 1.- La influencia del clima es fundamental.
- 2.- El clima ha variado en el pasado.
- 3.- Las relaciones entre el mar y tierra han variado en el pasado.
- 4.- La influencia edáfica es secundaria.
- 5.- Los factores bióticos también tienen importancia.
- 6.- El medio es holocenótico.

B. Principios concernientes a las reacciones de las plantas:

7.- El área de las plantas está limitada por las tolerancias.

8.- Las tolerancias tienen una base genética.

9.- La tolerancia varía en las distintas etapas del desarrollo.

C. Principios concernientes a la migración de floras y de climax:

10.- Se han producido grandes migraciones.

11.- Las migraciones son el resultado del transporte y del establecimiento.

D. Principios concernientes a la perpetuación y evolución de las floras y climax:

12.- La perpetuación depende de la migración y de la evolución.

13.- La evolución de las floras depende de la migración, evolución y selección producida por el medio.

Algunos de estos principios son referentes a la parte fisiológica de la fitogeografía, y otros tienen fundamentalmente un significado corológico.

Rapoport (1975), define a la Areografía (corología) como el estudio de las áreas de distribución de los taxones (subespecies, especies, géneros, familias, etc.), es decir, mientras que a la biogeografía le interesa la delimitación de los conjuntos faunísticos o florísticos, a la corología le interesa la forma y tamaño de las áreas de dispersión de las especies. Es el estudio de la distribución espacial de los taxa.

Topografía del área. Se define como la distribución de los organismos dentro de los límites de su área.

Forma del área. En este concepto se han establecido -- dos rasgos; primero, un área tiende a desarrollar un contorno circular como resultado de la diseminación fortuita de los diásporas; segundo, esta tendencia es contrabalanceada por el hecho de que las zonas climáticas principales tienden a tener una mayor dimensión latitudinal que longitudinal. El resultado es que las áreas raramente son circulares y con frecuencia son imperfectamente ovales en dirección este oeste.

Tamaño del área. El tamaño de las áreas va desde el más pequeño hasta aquellas donde ciertas especies se conocen para casi todas las principales masas continentales (especies endémicas y especies cosmopolitas).

Margen del área. Para una especie que no haya alcanzado una barrera en su migración, el margen de su área progresará de acuerdo a su capacidad migratoria y al lapso que requiere para alcanzar su madurez reproductiva, todo esto modificado por las vicisitudes que el azar le presenta en cuanto a las condiciones del tiempo y de otras variables.

Un área en expansión tiende a tener un margen relativamente continuo y una topografía homogénea, mientras que en un área en contracción el margen tiende a ser relativamente discontinuo y la topografía irregular y quebrada.

Área continua. Es aquella en la cual las diversas estaciones de una especie o comunidad no están separadas más -- allá de la capacidad normal de dispersión del organismo estudiado.

Áreas discontinuas o disyuntas. La separación entre las colonias de plantas es mayor que la capacidad normal de dispersión de la especie.

Areas variantes. son áreas que se excluyen mutuamente pertenecientes a especies muy afines y que defieren solamente en unos pocos caracteres específicos ligados por formas ancestrales iniciales (Cain, op. cit.).

Ciclo celular: Mitosis.

La consecuencia primordial de la división celular es la replicación del material hereditario de la célula y la subsecuente segregación de su DNA en dos células genéticamente equivalentes.

El ciclo mitótico se ha dividido convencionalmente en cinco etapas: interfase, Profase, Metafase, Anafase y Telofase. En la primera etapa se reconocen cuatro períodos: G₁, S, G₂ y M. Los G₁ y G₂ se refieren a los períodos presintéticos y postsintéticos. S es el período de síntesis de DNA y la formación de histonas y su asociación con el DNA, y M es la fase de la división celular la cual comienza con los primeros estados reconocibles de Profases y la terminación de la Telofase hasta la formación de dos células hijas.

En la Profase se pueden observar las cromátidas debido a la contracción que sufren los largos cromosomas filiformes, la cual ocurre por la doble hélice de cada cromátida que es enlazada en una serie de enrollamientos. Antes de que esto suceda el núcleo se agranda por hidratación; en pocas formas los nucleolos pueden persistir en la Anafase y en el estado de la Telofase.

En la Profase tardía los centriolos migran hasta quedar situados cada uno en los polos de la célula, dependiendo de la orientación de los centriolos la posición del huso proteínico quedará determinada, pero si los centriolos no son parte normal del aparato divisional dos agregaciones de microtubulos se desarrollan cerca de la membrana celular, y estas agregaciones determinarán el plano de citocinesis. En esta fase de la mitosis la compactación de las cromátidas y la división del citoplasma va avanzando.

Hasta esta etapa la membrana nuclear ha sido disuelta y las fibras del huso han establecido una ruta de orientación de polo a polo, iniciando así la siguiente etapa llamada Metafase. La función primordial del huso es la de trasladar a los cromosomas que están dispersos dentro del núcleo a una posición de equilibrio entre los dos polos, es decir, formar lo que se denomina placa ecuatorial o metafásica.

Los centrómeros de cada cromosoma se orientan con respecto a los polos, de tal forma que quedan unidos a los polos por medio de las fibras del huso. Los detalles de la morfología cromosómica en esta fase se observan con mayor claridad, por lo que los estudios de cariotipos se realizan en cromosomas metafásicos.

La división de la región centromérica de cada cromosoma toma lugar y la separación de las cromátidas hermanas se mueven en el huso hacia los polos. Este período de movimiento se lleva a cabo en el período Anafásico.

En la siguiente etapa, Telofase, los cromosomas hijos al irse acercando a los polos se condensan, la membrana nuclear se forma alrededor de cada grupo polar, las cromátidas pierden su estructura compacta y se alargan hasta alcanzar un período interfásico, el núcleo se hace más visible, y los centriólos, si presenta, sufren replicación en "anticipación" de la próxima división celular.

En la citocinesis se divide la célula en dos células hijas. Este proceso en células animales se da por un proceso de surcamiento y células vegetales por la formación de una placa celular. El ciclo celular se vuelve a repetir.

Como podemos observar, la división celular provee un grupo de células con un dote genético idéntico, por lo que se dice que este evento celular es un proceso conservativo - tanto en el sentido morfogenético y evolutivo (Swanson, 1981).

Así pues la primera gran consideración que debe tomarse para un estudio citogenético es establecer el comportamiento de los cromosomas durante la división celular.

Poliploidia.

Se conoce que dentro de las Fanerógamas sus células somáticas pueden contener de 4 a 264 cromosomas. Si bien géneros e incluso familias pueden tener el mismo número cromosómico, en muchos grupos relacionados de plantas las especies y algunas veces las poblaciones, tienen diferentes números cromosómicos. Estas diferencias pueden ir desde uno o dos cromosomas, hasta múltiplos de un número (Swanson, 1981 ; Benson, 1962 ; Heywood, 1967 y Moore, 1979).

La poliploidía es uno de los cambios más comunes que se encuentran dentro y entre las especies de Angiospermas.

Muchos poliploides son el resultado del doblamiento en el número cromosómico de híbridos formados entre especies separadas, o al menos entre diferentes razas de la misma especie. Una consecuencia inmediata de este mecanismo es que los diploides son normalmente incapaces de producir híbridos fértiles con los poliploides debido a la inestabilidad de muchos de los cromosomas para aparearse. Así pues tenemos que un apareamiento entre un diploide y un tetraploide son separados por la formación de un triploide estéril (Heywood, 1976).

La primera ventaja adaptativa del aumento del número de genomas es la estabilidad genética, lo que permite una gran explotación de la interacción entre genomas.

La poliploidía se le considera como un mecanismo de la formación de especies incipientes, y si estas son capaces de encontrar un nicho ecológico apropiado y establecerse ellas mismas como poblaciones diferenciadas pueden ser reconocidos

como especies separadas de sus progenitores. Al principio puede haber poca diferencia morfológica entre los diploides y poliploides, lo que representa a los taxónomos un gran problema para poder reconocerlos.

La poliploidía ha jugado un papel muy importante en la evolución de las angiospermas ya que se dice que las plantas poliploides tienden a ser perennes, a causa de la disminución de la reproducción sexual, que les permite sobrevivir en ambientes inestables y bajas tasas de fertilidad que las plantas anuales.

Se ha visto que al correlacionar la poliploidía y distribución, existe un gran porcentaje de grupos taxonómicos poliploides en latitudes y altitudes extremas. Las causas que explican la presencia de los poliploides en estas regiones después de la retracción de las capas de hielo del Pleistoceno, se deben a que los poliploides en forma natural existen en su gran mayoría como alopoliploides pero que tienden a una homocigoticidad lo que les permite una mayor oportunidad de fijar caracteres génicos y cromosómicos adaptativos (Moore, 1979).

Ubicación taxonómica de las especies en estudio de acuerdo a Gentry (1982).

División:	Fanerogama	Fanerogama
Clase:	Monocotiledonae	Monocotiledonae
Orden:	Agavales	Agavales
Familia:	Agavaceae	Agavaceae
Género:	Agave	Agave
*Subgénero:	Euagave	Littaea
Especie:	<u>Agave crassispina</u> Trel.	<u>Agave lechuquilla</u> Torr.

Sinonímias: Sin sinonímias

A. poselgeri Salm-Dyck

A. multilineata Baker

A. heteracanta Hort

A. missoni Baker

- * Gentry (op. cit.), llama al subgénero Euagave como Agave. Además incluye grupos en ambos subgéneros, así en el grupo Marginatae encontramos Agave lechuguilla Torr., y en el grupo Salmianae coloca A. crassispina Trel como una variedad de A. salmiana.

DELIMITACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El municipio de Pinos, Zacatecas y el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí están comprendidos en el Altiplano Potosino que se encuentra en los paralelos $21^{\circ}52'N.$ y $24^{\circ}36'N.$ y entre el meridiano $99^{\circ}35'$ y el meridiano $102^{\circ}37'$ de longitud Oeste (Mapas 2 y 3).

LOCALIZACION.

El municipio de Pinos está ubicado entre los paralelos $22^{\circ}18'$ de latitud Norte y los meridianos $101^{\circ}35'$ de longitud Oeste, encontrándose a 2538 m.s.n.m. del Estado de Zacatecas.

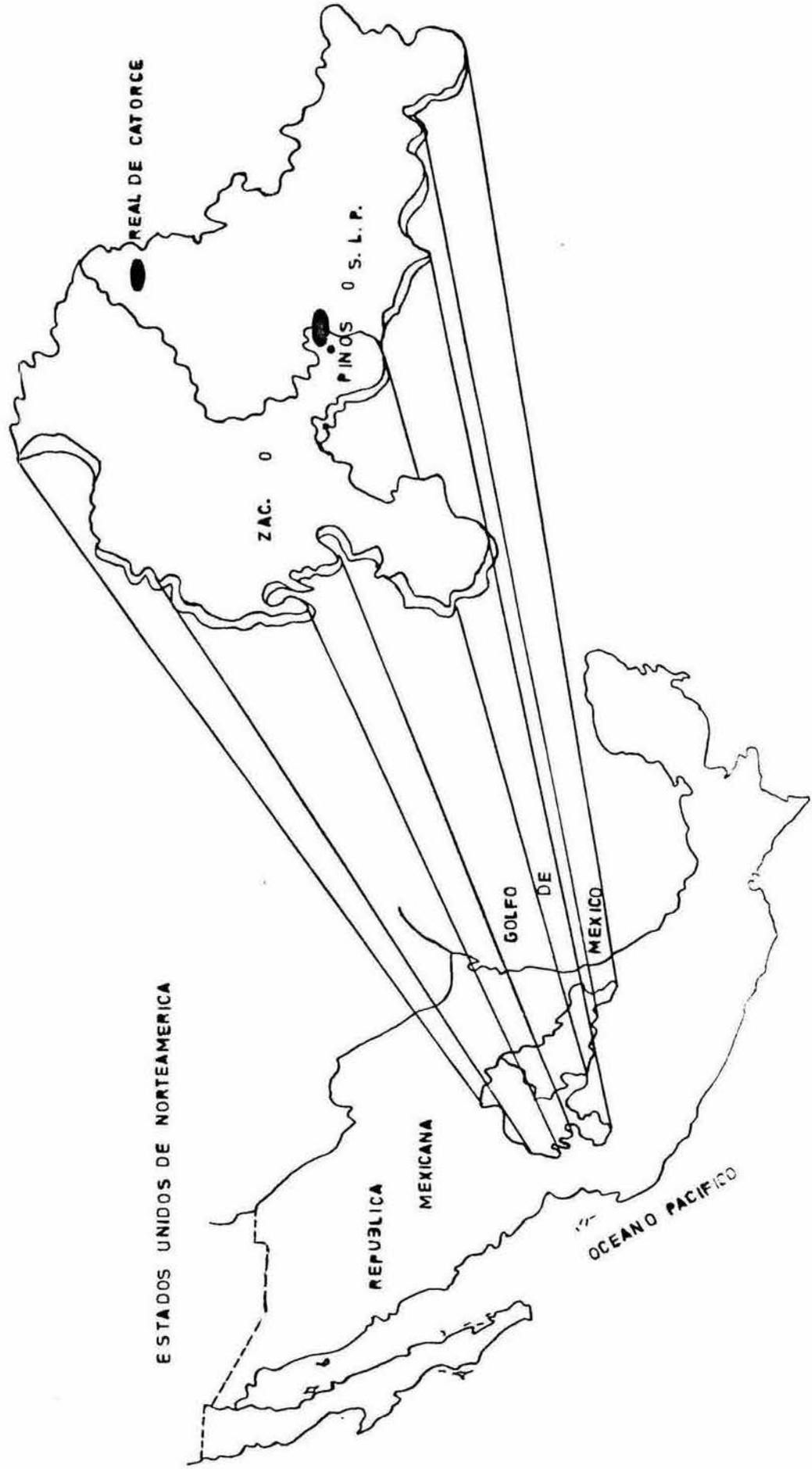
Las coordenadas geográficas para Real de Catorce, San Luis Potosí están comprendidas entre los $23^{\circ}41'$ latitud Norte y los $100^{\circ}53'$ de longitud Oeste y a un nivel de 2756 m.s.n.m.

GEOLOGIA.

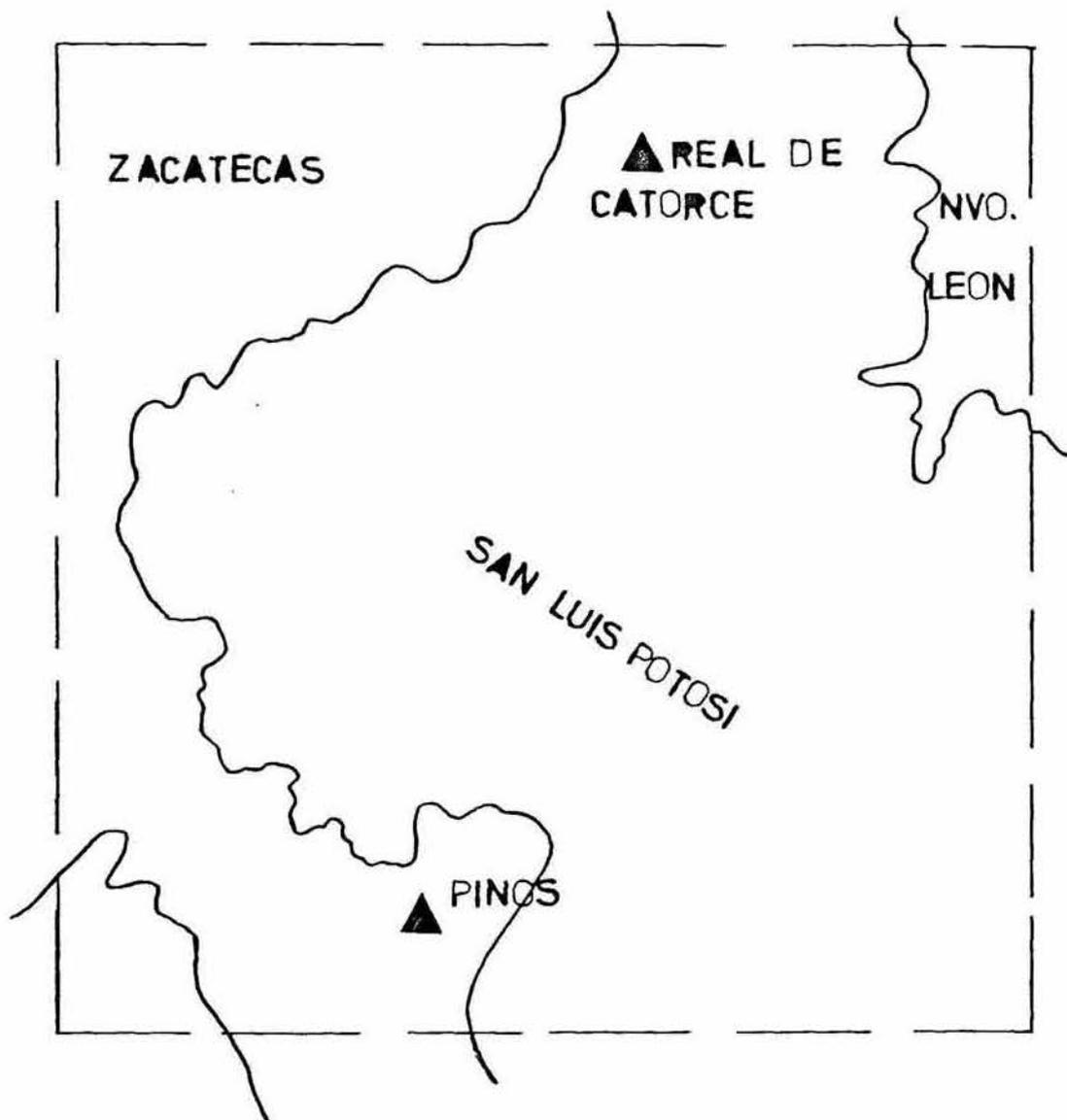
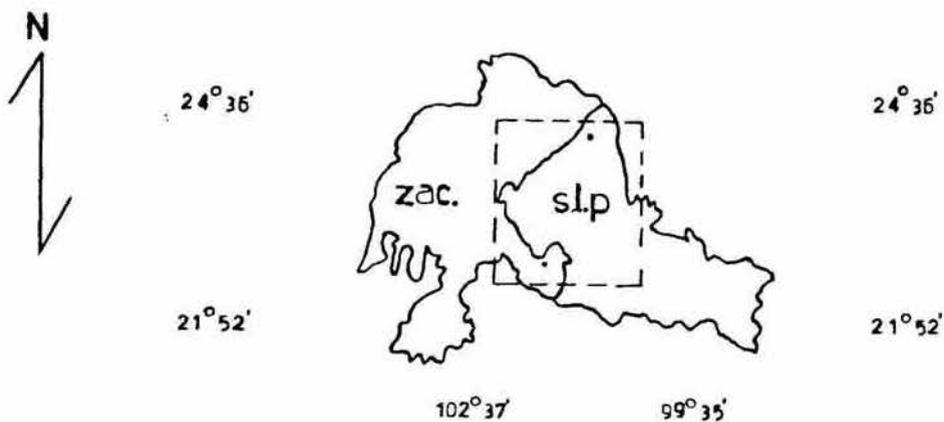
El Estado de Zacatecas está dividido en cuatro provincias geológicas, comprendiendo la provincia Mesa del Centro al municipio de Pinos. Esta provincia cubre una gran porción del centro del Estado de Zacatecas y está limitada al Noreste por los plegamientos de la Sierra Madre Oriental y al Suroeste por la Sierra Madre Occidental.

Los floramientos más antiguos son de rocas metamórficas de bajo grado (pizarras, filitas y esquistos) del triásico, que afloran al Noroeste de Pinos. Del cuaternario predominan los depósitos aluviales que cubren la parte Sur de Pinos. Rocas ígneas del terciario predominan en la parte Noroeste y Este del municipio, al Norte se encuentran representadas rocas sedimentarias (lutita y lutita-arenisca) del período cretácico y en menor proporción en la parte del centro (caliza-lutita) del mismo período.

En el municipio Real de Catorce predominan las rocas sedimentarias (lutita arenisca) abundando las calizas en la parte Noreste de este municipio.



MAPA 2. Localización de la zona de estudio.



MAPA 3. Localización de la zona de estudio.

Los tipos metamórficas se encuentran muy poco de estas, los principales son los más importantes, encontrándose afloramientos en este municipio.

TOPOGRAFIA.

La topografía actual del Altiplano se caracteriza por una sucesión de serranías y llanuras alargadas en sentido Norte-Sur y escalonadas en sentido Este-Oeste; encontrándose las llanuras entre los 1000 y 2600 m.s.n.m.; y las serranías alcanzando hasta 3000 m.s.n.m. Al sur de Zacatecas, en el municipio de Pinos, el número de montañas disminuye a comparación del resto del Estado. Este municipio es de terrenos aluviales, se encuentran pequeños cerros aislados. la superficie de su terreno es ondulada (Almaráz, 1984).

El municipio Real de Catorce, San Luis Potosí se caracteriza por la presencia de sierras en las que predominan rocas calizas. Los cerros presentan contornos suaves y redondeados. Estas sierras por lo general son alargadas y angostas, separadas por depresiones endorréicas alargadas. En este municipio se encuentra la Sierra de Catorce, con la máxima altura del Estado de San Luis Potosí de 3000 m.s.n.m. y la Sierra de Colorado.

HIDROGRAFIA.

El municipio de Pinos queda comprendida en la región hidrológica el Salado. Esta región es una de las vertientes interiores más importantes del país. Se localiza en la Altiplanicie septentrional y la mayor parte de su territorio se encuentra a la altura del Trópico de Cáncer, que la atraviesa. Queda comprendida entre los 21°48' y 25°23' la latitud Norte y los 99°21' y 103°00' de longitud Oeste. Todo este conjunto hidrográfico esta constituido por una serie de cuencas de muy diferentes dimensiones en su mayor extensión carece de corrientes superficiales permanentes. En consecuencia, su descripción hidrográfica resulta un tanto complicada (S.P.P., 1981).

En Real de Catorce no hay ningún río de importancia y en su mayoría los arroyos son temporales, el principal arroyo que podemos mencionar es el Arroyo General Catorce.

SUELO.

En el municipio de Pinos en Zacatecas abundan los suelos ligeros (migajón-arenoso), predominando la riolita como roca madre que dá un color al suelo grisáceo a castaño o rojizo claro. La textura es arenosa, el pH suele ser ácido y el contenido de carbonatos muy bajo, al igual que el de materia orgánica.

En la parte Noreste del municipio Real de Catorce predominan la caliza, el suelo es de color entre gris y negro, el contenido de carbonatos (de calcio) es alto, el pH varía de neutro a ligeramente alcalino; el contenido de arcillas es mayor lo mismo que el contenido de materia orgánica (Almaráz, op. cit.).

CLIMA.

Municipio de Pinos, Zacatecas:

El clima se clasifica según García (1973), en clima seco $BS_{1kw}(w)(i)g$, el cual presenta lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10,2. La precipitación media anual es de 440.1 mm. La temperatura media anual es menor de 18°C. La mayor incidencia de lluvias se registra en el mes de junio, con un rango entre 80 y 90 mm. Los meses más secos son febrero y marzo, ambos con una precipitación menor de 5mm. La máxima temperatura corresponde a mayo, con un valor que oscila entre 17° y 18°C; la mínima se presenta en enero, con un valor entre 10° y 12°C (fig. 2).

Se presentan heladas con un rango de 0 a 20 días al año. El rango de frecuencias de granizadas que predominan es de 0 a 2 días anuales.

Municipio Real de Catorce, San Luis Potosí:

El clima que caracteriza a la zona según García (op. cit.) en forma extensiva es del subtipo BSo, el más seco de los BS, con un cociente P/T menor de 22.9. Para el municipio se dan dos modalidades de este subtipo a nivel de temperatura que son: BSo hw" (e), que reporta la estación climatológica de Matehuala, como semicálido con invierno fresco, la temperatura media anual se establece entre 18° y 22°C y la del mes más frío menor de 18°C. El régimen de lluvias en verano es menor de 80 mm. La segunda es el clima BSokw" (e), que reporta la estación de Cedral como templado con verano cálido. La temperatura media anual se da entre 12° y 18°C y la del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente mayor de 18°C. El régimen de lluvias en invierno menor de 20 mm (fig. 3 y 4).

En la cabecera del municipio Real de Catorce se registra un clima del tipo BW (h') hw" (e), muy seco cálido, con temperatura media anual menor de 22°C, la del mes más frío menor de 18°C. Con un régimen de lluvias en verano menor de 50 mm ver figura 4 (CETENAL, 1970).

VEGETACION.

La flora del Altiplano Potosino en general está ligada con las zonas secas de México y con la del Desierto Chihuahuense en particular. Esta flora presenta un gran número de géneros endémicos de México, además de otros de distribución Neotropical y sólo unos pocos son afinidades boreales (Almaráz, op. cit.).

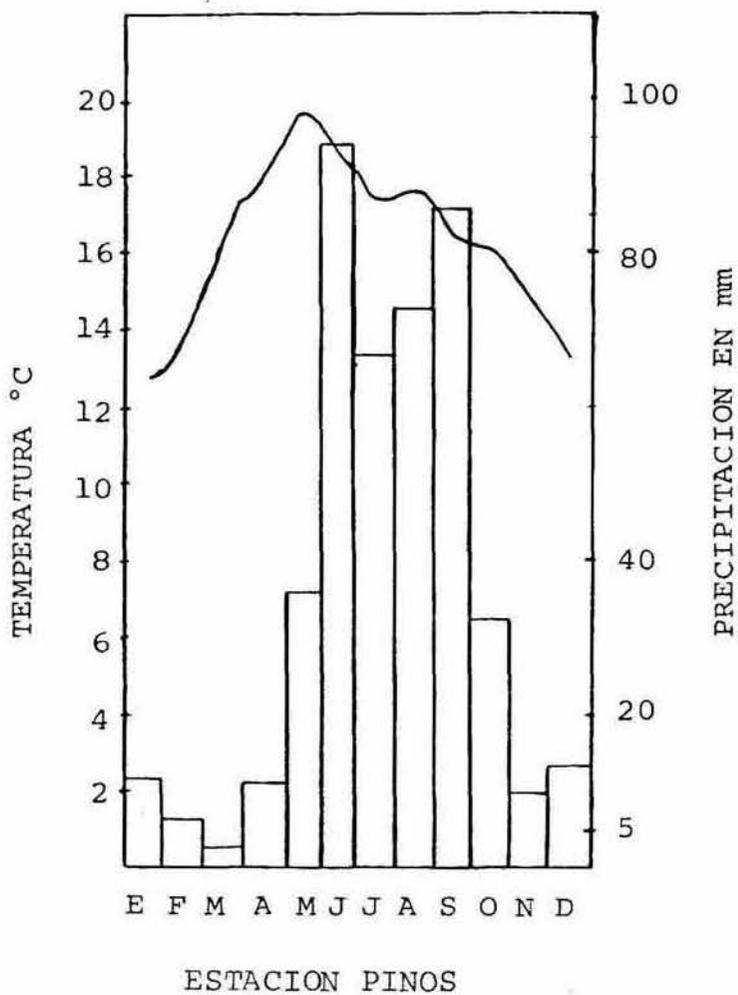
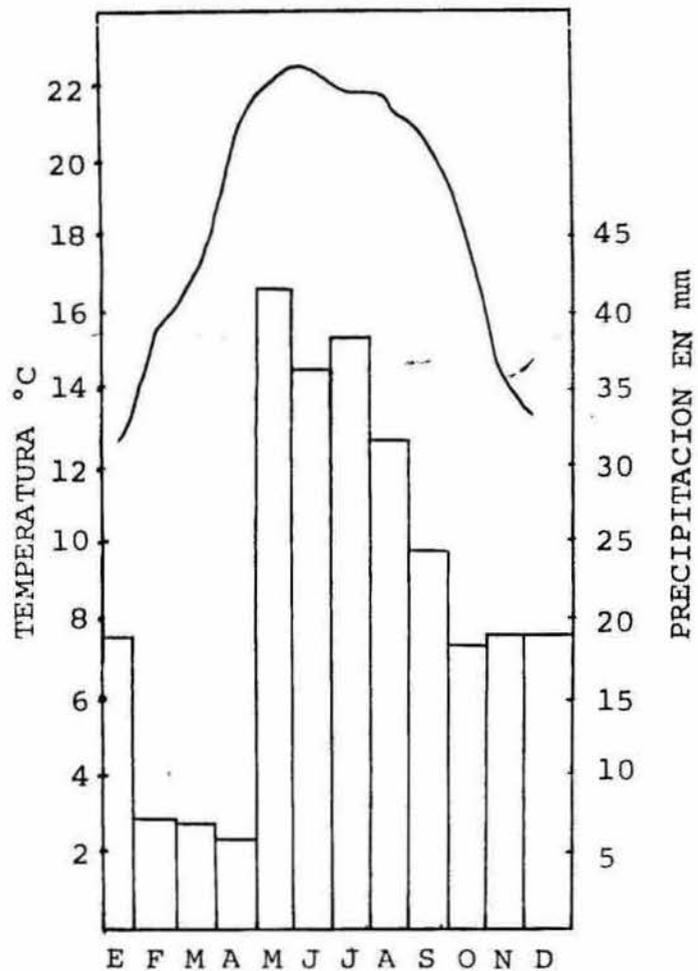
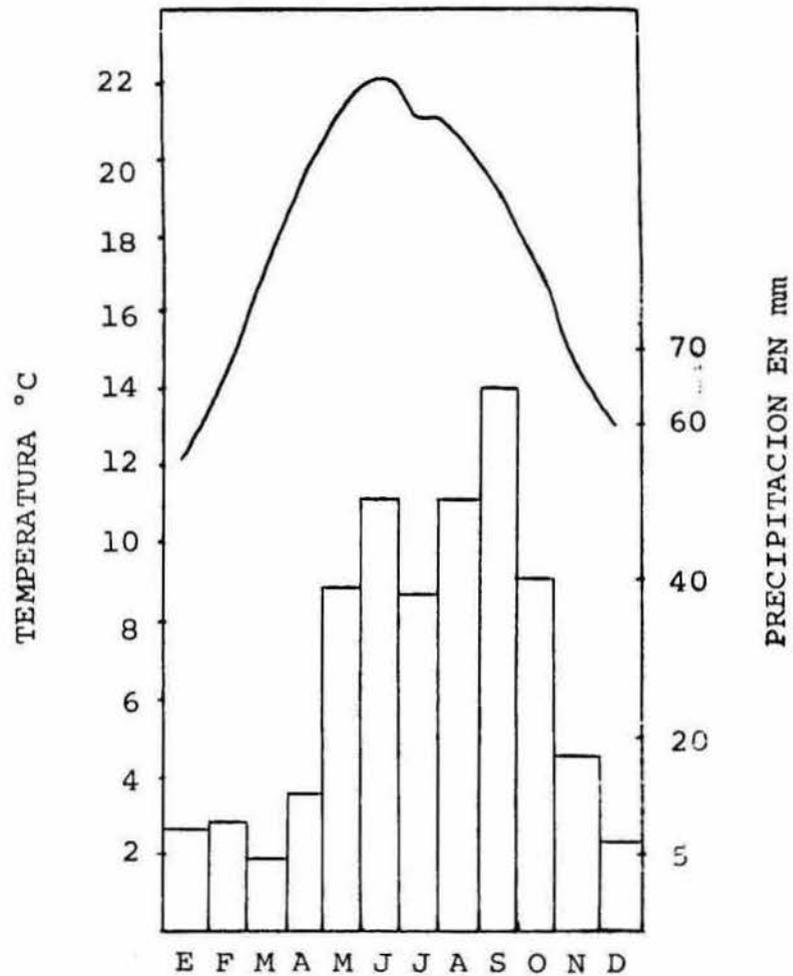


Fig. 2. Diagrama ombrotérmico del municipio de Pinos, Zacatecas (García, 1973).



ESTACION CATORCE



ESTACION CEDRAL

Fig. 3. Diagramas ombrotérmicos del municipio Real de Catorce, San Luis Potosí (García, 1973).

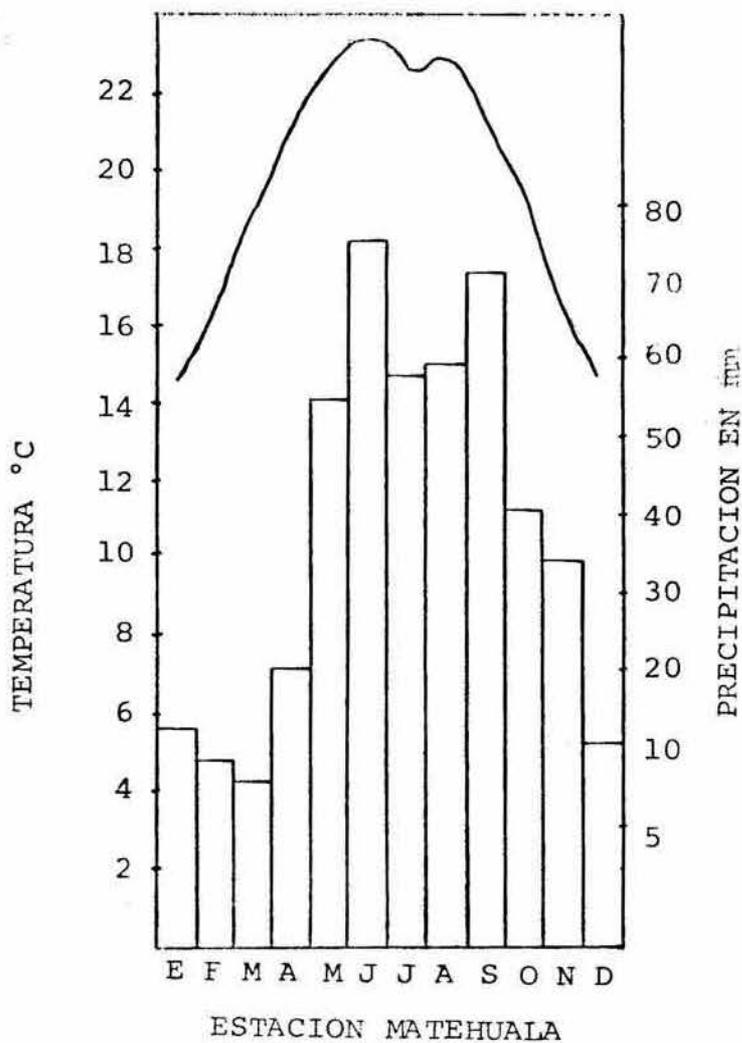


Fig. 4. Diagrama ombrotérmico del municipio Real de Catorce, San Luis Potosí (García, 1973).

METODOLOGIA.

CAMPO.

Para la delimitación y descripción fisiográfica de las zonas de estudio, en el municipio de Pinos, Zacatecas y el el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí, se consulto la información contenida en mapas editados por la Secretaría de Programación y Presupuesto, en mapas turísticos y la proporcionada por la bibliografía, además, se complemento esta información con las expediciones botánicas que se llevaron a cabo durante el presente estudio.

Los parámetros que se tomaron para la descripción fisiográfica de las zonas de estudio fueron hidrológicos, edáficos, climáticos, florísticos y topográficos.

Durante una serie de recorridos en las zonas de estudio se delimito el área de Agave lechuguilla Torr. y A. crassispina Trel., eligiendo en tales áreas diferentes puntos de muestreo tratando que dicho muestreo sea representativo para el área de cada uno de los agaves en estudio (consultar mapas 4, 5, 6 y 7).

En los diferentes puntos de muestreo se tomó registro de las siguientes características ecológicas generales del habitat de los agaves como son: pendiente, porcentaje de pedregosidad, vegetación acompañante y topografía, además de caracterizar fenotípicamente a los organismos tomando medidas de algunos caracteres métricos que son: número de pencas, altura del agave (sin inflorescencia), cobertura, longitud de la penca, ancho de la penca, longitud de la espina terminal, ancho de la espina terminal (zona basal), longitud de las espinas laterales, ancho de las espinas laterales (zona basal), espacio entre las espinas laterales, pares de espinas laterales, longitud del qurote. La información obtenida de -

Los parámetros morfométricos se empleó para elaborar un espectro de variación morfológica (gráfica con un sistema de ejes en el cual se indica el intervalo de variación de los caracteres métricos), además se registraron medidas a los órganos florales para elaborar un ideografo floral de cada una de las especies en estudio (Gentry, 1982).

Durante esos mismos recorridos se realizaron colectas totalmente al azar de mecuates (hijuelos), los cuales formaron el material básico para el estudio citogenético, colectando a la vez muestras de pencas de organismos adultos e inflorescencias, para realizar su identificación. Estas muestras colectadas se identificaron principalmente por medio de las claves de Gentry (1982), Standley (1961) y Matuda (1979).

LABORATORIO.

El material biológico (mecuates), colectado con el fin de realizar el estudio citogenético, fué limpiando cuidadosamente, eliminando las partes duras que protegen a la región radical, posteriormente se colocaron en agua aireada durante 24 horas a la temperatura ambiente.

Para promover y acelera el crecimiento del sistema radical de los mecuates (hijuelos) se aplicó un enraizador fitohormonal (Radix F 1500) impregnando poco polvo de este enraizador la región radical de los mecuates, e inmediatamente se plantaron en recipientes de plástico que contenían como substrato vermiculita.

Durante el tiempo del desarrollo radical los organismos fueron mantenidos en condiciones de invernadero. El tiempo de enraizamiento para los mecates de Agave lechuguilla Torr. - fué de 15 a 20 días, para los de A. crassispina Trel. el tiempo de desarrollo radical se dió entre 20 a 30 días.

Los ápices del sistema radical de las dos especies de agave en estudio fueron tratados según la técnica descrita -- por Charanasri et. al. (1973), de la cual se obtuvieron buenos resultados en función de la calidad de las preparaciones que se tienen al aplicar dicha técnica.

La técnica consiste en cortar a un nivel de 0.5 a 1.0 cm. de largo los ápices radicales de los agaves. Estos ápices fueron llevados a un pretratador como la hidroxiquinoleína a una concentración de 0.0002 M por cuatro horas a una temperatura de 15°C con el objeto de inactivar el huso mitótico y permitir que los cromosomas en la metafase permanescan intactos en la placa ecuatorial a causa de los cambios en la viscosidad del plasma. al pasar el tiempo del pretratamiento fueron fijados en Carnoy en una proporción de 1:1:2 de alcohol etílico al 95%, cloroformo y ácidoacético glacial durante 20 min, a la temperatura de 10°C, permitiéndonos mantener intacta la estructura íntegra de los cromosomas y clarificar los detalles de la morfología cromosémica. Para poder aclarar el citoplasma y disolver la pared celular se hidrolizaron los ápices con HCL 1N en baño maría a un rango de temperatura de 55-60°C por 15 min. *, inmediatamente se pasaron a ácido acético glacial al 10% dejándolos 10 min. con la finalidad de lavar los ápices del HCL y permitir que el colorante tiñera.

* Modificaciones hechas por el autor a la técnica original de Charanasri et. al. (1973).

Por medio de la navaja se raspó el meristemo de los -
ápices e inmediatamente se disperso el tejido a lo largo de
la superficie del portaobjetos, y sin permitir que se seque
la preparación se procedió a teñir con aceto-orceína al 1% -
durante 10 min.* Después de este tiempo se colocó el cubreob-
jetos para realizar el squash, si al observar al microscopio
la muestra se consideraba que era ideal para el estudio de -
los cromosomas, se procedió a realizar el conteo del número
de cromosomas, ordenando los resultados de dicho conteo en -
tablas. También se tomaron medidas de brazos largos y cortos
de los cromosomas.

Se tomaron fotografías de las mejores preparaciones en
un microscopio de contraste de fases utilizando películas -
tipo plus x (blanco y negro), después se amplificaron las fo-
tografías en un formato de 20.3 cm x 25.8 cm con la finalidad
de observar las características morfológicas para elaborar el
cariotipo e ideograma de los cromosomas, ésto, último se lo-
gro comparando al microscopio los cromosomas de células del
meristemo radical fijadas en preparaciones semipermanentes -
contra su placa fotográfica.

GABINETE.

Con los datos corológicos para Agave lechuguilla Torr.
y A. crassispina Trel. se elaboraron los mapas de distribu-
ción 4 y 5, de estos mapas se derivaron los mapas de muestreo
6 y 7.

De los parámetros morfométricos obtenidos en el campo se
construyeron los espectros de variación morfológica, y de la
las medidas de los órganos florales se elaboró el ideograma
floral para cada una de las especies del presente estudio.

* Modificaciones hechas por el autor a la técnica original -
de Charanasri et. al. (1973).

Los conteos de cromosomas fueron ordenados en tablas y procesados estadísticamente, las técnicas estadísticas empleadas fueron el análisis de varianza (ANOVA), así como propiedades de distribución tales como la normal y muestral y pruebas de determinación (χ^2).

El cariotipo de las especies se elaboró de acuerdo a las medidas de los brazos largos y cortos, nombrando los pares cromosómicos de acuerdo con la nomenclatura propuesta por Levan et. al. (1964), Tabla 3.

De la información anterior se construyeron los ideogramas de los criotipos de cada una de las especies.

RESULTADOS.

Estudio Fitogeográfico.

1.- Delimitación del área de Agave lechuguilla Torr. y el área de Agave crassispina Trel.

En el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí, Agave lechuguilla Torr. cubre un área aproximada de 50 km². de acuerdo con Sheldon (1980), esta área cubre una parte de la llamada zona ixtlera. La distribución espacial de este agave en el municipio Real de Catorce tiende a tener un área en forma oval que se extiende de SE a NW (o viceversa) y que cubre parte de la Sierra de Catorce al Sur y al Norte llega al poblado de Vanegas (mapa 4).

Agave crassispina Trel. se extiende a lo largo de la carretera federal 49 que va de San Luis Potosí a Zacatecas, cubriendo una superficie aproximada de 276 Km². al igual que el área de Agave lechuguilla Torr. el área de Agave crassispina Trel. se asemeja a una forma oval solo que esta va de Este a Oeste (o viceversa). Hacia el Este abarca la parte del Estado de San Luis Potosí llegando al Oeste hasta el poblado de la Pendencia, municipio de Pinos, Zacatecas (mapa 5).

2.- Determinación de características ecológicas generales del habitat de Agave lechuguilla Torr. y A. crassispina Trel.

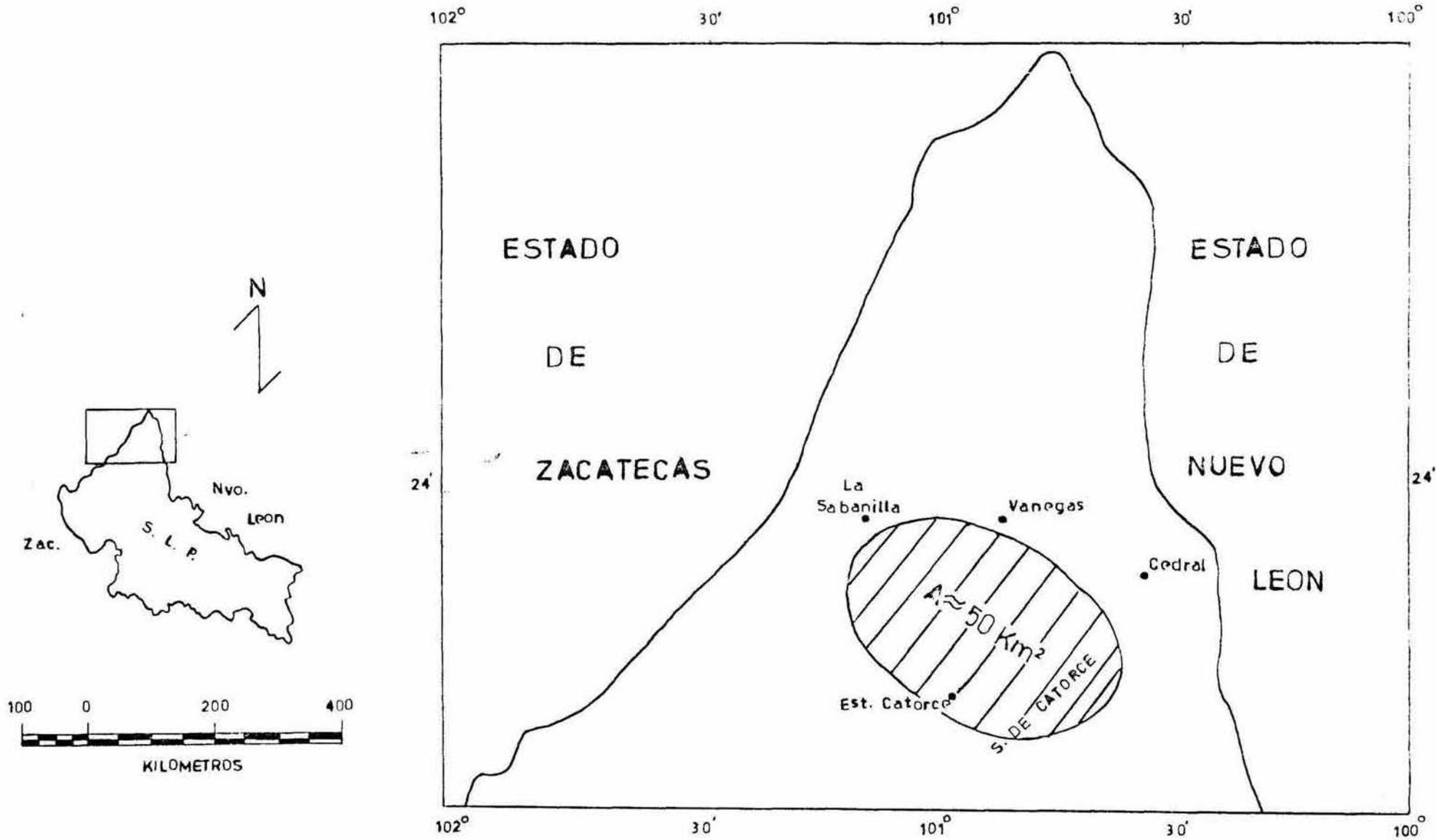
Antes de proceder a realizar la descripción del habitat de las dos especies en estudio, es necesario mencionar que tanto el área de Agave lechuguilla Torr. como el área de A.

crassispina Trel. a los que se refiere el presente estudio, no comprenden la distribución total de estas dos especies -- (ver Gentry, 1982), por lo que los resultados que se obtuvieron en el transcurso de este trabajo, sólo son válidos para las zonas que enmarcan los objetivos del presente estudio.

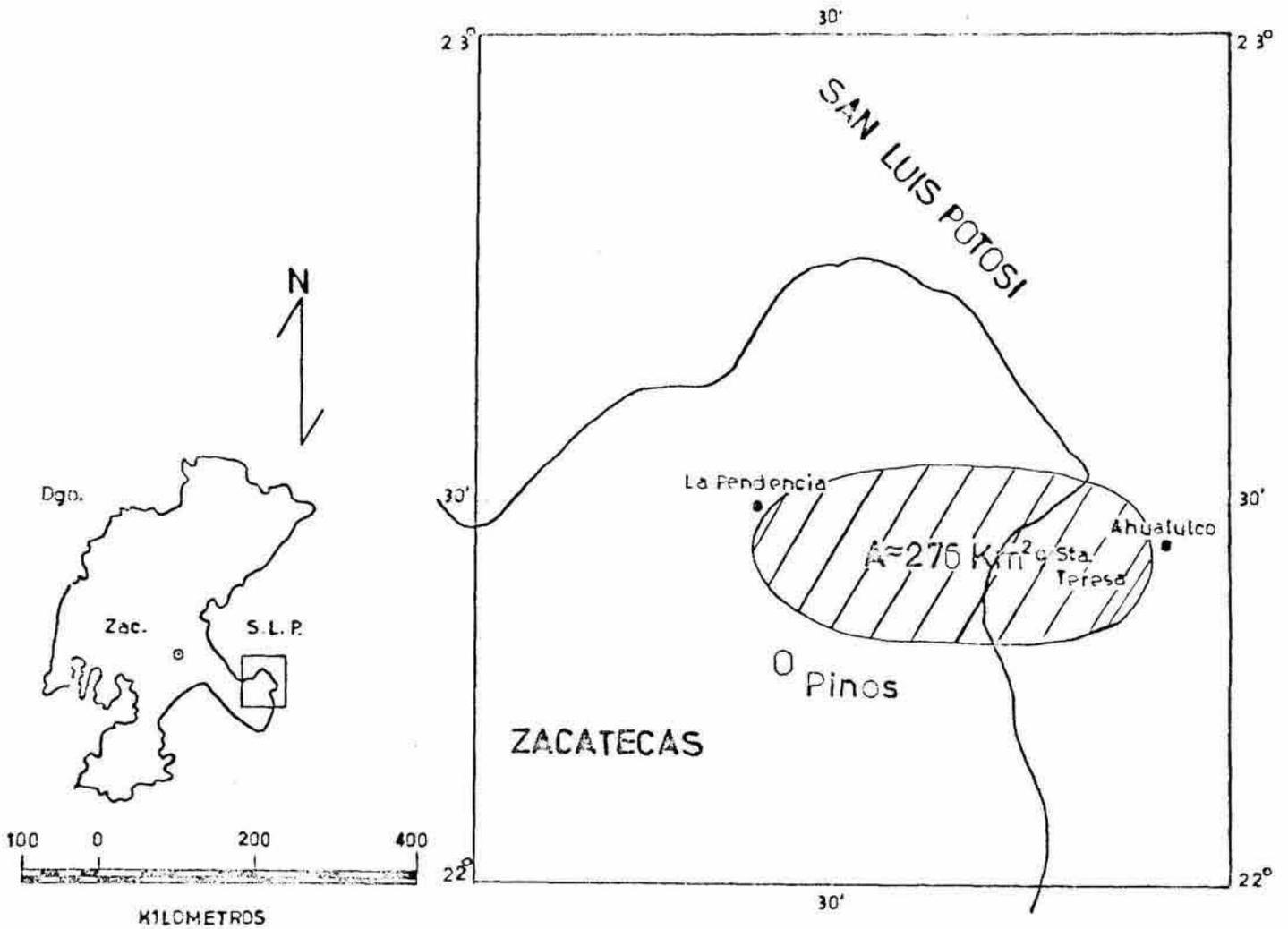
De acuerdo con las modificaciones hechas por García (1973), al sistema de clasificación de Köppen observamos que A. lechuguilla Torr. se distribuye en los climas secos (B), tanto en climas desérticos (BW) como en climas del tipo BSo, el más seco de los esteparios. Su régimen de lluvias se presenta en verano y parte de la época de invierno. La temporada seca se da en los meses de febrero a abril. La precipitación pluvial anual en la parte Este del área es de 343.9 mm. y hacia el Oeste es de 269.8 mm. La temperatura media anual oscila en toda el área entre 17.5° y 18.3°C.

El área en estudio de Agave lechuguilla Torr, se caracteriza por la presencia de suelos del tipo litosol eútrico, los cuales presentan un porcentaje de pedregosidad que va de 50% a 90% observando además que estos organismos ocupan el terreno con una amplia diversidad de pendientes, cuyos valores van desde una pendiente casi nula hasta tomar valores de 20%, 50% y 90%.

Agave lechuguilla Torr. se observó asociada a variedades de cactáceas como, Yucca, Echinocactus, Hechtia, Larrea, Ephedra, Cilindropuntia, Mammillaria, y a las leguminosas Acacia y Mimosa, así como algunas pertenecientes al grupo de las gramíneas y compuestas, también en esta zona se encontraron especies cultivadas de los géneros de Zea y Phaseolus.



MAPA 4. Distribución de *Agave lechuguilla* Torr en el municipio Real de Catorce, San Luis Potósi.



MAPA 5. Distribución de *Agave crassispina* Trel en el municipio de Pinos, Zacatecas.

El área de Agave crassispina Trel. se caracteriza por la presencia del tipo de clima BS₁, el menos seco de los esteparios. el régimen de lluvias en esta zona se presenta en verano, con una temporada de secas en invierno y otra en primavera. La precipitación promedio anual de esta región es de 440.1 mm. La temperatura promedio anual es de 16.1°C (García, op. cit.)

Agave crassispina Trel. se encuentra más frecuentemente sobre suelos del tipo litosol eútrico de textura arenosa y con un porcentaje de predregosidad que varia de 10% a 70%. Esta comunidad de Agave se distribuye en pendientes de valores de 0% a 10% y 70%.

Agave crassispina Trel esta asociada al género Opuntia, siendo las especies más representativas de este género O. robusta, O. leptocauris y O. streptocantha. Esta planta se extiende desde la parte Este hasta casi el centro de la distribución de este agave.

En esta zona A. crassispina Trel. es cultivado y se usa para formar cercas por lo que también se le ve asociado a plantas cultivadas.

3.- Caracterización fenotípica de Agave lechuquilla Torr. y A. crassispina Trel. en el área en estudio.

La descripción botánica de los agaves del presente estudio que a continuación se menciona corresponde a organismos adultos (a punto o durante la floración).

Caracterización fenotípica de Agave lechuguilla Torr. en el municipio de Real de Catorce.

Agave lechuguilla Torr. posee de 14 a 59 pencas, esta planta llega a tener una cobertura de 6.29 a 56.74 m² aproximadamente. Sus hojas son duras, llegando a medir de 27 a 43 cm. de longitud desde la inserción al eje central hasta el extremo distal de la espina terminal; su anchura también varía en un intervalo de 2.4 a 4.5 cm; las hojas presentan un color verde, en la parte central del haz es muy notable ver una franja verde más clara (casi amarilla) que el color de la hoja, esta franja se extiende desde la inserción de la hoja al eje central hasta la base de la espina terminal (foto No. 1).

Cada hoja termina en una espina de apariencia blanquizo que mide de 1.5 a 4.9 cm. de longitud y 0.2 a 0.5 cm. de ancho (zona basal). Los márgenes de las hojas son bordeados con espinas (ribete) de color blanquizo; estas espinas laterales tienen una anchura media basal de 0.2 a 0.7 cm. aproximadamente, con una longitud aproximada de 0.2 a 1.6 cm. y se encuentran separadas una de otra por espacios de 1.1 a 4.3 cm. aproximadamente; se estimó que en cada hoja de este agave existe de 6 a 16 pares de espinas laterales (fig. 5,6,7 y 8).

El ribete es muy fácil de desprender del cuerpo de la hoja, las hojas más internas las que rodean al cogollo carecen de espinas marginales o ribete.

El tamaño de este organismo está comprendido en un intervalo de 26 a 60 cm. aproximadamente, con escapo floral llega alcanzar una altura de 250 a 365 cm (foto No2); la inflorescencia es una panícula, la longitud de las flores es de 33 a 45 mm; el color de la flor es amarillo, y está formada de 6 tépalos de 13 a 20 mm. de longitud; el ovario mide de 12 a 19 mm. de longitud, la parte superior del ovario hay una constricción que se le da el nombre de cuello el cual mide -

de 3 a 5 mm. El estilo tiene una longitud de 33 a 47 mm, el estigma presenta medidas de 1.5 a 3.5 mm; existen 6 estambres en donde sus filamentos miden de 35 a 41 mm, los cuales se insertan poco arriba de la mitad del tubo que mide 2.5 a 4 mm de largo, las anteras llegan a medir 15 a 17 mm; sus cápsulas tienen una forma periforme con un pequeño pedicelo.

Caracterización de Agave crassispina Trel. en el municipio de Pinos, Zacatecas.

Agave crassispina Trel. se desarrolla en roseta de 12 a 30 hojas, con una cobertura de 58.08 a 380 m² aproximadamente. Hojas de forma convexa hacia abajo, de color verde oscuro; desde la inserción al eje central hasta el extremo distal de la espina terminal las hojas tienen un intervalo de 64 a 107 cm de longitud; la anchura también varía en un intervalo de 15 a 32 cm. (foto No. 3).

La espina terminal de cada hoja presenta un carmín oscuro; la longitud de esta espina varía en un intervalo de 5 a 14 cm; la anchura (zona basal) también está en un intervalo de 0.5 a 1.7 cm. Las espinas laterales o ribete están fuertemente unidas al cuerpo de la hoja y presentan un color carmín oscuro. El ribete de las hojas externas está cubierto por una capa de aspecto graso blanco muy tenue; se estima que la longitud de las espinas laterales está en un intervalo de 0.5 a 1.8 cm aproximadamente, con una anchura media basal de 0.8 a 2.2 cm aproximadamente; la separación de espina a espina está comprendida en un intervalo de 0.15 a 4.6 cm; los pares de espinas laterales que presenta cada hoja es de 12 a 39 (figs. 9, 10 y 11).

Su altura llega a ser de 95 a 190 cm y con inflorescencia alcanza el tamaño de 195 a 360 cm. (foto No. 4); las flores son generalmente amarillas y miden de 46 a 70 mm de longitud; sus tépalos miden 27 a 35 mm de longitud; el ovario -

es ínfero y cilíndrico, el cual mide 15 a 30 mm, el cuello - del ovario mide de 4 a 5 mm; el tubo mide de 8 a 10 mm de -- largo y de 10 a 18 mm de ancho. Los tépalos miden de 20 a 28 mm de largo. El estilo tiene una longitud de 49 a 77 mm, el estigma mide de 2 a 5 mm; los filamentos alcanzan las medi - das de 42 a 59 mm y están insertados por arriba de la mitad del tubo, las anteras miden de 20 a 25 mm aproximadamente.

Con estos se construyeron las dos gráficas que nos pre - sentan en su sistema de ejes los intervalos de variaciones - morfológicas de ambas especies en su zona de distribución. - En esta gráfica se le ha dado el nombre de **ESPECTRO DE VARIA - CION MORFOLOGICA (EVM)**, ya que en esta se pueden presentar - los valores de los caracteres morfológicos medibles (figs. - 12 y 13).

De igual forma basándose en los datos de las mediciones de los órganos florales de cada especie se dibujaron los -- **IDEOGRAMAS FLORALES** (Gentry, 1982), en donde las barras ne - gras representan la longitud del tubo constituido por la -- unión de los tépalos; la barra blanca representa la longitud total de los tépalos y el punto, la altura del tubo a la cual se insertan los filamentos de los estambres (fig. 14).



Foto 1. Agave lechuguilla Torr.



Foto 2. Inflorescencia de Agave lechuguilla Torr.

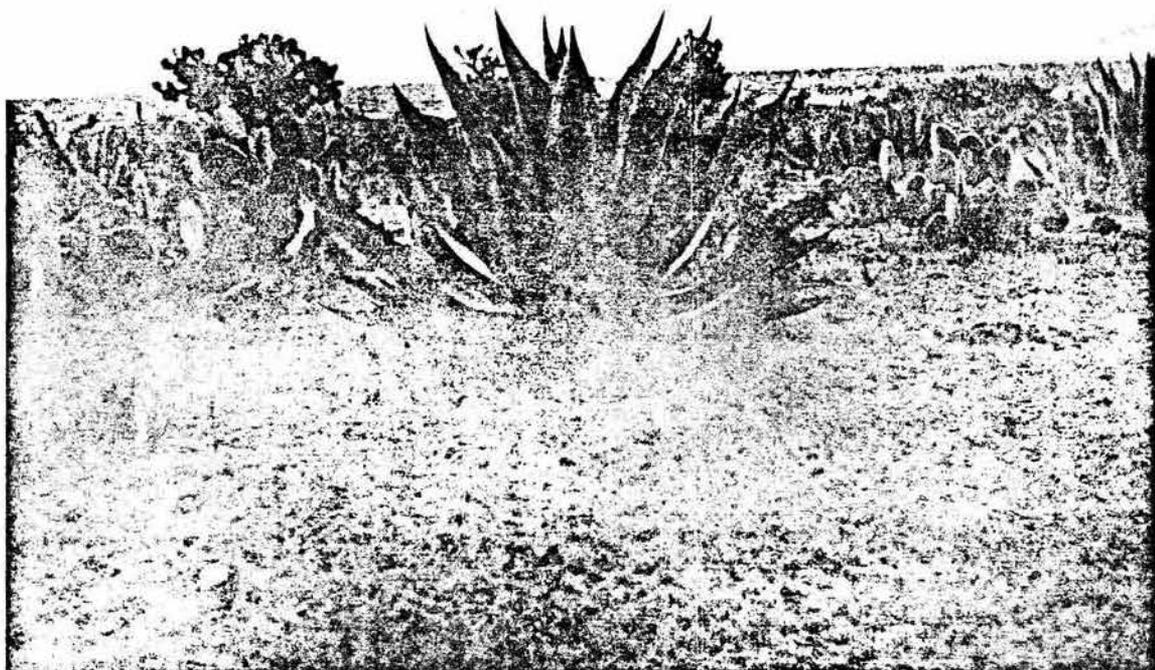


Foto 3. Agave crassispina Trel.

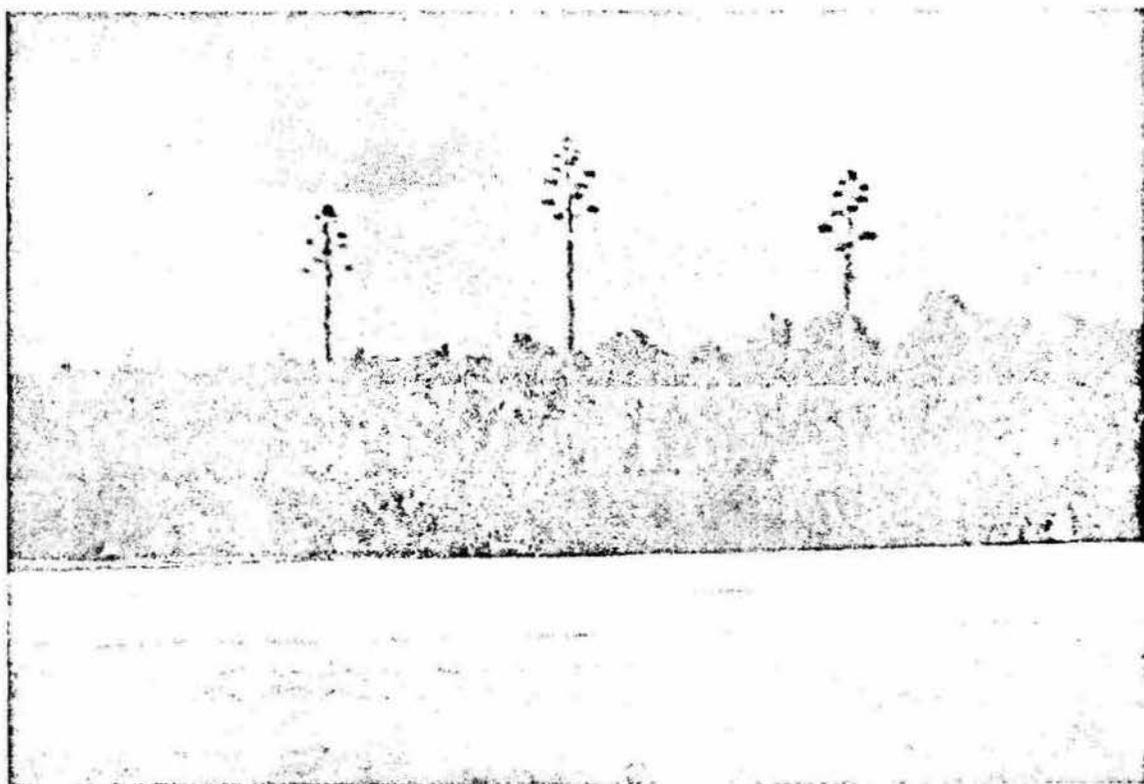
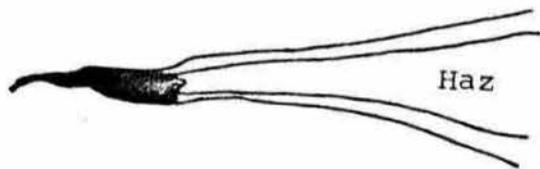
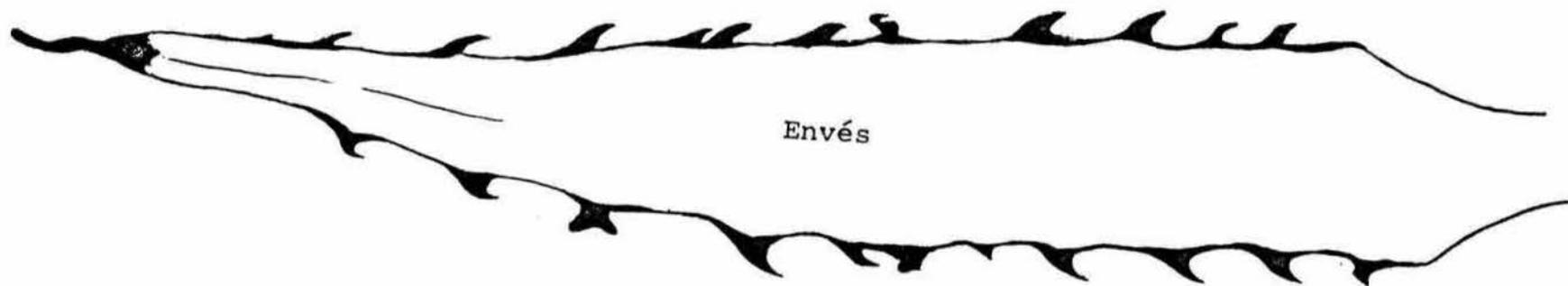


Foto 4. Inflorescencia de Agave crassispina Trel.



Haz

Tamaño real 36 cm. de largo.



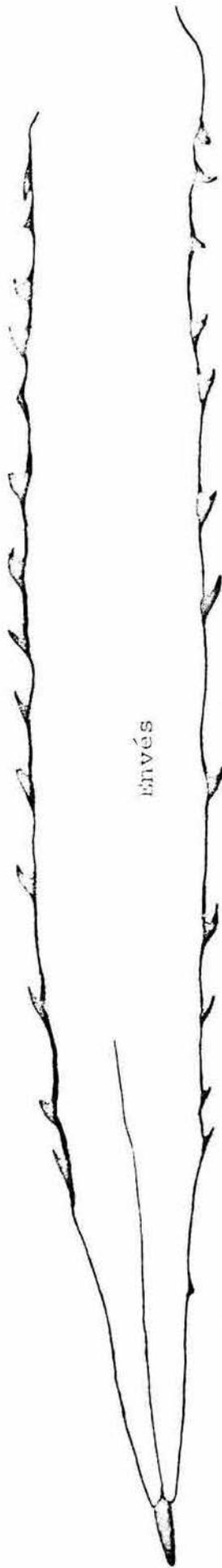
Envés

Fig. 5. Características morfológicas de la penca de Agave lechuguilla Torr.



Haz

Tamaño real 42.5 cm. de largo.



Invés

Fig. 6. características morfológicas de la penca de Agave lechuguilla Torr.



Tamaño real 36.5 cm. de largo.

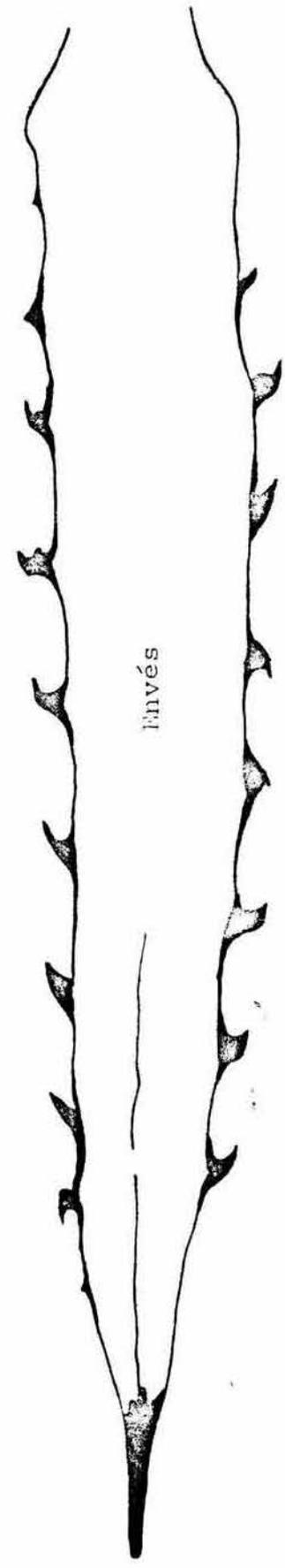
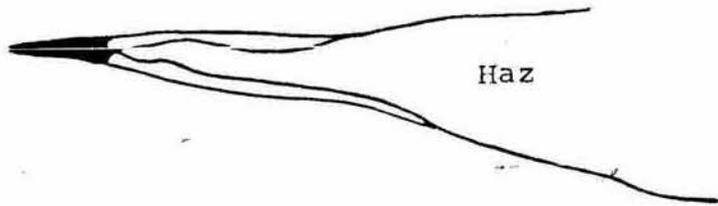
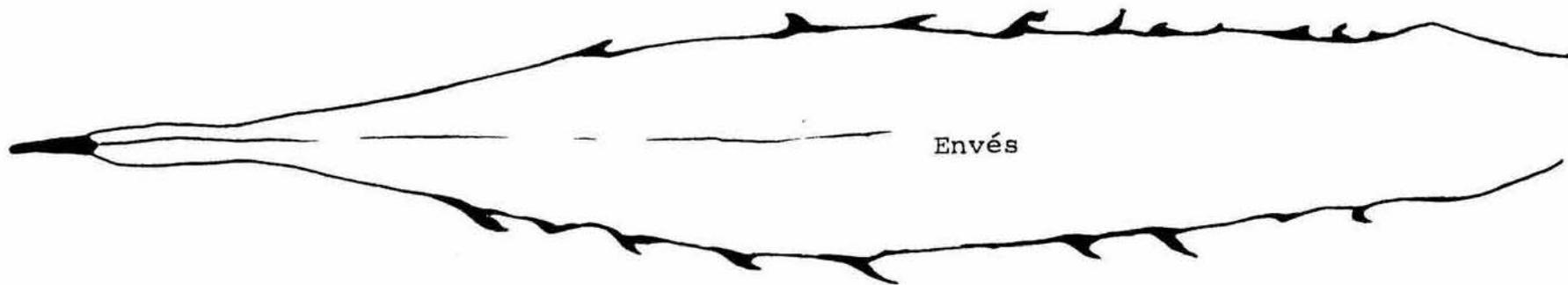


Fig. 7. Características morfológicas de la penca de Agave lechuguilla Torr.



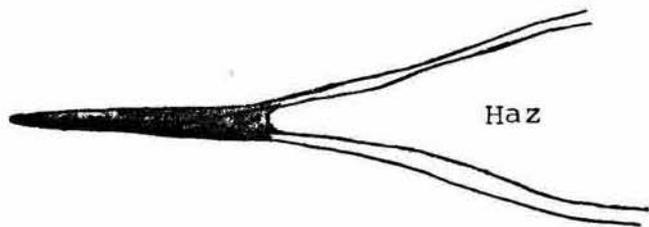
Haz

Tamaño real 42 cm. de largo.



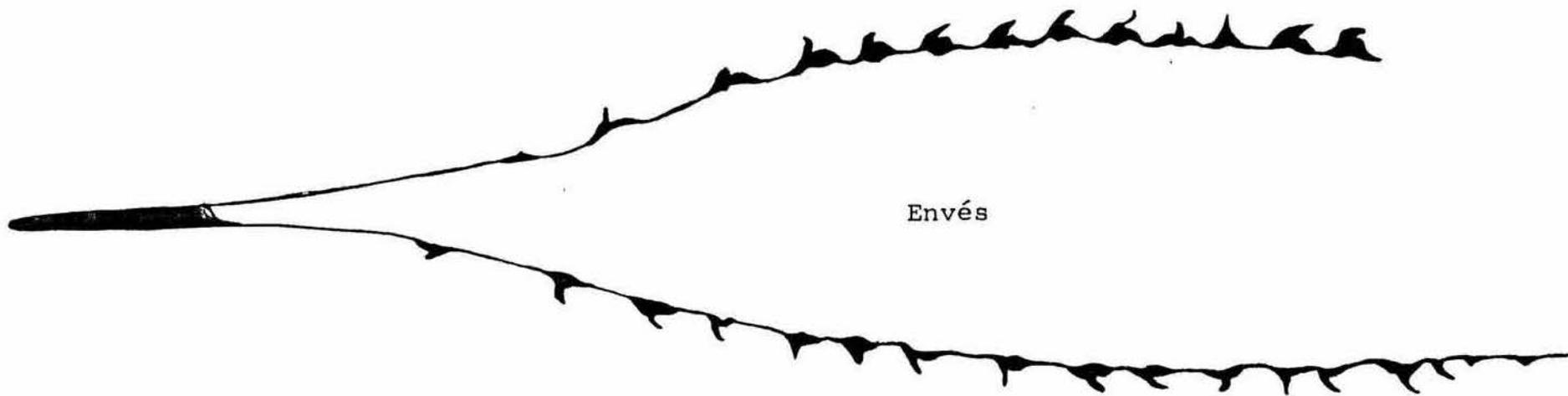
Envés

Fig. 8. Características morfológicas de la penca de Agave lechuguilla Torr.



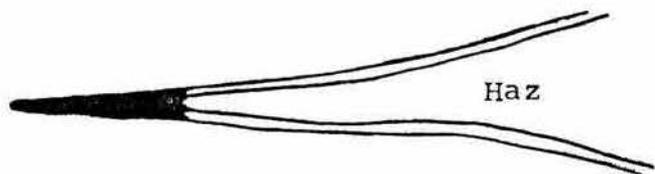
Haz

Tamaño real 68 cm. de largo.



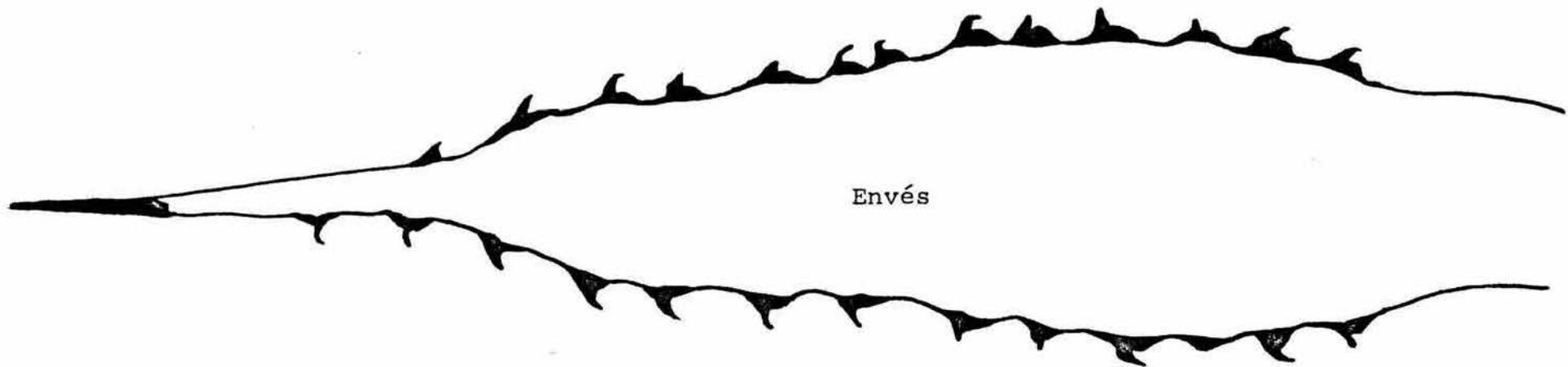
Envés

Fig. 9. Características morfológicas de la penca de Agave crassispina Trel.



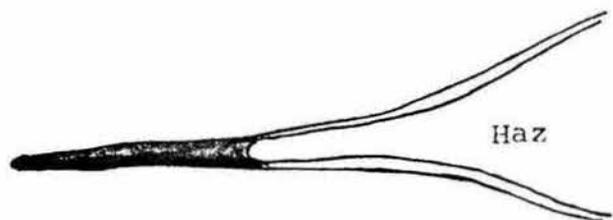
Haz

Tamaño real 73 cm. de largo.



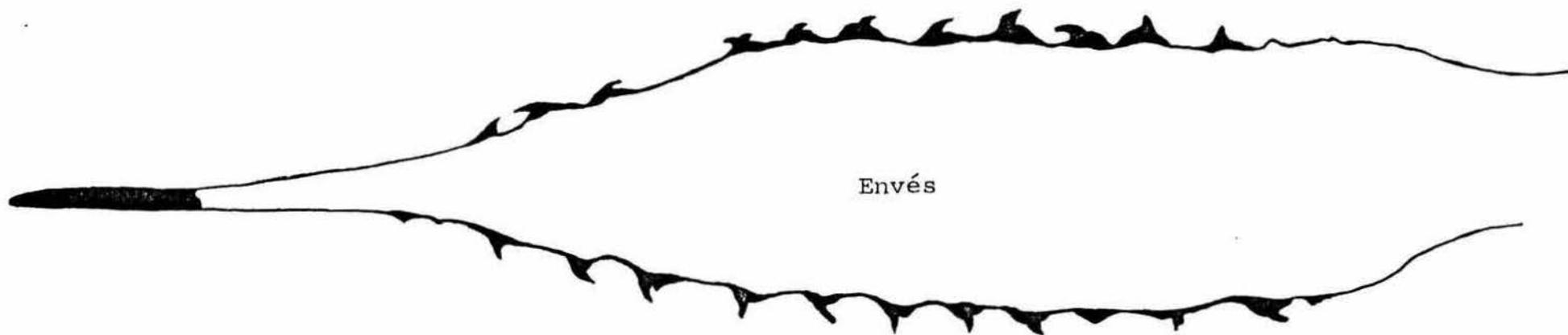
Envés

Fig. 10. Características morfológicas de la penca de Agave crassispina Trel.



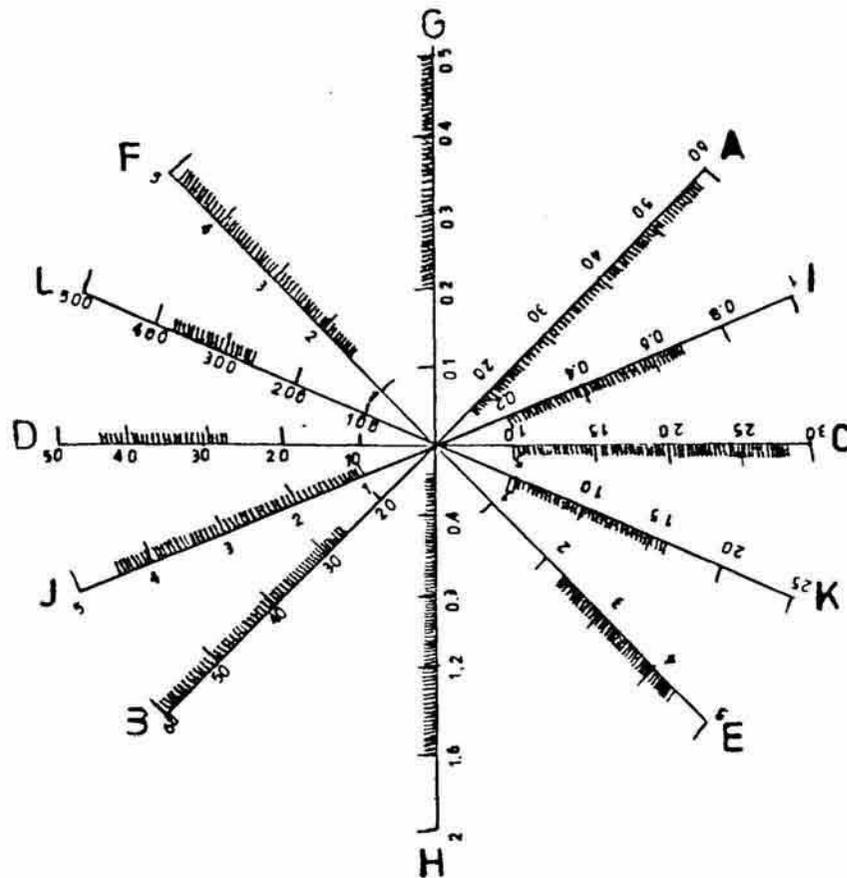
Haz

Tamaño real 70 cm. de largo.



Envés

Fig.11. Características morfológicas de la penca de Agave crassispina Trel.

Fig. 12. Espectro de Variación Morfológica de Agave lechuguilla Torr.

A-Número de pencas.

14-59

B-Altura del Agave (sin inflorescencia) (cm).

26-60

C-Cobertura (m²).

6.29-28.27

D-Longitud de la penca (cm).

27-43

E-Ancho de la penca (cm).

2.4-4.5

F-Long. de la espina terminal (cm).

1.5-4.9

G-Ancho de la espina terminal (zona basal) (cm).

0.2-0.5

H-Long. de las esp. lat. (cm).

0.2-1.6

I-Ancho de las esp. lat. (zona basal) (cm).

0.2-0.7

J-Espacio entre las esp. lat. (cm).

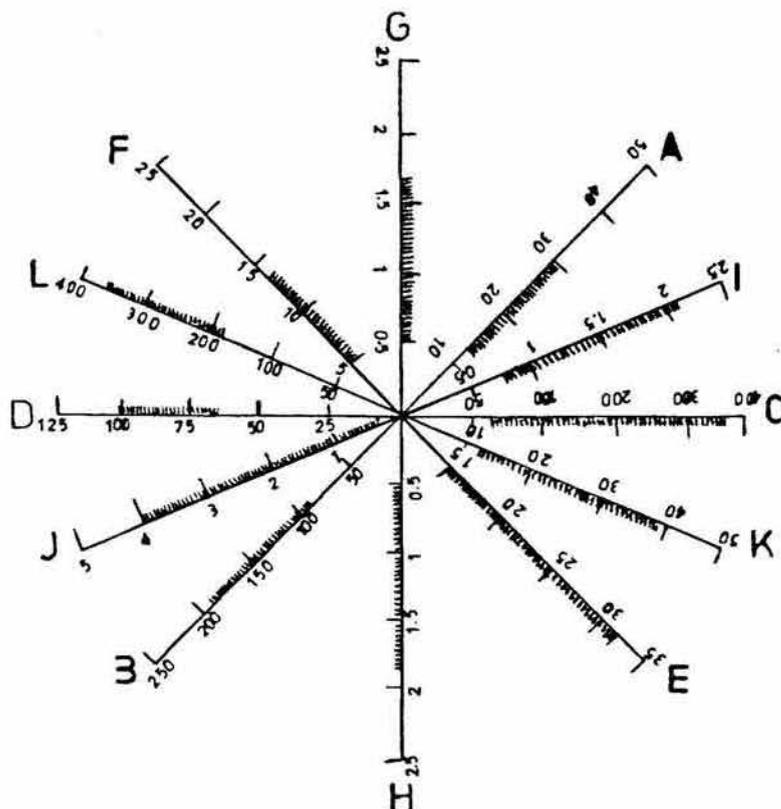
1.1-4.3

K-Pares de espinas laterales.

6-16

L-Longitud del quiote (cm).

250-365

Fig. 13. Espectro de Variación Morfológica de Agave crassispina Trel.

A-Número de pencas.

12-30

B-Altura del Agave (sin inflorescencia) (cm).

95-190

C-Cobertura (m²).

58.08-380

D-Longitud de la penca (cm).

64-107

E-Ancho de la penca (cm).

15-32

F-Long. de la espina terminal (cm).

5-14

G-Ancho de la esp. ter. (zona basal) (cm).

0.5-1.7

H- Long. de las esp. lat. (cm).

0.5-1.8

I-Ancho de las esp. lat. (zona basal) (cm).

0.8-2.2

J-Espacio entre las esp. lat. (cm).

0.15-4.6

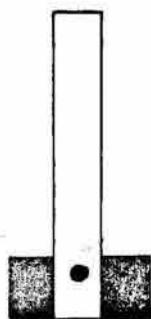
K-Pares de espinas laterales.

12-39

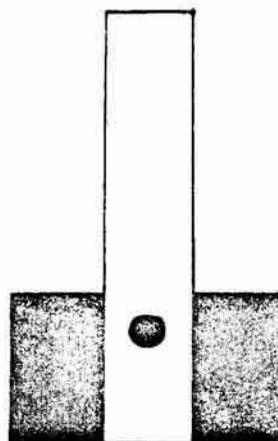
L-Longitud del quiote (cm).

195-360

10 mm
0



Agave lechuguilla Torr.



Agave crassispina Trel.

Fig. 14. Ideogramas florales, observe la proporción relativa del tubo (negro) y los tépalos (columna blanca) y la inserción de los filamentos al tubo (punto negro).

Estudio Citogenético.

Agave lechuguilla Torr. y Agave crassispina Trel.

Mapas de zonas de colecta:

De acuerdo a los mapas de distribución de cada especie de agave (mapas 4 y 5), se establecieron sitios de colecta - en las regiones extremas como en las centrales del área de - estos organismos (mapas 6 y 7), esto se realizó con base en los siguientes criterios: forma del área, la extensión física del área y la aparente diferencia morfológica de las plantas.

Tablas de conteos de cromosomas:

Los datos de los conteos de cromosomas realizados en - preparaciones de ápices de raíz se muestran en las tablas 1 y 2, con base en estos datos se construyó un histograma de - frecuencias correspondientes a cada especie (figs. 15 y 16).

Determinación del número cromosómico del estado diploide ($2n$) de Agave lechuguilla Torr. y A. crassispina Trel.:

Se calcularon las medias para el número cromosómico di - ploide, así como la varianza, desviación estandar y coeficien - te de variación, de cada uno de los sitios de muestreo de las especies de este estudio (tabla 1 y 2).

Posteriormente se procedió a probar si existían diferen - cias significativas entre las distintas medias muestrales de Agave lechuguilla Torr. Como el objetivo es saber si las mues - tras tomadas en cada uno de los sitios del área de esta plan - ta poseen el mismo número cromosómico, se seleccionó el méto - do de análisis de varianza.

De igual forma para el análisis de los datos muestrales de A. crassispina Trel. se empleó el mismo método estadístico.

Para aplicar este análisis se consideraron las siguientes suposiciones: los datos se distribuyen de manera normal (figs. 15 y 16) y las varianzas son parecidas en todos los sitios a comparar (tablas 1 y 2).

Los resultados de la técnica estadística se vaciaron en la tabla de ANOVA para Agave lechuguilla Torr., donde se puede observar que el valor de F calculada y el valor establecido por la F de tablas (Snedecor, 1956), nos plantea que no existen diferencias significativas entre las medias muestrales de Agave lechuguilla Torr.

Observe que en la tabla de ANOVA para Agave crassispina Trel. los valores de F calculada y el valor de F de tablas (Snedecor, op. cit.), nos indican que no existen diferencias significativas entre las medias muestrales de esta planta.

De acuerdo con las conclusiones obtenidas en el estudio de ANOVA, se procedió a estimar la media poblacional (μ) de las especies del presente estudio, para lo cual se empleó el estadístico de distribución $t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n}}$ eligiendo este análisis para muestras consideradas estadísticamente pequeñas.

Los resultados de la estimación de μ para cada una de las especies estudiadas se muestra en las tablas 1 y 2 respectivamente.

Como se observa los valores de μ en la tabla 1, en un nivel de confiabilidad del 95%, la media poblacional (μ), está entre 89 y 90 para Agave lechuguilla Torr.

Con base en estos resultados y en la observación de los datos de los conteos, vaciados en la tabla 1, se sugiere que la media poblacional (μ) sea 90 por ser el valor que se presenta con más frecuencia y que además es el valor modal de estos datos. Esta proposición se apoya también desde el punto de vista de los procesos citológicos en donde es más aceptable un número cromosómico par que uno impar, ya que cada cromosoma tiene un homólogo. No se descarta la posibilidad de que en esta especie se den los cambios aneuploides en donde la disyunción de un cromosoma durante la mitosis conducirá a que las dos cromátidas hermanas pasen al mismo polo, de tal manera que una célula hija tendrá tres representantes de un cromosoma, mientras que la otra tendrá uno (Moore, 1979).

Sabemos que la pérdida de cromosomas es mucho más deletérea que su adición, sin embargo, tampoco se descarta la idea de que esta especie puede ser un monosómico ($2n-1$) si se aceptara a 89 como número cromosómico diploide, ya que los efectos provocados por esta pérdida se verían atenuados por la poliploidía que presenta Agave lechuguilla Torr.

Para Agave crassispina Trel. se tiene el 95% de confiabilidad en que la media poblacional (μ) está entre 119 y 120, tomando como base el criterio del proceso citológico anteriormente mencionado, y a la observación de la tabla 2 se propone a 120 como la media poblacional de Agave lechuguilla Torr.

Para poder ser aceptadas estas proposiciones, en seguida se eligió el estadístico χ^2 con la finalidad de comparar los resultados teóricos con los observados.

El cálculo de los valores teóricos se realizó de la siguiente manera:

a).- Agave lechuguilla Torr.

Se establecieron las hipótesis a comprobar.

$$H_0 = \mu = 90$$

$$H_A = \mu \neq 90$$

Como sabemos en una distribución normal el 68.2% de los valores se encuentran a $\pm 1\sigma$ de μ , el 95.4% a $\pm 2\sigma$ y el 99.8% a $\pm 3\sigma$, por lo que los valores teóricos esperados serán $90 \pm 1\sigma$; $90 \pm 2\sigma$ y $90 \pm 3\sigma$.

Cálculos del estadístico de χ^2 para los sitios de muestreo de Agave lechuguilla Torr.

Sitio No. 1.

Valores teóricos:

85-86	(2.2%)	
87-88	(13.6%)	$\mu = 90$
89-90	(68.2%)	$S = 5.34$
91-92	(13.6%)	$n = 10$
93-94	(2.2%)	

2n	Frecuencias observadas.	Frecuencias esperadas.
85-86	0	0.22
87-88	1	1.36
89-90	6	6.82
91-92	2	1.36
93-94	1	0.22

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\chi^2 = 3.48$$

Valores de tablas de χ^2 para un nivel de confiabilidad 0.05: 16.919 valor de tablas.

En un nivel de confiabilidad de 0.05, las diferencias entre las frecuencias de números cromosómicos ($2n$) observados y las frecuencias esperadas, correspondientes a una distribución cuya media sea igual a 90, no son significativas, por lo tanto $\mu = 90$.

Cálculos semejantes darán los valores de χ^2 para los sitios (tabla 1).

b) Agave crassispina Trel.

se establece que la $H_0 = \mu = 120$ y la $H_A = \mu \neq 120$.

Los datos de las muestras de esta especie fueron tratados de la misma manera que los correspondientes a Agave lechuguilla Torr.

Cálculos del estadístico de χ^2 para los sitios de muestreo de Agave crassispina Trel.

Sitio No. 1.

Valores teóricos:

115-116	(2.2%)	
117-118	(13.6%)	$\mu = 120$
119-120	(68.2%)	$S = 0.316$
121-122	(13.6%)	$n = 10$
123-124	(2.2%)	

2n	Frecuencias observadas.	Frecuencias esperadas.
115-116	0	0.22
117-118	0	1.36
119-120	9	6.82
121-122	1	1.36
123-124	0	0.22

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\chi^2 = 2.69$$

Valores de tablas de χ^2 para un nivel de confiabilidad 0.05: 16.919 valor de tablas.

En un nivel de confiabilidad de 0.05, las diferencias entre las frecuencias de números cromosómicos (2n) observados y las frecuencias esperadas, correspondientes a una distribución cuya media sea igual a 120, no son significativas, por lo tanto $\mu = 120$.

Cálculos semejantes darán los valores de χ^2 para los otros sitios (tabla 2).

De acuerdo a los resultados del análisis estadístico - de χ^2 se confirma la proposición hecha al observar las tablas 1 y 2 de los conteos cromosómicos. Tal suposición consistió en que Agave lechuguilla Torr. tenga una media poblacional (μ_{2n}) igual a 90 y para A. crassispina Trel. su media poblacional (μ_{2n}) sea de 120.

Estudio del cariotipo de Agave lechuguilla Torr. y A crassispina Trel.

Durante el estudio se pudo establecer el horario donde es más factible encontrar fases mitóticas convenientes para el análisis cromosómico. Los horarios para ambas especies es tuvieron en un intervalo de 10 a 15 min.

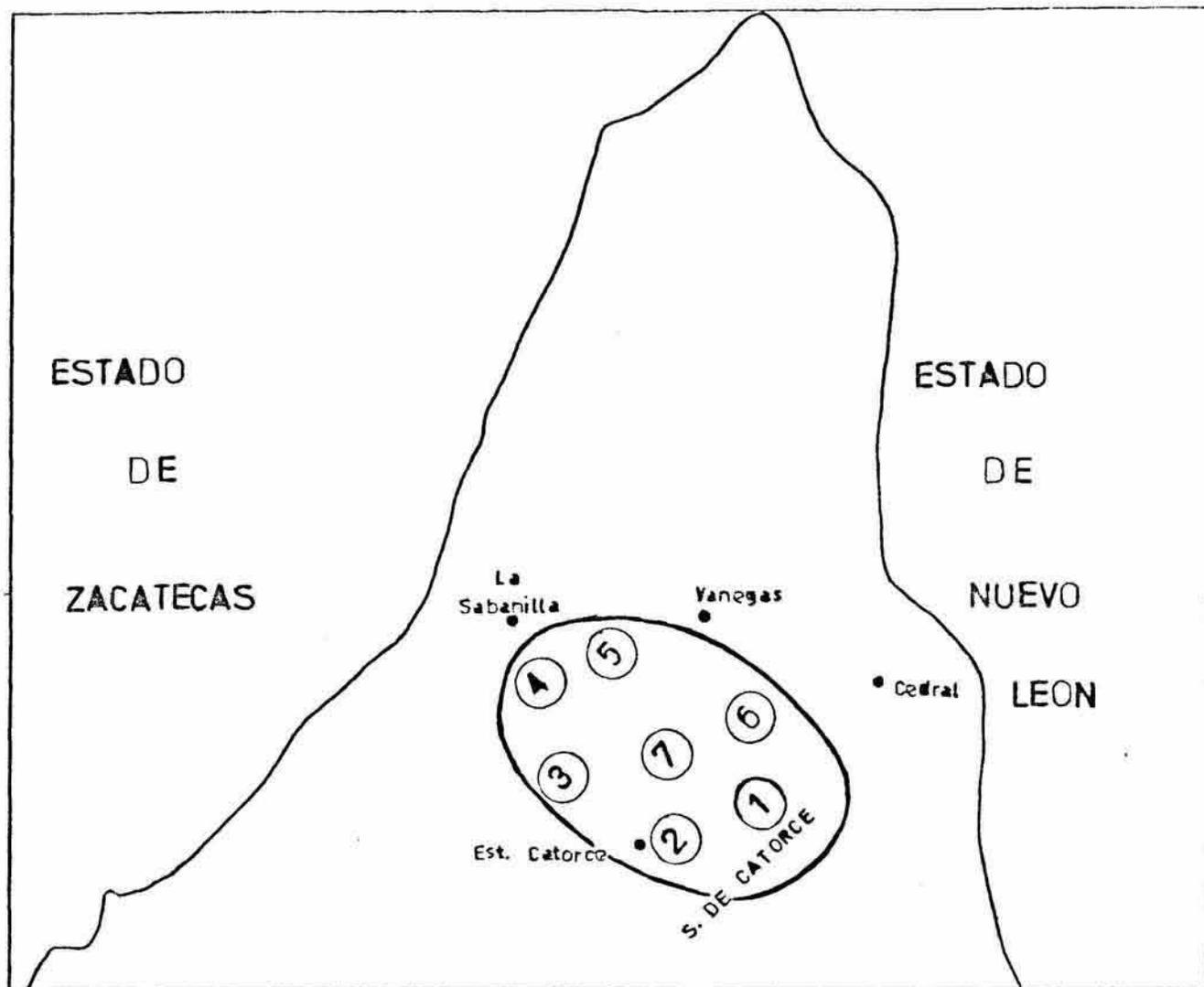
Durante los meses de junio a octubre se obtuvieron fases mitóticas convenientes para el estudio citogenético de Agave lechuguilla Torr. entre las 11:30 A.M. y 12:00 P.M., en los meses de noviembre a enero se estableció en un intervalo de las 11:50 A.M. a 12:00 P.M.

Para Agave crassispina Trel el horario más conveniente para el estudio de fases mitóticas en los meses de junio a octubre fué de las 12:32 A.M. a 12:50 P.M. y en los meses de invierno se encontraron entre las 12:50 a 13:00 P.M. en condiciones de invernadero.

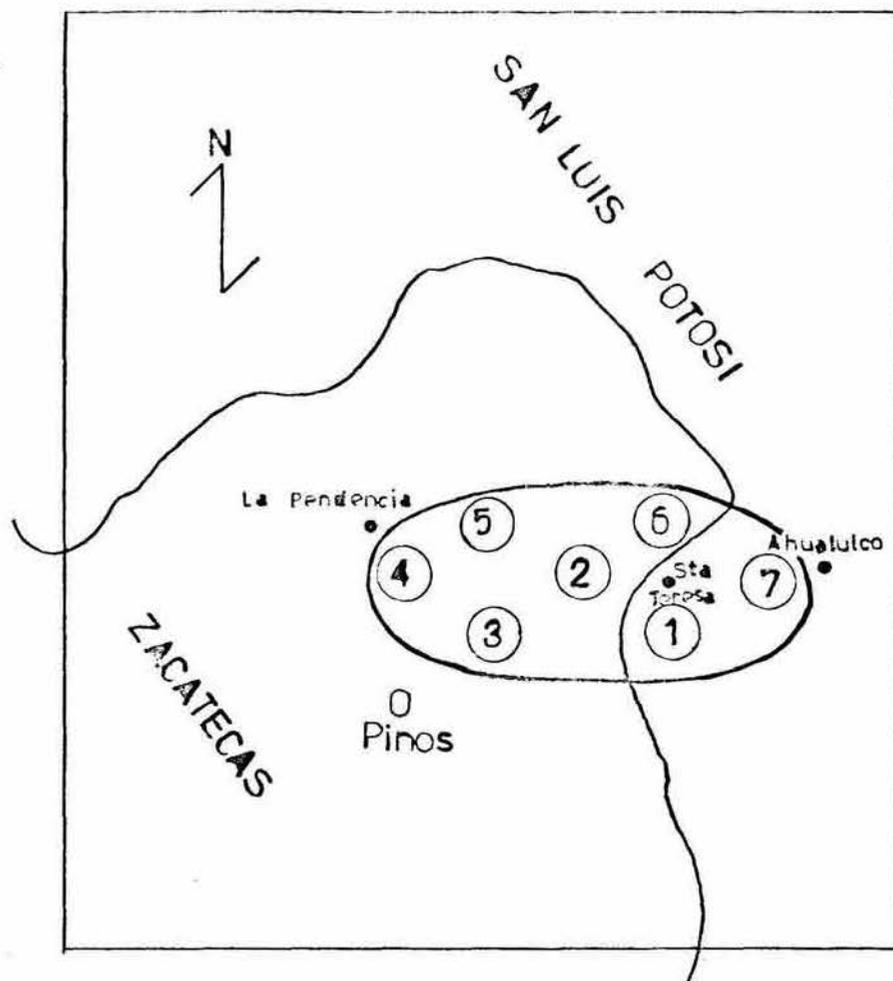
El conteo y el estudio morfométrico de los cromosomas se llevó a cabo analizando las células de ápices radiculares hechas en preparaciones semipermanentes. Comparando estas preparaciones en el microscopio de contraste de fases con una placa fotográfica (fotos 5 y 6) de dicha preparación se construyó el cariotipo de Agave lechuguilla Torr. y A. crassispina Trel. (figs. 17 y 18).

Un hecho importante que se observó durante el estudio, es que a pesar de que se analizaron un gran número de preparaciones fueron muy pocas donde se pudo observar los cromosomas muy compactos y con las cromátidas separadas, por lo que se emplearon en su mayor parte las profases avanzadas para determinar la estructura de los cromosomas.

Siguiendo la metodología de Levan *et. al.* (1964), en función de la posición del centrómero (tabla 3) se calcularon los valores de L (longitud del brazo largo), s (longitud del brazo corto), $L + s = C$ (longitud total del cromosoma), d (diferencias de brazos cromosómicos), r (proporción de brazos cromosómicos), i (índice centromérico), esto para ambas especies en estudio (ver tablas 4 y 5). Con los datos vaciados en estas tablas se construyeron los ideogramas del cariotipo correspondiente para cada especie (figs. 19 y 20).



MAPA 6. Sitios de muestreo para estudio citogenético de Agave lechuguilla Torr.



MAPA 7. Sitios de muestreo para estudio cito genético de Agave crassispina Trel.

TABLA 1. Conteos de cromosomas en hijuelos de Agave lechuguilla Torr.

No de conteos.	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7
1	90	90	92	90	89	91	90
2	90	90	90	92	90	89	91
3	93	88	90	89	90	90	88
4	88	90	89	90	90	90	90
5	90	91	90	90	92	90	91
6	90	90	90	90	90	92	92
7	91	90	90	92	90	90	90
8	92	90	91	90	90	88	89
9	90	90	90	90	91	90	90
10	90	92	90	90	90	90	91

\bar{x}	90.4	90.1	90.2	90.3	90.2	90.0	90.2
s^2	1.82	0.98	0.62	0.9	0.6	1.1	1.28
s	1.34	0.99	0.78	0.94	0.78	1.05	1.13
C.V.	0.01	0.01	0.008	0.01	0.008	0.01	0.01
$s\bar{x}$	0.42	0.31	0.24	0.29	0.24	0.33	0.35
μ α 95%	89-90	89-90	89-90	89-90	89-90	89-90	89-90
χ^2	3.48	0.84	2.30	2.30	2.30	0.84	6.14

TABLA 2. Conteos de cromosomas en hijuelos de Agave crassispina T et.

No de conteos.	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5	Sitio 6	Sitio 7
1	120	120	120	120	120	120	120
2	120	123	120	120	122	120	120
3	121	120	120	120	120	120	120
4	120	120	120	120	120	120	120
5	120	122	120	120	120	121	120
6	120	120	116	120	120	120	120
7	120	120	120	120	120	120	120
8	120	120	120	120	124	120	122
9	120	120	120	121	120	122	120
10	120	120	118	120	120	120	120

\bar{X}	120.1	120.5	119.4	120.1	120.6	120.3	120.2
S^2	0.1	1.16	1.82	0.1	1.82	0.45	0.4
S	0.316	1.08	1.34	0.316	1.34	0.67	0.63
C.V.	0.002	0.008	0.01	0.002	0.01	0.005	0.005
$S\bar{x}$	0.01	0.34	0.42	0.01	0.42	0.21	0.20
$u^{\alpha 95\%}$	120	119-120	119-120	120	119-120	120	120
X^2	2.6	4.64	4.64	2.6	4.64	2.30	2.6

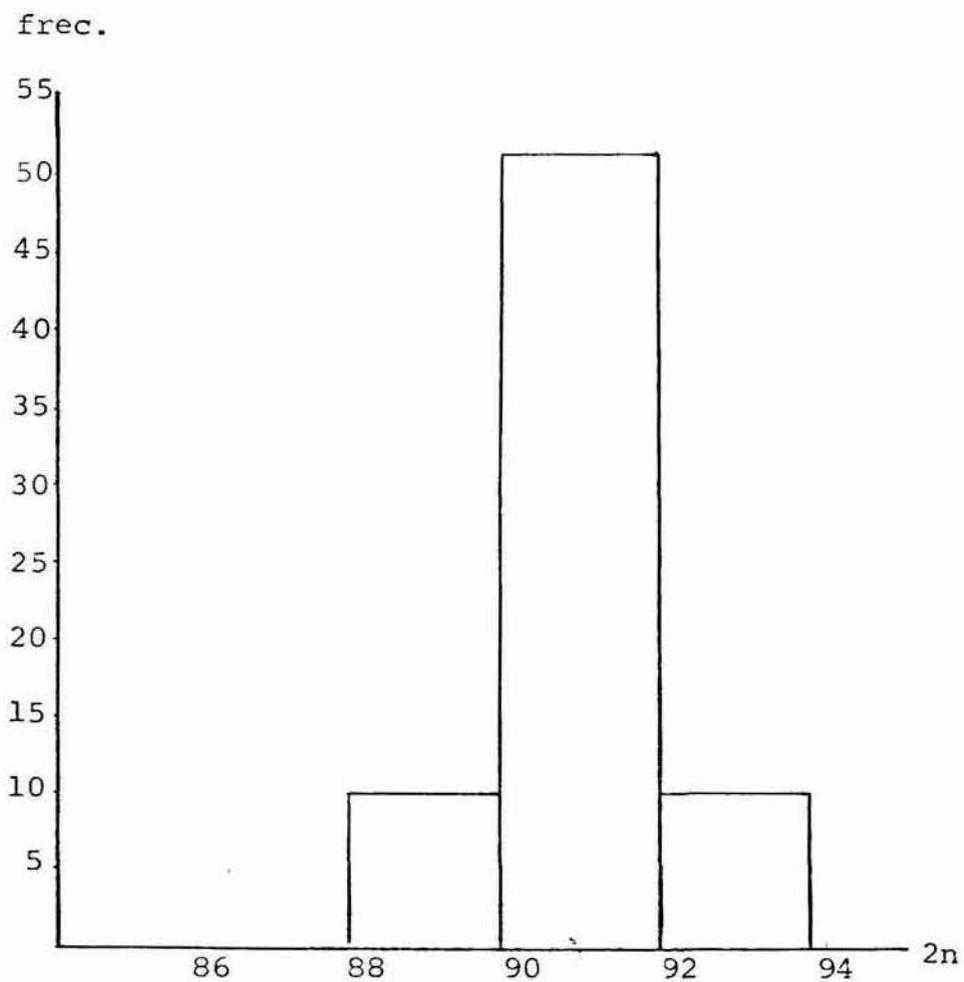


Fig. 15. Histograma de números cromosómicos diploides de *Agave lechuguilla* Torr., construidos con base en los datos de la tabla 1.

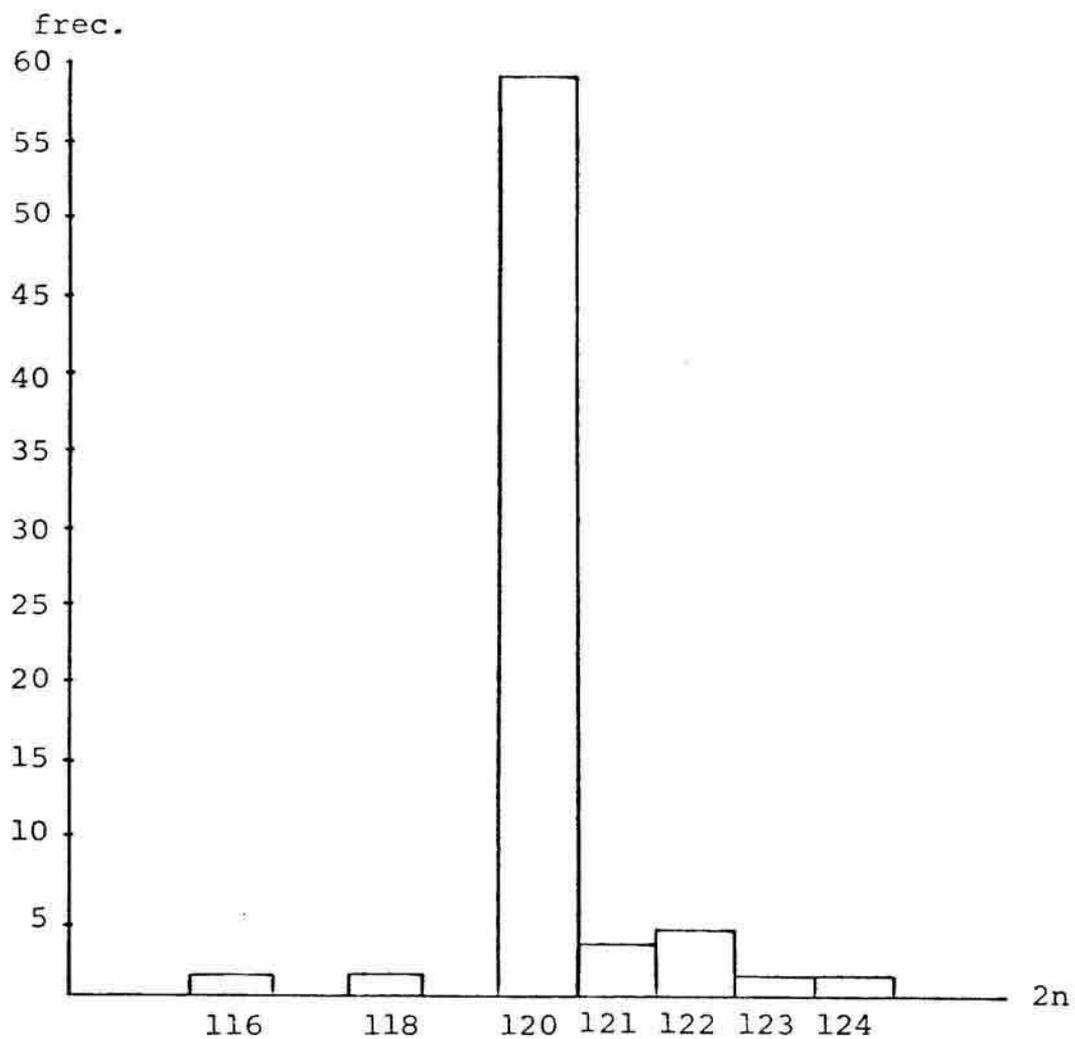


Fig. 16. Histograma de números cromosómicos diploides de *Agave crassispina* Trel., construido con base en los datos de la tabla 2.

Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F calculada	$F_{\alpha 0.05}$ 6,63
Debida al tratamiento.	6	1	0.166	0.158	2.25
Debida al error.	63	66.2	1.05		
Total.	69	67.2			

TABLA ANOVA. Análisis estadístico para las medias muestrales de Agave lechuguilla Torr.

Fuente de variación.	Grado de libertad.	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrado Medio (CM)	F calculada	$F_{\infty 0.05}$ F 6,63
Debida al tratamiento.	6	9.1	1.51	1.801	2.25
Debida al error.	63	52.8	0.838		
Total.	69	61.9			

TABLA ANOVA. Análisis estadístico para las medias muestrales de Agave crassispina Trel.

NOMENCLATURA		$d = L-s$	$r = L/s$	$i = \frac{100}{r+1}$	Posición centromérica.
M	(Metacéntrico)	0.0	1.00	50.0	Punto medio en el sentido estricto.
m	(metacéntrico)	0.5-2.5	1.05-1.67	47.5-37.5	Región media.
sm	(submetacéntrico)	2.5-5.0	1.67-3.00	37.5-25.0	Submedia.
st	(subtelocéntrico)	5.0-7.5	3.00-7.00	25.0-12.5	Subterminal.
t	(acrocéntrico)	7.5-9.5	7.00-39.0	12.5-2.5	Región terminal
T	(Telocéntrico)	10.0		0.0	Región terminal en el sentido estricto.

TABLA 3. Nomenclatura recomendada por Levan, Fredga y Sandberg (1964), para la determinación de la proporción de brazos cromosómicos.

TABLA 4. Determinación de los valores d, r, i para la nomenclatura de cromosomas propuesta por Levan et al. (1964). Cariotipo de Agave lechuguilla Torr.

Par cromosómico	C	s	L	d	r	i	Nomenclatura
1	1.7	0.2	1.5	7.65	7.53	11.72	t
2 y 3	1.5	0.2	1.3	7.33	6.51	13.31	st
4	1.5	0.6	0.9	2.00	1.5	40	m
5	1.4	0.1	1.3	8.57	13.07	7.10	t
6 y 7	1.3	0.1	1.2	8.47	12.14	7.61	t
8	1.3	0.2	1.1	6.93	5.52	15.33	st
9	1.1	0.2	0.9	6.37	4.51	18.14	st
10	1.0	0.4	0.6	2.00	1.5	40	m
11 y 12	0.8	0.4	0.4	0.00	1.0	50	M
13 al 15	0.7	0.2	0.5	4.29	2.50	28.57	sm
16 y 17	0.7	0.3	0.4	1.43	1.33	42.91	m
18 y 19	0.6	0.1	0.5	6.67	5.01	16.63	st
20	0.6	0.2	0.4	3.33	2.00	33.33	sm
21 y 22	0.6	0.3	0.3	0.00	1.00	50	M
23 y 24	0.5	0.2	0.3	2.00	1.5	40	m
25 al 27	0.5	0.25	0.25	0.00	1.0	50	M
28 al 37	0.4	0.2	0.2	0.00	1.0	50	M
38 al 42	0.3	0.15	0.15	0.00	1.0	50	M
43 al 45	0.2	0.1	0.1	0.00	1.0	50	M

Par cromosómico.	C	s	L	d	r	i	Nomenclatura
1	2.3	0.2	2.1	8.27	10.61	8.61	t
2 y 3	1.9	0.2	1.7	7.89	8.51	10.51	t
4	1.9	0.4	1.5	5.79	3.75	21.05	st
5	1.8	0.6	1.2	3.33	2.00	33.33	sm
6	1.7	0.2	1.5	7.65	7.53	11.72	t
7	1.6	0.2	1.4	7.5	7.00	12.5	st
8 y 9	1.5	0.1	1.4	8.67	14.13	6.60	t
10	1.5	0.2	1.3	7.33	6.51	13.31	st
11	1.5	0.3	1.2	6.00	4.00	20	st
12	1.5	0.5	1.0	3.33	2.00	33.33	sm
13	1.4	0.1	1.3	8.57	13.07	7.10	t
14	1.3	0.3	1.0	5.39	3.34	23.04	st
15	1.1	0.3	0.8	4.55	2.67	27.24	sm
16 y 17	1.1	0.4	0.7	2.73	1.75	36.36	sm
18	1.0	0.2	0.8	6.00	4.00	20	st
19	1.0	0.4	0.6	2.00	1.5	40	m
20	1.0	0.5	0.5	0.00	1.00	50	M
21 y 22	0.9	0.2	0.7	5.55	3.5	22.22	st
23	0.9	0.4	0.5	1.11	1.25	44.44	m
24 y 25	0.8	0.3	0.5	2.5	1.66	37.59	sm
26 y 27	0.8	0.4	0.4	0.00	1.00	50	M
28 al 30	0.7	0.1	0.6	7.15	6.03	14.22	st
31 y 32	0.7	0.2	0.5	4.29	2.50	28.57	sm
33 al 36	0.7	0.3	0.4	1.43	1.33	42.91	m
37	0.6	0.2	0.4	3.33	2.00	33.33	sm
38 al 41	0.6	0.3	0.3	0.00	1.00	50	M
42 al 49	0.5	0.25	0.25	0.00	1.00	50	M
50 al 57	0.4	0.2	0.2	0.00	1.00	50	M
58 al 60	0.3	0.15	0.15	0.00	1.00	50	M

TABLA 5. Determinación de los valores d,r,i para la nomenclatura de cromosomas propuesta por Levan et al. (1964). Cariotipo de Agave crassispina Trel.



Foto 5. Microfotografías ópticas de células en metafase mitótica, tomadas de preparaciones de ápice de raíz de Agave lechuguilla Torr, colectadas en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí (1260x).

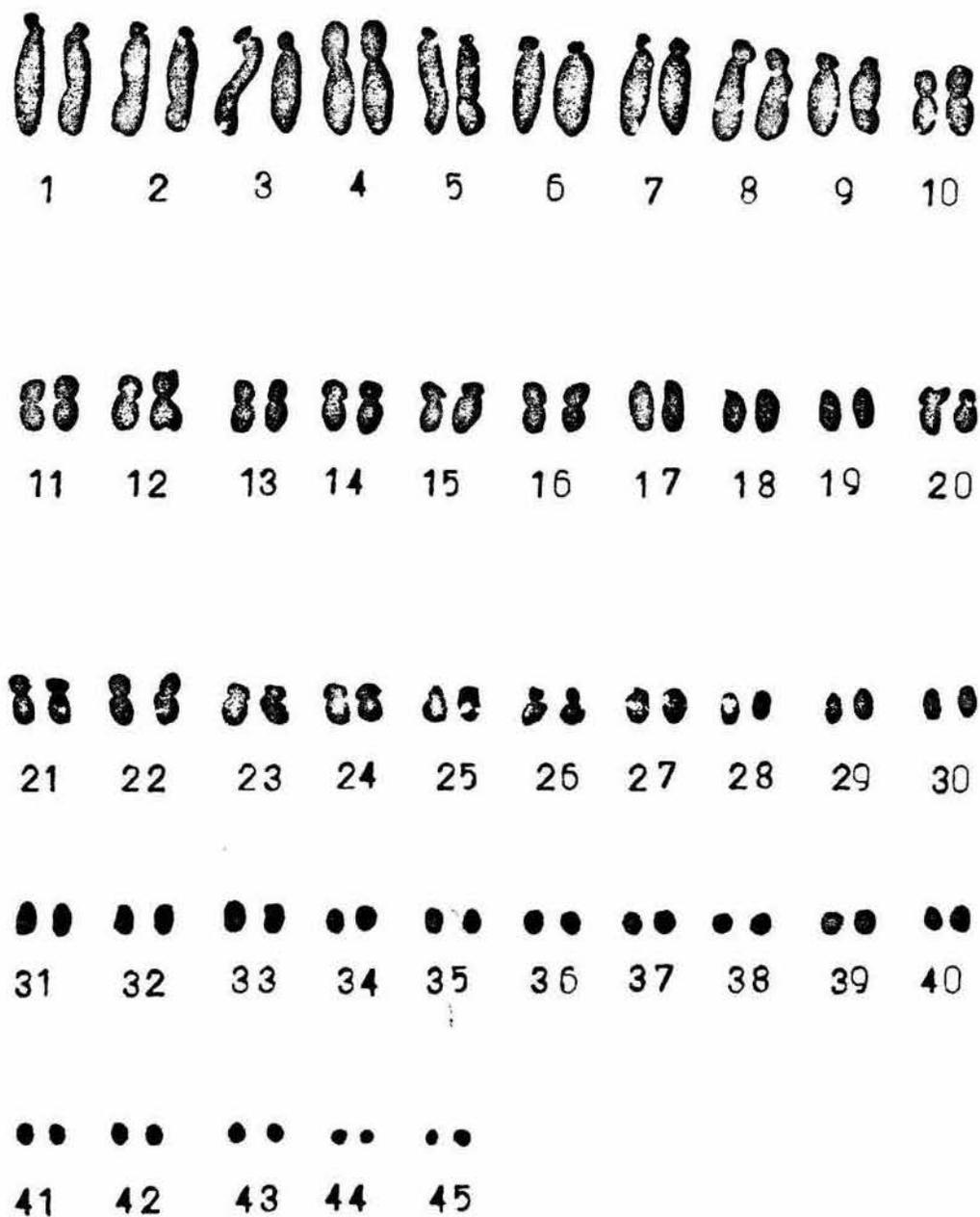


Fig. 17 . Cariotipo de *Agave lechuguilla* Torr.
 $2n = 90$.



Foto 6. Microfotografías ópticas de células en metafase mitótica, tomadas de preparaciones de ápice de raíz de Agave crassispina Trel, colectadas en el municipio de Pinos, Zacatecas (1260x).

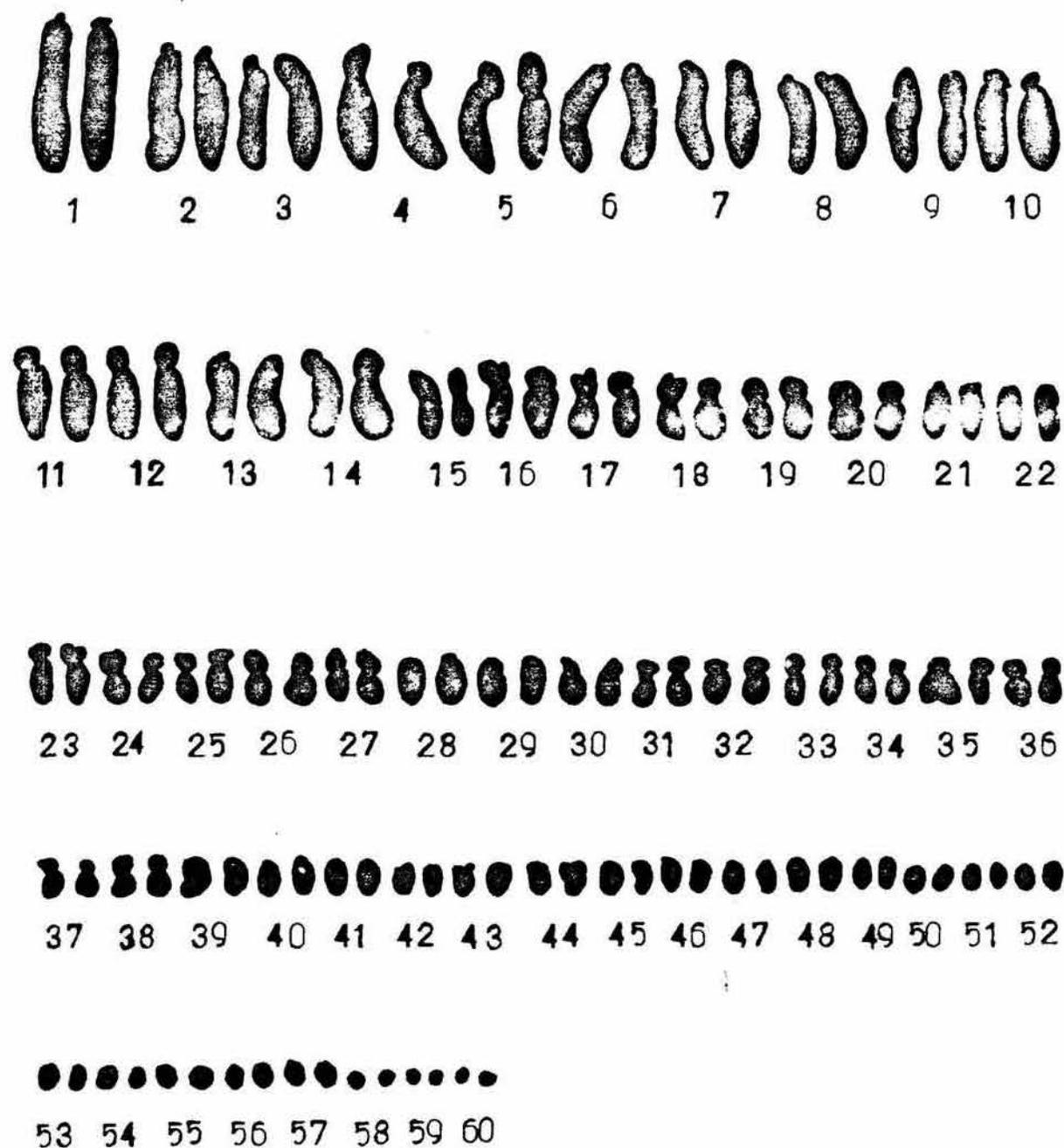


Fig. 18. Cariotipo de *Agave crassispina* Trel
 $2n = 120$.

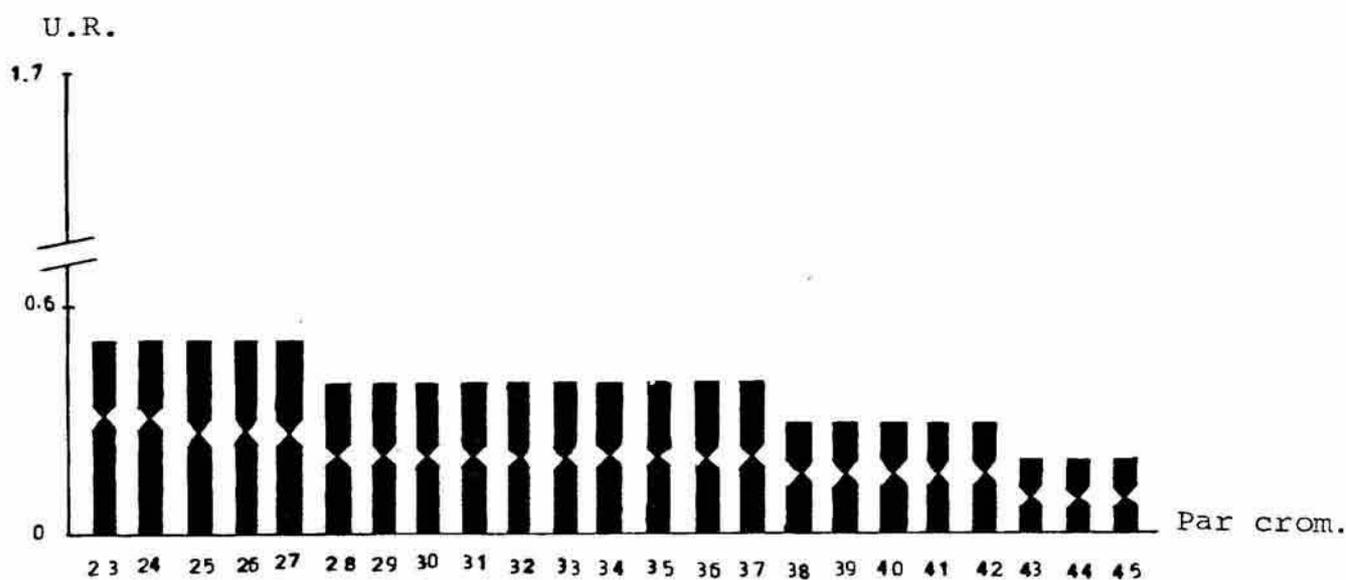
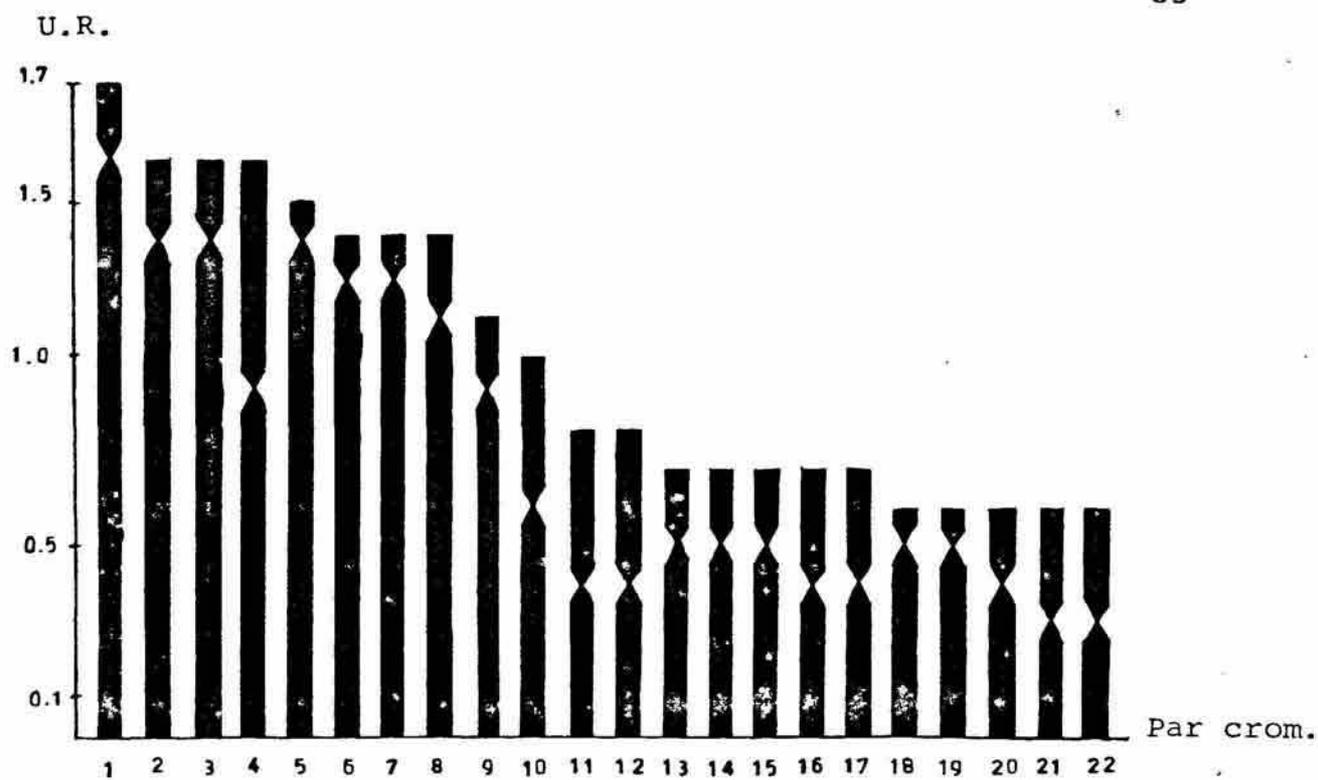
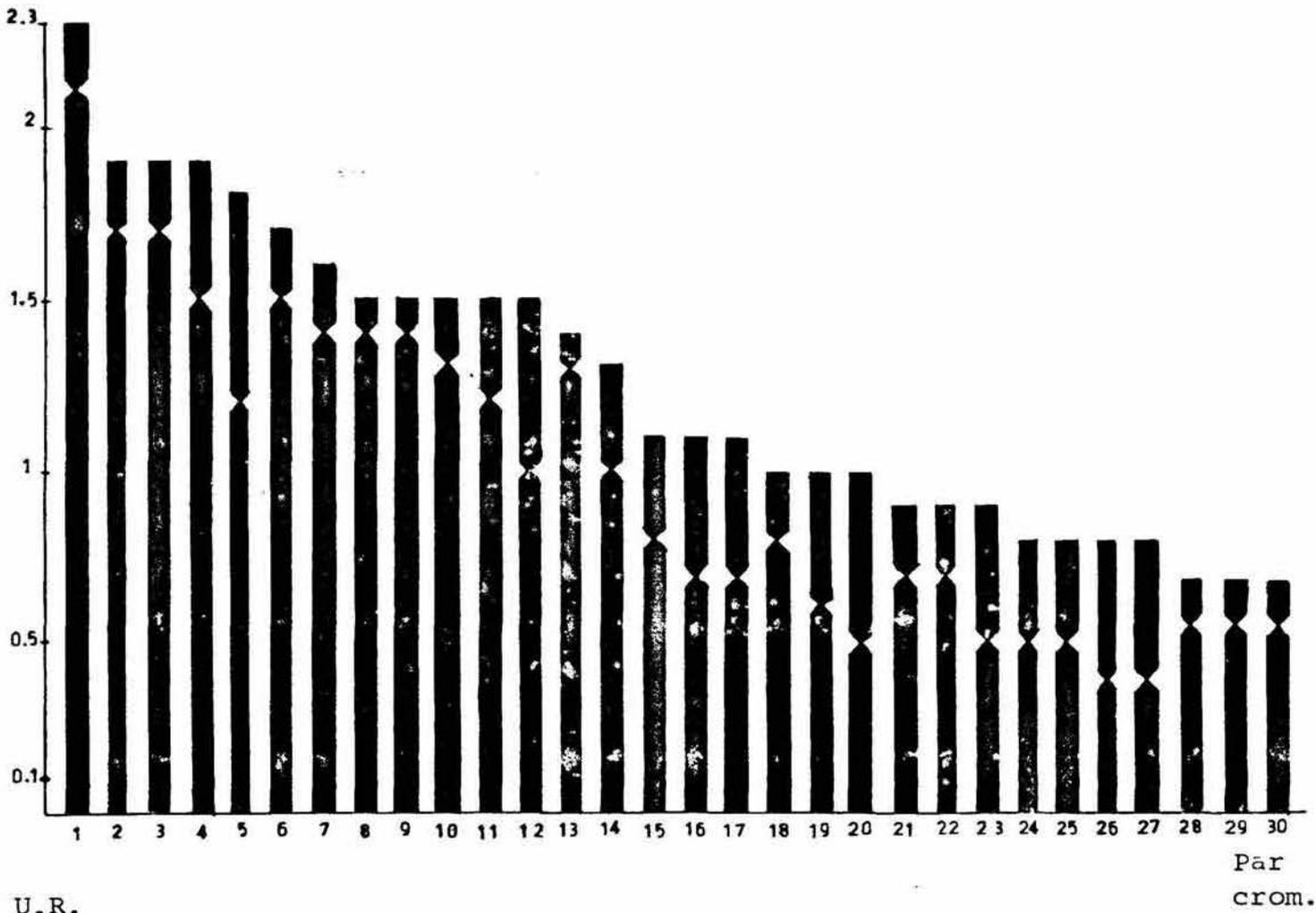


Fig. 19. Ideograma de Agave lechuguilla Torr.

* U.R = unidades relativas.



U.R.

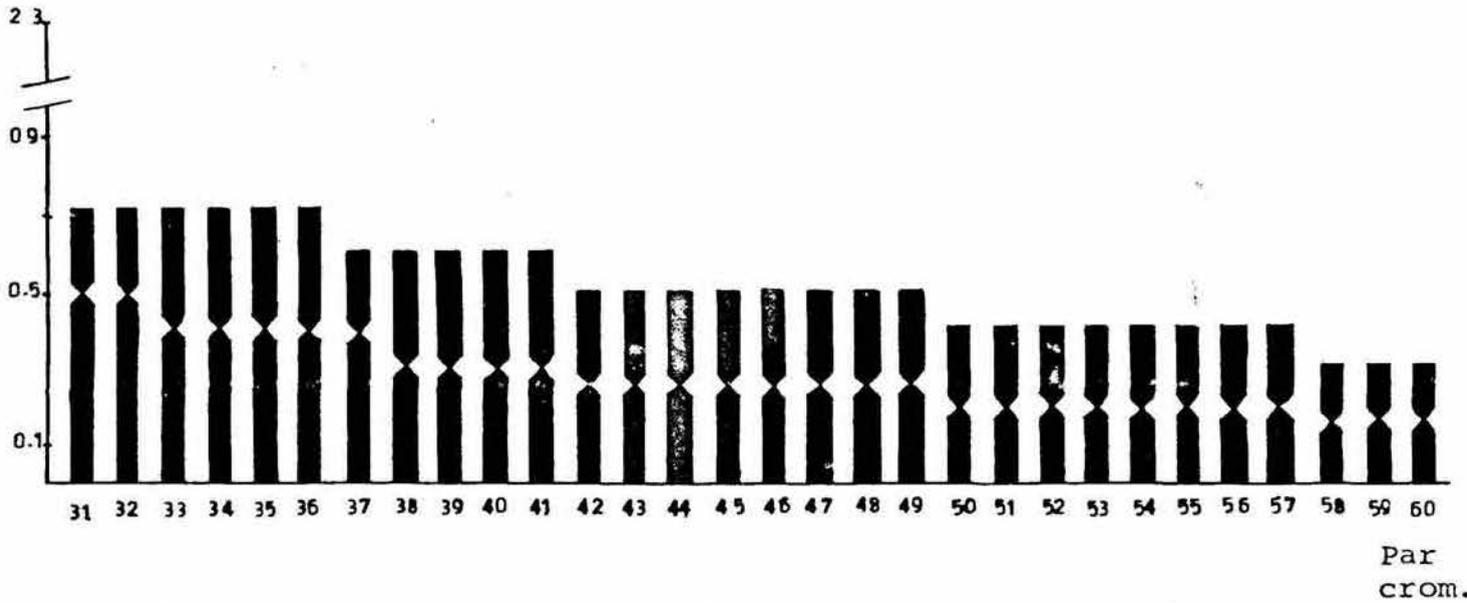


Fig. 20 . Ideograma de Agave crassispina Trel.

*U.R. = unidades relativas.

Etnobotánica.

Agave lechuguilla Torr.

De acuerdo con Sheldon (1980), el área de Agave lechuguilla Torr analizada en el presente estudio cubre una parte de la llamada zona ixtlera.

Observamos que los campesinos del municipio no cultivan esta planta, prefieren trasladarse hasta la zona donde se encuentra en estado natural y abundante para coleccionar los cogollos y las pencas jóvenes de donde obtienen la fibra.

Sheldon (op. cit.), menciona que el índice de la gente que trabaja la fibra y que depende económicamente de esto, varía anualmente de acuerdo a las condiciones de lluvia, ya que cuando la precipitación ocurre en suficientes cantidades la gente se dedica a los cultivos de cosecha (esta actividad se lleva a cabo en los meses de mayo a octubre) y en la época de invierno y primavera que corresponde la temporada seca de la zona de Agave lechuguilla Torr. los campesinos se dedican a la recolección de cogollos para obtener la fibra de estos.

Como observamos durante la mitad del año los campesinos trabajan en los campos de cosecha, por lo que, se detectó que gran parte del área de esta especie está siendo limpiada para la formación de tierras de cosecha, provocando así la contracción del área de este agave.

Agave crassispina Tre1.

En gran parte del área de esta especie existen grandes campos en donde se cultiva este organismo con el fin principalmente de extraermezcal. A pesar de la baja calidad de esta bebida aún así se llega a comercializar.

El municipio de Pinos, es considerado como uno de los principales productores de mezcal extraído de Agave crassispina Trell. (Almaráz, 1984).

A esta planta se le puede observar formando cercas alrededor de casas rurales y en campos de cosecha. En algunas casas rurales se pueden observar construcciones hechas a base de pencas y quiotes, las cuales son usadas para proteger a los animales de carga (asnos, caballos, mulas, etc.).

DISCUSION Y CONCLUSIONES.

Antes de dar comienzo a esta sección, es importante - hacer notar al lector que el análisis de resultados del presente estudio sólo es aplicativo a la distribución local de estas dos especies, aquí estudiadas, más no en su distribución geográfica.

Estudio Fitogeográfico:

Agave lechuguilla Torr.

Agave lechuguilla Torr., es una especie con una amplia distribución en México (Gentry, op. cit.).

En el municipio de Real de Catorce su distribución se extiende en dirección SE a NW, en el paralelo 23°42' latitud Norte, y el meridiano 100°50' longitud Oeste (mapa 4).

Por medio de recorridos se preciso dicho límite, que - podría decirse que comienza en las laderas de la Sierra de - Catorce y continúa hasta el poblado la Sabanilla, cubriendo un área de 50 Km² aproximadamente. Esta localidad alcanza una altitud de 2756 m hasta los 3000 m.

El área de esta especie tiende a tener una forma oval imperfecta. Como sabemos teóricamente las áreas geográficas de las especies, en un mundo bidimensional como el de la superficie terrestre, tendrían que ser circulares, pero como - las zonas climáticas principales tienden a tener una mayor - dimensión latitudinal que longitudinal, el resultado es que las áreas raramente son circulares y con frecuencia son imperfectamente ovals en dirección Este-Oeste (Cain, 1945. -- Rapoport, 1975 y Margalef, 1977).

Ahora analizaremos cómo influyen los factores ambientales en la disposición y distribución ecológica de esta especie, por lo que es necesario retomar los principios propuestos por autores como Cain (1944); Good (1974); Margalef ---- (1977); etc., referente a la caracterización del medio abiótico y biótico de una especie.

Good (op. cit.), expresó que la distribución de las plantas está controlada en primer lugar por el comportamiento de las condiciones climáticas y de manera secundaria por la distribución de los factores edáficos, es decir debido a que las condiciones de la atmósfera y del suelo varían de un lugar a otro, son raros los lugares que son constantes, esto trae como consecuencia que las plantas difieran en sus respuestas metabólicas, y en sus tolerancias a ciertas condiciones que les permiten desarrollarse óptimamente en lugares que otras no pueden, aunque también hay que tomar en cuenta la composición genética de las plantas, que les puede o no permitir desarrollarse en cualquier ambiente.

El clima está constituido por diferentes factores que influyen en la distribución de las plantas, las más importantes son: la temperatura y la precipitación.

Clima:

El área de Agave lechuguilla Torr. a nivel extensivo presenta un clima uniforme (ver la sección de resultados), pero que a nivel local existen fluctuaciones extremas a lo largo del año caracterizándose este microclima como un tipo de invernadero (fig. 3).

Durante los recorridos realizados, se pudo observar - que el clima no es un factor limitante para la dispersión de esta especie, es decir, de acuerdo a la carta climática (Cetenaí, 1970 y García, 1980), el clima prevaleciente en todo el municipio es del tipo **BS**, que es el mismo que caracteriza a la localidad de esta especie en estudio (mapa 4), por lo - que esperaríamos encontrar otras poblaciones más allá del - área descrita al principio de este análisis, cosa que no sucedió, ya que como observamos no existen localidades u organismos silvestres aparte de la aquí estudiada, sin embargo, - a pesar de la importancia económica que posee esta planta, no se encontraron áreas de cultivo, ya que la gente que trabaja la fibra de esta especie prefiere trasladarse al lugar en - donde ésta se encuentra en forma silvestre para coleccionar los cogollos de donde obtienen la fibra (ver la sección de etno- botánica).

Aunque sí debemos considerar que las condiciones micro climáticas que se producen como resultado de diferentes grados de exposición solar y diferencias de precipitación plu - vial, que aunque son mínimas, podrían afectar el desarrollo vegetativo de este agave. En el trabajo de campo se detectó que posiblemente como respuesta a los ligeros cambios micro- climáticos presentes en toda el área de distribución, los or - ganismos presentan variación morfológica que se encuentra en pequeños rangos de variación (ver más adelante el análisis - fenotípico de esta especie en la zona de estudio). Esta con- clusión tiene como base teórica los conceptos citados por -- del Castillo (1982), acerca de la influencia del ambiente -- sobre el crecimiento vegetativo.

Además del clima existen otros factores que se comple- mentan e interrelacionan con estos organismos. De acuerdo a Walter (1977), el clima ejerce sobre la vegetación una influ - encia directa, y otra indirecta a través del suelo. Por lo -

demás, el suelo y la vegetación presentan interrelaciones - tan estrechas que casi se puede hablar de una unidad. Por su lado, tanto el suelo como la vegetación ejercen una cierta - influencia sobre el clima, es decir, influye sobre el microclima pero solamente sobre la capa de aire cercana al suelo.

Por lo que debemos tomar en cuenta que en tanto el -- clima y el suelo deben considerarse como factores complementarios que pueden o no propiciar la dispersión de una especie.

De los factores edáficos se reconocen tres componentes: la naturaleza física del suelo, la naturaleza química y la - topografía que caracteriza al habitat (Good, op. cit.).

Suelo:

La selectividad de las especies por un tipo de substrato puede explicarse en parte por la química y física del suelo.

Se observó que las condiciones ambientales que prevalecen en toda el área de distribución de esta especie es del - tipo xérico como lo señala Rzedowski (1955), debida a las - propiedades físicas del suelo.

De acuerdo a Bannister (1980) y Good (op. cit.). los - suelos con textura arcillosa retienen grandes cantidades de agua, a causa de los efectos superficiales de sus pequeñas - partículas, pero que se pierde rápidamente por evaporación - en zonas áridas. La pérdida de agua por evaporación en la - zona Este del área de Agave lechuguilla Torr. no es tan rápida porque la superficie del suelo está protegida por altos - porcentajes de pedregosidad registrados en toda el área y la

zona Este del área de Agave lechuguilla Torr. no es tón rápida porque la superficie del suelo está protegida por altos porcentajes de pedregosidad registrados en toda el área y la gran cantidad de materia orgánica, esto trae como consecuencia que los suelos de esta zona retengan más agua provocando así una gran movilidad de minerales, teniendo así gran disponibilidad de CaCO_3 y en menor grado Mg y P.

El tipo de reproducción que predomina en esta especie a todo lo largo del área es del tipo asexual (apomictico), sin embargo, en la zona Este se observaron plantas desarrolladas por semilla, de esto inferimos que las condiciones mencionadas anteriormente favorecen la imbibición de la semilla y el establecimiento de la planta, que además, es la zona que en tanto en laderas como en planicies Agave lechuguilla Torr. se encuentra mayormente representada que cualquier otra especie.

Las condiciones edáficas mencionadas para la zona Este son parecidas a la zona Oeste, sin embargo, la presencia de esta especie disminuyó en esta última zona. Pero sin dejar de ser significativa se pudieron encontrar en las laderas con pendientes de 22° y 27° un gran número de plantas de este agave, no ocurriendo lo mismo en las planicies de esta parte del área. El motivo por el cual esta especie baja su abundancia, es debida a la gran perturbación que sufrió esta zona, pues en un tiempo fué una importante zona minera, y actualmente la gente esta expandiendo los campos de cultivo temporal en esta zona. Sobre todo se observó mayor perturbación en las planicies que en las laderas de los cerros.

Debemos mencionar que entre las adaptaciones más notables que presenta el género Agave como son la de soportar los climas áridos, la invasión a latitudes altas (Granick, 1944

y Gómez-Pompa, 1971), esta también la tendencia a conquistar las laderas con pendientes muy pronunciadas, lo que significa que esta barrera en un tiempo no será un impedimento para que estas plantas conquisten nuevos ambientes y por lo tanto puedan ampliar su área.

Otro factor importante es el considerar el efecto de exposición, según Walter (op. cit.), en el hemisferio Norte, las laderas orientadas al Sur, permanecen por más tiempo expuestas al sol y por ello sus temperaturas son mayores y su humedad es menor que las laderas orientadas al Norte, provocando de esta manera un microclima. Coincidiendo con el estudio de Trujillo (1982), sobre el efecto de exposición en vegetación de matorral desértico rosetifolio, Agave lechuguilla Torr. en su distribución ecológica en este municipio se desarrolla en ambas laderas, pero se le encuentra mayormente representada en laderas con orientación Sur.

En general podemos decir que Agave lechuguilla Torr. tiene la capacidad de tolerar las condiciones de climas secos (B), sin embargo, debido a las variadas condiciones edáficas que circunscriben su área, no se desarrolla con éxito en otras localidades del municipio (ver más adelante). De esta conclusión aparentemente podríamos decir que al parecer el factor edáfico tendría preponderancia en la distribución de esta especie, pero recordemos que estos factores no son independientes, ya que el desarrollo del suelo depende en primer lugar del clima y de la vegetación y en segundo término de la topografía (Mason y Good cit. in. Cain, 1944).

Topografía del área.- De acuerdo a Wulff (cit. in. Cain, op. cit.), este término se emplea en relación con la distribución de los organismos dentro de los límites de su área.

El tipo de reproducción asexual (apomíctico) en estas plantas es predominante en toda el área de distribución, y más aún es favorecida por la gente del campo, ya que al cortar el cogollo de donde obtienen la fibra impiden la floración, provocando así que la planta desarrolle hijuelos por reproducción vegetativa, por lo que la producción de plantas desarrolladas por semilla es muy baja.

Los hijuelos que se desarrollan por reproducción vegetativa crecen a unos cuantos centímetros de la planta progenitora, y al irse desarrollando más plantas se van agregando a tal grado que forman manchones muy grandes, de manera que llegan a cerrar los espacios provocando que estos no puedan ser ocupados por plantas de mayor tamaño. Esta disposición también hace difícil el paso o acceso a la gente hacia las plantas más internas de la agregación.

La disposición antes descrita se presenta tanto en las laderas como en las planicies dentro de los límites de su área.

Rumbo a la estación Catorce y el poblado la Sabanilla (mapa 4), también su distribución espacial es agregada, pero habría que mencionar que se detectaron localidades más espaciadas, a consecuencia del grado de perturbación que presenta esta zona.

Dentro de los límites del área de esta especie se observó que el cultivo de la misma es mínimo.

Forma del área.- Como se mencionó en el marco conceptual de este estudio existen dos rasgos generales en torno a las formas de las áreas y son: la tendencia a la formación de contornos circulares de las áreas y la contracción de esta, que establece que las formas son imperfectamente ovales por la influencia de factores abióticos y bióticos (Cain, op. cit.).

La forma del área de esta especie como se mencionó al principio del análisis, tiende a ser oval en dirección SE a NW (mapa 4). Dos factores que podrían contribuir a producir tal forma es el factor orográfico y edáfico que caracterizan el área: la Sierra Catorce atraviesa el área en el mismo sentido de dirección que tiende a formarse dicha área, y la disponibilidad de los suelos del tipo litosol eútrico en todo el municipio.

Margen del área.- Cain (op. cit.), propone que un área en expansión tiende a tener un margen relativamente continuo y una topografía homogénea. Rapoport (1975), considera que las especies tienden a dispersarse cuando su paso no se ve impedido por barreras múltiples y por la alta efectividad de estas.

El margen del área de Agave lechuguilla Torr. tiende a ser continuo, sin embargo, existen algunas deformaciones debido a la gran perturbación que existe sobre todo en la zona **W**, recordemos que esta planta se dispone tanto en las laderas como en las planicies en forma agregada, por lo que su topografía podríamos decir que es homogénea.

Como vemos la continuidad climática del grupo **B** (secos) que prevalece a nivel extensivo en el municipio, podría favorecer el avance de esta especie más allá de los límites de sus fronteras; recordemos que dentro de los límites del área de esta planta el clima característico es de los dos tipos del grupo **B** (secos).

Debido al interés económico que tiene esta planta para algunos grupos sociales de la población del municipio de Real de Catorce, se le ha considerado al hombre un agente dispersor importante, quién favorece la extensión de su área llevandola más allá de su zona natural, aunque esto ocurre raramente en este municipio, se dice raramente porque se encontraron organismos fuera de los márgenes del área en estudio pero en un número pequeño de plantas, sin embargo, notamos que su desarrollo vegetativo comparado con el de la localidad estudiada, a nivel morfométrico, se encontraba en los mismos rangos de variabilidad, este hecho, nos conduce a pensar que el factor edáfico tiene cierta porosidad (puede permitir el paso) que le da la posibilidad de que esta planta pueda seguir más allá de sus márgenes.

Hacia el E del área de distribución como se señaló anteriormente se establece la Sierra de Catorce, este factor orográfico podría considerarse que en un tiempo no constituirá una barrera con un alto porcentaje de efectividad para la infiltración de esta planta, puesto que el carácter adaptativo de esta especie para invadir las laderas con grandes pendientes aumenta la posibilidad de penetrar esta barrera y poder así extender sus límites.

Por las características del presente estudio fué imposible aplicar conceptos como: Tamaño del área, área continua, áreas vicariantes, áreas discontinuas, centro de frecuencia, etc. (ver marco conceptual de este estudio), por lo que no se amplió más el análisis fitogeográfico - tanto de Agave lechuguilla Torr. como el de A. crassispina Trel. puesto que el criterio tomado como base para el uso de estos conceptos es principalmente el amplio conocimiento de la distribución geográfica de un grupo taxonómico o de un tipo de comunidad (Cain, 1944; Good, 1974 y Margalef, 1977).

Variación fenotípica de Agave lechuguilla Torr. en el área de estudio:

En el área de esta especie se pudo detectar que existe cierta variación morfológica dentro de la población de esta planta (las variaciones fueron observadas principalmente en organismos adultos o a punto de la floración).

Como podemos observar en el Espectro de Variación (fig. 12) existen rangos o intervalos donde se puede establecer -- tal variación, la cual describe a los agaves en toda el área en estudio.

Este espectro de Variación nos indica que los caracteres morfológicos que presentan una menor variabilidad son: la longitud de la penca (figs. 5,6,7 y 8), longitud del quijote, y ancho de la penca y con mayor variabilidad el número de pencas, altura del agave sin inflorescencia, la longitud de las espinas laterales y pares de espinas laterales (figs. 5,6,7 y 8).

De igual forma el Ideograma floral (fig. 14) construido para esta especie nos muestra la estructura floral, la cual sigue los mismos lineamientos de otros ideogramas florales construidos para la misma especie pero de diferentes localidades geográficas (ver Gentry, 1982).

Los cambios morfológicos encontrados dentro de los límites del área de esta planta son mínimos, por lo que esto -- en cierta forma podría apoyar la suposición de que la composición genética que posee esta planta le da la ventaja de -- resistir las variaciones climáticas por lo tanto existe una relación equilibrada de estos dos factores.

Vegetación acompañante.

Por las características bióticas y abióticas de la localidad en estudio y de acuerdo a Rzedowski (1955) y García (1980), nos conduce a determinar el tipo de vegetación dominante de esta zona al matorral desértico rosetifolio donde - su principal representante es Agave lechuguilla Torr., encontrando también como elementos de este tipo de vegetación a - Yucca y Hechtia.

Hacia el E del área de distribución localizamos un tipo de vegetación matorral micrófilo donde se extiende una población grande de Larrea, en este tipo de vegetación también se establece Agave lechuguilla Torr. aunque no en forma abundante.

Estudio Citogenético:

Agave lechuguilla Torr.

Se establecieron siete sitios para colectar el material biológico (hijuelos) que formó parte importante en este estudio, a todo lo largo del área en estudio de Agave lechuguilla Torr. y del área de A. crassispina Trel. (mapas citogenéticos 5 y 6).

Con la finalidad de que el muestreo citogenético (conteo cromosómico) fuera significativo, se tomaron los siguientes aspectos: la extensión física del área, la forma del área y la aparente diferencia morfológica de las plantas (ver análisis de variación fenotípica de esta especie). Por estas características se consideró que este tipo de muestreo era conveniente para detectar si existían diferencias genotípicas entre la zona central y los extremos del área (Frankel, 1970).

De acuerdo con Frankel (op. cit.), la variación fenotípica de las plantas es consecuencia de factores genéticos y factores ambientales, esto no implica decir que una variación fenotípica uniforme dentro de una población sea de una uniformidad genética necesariamente.

Sharma y Bhattacharya (1962), mencionan que en plantas que se reproducen asexualmente su número cromosómico es generalmente inconstante en sus tejidos somáticos, estos mismos autores encontraron que también en agaves se dá esta inconstancia, concluyendo que esta conducta irregular es un medio por el cual se puede llegar a la especiación.

De acuerdo a los siguientes autores Cain (op. cit.), - Bernard (1976), Margalef (1977), Moore (1979) y Dobzhansky - et. al. (1980), dentro de la misma especie se puede encontrar diferencias en el número cromosómico debidas a la influencia de factores abióticos como bióticos.

En la tabla 1 se muestran los resultados del conteo de cromosomas realizado en preparaciones de ápices de raíces. - La observación de esta tabla nos indica dos cosas: la primera es la variación en el número cromosómico de esta especie, los valores fluctúan entre 88 y 93; y segundo, que dentro de esta variación 90 es el valor con mayor frecuencia en todos los sitios de muestreo.

Con los datos de esta tabla se construyó un histograma de frecuencia, donde podemos observar que el valor de 90 es el valor modal (fig. 15).

En la tabla 1 se anotaron los valores de la media muestral (\bar{X}_{2n}), varianza (S^2), desviación estandar (S), coeficiente de variación (C.V.) y error estandar para cada uno de los sitios de muestreo.

De los datos expuestos en esta tabla como vemos es poca la información que se obtiene, por lo que fué necesario realizar un análisis estadístico para determinar si estos valores pertenecen a una misma especie al compartir el mismo número cromosómico en todos los sitios de muestreo.

Por las características de los datos obtenidos en el conteo, se eligió el análisis de varianza (ver la justificación y desarrollo de este análisis en la sección de resultados).

Los datos del análisis de varianza se vaciaron en la Tabla de ANOVA. Observese que la F calculada es menor que F de tablas en un nivel de confiabilidad de 0.05, por lo tanto se concluye que no existen diferencias significativas entre las medias muestrales (\bar{X}_{2n}), es decir, en todos los sitios de esta especie se comparte el mismo número cromosómico diploide.

Con base en esta última conclusión, sabemos que los valores de la media muestral (\bar{X}_{2n}) se encuentran distribuidos alrededor de una media poblacional, la cual se calculo aplicando la teoría de la distribución muestral (distribución de t), la justificación y desarrollo de esta teoría para este estudio también se puede leer en la sección de resultados.

Volviendo a la tabla 1 podemos observar que los valores de la media poblacional (μ) en un nivel de confiabilidad del 95%, se encuentra en un valor de 90, proponiendo de esta manera, que el número cromosómico para Agave lechuguilla Torr. sea 90 dentro de sus límites de área establecidos en este estudio.

El valor de la media poblacional (μ) también corroboró las inferencias hechas al observar la tabla 1, donde propusimos que 90 puede ser el número cromosómico diploide (ver en la sección de resultados el criterio por el cual se le consideró a 90 como el número cromosómico de esta especie).

Para que esta proposición pueda tener aceptación se procedió a una prueba de determinación de χ^2 donde se comparan los resultados teóricos con los observados (consulte la sección de resultados del presente estudio).

Los datos de la prueba de χ^2 también se localizan en la tabla 1, tales datos fueron comparados en un nivel de significancia de 0.05: 16.919 valor de tablas.

De este análisis concluimos que las diferencias entre las frecuencias de números cromosómicos observados ($2n$) y las frecuencias esperadas correspondientes a una distribución cuya media (\bar{X}_{2n}) sea igual a 90, no son significativas, por lo tanto se propone como número cromosómico diploide a 90.

Al principio del análisis citogenético se mencionó que el método de muestreo era el adecuado para detectar si existían diferencias genotípicas dentro del área de esta especie, ahora retomando lo mencionado con anterioridad sobre la observación de la tabla 1, vemos que los datos de los conteos nos indican que tanto para cada uno de los sitios muestreados y toda la zona existe una variación pequeña con una tendencia a ser uniforme en toda el área ($\mu = 90$), esta inferencia tiene como base los datos de coeficiente de variación (tabla 1) que como observamos en todos los sitios muestreados es casi similar.

De este hecho, deducimos que los factores ambientales (abióticos y bióticos que propician la variación del número cromosómico actúan de manera aproximadamente uniforme dentro-

de los límites de distribución de esta planta, recuerde que esta misma conclusión concuerda con la realizada en el análisis citogeográfico de esta especie.

La dotación somática de Agave lechuguilla Torr. es de 45 pares cromosómicos (figs. 17 y 19) en estas mismas figuras observamos que los primeros cinco pares son más grandes que los demás y de acuerdo a los criterios de Granick (1944); Sharma (1962) y Cave (1964), sobre el estudio cromosómico del género agave, el cariotipo de Agave lechuguilla Torr. es de forma asimétrica.

La distribución de tamaños de los cromosomas para esta planta se dividen en cromosomas grandes, medianos y chicos - estos tamaños se disponen en forma gradual (figs. 17 y 19).

Durante el análisis morfológico de la dotación cromosómica de esta especie se detectó que también este cariotipo - presenta una característica que autores como Gómez-Pompa et. al. (1971), mencionan en sus trabajos citogenéticos sobre - agave. Esta se refiere, a la posición del centrómero y la presencia y posición de constricciones secundarias no son caracteres que se mantengan constantes en los cromosomas largos - tabla (4).

Al realizar las mediciones de los cromosomas (tabla 4) se presentaron algunas dificultades, sobre todo en el caso - de los pares 28 al 45 que son los cromosomas más pequeños - donde no se distingue la posición del centrómero (fig. 17). Por este motivo se tomó el siguiente criterio para su medición: los cromosomas están constituidos por un centrómero - asociado a cierta cantidad de DNA, equitativamente repartida a ambos lados de dicho centrómero. Este criterio tiene como

base los estudios citogenéticos de otras especies de Agave - en donde la mayoría de los casos su posición es metacéntrico (Charma y Bhattacharyya, 1962), Gómez Pompa et. al. op. cit. y Rivera, 1983).

Aplicando el criterio de Leván (1964), sobre la variación centromérica se estableció la nomenclatura para los cromosomas de esta especie (tabla 4).

Los pares 1,5,6 y 7 son del tipo acrocéntrico (t); los pares 2,3,8,9,18 y 19 con una posición subterminal (st) se consideran subtelo-céntricos; los pares 13,14,15 y 20 su posición centromérica se determinó como submetacéntricos; los siguientes pares fueron identificados como metacéntrico (m): 4,10,16,17,23 y 24 y con una posición media en el sentido - escrito como Metacéntrico los pares 11,12,21,22,25 hasta el par 45 (fig. 19).

Estudio Fitogeográfico:

Agave crassispina Trel.

La distribución ecológica de Agave crassispina Trel -- queda comprendida entre los paralelos 22°20' y 22°25' latitud Norte y los meridianos 101°20' y 101°35' longitud Oeste.

En su distribución ecológica en el municipio de Pinos, Zacatecas, se observó que existe una extensión en su área de aproximadamente 18 km desde el límite de Zacatecas rumbo a San Luis Potosí. Hacia el Oeste los límites de distribución de esta especie llega hasta el poblado la Pendencia, Zacatecas. La distribución de A. crassispina Trel cubre un área de aproximadamente 276 km² y de igual manera que el área de Agave lechuguilla Torr tiende a una forma oval (mapa 5).

Retomaremos nuevamente los principios propuestos por Cain (op. cit.), para realizar el análisis fitogeográfico de esta especie.

De la misma forma se consideran los factores ecológicos que influyen en la disposición y distribución de esta planta que son los siguientes: clima (temperatura y precipitación - pluvial) y suelo (físico y químico).

Clima:

En el municipio de Pinos, Zacatecas, Agave crassispina Trel se desarrolla en un clima del tipo BS₁, el menos seco de los BS, este clima no cambia en todo el municipio de Pinos, y llega a extenderse aproximadamente 18 km desde los límites de Zacatecas rumbo al municipio de Ahualulco, San Luis Potosí.

Sin embargo existen variaciones a lo largo del año, la temperatura media mensual mínima de los lugares en donde -- crece Agave crassispina Trel es de 12°C y la máxima de 18°C, siendo el mes de mayo el más caluroso. La mayor incidencia de lluvias se presenta en junio con una precipitación de 93.3 mm, y los meses más secos son febrero y marzo con 5.2 y 2.9 mm respectivamente (fig. 2).

Good (1974), menciona que el primer factor que influye en la distribución de las plantas es el clima, de acuerdo a este enunciado, a la descripción climática realizada con anterioridad y en la observación del mapa 5 concluimos que -- Agave crassispina Trel se extiende a nivel extensivo en un -- área climáticamente uniforme y que a un nivel local donde -- sus oscilaciones de temperatura y precipitación son extremas no llegan a influir de manera notable el desarrollo de esta planta. Como veremos más adelante la variación morfológica de este agave se correlaciona con las variaciones microclimáticas, influidas tal vez por su composición genética, la cual les permite soportar estas variaciones climáticas.

Determinación de las características ecológicas generales del hábitat de Agave crassispina Trel.

De los factores ambientales el segundo en importancia a considerar, son las condiciones edáficas (Cain, 1944), este factor incluye, las características tanto físicas como -- químicas del suelo, la pedregosidad y la pendiente. Recordemos que existe una fuerte correlación entre el suelo y los -- factores complementarios para el establecimiento y dispersión de una especie.

Suelo:

En este municipio y aún más allá donde se extiende Agave crassispina Trel (18 km desde el límite de Zacatecas rumbo al municipio de Ahualulco, San Luis Potosí) predomina como roca madre la riolita. El tipo de suelo dominante es el litosol eútrico con rocas sedimentarias de aluvión.

Toda la zona se caracteriza por ser llanuras aluviales, encontrando pequeños cerros muy aislados cuyas laderas tienen una pendiente aproximada de 30°. Los terrenos planos y las laderas de los cerros presentan un porcentaje de pedregosidad de un 10% a 70%. La altitud de esta área está comprendida entre los 2100 a 2200 m.

Estos suelos tienen una textura migajón arenoso, el pH varía de 6 a 7.2, el contenido de carbonatos es de 0.4 meg/100g suelo en toda el área, el contenido de materia orgánica es ligeramente bajo, por lo que la percolación del agua en esta clase de textura es rápida (Del Castillo, 1982).

Las variaciones de las características químicas y físicas en toda el área no son muy extremas, es decir, el factor edáfico es más o menos uniforme, y como observamos anteriormente el clima también se comporta de manera uniforme en el área y en los lugares contiguos a esta, por lo tanto, la influencia de estos dos factores actúan de manera equilibrada en el desarrollo de esta especie, dando como consecuencia que los procesos reproductivos de esta planta puedan establecerse en períodos de tiempo más o menos regulares (primavera-verano), y que también las características físicas de este suelo que no permiten que se pierda mucha agua por evaporación hacen que aumenten la probabilidad de germinación a la semilla y la sobrevivencia de la planta, recordemos que uno de los requerimientos más importantes para la germinación son los suelos con buena humedad (Bannister, 1980), cosa que no ocurre en los suelos calizos en donde la pérdida de agua

por evaporación es mayor en climas áridos, considerando este tipo de suelo como un factor limitante para que se pueda llevar a cabo una buena imbibición de la semilla de Agave crassispina Trel., esta última inferencia se dió con base en que la zona de estudio se localizaron plantas de A. crassispina Trel desarrolladas por semilla.

En el área predominan los suelos planos del tipo aluvial, sin embargo, existen algunas elevaciones orográficas en donde también se desarrolla esta planta, así vemos que también esta especie presenta la tendencia a establecerse en laderas con pendientes pronunciadas (30°), teniendo así la probabilidad de infiltrarse y poder pasar esta barrera para ampliar su área.

En general concluimos que Agave crassispina Trel. se circunscribe en un área con un comportamiento uniforme tanto en el clima como el factor edafico a un nivel extensivo. La influencia de estos mismos factores sobre esta especie, a nivel local pueden ser respondidas por la constitución genética de esta planta para resistir tales condiciones (ver análisis citogenético de esta especie).

Topografía del área.

En el área de esta especie se le encuentra tanto en forma silvestre como en campos de cultivo donde es sembrada por los campesinos de la zona.

En las áreas donde se encuentra en forma silvestre, estas plantas se distribuyen de manera agregada. Existen agaves que se encuentran aislados y alejados de grandes grupos de estos organismos, en general se observó que estos ejemplares se originaron por semilla.

La manera de sembrar este agave no sigue una estructura de cultivo bien definida , simplemente se siembra en hileras con una separación aproximada de 2 metros de planta a planta. Como podemos observar por todo lo antes dicho concluimos que el papel de los factores de dispersión tanto físicas como biológicas es muy activo, favoreciendo así la distribución de este agave.

Forma del área.

Sobre el área de Agave crassispina Trel se ha venido mencionando, que esta tiende a semejarse a una forma oval en dirección Este-Oeste (o viceversa). Ahora se dice que el comportamiento del clima y el factor edafico es uniforme en toda el área de estudio y más allá de sus fronteras (a excepción de la zona Este), bien pues esto sugiere que esta área puede estar comprendida en una más grande, puesto que existen las condiciones adecuadas para que esta especie tenga una extensión más grande que la aquí estudiada. Esto nos impide visualizar de manera extensiva la acción que ejercen los factores abióticos (clima y suelo) sobre la forma del área, en cambio las deformaciones que se presentan en el área se deben a la variación local de los factores antes mencionados y principalmente al hombre que movido por el interés económico que le representa esta planta, la lleva lejos de sus formas silvestres provocando así la irregularidad del área y la ocupación de nuevos lugares.

Margen del área.

Anteriormente mencionó que tal vez esta área en estudio esta comprendida en un área más grande, es decir, las fronteras de esta planta a nivel local no se ven impedidas para

que puedan ampliarse en todo el municipio a consecuencia de la continuidad climática (BS₁) y edáficas (litosol-eútrico) que prevalece en el área de estudio y más allá de sus zonas aledañas.

En la parte Este de la zona rumbo a Ahualulco, San Luis Potosí las condiciones climáticas y edáficas cambian. Aparentemente esto ha provocado que la dispersión de esta especie se detenga, sin embargo, se encontraron algunas plantas de A. crassispina Trel en este municipio de San Luis Potosí, por lo que volveremos a retomar una conclusión antes mencionada la cual se refiere a que la composición genética de este agave le permite resistir estas condiciones para poder sobrevivir en esta zona, este avance de la especie a estas zonas parece ser provocada por el hombre.

De esta manera se concluye que el margen del área de esta especie es continuo y su topografía es homogénea, ya que como se pudo observar es un área con tendencia, si no es que ya se dió, a extenderse en donde las condiciones climáticas y edafológicas no constituyen barreras tan efectivas para su dispersión.

Variación fenotípica de Agave crassispina Trel en el área de estudio:

Dentro del área de estudio se observó que existe una variación morfológica en los organismos adultos de esta planta, pero que tal variación se encuentra en ciertos rangos o intervalos los cuales describen a la población de esta área.

En el Espectro de Variación elaborado para esta especie (fig. 13) observamos que las características que presentan una menor variabilidad son: ancho de la espina terminal (zona basal); longitud, ancho y espacio de las espinas laterales y con mayor variabilidad la longitud del quiote, altura del agave sin inflorescencia y la longitud de la penca (figs. 9, 10 y 11).

El ideograma floral (fig. 14) elaborado para esta especie colectada en el municipio de Pinos, Zacatecas coincide con la descripción de la estructura floral establecida para el género (Gentry, 1982).

En general concluimos que las variaciones morfológicas son acompañadas en respuesta a las variaciones locales de los factores ambientales del área en estudio. También debemos considerar que las variaciones encontradas en estos organismos se deben a que estas plantas presentan una incostancia en los cromosomas somáticos (ver tabla de conteos No. 2) que puede ser mantenida por medio de la reproducción vegetativa, y así llegar a establecer diferencias fenotípicas entre la planta progenitora y el hijuelo (Sharma y Bhattacharyya, 1982).

Vegetación acompañante:

Con base en las características abióticas del área (suelos riolíticos y aluviales) y a la presencia de cactáceas grandes como el género Opuntia que se distribuye desde la parte Este hasta casi el centro del área de A. crassispina Trel. y de acuerdo a Rzedowski (1978), esta zona en estudio se caracteriza por tener una vegetación del tipo matorral crasicaule, por lo tanto es el tipo de vegetación más característico de esta especie pues en él alcanza su mayor constancia. En cambio en la parte Este rumbo a Ahualulco existe un matorral desértico rosetifolio donde también localizamos a esta especie pero en una frecuencia muy baja.

Estudio Citogenético:

Agave crassispina Trel.

En la tabla 2 se refleja en los datos obtenidos en el conteo, que también se da la incostancia cromosómica en las células somáticas de esta especie pero que sin embargo, el valor más frecuente dentro de esta variación es de 120 en todos los sitios. Observese además en el histograma de frecuencias (fig. 16) que el valor modal es 120.

Para obtener más información sobre estos datos se realizó el mismo análisis estadístico que se empleo para los datos de Agave lechuguilla Torr.

El análisis de ANOVA ayudó a determinar si los valores de los conteos pertenecen a esta especie al compartir el mismo número cromosómico en todos los sitios de muestreo (el uso de esta técnica estadística y las siguientes que se desarrollaron en este estudio se justifican en la sección de resultados).

La tabla de ANOVA para esta especie nos muestra los valores de F calculada y de F de tablas. De estos resultados concluimos que no existen diferencias significativas entre las medias muestrales (\bar{X}_{2n}) en un nivel de confiabilidad del 0.05, es decir, que en todos los sitios muestreados se establece el número cromosómico de 120.

Los valores de la media muestral (\bar{X}_{2n}) de los sitios se distribuye alrededor de una media poblacional, por lo que fué necesario aplicar la teoría de la distribución muestral (distribución de t).

Al final de la tabla 2 se pudo observar los valores calculados de la media poblacional que en un nivel de confiabilidad del 95% se encuentra en 120. Este valor viene a reafirmar la proposición hecha en la sección de resultados la cual consiste en que 120 podría ser el número cromosómico de esta especie. Pero para poder aceptar esta proposición se procedió a usar una prueba de determinación en este caso χ^2 , que consiste en comparar los resultados teóricos con los observados.

Los datos de esta prueba se vaciaron en la misma tabla 2. Estos datos fueron comparados en un nivel de confiabilidad del 95% indicando que las diferencias entre las frecuencias de los números cromosómicos observados ($2n$) y las frecuencias esperadas correspondientes a una distribución muestral de 120 no son significativas, por lo tanto se propone a 120 como número cromosómico somático para esta especie establecida en el municipio de Pinos, Zacatecas.

El coeficiente de variación de estos datos (tabla 2) como se observa es muy bajo y similar en todos los sitios de muestreo, esto nos indica que la variabilidad cromosómica en toda el área de esta especie es muy pequeña, siendo el número diploide 120 el valor con mayor frecuencia,

En forma general se concluye que la variabilidad ambiental a nivel local y la variabilidad genética de Agave crassispina Trel interactúan de manera equilibrada, esto se ve reflejado en la baja variación fenotípica encontrada en las plantas de esta especie dada en respuesta a las variaciones locales de la temperatura y precipitación que se presentan en el área.

La dotación cromosómica somática (cariotipo) de Agave crassispina Trel esta representada por 60 pares de cromosomas (figs. 18 y 20).

En el cariotipo (fig. 18) se observa que el par número uno es el de mayor longitud (2.3 unidades relativas). -- Los pares cromosómicos restantes se disponen en forma gradual por lo que la asimetría cromosómica de esta especie es menor.

En el ideograma (fig. 20) de dicho cariotipo se determinó que la posición del centrómero, la presencia y posición de las constricciones secundarias es un carácter que no se mantiene constante en los cromosomas más grandes y aquellos en donde es más fácil observar estas características. Para poder determinar la posición y presencia del centrómero en los cromosomas pequeños en los cuales es difícil observar estas características, se siguió el mismo criterio tomado para el estudio de los cromosomas pequeños de Agave lechuquilla Torr (ver el análisis citogenético de A. lechuquilla Torr).

De igual forma para poder determinar la nomenclatura de los cromosomas de esta especie se siguió el criterio de Leván et. al. (1964), en relación a la variación centromérica (tabla 5).

Los pares cromosómicos 1,2,3,6,8,9 y 13 su posición centromérica es del tipo acrocéntrico (t); los pares 4,7,10,11, 14,18,21,22,28,29 y 30 son del tipo subtelocéntrico (st); los pares 5,12,15,16,17,24,25,31,32 y 37 con una posición centromérica del tipo submetacéntrico (sm); del par 19,23 y del 33 al 36 son metacéntricos (m); y los siguientes fueron identificados como Metacéntricos (M) en el sentido estricto de posición media y son los pares 20,26,27 y del 36 al 60 (fig. 20).

De los números cromosómicos básicos de las dos especies, propuestos en el presente estudio, es evidente que estos agaves son poliploides, formados de la serie propuesta por Granick (1944), como $4x = 120$ para Agave lechuguilla Torr y para Agave crinitissima Tréll de la serie $4n = 120$, esta serie se formó tomando en cuenta que el número básico del género Agave es $x = 30$.

Como sabemos por autores como Darlington (1932), Granick (op. cit.), Cain (1944), Moore (1979) y otros la poliploidía se correlaciona con la distribución geográfica de vegetales. Es así como el presente estudio fitogeográfico y los números cromosómicos propuestos para las dos especies estudiadas corroboran el siguiente principio: en relación al género Agave se menciona que muchos híbridos se encuentran en la parte central de México y en particular en las regiones el desarrollo de estas plantas poliploides se ve más representativa. Este principio sirvió como base para que Granick (op. cit.), propusiera a México como centro de origen y diversidad del género Agave desde el punto de vista genético.

Durante el análisis fitogeográfico se concluyó que las variaciones ambientales a nivel local no influían drásticamente en el desarrollo de estas especies en sus áreas de estudio, bien pues esa capacidad de resistir esas condiciones podrían explicarse en parte a la presencia del carácter poliploide de estas dos especies del presente estudio, que les da la ventaja de adaptarse a las condiciones ecológicas interactuando con el medio de manera equilibrada, y no sólo esto si no que también para ocupar diferentes lugares ampliando así su área.

SUGERENCIAS.

Por último el presente trabajo nos permite sugerir algunos aspectos para poder planear la ampliación del área de estas dos especies en estos municipios para mejorar de cierta manera su aprovechamiento.

- 1.- Para planear la ampliación del área de Agave lechuguilla Torr deben considerarse los siguientes aspectos: esta especie se distribuye en climas BSo y BW y se establece en suelos calizos con un alto porcentaje de pedregosidad tanto en laderas como en planicies.

De igual forma para ampliar el área de Agave crassispina Trel debe considerarse que los factores que permiten un buen desarrollo vegetativo de la planta son; climas del tipo BS₁, el menos seco de los esteparios y suelos ligeramente ácidos por ejemplo los riolíticos o basálticos.

- 2.- Intensificar el cultivo de ambas especies en estos municipios tomando en cuenta lo dicho en la primera sugerencia.
- 3.- Debe planearse un control sobre la explotación de las especies silvestres, por la razón de que si conocemos a los progenitores silvestres y otros parientes cultivados de estas especies en estudio, se pueden llevar a cabo estudios sobre fitomejoramiento.

CONCLUSIONES GENERALES.

Agave lechuguilla Torr.:

- 1.- Agave lechuguilla tiene la capacidad de tolerar las condiciones de climas secos, ya sean del tipo BSo y BW.
- 2.- Esta especie se desarrolla fuertemente en suelos calizos del tipo litosol eútrico con altos porcentajes de pedregosidad tanto en laderas como en planicies. Al parecer el factor edáfico condiciona el establecimiento y desarrollo de esta planta.
- 3.- En relación a lo escrito en el inciso 2 vemos que la forma del área esta condicionada al factor orográfico y edáfico principalmente.
- 4.- Una característica sobresaliente de esta especie es su adaptación a laderas con pendientes muy pronunciadas.
- 5.- Agave lechuguilla Torr. se le encuentra mayormente representada en laderas con orientación Sur.
- 6.- La distribución espacial (topografía) de esta agave es de forma agregada.
- 7.- El área de Agave lechuguilla Torr tiende a la expansión puesto que su margen es relativamente continuo y la distribución espacial de esta planta es homogénea.
- 8.- El área de esta especie se caracteriza por una vegetación xérica (matorral desértico ribesifolío).

- 9.- Los cambios microclimáticos presentes en toda el área de Agave lechuguilla Torr afectan el desarrollo vegetativo de esta especie en una proporción muy pequeña .
- 10.- Existe una relación equilibrada entre la composición genética de Agave lechuguilla Torr y los factores ambientales, es decir, si las condiciones climáticas ---varían los cambios morfológicos podrían darse en la misma proporción a los cambios del medio.
- 11.- Existen diferencias en el número cromosómico entre los individuos de Agave lechuguilla Torr que se establecen en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí, - que aunque son mínimas podrían deberse a la influencia de factores microclimáticos y edáficos que prevalecen en este lugar. Observese que este inciso tiene relación con lo mencionado en los incisos 9 y 10.
- 12.- Se propone que el número cromosómico diploide de Agave lechuguilla Torr establecida en el municipio de Real de Catorce, San Luis Potosí es $2n=90$.

Agave crassispina Tre1.:

- 1.- Agave crassispina Tre1 se establece preferentemente en climas del tipo BS₁ (el menos seco de los BS).
- 2.- Esta especie se circunscribe en áreas de suelos ácidos del tipo litoso¹ eútrico.
- 3.- La distribución espacial (topografía) de esta especie es de forma agregada, también existen campos de cultivo de esta planta pero su siembra no sigue una estructura bien definida.

- 4.- Debido a la importancia económica que representa esta planta para el hombre, se le considera a este último como el principal agente de dispersión de Agave crassispina Trel.
- 5.- De igual manera se considera que el área de Agave crassispina Trel es un área en expansión por poseer una topografía homogénea y tener un margen continuo.
- 6.- La vegetación característica del área de esta especie es del tipo matorral crasicaule.
- 7.- La influencia de los factores climáticos y edáficos sobre esta especie condicionan su establecimiento y desarrollo en el municipio de Pinos, Zacatecas, sin embargo, cualquier variación de estos factores son tolerados gracias a la constitución genética de esta planta que le permite sobrevivir a las nuevas condiciones.
- 8.- En relación al inciso 7, podemos decir que las variaciones morfológicas de esta planta son acompañadas en respuesta a las variaciones locales del área (microclima), es decir, que también existe una relación de equilibrio entre la composición genética de esta especie y los factores ambientales.
- 9.- Se propone que el número cromosómico diploide de Agave crassispina Trel establecida en el municipio de Pinos, Zacatecas es $2n = 120$.
- 10.- Agave lechuguilla Torr y A. crassispina Trel son plantas poliploides formadas en la serie de Granick (1944), como un triploide y un tetraploide respectivamente.
- 11.- El inciso 10 corrobora la suposición de Granick (op. cit.) en relación a que en latitudes mayores el desarrollo de plantas poliploides se ve más representativa.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Almaráz, A.N. 1984. Estudio etnobotánico de los agaves del Altiplano Potosino, México, Tesis, UNAM. - México.
- 2.- Bannister, P. 1980. Introduction to physiological plant ecology. Ed. Blackwell Scientific, London.
- 3.- Benson, L. 1962. Plant taxonomy. Ed. John Wiley & Sons. New York, 236-266 pp.
- 4.- Berger, A. 1915. Die Agave Beitrage zu einer monographie verlan Von Gustav. Fisher, Jena.
- 5.- Bidwell, R.G.S. 1974. Plant physiology. Mac Millan, New York, USA.
- 6.- Bustamante, M.E.I. 1983. Estudio agroecológico de los agaves de la zona de influencia a Tequila, Jalisco, Tesis, UNAM. México.
- 7.- Cave, S.M. 1964. Cytological observations on some genera of the Agavaceae. Madroño. 17:163-169 pp.
- 8.- CETENAL. 1972. Carta edafológica, F-14-A-24. esc. 1:50 000.
- 9.- CETENAL. 1972. Carta geológica. F-14-A-24. esc. 1:50 000.
- 10.- CETENAL. 1972. Carta topográfica. F-14-A-24. esc. 1:50 000.
- 11.- CETENAL. 1971. Carta edafológica. F-14-A-72. esc. 1:50 000.
- 12.- CETENAL. 1971. Carta geológica. F-14-A-72. esc. 1:50 000.
- 13.- CETENAL. 1976. Carta topográfica. F-14-A-72. esc. 1:50 000.
- 14.- CETENAL. 1971. Carta uso del suelo. F-14-A-72. esc. 1: - 50 000.
- 15.- Curts, G.B.J. 1982. Secretario Técnico de la Coordinación de Investigación de la E.N.E.P.I. (comun. pers.).

- 16.- Daniel, W.W. 1977. Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. Ed. Limusa, México.
- 17.- Del Castillo, S.R.F. 1982. Estudio ecológico de Ferocactus histrix (DC.) Lindsay. Tesis, UNAM. México.
- 18.- Dewey, R.D. 1981. Cytogenetics of Agropyron ferganense and its hybrids with six species of Agropyron, Elymus, and Sitanion. Amer. J. Bot. 68 (2): 216-225 pp.
- 19.- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. ed., Ed. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- 20.- García, E. 1980. Apuntes de climatología. 3a ed., Ed. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- 21.- García, E., Soto, C., Miranda, F. 1961. Larrea y Clima. - Anal. Inst. Biol. Méx. 31 (1-2) 133-171.
- 22.- García, V.A. 1977. Manual de técnicas de citogenética. - UACH. 118 pp.
- 23.- Gentry, S.H. 1982. Agaves of Continental North America. - University of Arizona press. USA.
- 24.- Gómez-Pompa, A. 1963. El género Agave. Organo de la Soc. Méx. de cactología, VIII. No. 1.
- 25.- Gómez-Pompa, A., P.R. Villalobos y A. Chimal. 1971. Estudios en Agavaceae (Liliaceae) II. morfología y número cromosómico en el género Calibanus. An.Int. Biol. Univ. Nal. Autón.México. 42, Ser. Biol. Exp. 1: 31-36.
- 26.- Gómez-Pompa, A. et. al. 1971. Studies in the Agavaceae. I. chromosome morphology and member of seven species. Madroño, 21: 208-221 pp.
- 27.- Good, R.M.A. 1974. The geography of the flowering plants. 4a ed., Ed. Longman. Greant Britain.

- 28.- Granick, B.E. 1944. A karyosystematic study of the genus Agave. Amer. J. Bot 31: 283-298 pp.
- 29.- Heywood, H.V. 1976. Plant taxonomy. 2a. ed., Ed. Edward - Arnold LTD. London. 51-60 pp.
- 30.- John, B. 1976. Populación cytogenetics. Ed. Edward Arnold LTD. London. 74 pp.
- 31.- Kumar, S.A. y A. Sharma, 1980. Chromosome techniques theory and Practice. 3a. ed., Ed. Butterworths, London, 140-153 pp.
- 32.- Lawrence, M.H.G. 1951. Taxonomy of vascular plants. Ed. Mac. Millan. New York. 141-191 pp.
- 33.- Levan, A. et. al. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes.
- 34.- Margalef, R. 1977. Ecología. 2a. ed., Ed. Omega, Barcelona. 237-314 pp.
- 35.- Martin, G.P. y L.D. Hayman. 1965. A quantitative method for comparing the karyotypes of related species. Evolución. 19: 157-161 pp.
- 36.- Matuda, E.M.M. 1979. Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. tomo III. 191-216 pp.
- 37.- Matuda, E.M.M. 1962b. Las amarilidaceas del Estado de México. México, 28 pp. ilustradas.
- 38.- Moore, M.D. 1979. Citogenética vegetal. Ed. Omega. Barcelona. 88 pp.
- 39.- Pianka, R.E. 1982. Ecología evolutiva. Ed. Omega. Barcelona, 289-311 pp.
- 40.- Ramírez, L.A. 1936. Distribución de los agaves de México. An. Inst. Biol. México, 7 (1): 17-43.

- 41.- Raven, H.P. y W.D. Kyhos. 1965. New evidence concerning the original basic chromosome number of angiosperms. Evolution. 19: 244-248 pp.
- 42.- Rivera, C.J. 1983. Estudio citogenético y fitogeográfico de Agave aff. tequilana y A. karwinskii - Zucc. en los valles de Tehuacán, Puebla y centrales de Oaxaca, México. Tesis, UNAM. México.
- 43.- Rzedowski, J. 1955. Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí No. 2. Estudio de diferencias florísticas y ecológicas condicionados por ciertos tipos de substratos geológicos. Ciencia, 15: 141-158 pp.
- 44.- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa, - México.
- 45.- Snedecor, W.G. 1956. Statistical methods. 5a., Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- 46.- Sharma, A.K. y C.V. Bhattacharyya . 1962. A cytological study of the factors influencing evolution in agave. La Cellule, 62: 259-279 pp.
- 47.- S.P.P. 1981: Síntesis geográfica de Zacatecas. México, - D.F. 221 pp.
- 48.- S.P.P. 1981. Anexo cartográfico de Zacatecas, esc. 1: - 1000 000. México, D.F.
- 49.- Standley, R.C. 1920-1926. Trees and shrubs of México. Contrib. U.S. Nat. Herb. 23 : 1-1721 pp.
- 50.- Swanson, P.C. T. Merz y J.W. Young. 1981. Cytogenetics. 2a ed., Ed. Prentice-Hall. USA. 9-14, ---- 185-199, 448-470, 473-542 pp.

- 51.- Trelease, W. 1920. Amarillidaceae in trees and shrubs of México. Contr. U.S. Nat. Herb. 23 (V): 107-142 pp.
- 52.- Trujillo, A.S. 1982. Estudio sobre algunos aspectos ecológicos de Echinocactus platyacanthus L.K.&O. en el Estado San Luis Potosí. Tesis profesional, UNAM. México.
- 53.- U.N.A.M. 1970. Carta de climas. 14 Q-I. esc. 1:500 000.
- 54.- Vázquez, R.A. 1977. Estudio citogenético y variación en una población de Agave atrovirens Karw. Tesis, UNAM. México.
- 55.- Walter, H. 1977. Zonas de vegetación y clima. Ed. Omega. Barcelona, 245 pp.
- 56.- Wolf, J.S. 1980. Cytogeographical studies in the genus - Arnica (Compositae: Senecioneae). I. Amer. J. Bot. 67 (3): 300-308 pp.