

MONOGRAFIA
TECNICO - CIENTIFICA

Gasto

DINAMICA POBLACIONAL DEL ECOSISTEMA
NATURAL DE *OPUNTIA STREPTACANTHA* LEMAIRE

Roberto Nava C.
Juan J. Lopez G.
Juan Gastó C.

volumen 7
número 5

Diciembre
1981



SALTILLO
MEXICO

MONOGRAFIA
TECNICO - CIENTIFICA

serie

recursos naturales

VOLUMEN 7

NUMERO 5

**DINAMICA POBLACIONAL DEL ECOSISTEMA
NATURAL DE *OPUNTIA STREPTACANTHA* LEMAIRE**

Roberto Nava C.

Juan J. López G.

Juan Gastó C.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Diciembre 1981 Saltillo, México

El presente estudio fue terminado dentro del proyecto "Investigación y extensión para el desarrollo ecológico de las zonas áridas de México" del Programa de Recursos Naturales de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean dejar constancia y agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) por su apoyo para la realización de este estudio.

Se desea, además, agradecer al Sr. Daniel Oropeza propietario de una pequeña agroindustria del nopal, por su inestimable ayuda de campo en la realización del estudio y por su colaboración generosa en dar información acerca de su experiencia.

Se agradece, además, al ejido Salinas por autorizar la realización del estudio en sus nopaleras.

DINAMICA SISTEMICA DEL ECOSISTEMA
NATURAL DE PARQUE AEROPORTUARIO DE LA UDELAR

Roberto M. ...

INDICE

	Página
INTRODUCCION	219
REVISION BIBLIOGRAFICA	221
MATERIALES Y METODOS	225
RESULTADOS	228
Descripción de las parcelas	228
Análisis comparativo	246
Hipótesis sistemogénica	256
RESUMEN Y CONCLUSIONES	266
SUMMARY	268
BIBLIOGRAFIA	269

El autor agradece a los señores ...

Proyecto auspiciado por el Departamento de Recursos Naturales Ecosistemas de la Universidad Autónoma Tomás Antonio Rivero y Programa de Recursos Naturales de la Universidad de las Naciones Unidas *****

Ing. M.C. Profesor de Ecología e Investigador en Ecología y Pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables, Facultad de Agronomía, UDELAR. Investigador en Ecocultivos, Leyes, Proyectos, Recursos Naturales Renovables e Ing. Agrónomo, Ph.D., Investigador e Investigador en Ecología y Manejo de Ecosistemas. Pontificia Universidad Católica de Chile, Valdivia (1981).

DINAMICA POBLACIONAL DEL ECOSISTEMA
NATURAL DE *OPUNTIA STREPTACANTHA* LEMAIRE*

Roberto Nava C., Juan J. López G. y Juan Gastó C.**

INTRODUCCION

El estado actual de las nopaleras naturales de *Opuntia streptacantha* es el resultado del proceso sistemogénico natural modificado por los estímulos exógenos provenientes de la acción antrópica. El hombre interviene en las nopaleras naturales cosechando una parte de la productividad por medio del ganado doméstico que deambula en busca de su alimento. Interviene, además, cosechando los frutos para su consumo directo o para la elaboración de productos industriales.

La acción antrópica se expresa también en el desmonte total o parcial de los sectores ocupados por la nopalera con el propósito de destruir y retirar la nopalera natural con el fin de habilitar nuevas tierras para los cultivos de temporal. Como consecuencia de su acción, el estado del sistema se modifica generándose alteraciones de su arquitectura y funcionamiento, como resultado del efecto combinado de la singenética natural y de los operadores antrópicos.

El nopal cardón constituye la especie dominante de la fitocenosis, por lo cual su interferencia es fundamental

* Proyecto conjunto Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y Programa de Recursos Naturales de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU).

** Ing. M.C. Profesor de Ecología e investigador en Ecología y Pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables; Ing. Agrónomo, M.C., Investigador en Ecocultivos, Depto. Recursos Naturales Renovables; e Ing. Agrónomo, Ph.D., Profesor e Investigador en Ecología y Manejo de Pastizales. Pontificia Universidad Católica de Chile Fellow (UNU).

en lo concerniente al estado de las otras especies y componentes. Las modificaciones endógenas y exógenas de la población de nopal son fundamentales para alterar el estado global del sistema.

El ecosistema de nopal presenta atributos que le hacen aparecer con tasas elevadas de variabilidad del estado. Es por ello que se ha planteado el presente estudio, de manera de analizar su variabilidad en función del tiempo y de los operadores a los cuales se encuentre sometido.

La dinámica del ecosistema de *Opuntia streptacantha* debe comprenderse previamente a la aplicación de operadores tendientes a transformarse su estado. En el presente estudio se analiza y describe la dinámica natural, de manera de proponerse tratamientos y estrategias tendientes a su optimización como ecocultivo.

Además del presente estudio, relacionado con la dinámica de la población dominante de *Opuntia*, se realizaron simultáneamente otros dos estudios, uno relacionado con la arquitectura de la planta y otro con el proceso de carga y descarga frutal del ecosistema.

Los resultados del análisis de estos estudios, además de otros concluidos previamente, permitirán dar las bases para plantear formalmente la optimización de las nopaleras naturales, de manera de modificar su dinámica y darle una estructura por edades y tamaños adecuada, además de organizarse convenientemente su distribución espacial.

Opuntia streptacantha es una de las especies potencialmente más productivas y mejor adaptadas para ser empleadas como ecocultivo del Desierto Chihuahuense, debido a su alta productividad y a la multiplicidad de usos del producto cosechado. Los antecedentes que actualmente se disponen, hacen pensar que cualquier diseño optimizado del ecosistema del desierto, debe contemplar como uno de los componentes principales al ecocultivo de esta especie, dados sus múltiples atributos de productividad, homeostasis, mano de obra, económicos, industriales y nutricionales, todo lo cual justifican plenamente la realización de éste estudio.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Una población puede ser definida como un conjunto de organismos de la misma especie limitados en espacio y tiempo. Las poblaciones presentan atributos diferentes a los de los organismos individuales, los cuales pueden expresarse como funciones estadísticas (Odum, 1972). Los organismos vivos están organizados de manera diferente que las sustancias no vivas; pero para comprender su organización es necesario primeramente analizar los niveles superiores de organización de los organismos y que son: el individuo, la población y la comunidad.

El individuo es fácilmente reconocible en la mayoría de las especies animales, especialmente en las de mayor tamaño y desarrollo, lo cual tiene su origen, entre otras causas, en la ausencia de reproducción vegetativa. En plantas, en cambio, la cualidad de su reproducción sexual y asexual, unido al tamaño y forma indeterminada de los organismos, hace muy difícil la distinción entre el individuo y lo que corresponde a la población.

Los organismos individuales, como asimismo organizados en poblaciones y comunidades, deben vivir en equilibrio con el medio, el cual es por naturaleza de capacidad sustentadora limitada. Entre los mecanismos reguladores de las poblaciones, destacan por su importancia en el proceso sistemogénico la natalidad, mortalidad y migraciones.

Las poblaciones, a menudo están sujetas a cambios direccionales en el tiempo, que se traducen en variaciones en su densidad, distribución espacial, estructura por edades, productividad y otras que tienden a una mejor adaptación y ajuste, o simplemente a su desaparición. Siendo las condiciones ambientales variables de año en año, especialmente por irregularidad precipitacional y térmica, las poblaciones deben contar con mecanismos que les permita un mejor ajuste a un medio cambiante, simultáneamente con presentar una capacidad que les permita competir con otras especies susceptibles de ocupar el mismo nicho, habitat y territorio.

Los principales atributos poblacionales pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Estáticos: que se subdividen en estructura por sexos, estructura por edades y longevidad,
- Temporales: estabilidad, homostasis, sistemogénesis, evolución y mutación,
- Espaciales: territorialidad, densidad y sociabilidad,
- Dinámicos: natalidad, mortalidad, crecimiento poblacional y regulación poblacional, y,
- Dinámico espaciales: emigración e inmigración (Gastó, 1980).

La regulación de la densidad poblacional está relacionada con la capacidad sustentadora del sistema y con su capacidad competitiva para ocupar el territorio. Esta capacidad está estrechamente relacionada con sus atributos dinámicos, especialmente de natalidad y mortalidad, lo cual se traduce en variaciones en la densidad y sociabilidad poblacional.

Usualmente en el ecosistema, ninguna población ocupa la totalidad del territorio disponible ni ocupa su capacidad sustentadora. Una fracción del territorio y nicho queda desocupada las cuales son ocupadas por otras poblaciones del sistema. Existe, en esta forma, una lucha constante entre las diversas poblaciones tanto en lo que se refiere a su interferencia intraespecífica como interespecífica.

Las poblaciones reaccionan y coaccionan con el medio abiótico modificándolo en sus componentes y atributos, lo cual a su vez, retorna sobre el sistema provocando estímulos que tienden a inducir cambios en las poblaciones. Este fenómeno genera procesos sucesionales en el sistema.

La arquitectura de un ecosistema en un instante dado es la resultante de un proceso sistemogénico que se inicia en el pasado, se observa en el presente y se continua en el futuro.

El estado observado de la arquitectura en un instante dado, no es más que un punto en el tiempo y como tal está orientado y tiene una tasa de cambio (Nava, Armijo y Gastó, 1979).

La sistemogénesis es un proceso integrador que incluye a todos sus componentes, proceso que ocurre en forma ordenada, gradual y direccional, y que se rige por principios conocidos (Elton y Miller, 1954).

El estudio de los ecosistemas dominados por *Opuntia streptacantha* debe efectuarse dentro de un contexto estático y dinámico. En otros estudios anteriores, se ha analizado las variables que describen el estado del sistema (López et al, 1971; López, Gastó y Nava, 1981; Gastó, Nava y López, 1981; Marroquín et al, 1964; Lozano, 1958).

El estudio de la sistemogénesis del desierto chihuahuense ha sido abordado sólo en forma parcial o en localidades definidas (González, 1975). En este estudio se analiza el proceso dentro del desierto aunque en una zona algo más árida que la de la zona cactológica. Es posible, sin embargo, que muchas de las etapas y poblaciones analizadas por este autor, correspondan en alguna medida a las de la zona cactológica. No es lícito, sin embargo extrapolar estos resultados hacia sectores de mayor pluviosidad.

El proceso sucesional general, ha sido estudiado por diversos autores y trabajos entre los cuales cabe mencionarse a Clements (1949); Whittaker (1953); Dix (1964); Sellek (1960); Horn (1975); Benton y Werner (1965); Cooke (1967), y muchos otros.

La transformación del ecosistema natural en un cultivo y su posterior abandono luego de la degradación del sistema se ajusta también a esquemas sucesionales definidos, en los cuales formas vitales y grupos de organismos se van sucediendo de acuerdo a una secuencia definida (Beckwith, 1954; Cooper, 1960; Roax y Warren, 1969; Judd y Weldon, 1939; Odum, 1960). En igual forma ocurren sucesiones en campos sobrepastoreados o donde el ganado ha sido retirado (Costello y Turner, 1941; Ellison, 1960; Gastó y Caviedes, 1976; Jones, 1933).

El manejo de la fertilidad del sistema, a través de la materia orgánica (Heady, 1956), o bien, a través del manejo de ésta por medio de fertilizantes minerales adicionales al suelo estimula a algunos grupos de organismos que se tornan más agresivos, e inhibe a otros, los cuales reducen su importancia relativa (Liiv, 1970; Marks y Borman, 1972; Jones, 1933).

La edad de la comunidad es también un mecanismo que altera per se el estado del ecosistema, modificando la composición botánica de la comunidad vegetal (McKell et al, 1965; - Gastó y Caviedes, 1976; Roax y Warren, 1963). En igual forma, el fuego aplicado a una comunidad origina cambios sistemogénicos (Harniss y Murray, 1973; Ehrenreich y Aikman, 1957).

En el manejo de los ecosistemas de la zona cactológica intervienen simultáneamente un gran número de factores de la más variada naturaleza, entre los que sobresalen los ya indicados, además de la cosecha indiscriminada de cladodios y frutos (Gastó, Nava y López, 1981), todo lo cual modifica el estado del sistema.

Entre los factores analizados, la combinación de cosecha antrópica de cladodios y frutos, la utilización de la nopalera por ganado que la sobreutiliza, y el desmonte de la vegetación original simultáneamente con la roturación del suelo para el cultivo son los mecanismos principales que generan el proceso de sucesional.

La cosecha selectiva de frutos y de cladodios afecta las tasas de natalidad y mortalidad de la población, lo cual concluye por modificar la densidad de plantas y la distribución espacial de la población de *Opuntia streptacantha*. La densidad de plantas, afecta a la vez la productividad del sistema y la proporción de los componentes activos, pasivos y de almacenamiento (Holliday, 1960; Willey y Heath, 1969; Gastó, 1980; Gastó y Caviedes, 1976).

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se encuentra localizada en el ejido de Salinas, Municipio del mismo nombre en el Estado de San Luis Potosí, entre los paralelos 22° y 23° de latitud norte y los meridianos 101° y 102° de longitud oeste del meridiano de Greenwich, siendo la altura sobre el nivel del mar de 2100 m. El área de estudio se localiza en la bajada, con poca pendiente, en el valle de Salinas cuya precipitación es de 404 mm (García, 1964).

El análisis de la dinámica poblacional se hizo a través de la descripción de siete stands de estructuras por tamaños y distribución espacial diferentes y definidas. Debido a la heterogeneidad de la nopalera y a la presencia de claros sin vegetación o dominados por especies invasoras formando una cubierta continua en ausencia de *O. streptacantha*, los stands analizados fueron elegidos en sectores que representan las estructuras por tamaño características del ecosistema.

Dado que la distribución espacial de estos stands y la organización de los grupos toma características diferentes de acuerdo a las circunstancias y con el fin de optimizar el esfuerzo del muestreo, el tamaño de las parcelas fue diferente de acuerdo a las características del stand.

En todos los casos se trató de incluir conjuntos de plantas que aparentemente constituían una unidad, los cuales se encontraron separados de otros conjuntos, a través de claros desprovistos de vegetación. Los tamaños de las parcelas correspondiente a cada stand aparece indicado en los mapas que se presentan en el capítulo de resultados, cuyos lados variaron entre 5 y 13 metros, siendo todas las parcelas rectangulares. En cada una de las parcelas se describió la posición espacial de cada uno de los ejemplares presentes la cual se indica en los mapas respectivos. Para ello se tomó los lados de la parcela como ejes de un sistema de coordenadas rectangulares siendo la intersección de ambos el centro de origen. Esto permitió localizar espacialmente a la totalidad de las plantas.

El tamaño de cada ejemplar fue determinado a través de mediciones de sus diámetros mayor y menor de la estatura de la planta. El diámetro mayor y menor permitió posteriormente calcular el diámetro medio, el cual fue empleado posteriormente para calcular el área de copa de la planta, a través de la resolución de la ecuación $a = \pi r^2$ que permite determinar la superficie del círculo. El producto del área de copa por la estatura de la planta corresponde a la fórmula empleada para calcular el volumen del ejemplar. Aun cuando ni el área calculada ni el volumen corresponden con exactitud a la realidad representan una estimación aproximada de su tamaño o dominancia del ejemplar en el stand.

En base a mediciones de plantas en el terreno que se hicieron en un estudio anterior (López et al, 1977), se calculó una relación alométrica entre estatura, área de copa y volumen de copa, relaciones que se presentan en el estudio de López, Gastó y Nava (1981). La fitomasa de los ejemplares presentes en las parcelas de muestreo fue calculada en base a estas relaciones alométricas, relacionando su volumen con la fitomasa en pie seca.

Los ejemplares que aparecen indicados en el mapa, con el fin de presentar una interpretación de su estructura por clases de desarrollo fueron clasificados en las siguientes categorías:

- Cladodios cortados sin arraigar (•)
- Cladodios cortados arraigados (◆)
- Cladodio con renuevos (♣)
- Planta joven, 3 a 4 cladodios desarrollados (⊕)
- Planta madura, 5 ó más cladodios, desarrollados, con tamaño superior a 1 m y ausencia de tronco (⊕)
- Planta adulta, presenta tronco definido y predominante, frutos, tallos suberificados en abundancia y estatura alcanzando a la correspondiente a la especie (⊕)

RESULTADOS

Descripción de las parcelas

El análisis de las poblaciones naturales de *Opuntia streptacantha* es indicativo de la alta variabilidad de los atributos poblacionales de naturaleza espacial, temporal, estáticos, dinámicos y dinámico-espacial. Las poblaciones analizadas corresponden a etapas serales que se encuentran en un proceso activo de evolución sucesional. Las parcelas muestreadas representan a los estados más característicos de la población.

En la figura 1 se describe la posición espacial de un stand con sólo un ejemplar grande aislado de *O. streptacantha* con algunos cladodios arraigando o no, localizado en el centro de un claro desprovisto de vegetación. Este stand se caracteriza por contener un ejemplar de gran tamaño y posiblemente de edad avanzada, dado que además se encuentra sobremaduro. Su forma corresponde a la de una arquitectura envejecida, el cual se caracteriza por su arquitectura de cono invertido, teniendo en la base un tronco grueso desde el que emergen numerosos tallos suberificados. En la parte superior de la planta se presenta una densa estrata de cladodios jóvenes y maduros, siendo en estas estratas donde se desarrollan los frutos. La arquitectura de este tipo de plantas ha sido analizada en detalle por López, Gastó y Nava, 1981 (Figura 2).

Contiguo a este ejemplar aislado se encuentran numerosos ejemplares jóvenes de pequeña estatura, algunos de los cuales están en la etapa de arraigamiento. Debido al manejo de la nopalera, donde deambula sin ningún control ganado vacuno, caprino y equino, además del aislamiento y posición de la planta madre en el microrelieve las condiciones para el establecimiento de las plántulas no han sido las ideales, por lo cual no se encuentran otros ejemplares de edades intermedias y maduras.

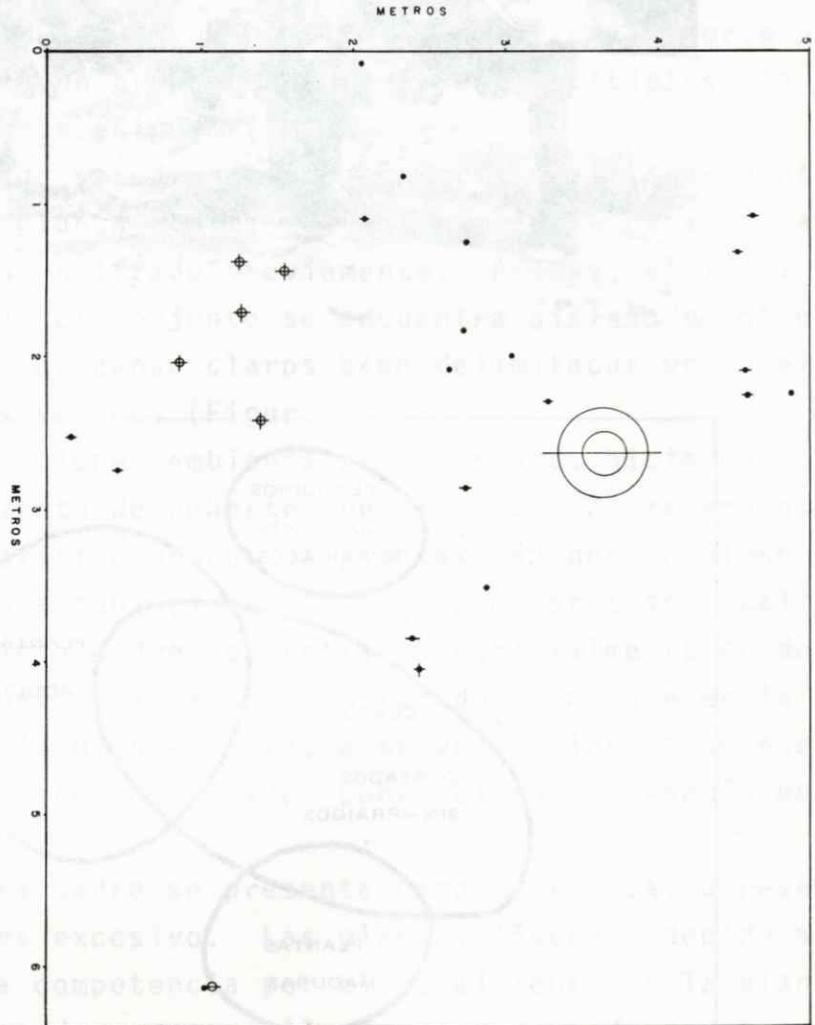
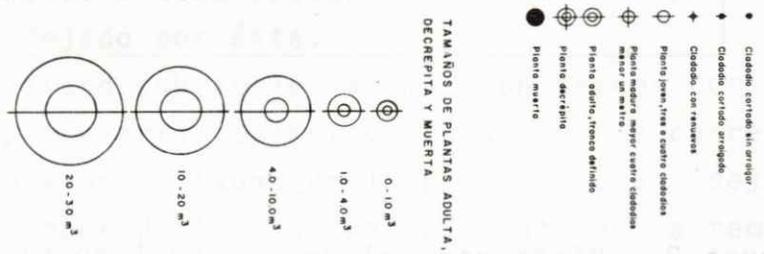


Figura 1. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 1, de planta grande aislada.



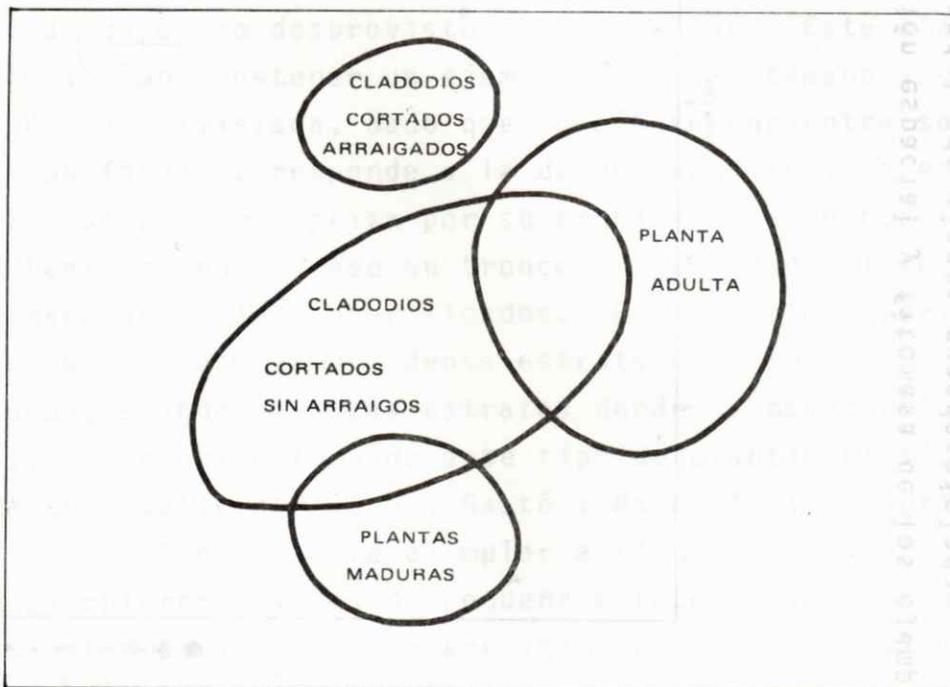


Figura 2. Vista general del stand 1 de planta grande aislada analizado (gráfico superior). Esquema general del stand (gráfico inferior).

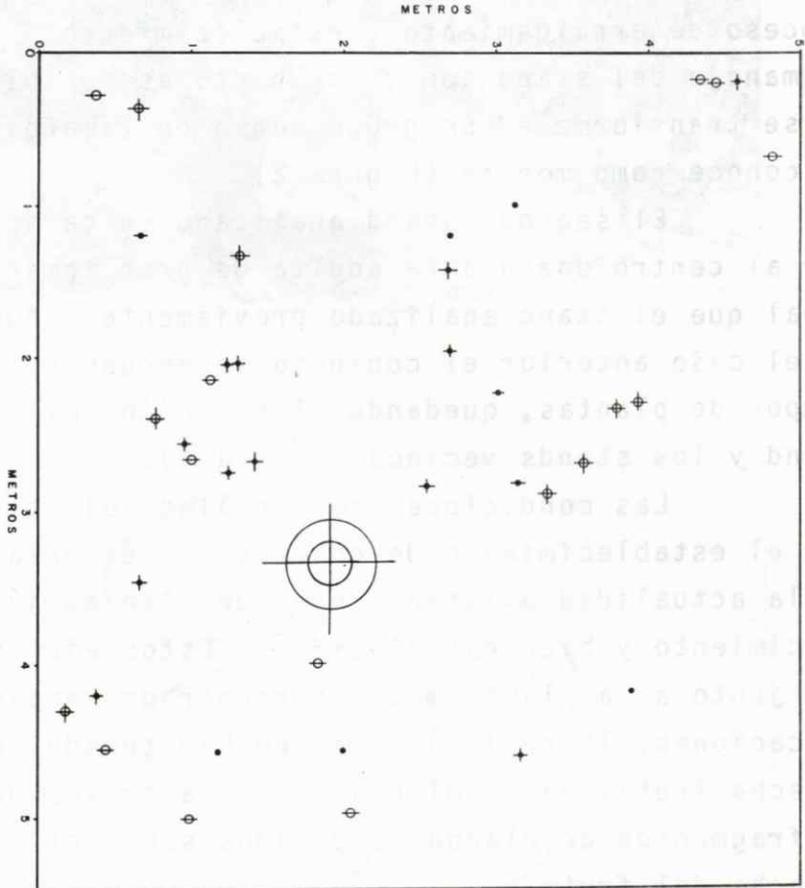
La estructura por tamaño del stand refleja que desde que se estableció y creció el ejemplar adulto analizado, no se han dado nuevamente condiciones para el establecimiento exitoso de otras cohortes. La alta producción frutal del ejemplar adulto es la causa de la presencia de ejemplares pequeños en proceso de arraigamiento y establecimiento. Si las condiciones de manejo del stand son favorables, es posible que a corto plazo se transforme en un grupo denso de tamaños múltiples, lo cual se conoce como mogote (Figura 2).

El segundo stand analizado se caracteriza por contener al centro una planta adulta de gran tamaño (Figura 3), al igual que el stand analizado previamente. Además, al igual que en el caso anterior el conjunto se encuentra aislado de otros grupos de plantas, quedando claros bien delimitados entre el stand y los stands vecinos (Figura 4).

Las condiciones ambientales del stand, hicieron posible el establecimiento de cohortes en el pasado de manera que en la actualidad existen grupos de plantas jóvenes en pleno crecimiento y bien establecidas. Estos ejemplares se localizan junto a la planta madre concentrados espacialmente en dos ubicaciones, lo cual refleja que han tenido su origen en la cosecha frutal de la planta madre, a través de los remanentes de fragmentos de cladodios dejados sobre el suelo después de la cosecha del fruto.

La planta madre se presenta como decrepita, a pesar que su tamaño no es excesivo. Las plantas jóvenes, debido a la reducción de la competencia por el decaimiento de la planta madre han comenzado a desarrollarse de manera de poder ocupar el territorio dejado por ésta.

En este stand sobresale, además, un tercer conjunto de plantas en etapa de arraigamiento. Esta cohorte corresponde a cladodios frutales cortados de la planta madre y dejados sobre el suelo, después de la cosecha del fruto en la temporada anterior. De acuerdo a las condiciones de manejo de la nopale^{ra} y a las condiciones ambientales generales, se producirá o



- Criadillo cortado sin arroyar
- ◊ Criadillo cortado arroyado
- + Criadillo con renuevos
- ⊕ Planta joven, 'hes' o cuatro criadillos
- ⊖ Planta mediana, mayor cuatro criadillos, menor un metro
- ⊙ Planta adulta, tronco delinado
- ⊗ Planta decrepita
- Planta muerta

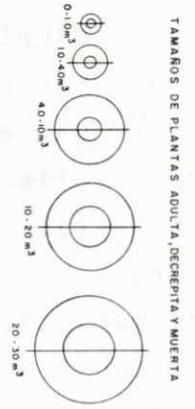


Figura 3. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 2, de planta grande-plantas jóvenes - analizado.

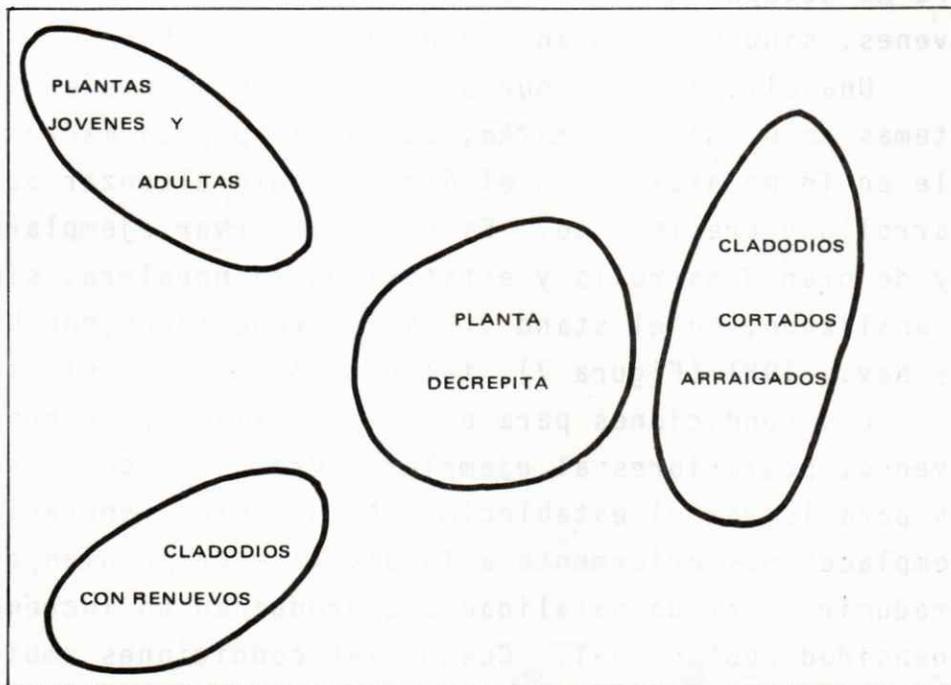
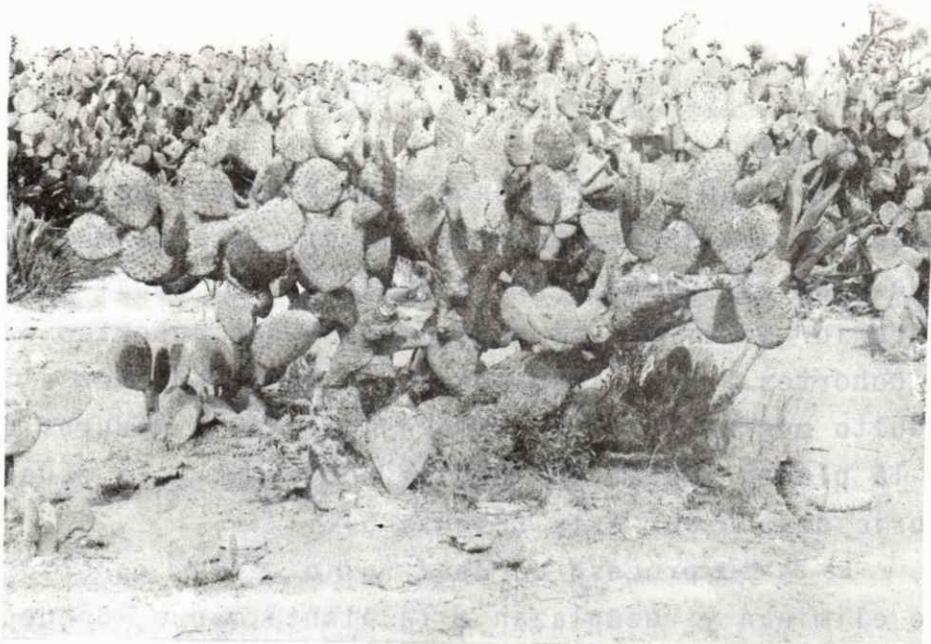


Figura 4. Vista general del stand 2, de planta grande-plantas jóvenes (gráfico superior). Esquema general del stand (gráfico inferior).

no, un buen arraigamiento de los cladodios dejados sobre el suelo (Figura 4).

El stand 3 corresponde a un conjunto donde en la ubicación central se presenta un ejemplar grande muerto, rodeado de plantas jóvenes. En este stand, al igual que en el caso anterior se tiene una situación de dos cohortes o conjuntos de cohortes. La primera está caracterizada por el ejemplar adulto muerto y los ejemplares jóvenes y maduros que rodean a la planta madre, los cuales comienzan ya a ocupar el territorio dejado por ésta (Figura 5).

Es en este proceso de desarrollo de las cohortes jóvenes que eliminan y reemplazan a la planta madre, donde y cuando tiene lugar el nacimiento del mogote. Usualmente la planta madre no desaparece al crecer y desarrollarse las cohortes más jóvenes, sino que logran cohabitar (Figura 6).

Una alternativa, que a menudo se presenta en los ecosistemas de *O. streptacantha*, es que la planta madre se desarrolle en forma aislada en el área y logre alcanzar su pleno desarrollo y crecimiento. Es usual observar ejemplares aislados y de gran desarrollo y estatura en la nopalera, similares al analizado, en el stand 1 y a los reportados por López, Gastó y Nava, 1981 (Figura 7), tal como ocurre con el stand 4.

Las condiciones para el establecimiento de cohortes más jóvenes, posteriores al ejemplar madre a menudo no son las ideales para lograr el establecimiento de estas generaciones y que reemplacen posteriormente a la planta madre, o bien, que logren producir tasas de natalidad que produzcan un incremento de la densidad poblacional. Cuando las condiciones ambientales y de manejo, no permiten el establecimiento exitoso y agregación de cohortes más jóvenes, durante toda la vida del ejemplar-madre, puede que ocurra que éste se torne decrepito o muera sin que se produzca un reemplazo, con lo cual el stand desaparece y el sector se invade por otras especies o queda destruido (Figura 8).

Luego que desaparece la planta madre, las condiciones microclimáticas de los alrededores de la planta se desertifican,

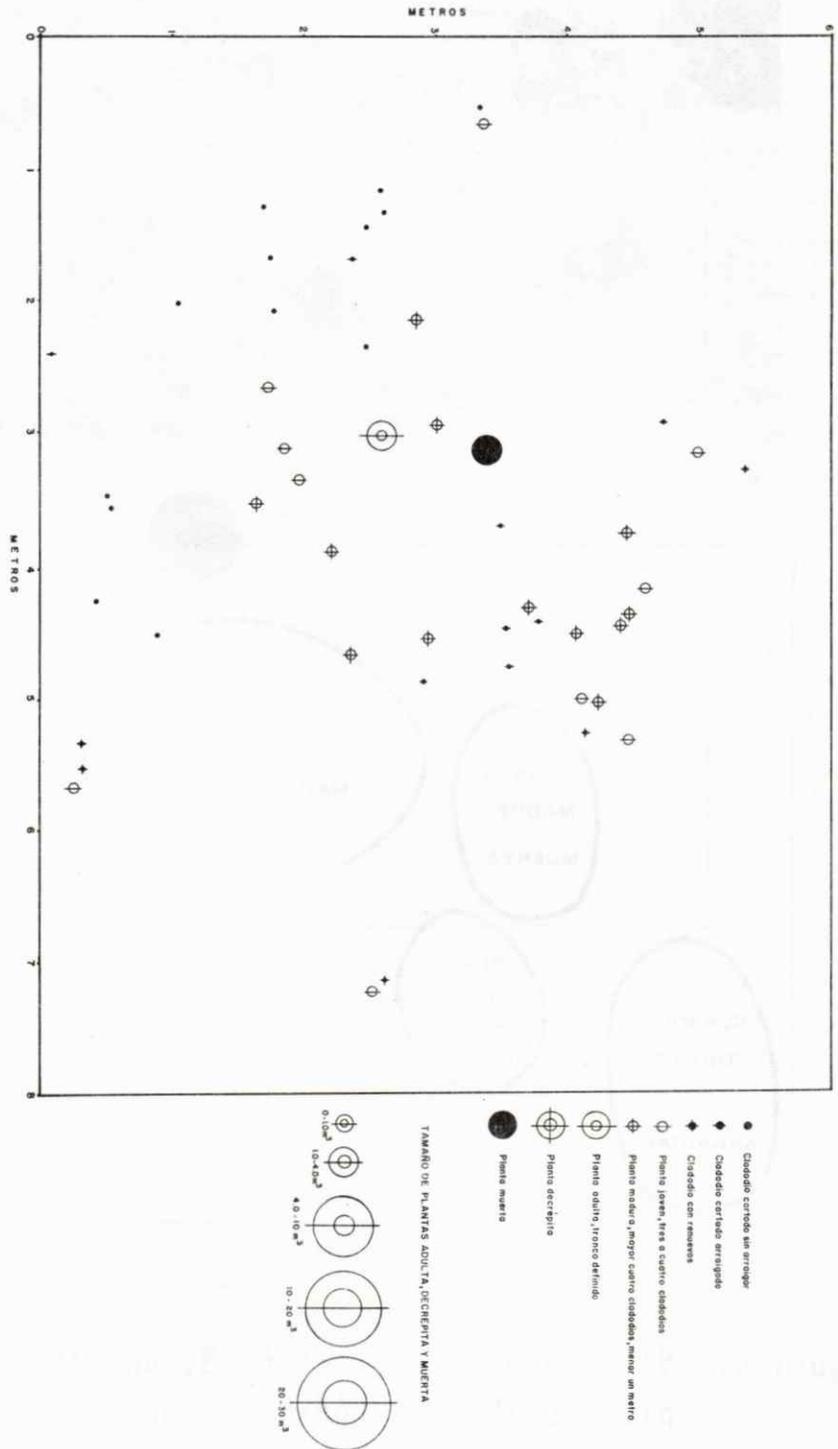


Figura 5. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 3, de la planta madre muerta-plantas jóvenes.

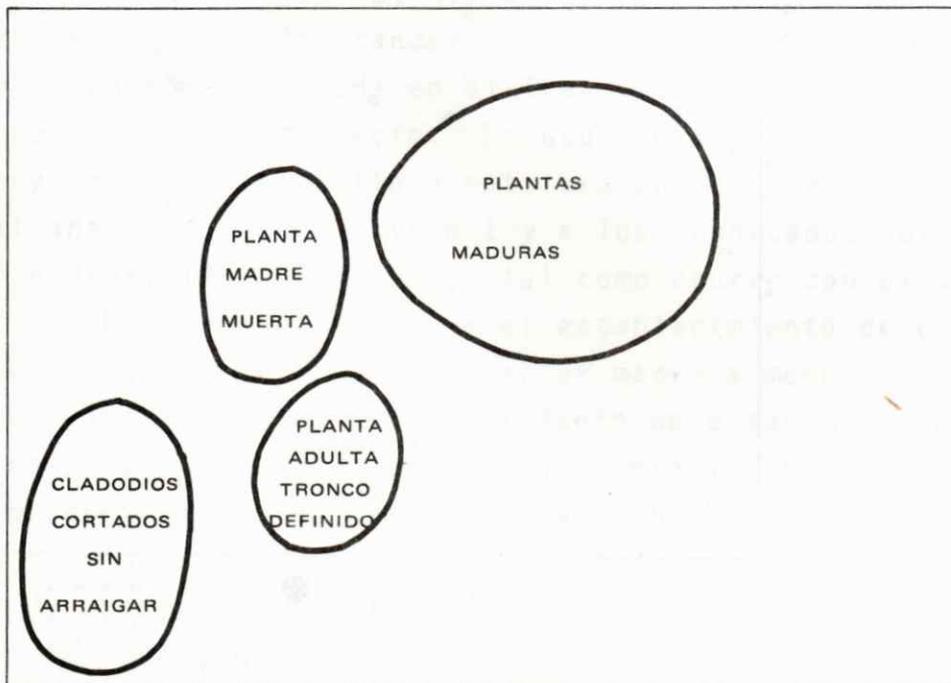


Figura 6. Vista general del stand 3, de planta madre-muerta-plantas jóvenes (gráfico superior). Esquema general del stand (gráfico inferior).

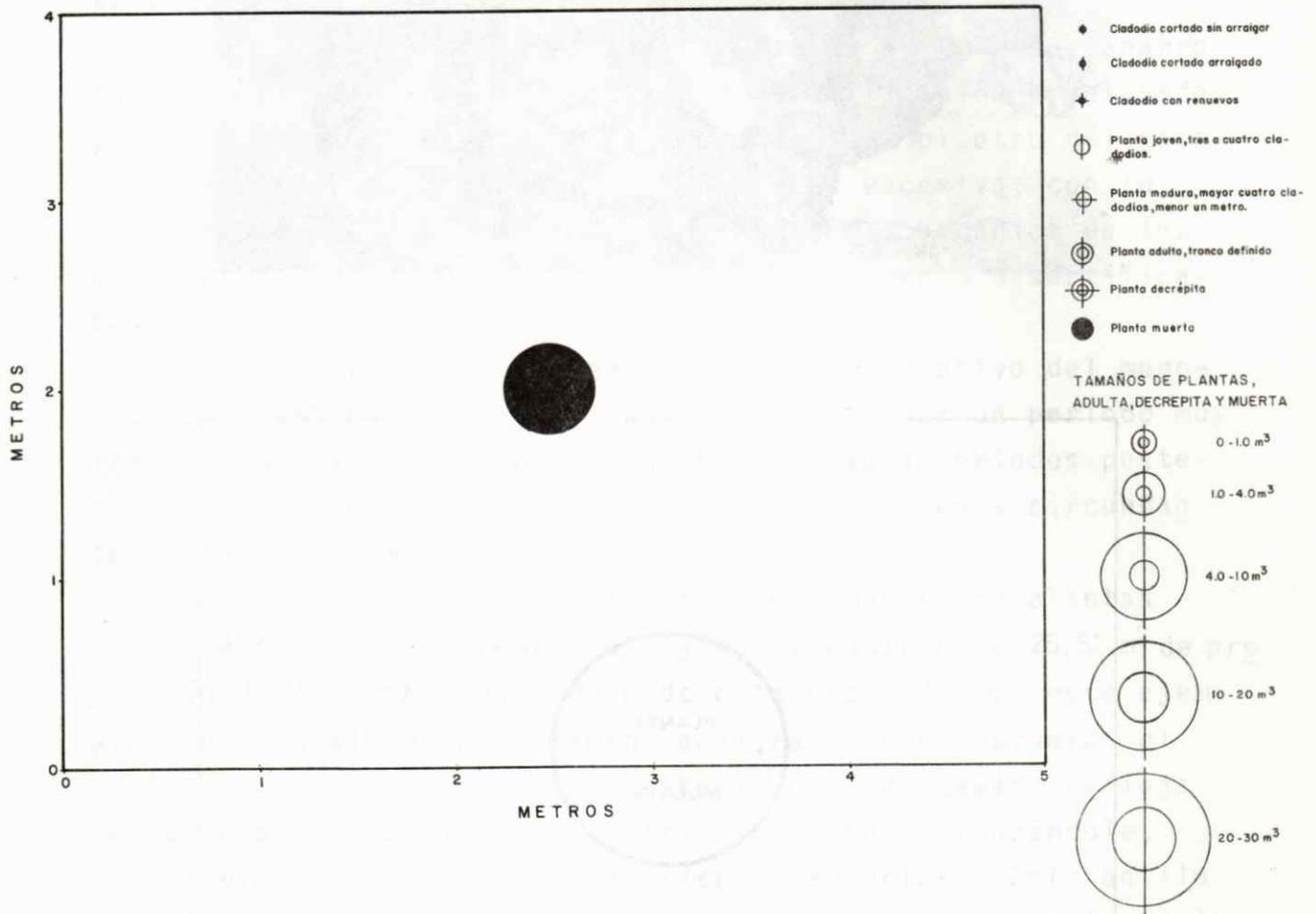


Figura 7. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 4, de planta madre muerta.

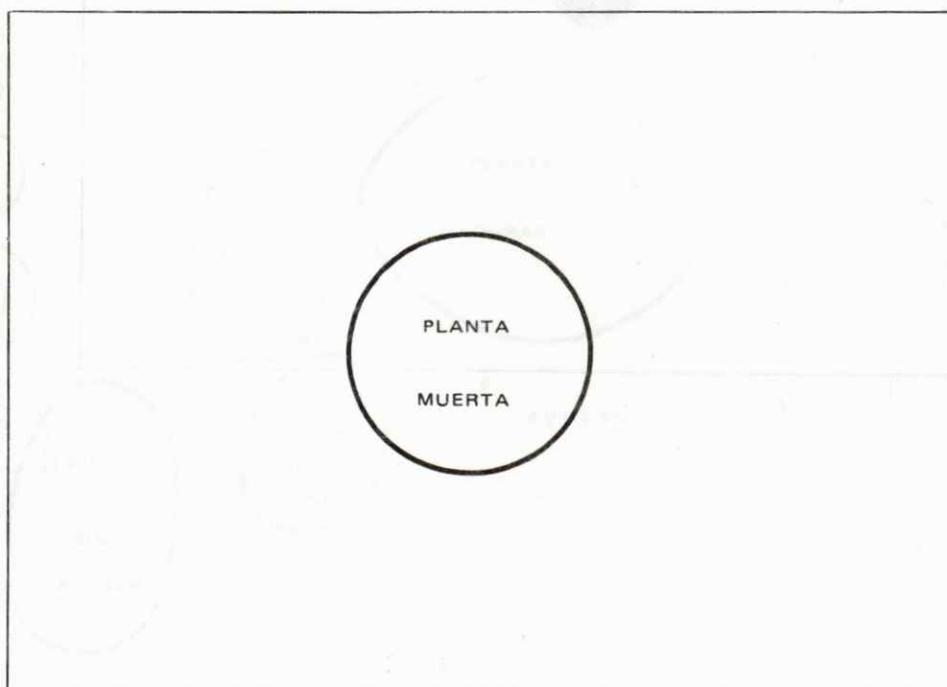


Figura 8. Vista general del stand 4, de planta madre muerta, analizada (gráfico superior). Esquema general del stand (gráfico inferior).

al erosionarse y mineralizarse las capas orgánicas que existían bajo la copa de la planta madre, con lo cual las condiciones favorables para el arraigamiento de los cladodios dejan de existir. Al mismo tiempo, el aporte de cladodios, proveniente de la cosecha de frutos se hace insignificante, ya que no existe la planta productora. En esta forma el sector se descoloniza y se transforma en un claro desnudo.

Esta situación es característica de sectores abarrotados de ganado donde la intensidad de utilización es elevada y el grado de sobrepastoreo es excesivo. El pisoteo del ganado y la acción de ramoneo y pacimiento es excesivo, con lo cual se produce una denudación de la materia orgánica de los horizontes superiores, dándole al sector aspecto desertificado, donde la natalidad es insignificante.

Es frecuente que en el proceso generativo del mogote, la planta madre original no se destruya por un período muy largo. Su existencia puede prolongarse hasta períodos posteriores al pleno desarrollo de las cohortes jóvenes circundantes a la planta madre.

En el stand 5, se analiza un conjunto de plantas donde se presenta al centro un ejemplar gigante de 25.52 m^2 de proyección de la copa y de 4.05 m de estatura. Junto a este ejemplar, que es el de mayor tamaño analizado en el estudio, el cual, por sus características exteriores y de tamaño refleja ser de edad avanzada se encuentra otra cohorte rodeándole, constituyendo un círculo periférico al anterior. Este anillo está formado por plantas de gran estatura, cercanas a la de la planta madre (Figura 9).

Por razones de competencia, los ejemplares adultos que rodean a la planta madre son de menor diámetro y fitomasa, promediando 2.31 m^2 de proyección de la copa, con una estatura media cercana a los cuatro metros. En este conjunto no se encuentran ni plantas jóvenes ni cladodios arraigados, lo cual es indicativo que las condiciones de manejo de la nopalera, que han existido durante los últimos años han sido adversas a

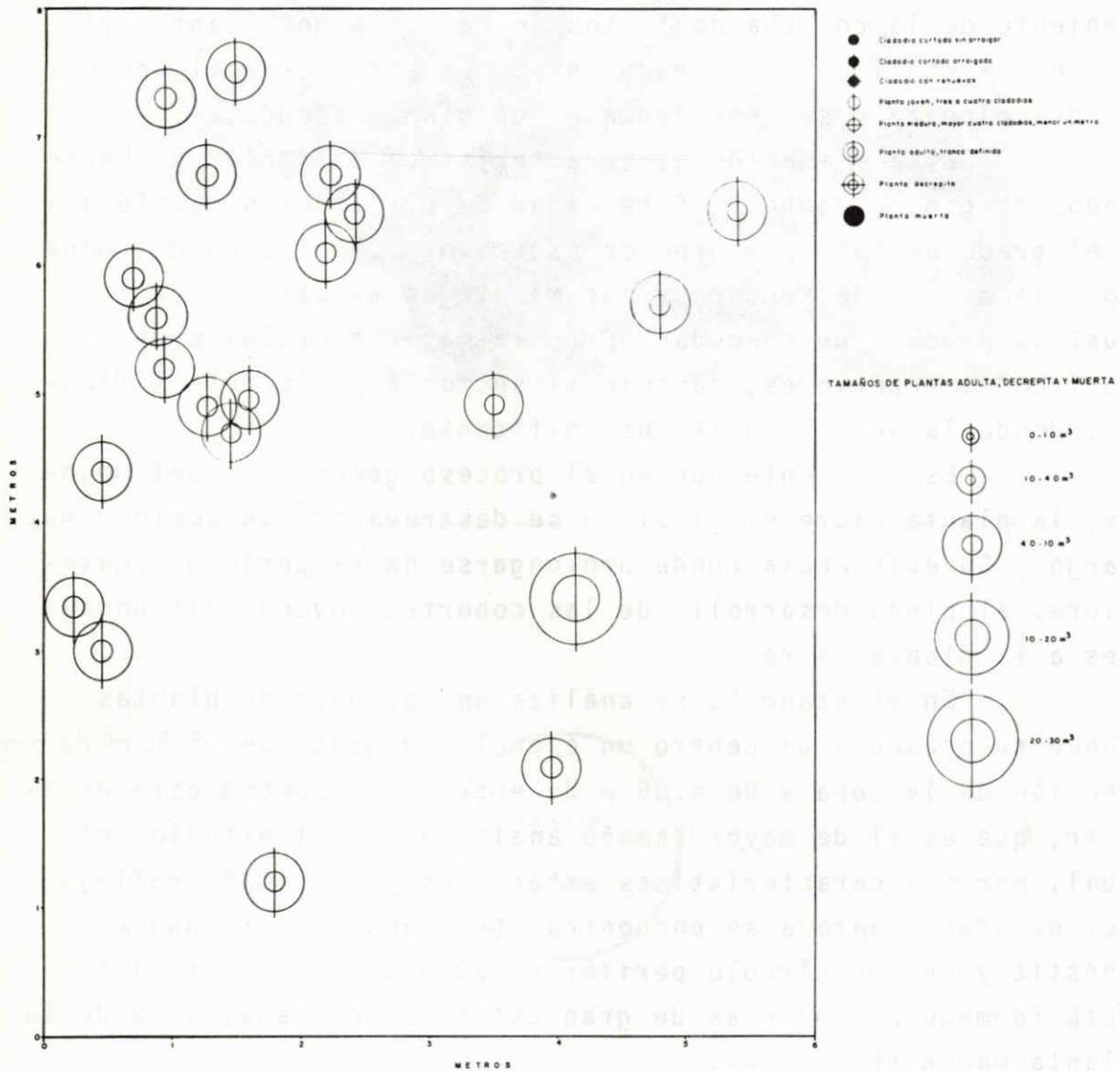


Figura 9. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 5 de planta madre-plantas circundantes desarrolladas.

la natalidad de la población. En el pasado, en períodos muy anteriores debió haber existido condiciones favorables para la natalidad, lo cual se refleja en la densidad del anillo periférico de ejemplares adultos que rodea a la planta madre (Figura 10).

La baja natalidad reciente observada tanto en el stand 4 como en el 5, está posiblemente asociada al sobrepastoreo y las altas cargas animales del sector, que corresponde a una inclusión de la nopalera que se maneja como corral desde hace muchos años. Es posible afirmar lo anterior debido a la presencia del cerco vivo que delimita al corral y al tamaño de las plantas. El exceso de ganado en el sector está marcadamente en oposición a la natalidad. En ninguno de los sectores que utiliza el ganado dentro del corral existen cladodios arraigados o plantas jóvenes, lo cual permite respaldar tal afirmación, sólo en circunstancias muy especiales se observa alguna planta joven creciendo exitosamente.

En el stand 6 se analiza un conjunto de mayor diversidad y complejidad de plantas y cohortes. Se observa en el centro la planta madre original la cual sobresale por su tamaño y desarrollo. El tronco central de este ejemplar es de gran diámetro y masa el cual sobresale por su importancia relativa dentro del stand. Los horizontes superiores de la planta están bien desarrollados y son de gran tamaño, donde sobresalen los cladodios maduros y los cladodios jóvenes. Estos últimos, permiten el desarrollo de frutos, los cuales, debido a la arquitectura de la planta se producen anualmente en abundancia (Figura 11).

El desarrollo de la planta en el pasado, cuando constituía un ejemplar aislado permitió que, como subproducto del proceso de cosecha quedaran sobre el suelo y arraigaron numerosos segmentos de cladodios frutales, los cuales arraigaron y se desarrollaron como plantas jóvenes creciendo en poblaciones densas. Con el transcurso de los años alcanzaron su pleno desarrollo, lo cual se refleja en la presencia de troncos,

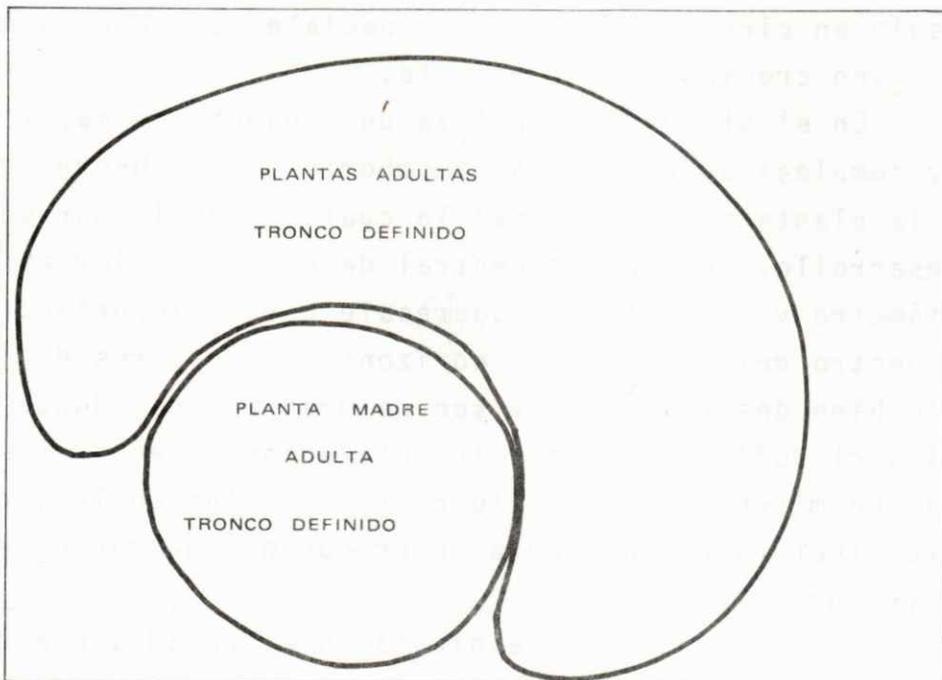
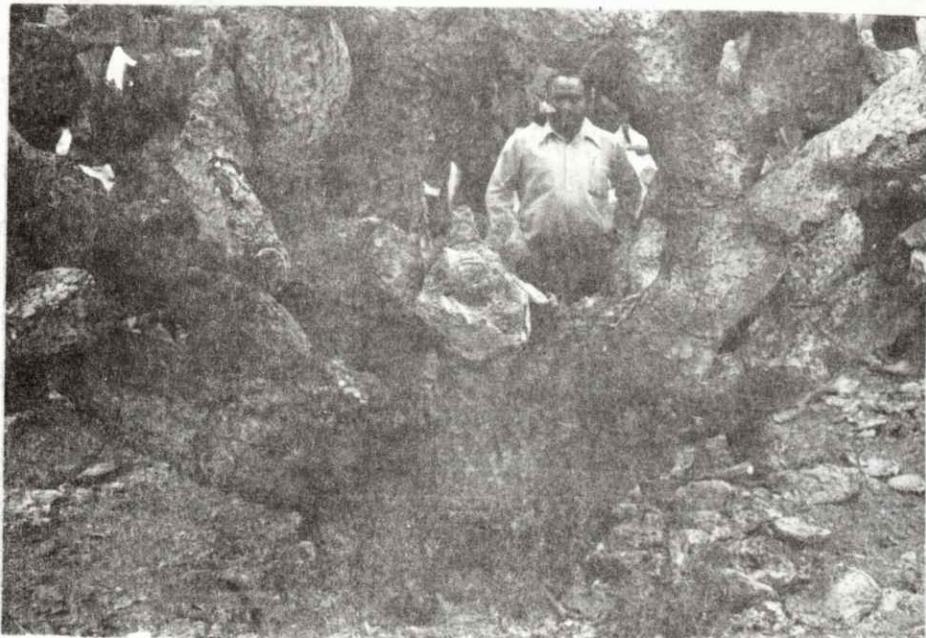


Figura 10. Vista general del stand 5 de planta madre-plantas circundantes desarrolladas, en ausencia de las cohortes juveniles (gráfico superior). Esquema general de la distribución espacial del stand (gráfico inferior).



The photograph shows a man standing in a rocky, natural opening or cave entrance. The man is wearing a light-colored, short-sleeved button-down shirt and dark trousers. He is standing with his hands on his hips, looking towards the camera. The surrounding environment is rugged, with large, dark rocks and some sparse vegetation. The lighting is somewhat dim, suggesting an interior or shaded outdoor setting.

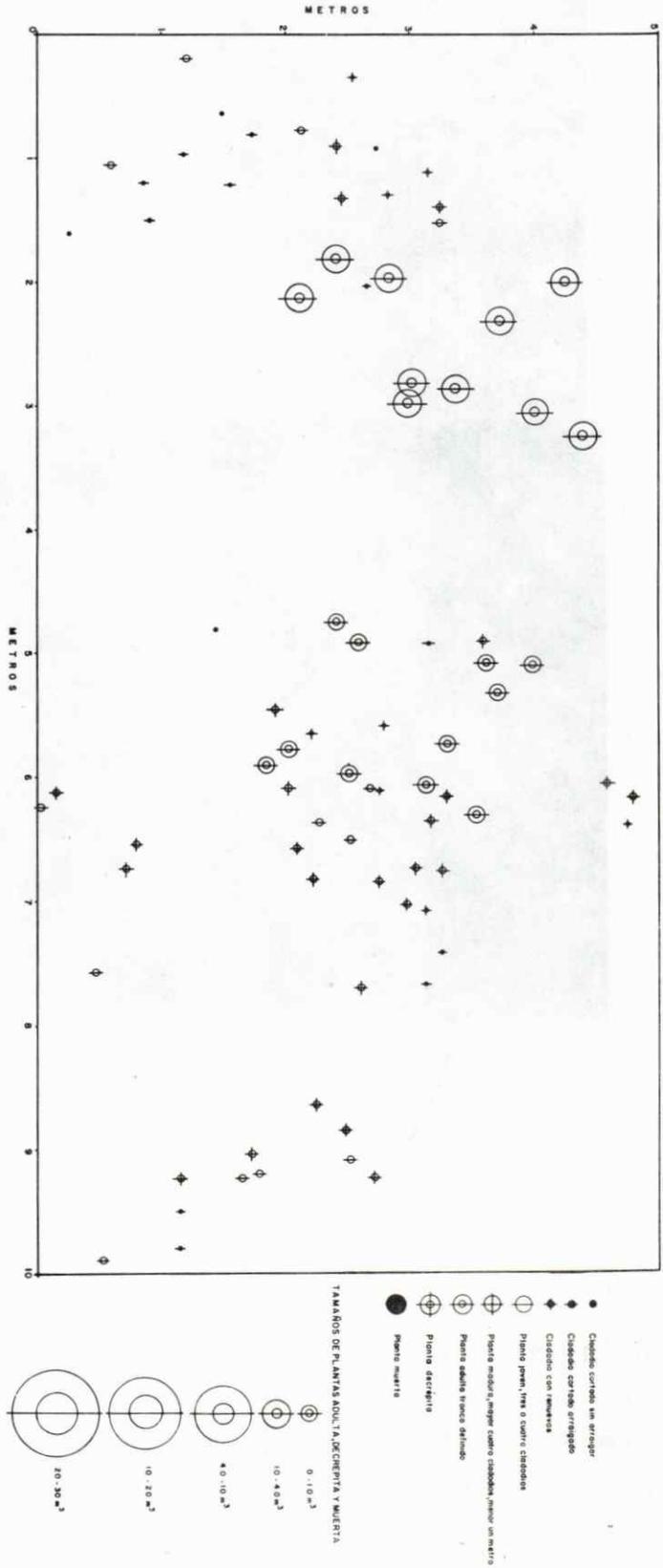


Figura 11. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 6 que corresponde a mogote con planta madre y alta diversidad de cohortes que incluye ejemplares jóvenes, maduros y de máximo desarrollo.

tallos suberificados, gran estatura, superior a los 3.0 m y abundante producción de frutos. Otro antecedente que respalda su origen en la planta madre es la proximidad a ésta en forma de un anillo circundante a la proyección de la copa de la planta madre (Figura 12).

Existe en este stand 6, junto al mogote, central - constituido por la planta madre y el anillo periférico de plantas desarrolladas y en etapa de pleno desarrollo, un conjunto de elementos más jóvenes, aunque en estado maduro, localizado a un costado del mogote central. Este conjunto, probablemente tiene su origen en la cosecha y amontonamiento de segmentos de cladodios que se produce como subproducto de la cosecha de frutos para la elaboración del queso de tuna.

El desarrollo de esta cohorte en el stand tendió con el tiempo a obstaculizar la cosecha del fruto desde ese ángulo; ello motivó que con el tiempo los cosechadores lo hicieran desde otra posición espacial. En esta forma se dejó como subproducto de la cosecha de tunas, los conjuntos de segmentos de cladodios localizados al otro costado del mogote central. Estos, con el transcurso del tiempo lograron arraigar y constituir una población compacta de organismos de la misma cohorte dentro del stand, los cuales se localizan en un sector más o menos restringido de éste.

La alta natalidad que se observa en este stand, expresado por su diversidad de estratas y edades es posiblemente debido a la ubicación espacial de esta comunidad analizada. Esta se ubica en un sector de alta densidad de plantas, donde el paso del ganado que deambula libremente en la nopalera está restringido, debido a la alta densidad de plantas. Es por esto que, probablemente, las condiciones para el arraigamiento son más favorables. Además, la mayor densidad de plantas, produce una mayor concentración de materia-orgánica y de mantillo, junto a condiciones micro-ambientales de humedad, luminosidad y temperatura más favorables para el arraigamiento. Es por ello que es menos probable encontrar cladodios arraigados en los claros de la nopalera entre los mogotes o en cultivos abandonados.

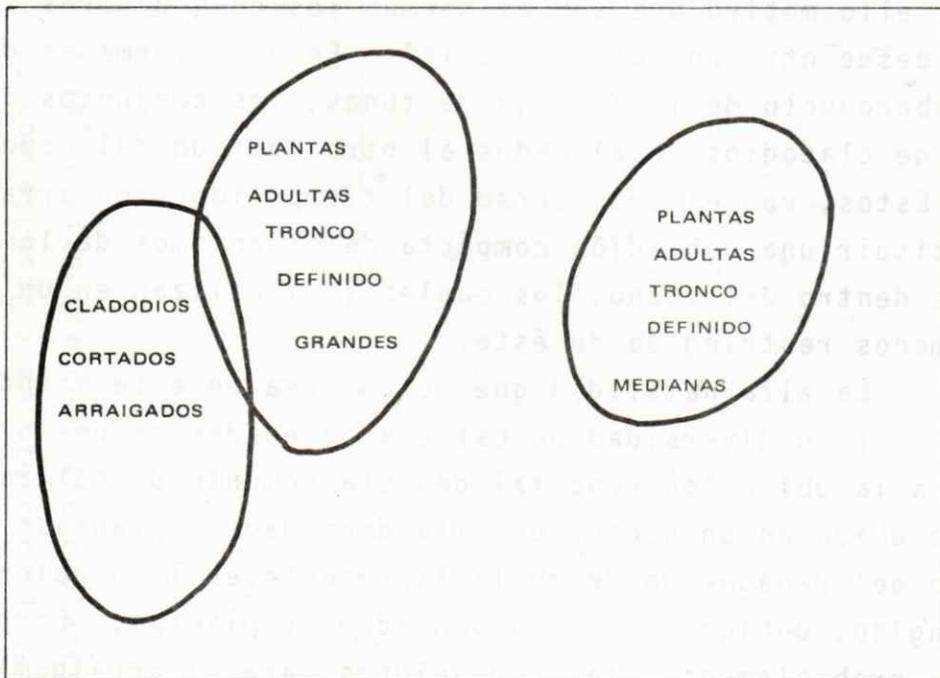
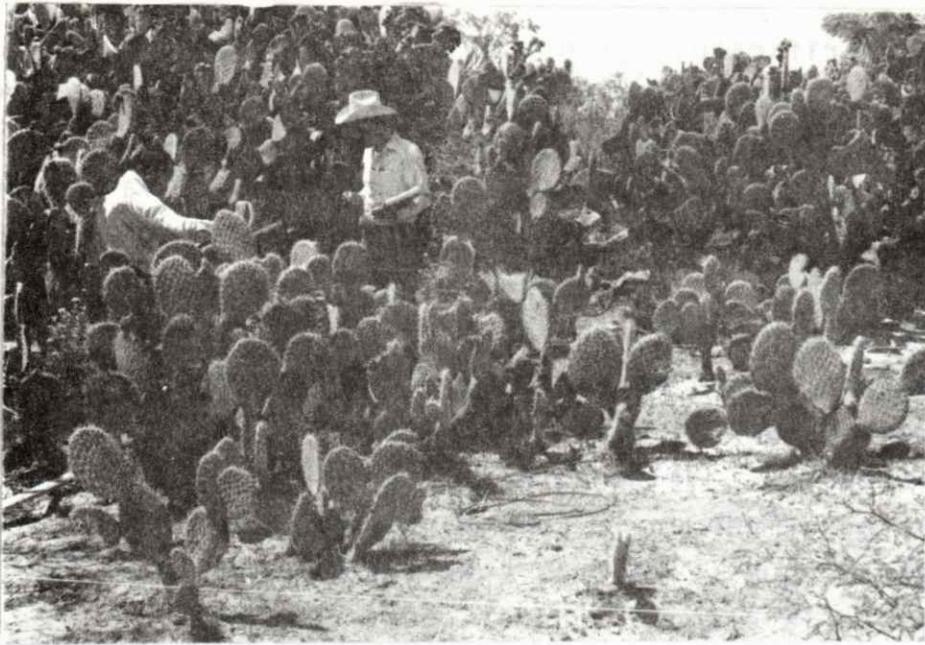


Figura 12. Vista general del stand 6 que corresponde a mogote con planta madre y alta diversidad de cohortes que incluye a ejemplares jóvenes, maduros y de máximo desarrollo (gráfico superior). Esquema general del stand (gráfico inferior).

El estudio de la vegetación de la zona de estudio se realizó en el mes de mayo del 2010. Para ello se realizaron recorridos por las zonas de estudio y se tomaron fotografías de las plantas más representativas. En este sentido, se puede observar que la vegetación de la zona de estudio es predominantemente de tipo xerófila, lo que indica que la zona de estudio es un ambiente árido o semiárido. Las plantas más representativas de la zona de estudio son el cholla, el palo verde y el palo santo. Estas plantas son capaces de sobrevivir en condiciones de poca agua y alta temperatura.



Figura 1. Cholla cacti in a desert environment.

Análisis de resultados

Los resultados de este estudio muestran que la vegetación de la zona de estudio es predominantemente de tipo xerófila. Esto indica que la zona de estudio es un ambiente árido o semiárido. Las plantas más representativas de la zona de estudio son el cholla, el palo verde y el palo santo. Estas plantas son capaces de sobrevivir en condiciones de poca agua y alta temperatura. El estudio también muestra que la vegetación de la zona de estudio es muy diversa, lo que indica que la zona de estudio es un ambiente rico en especies.

El stand 7 es una de las comunidades analizadas que se presenta como más completa y diversificada. Contiene los elementos característicos del mogote, el cual constituye la unidad característica de agrupación de la nopalera. Al igual que en el stand anterior, al centro del mogote se encuentra la planta madre, plenamente desarrollada y de gran tamaño. Este ejemplar se encuentra circundado de ejemplares adultos del mogote, los cuales han crecido en condiciones de alta competencia. Ello se demuestra por su gran estatura y grado de desarrollo, siendo de forma más vertical y de menor diámetro que la planta madre (Figura 13).

Es este stand, que se encuentra en una posición espacial de mayor aislamiento que en el stand 6, donde las condiciones para el establecimiento de cohortes jóvenes son menos favorables, o al menos más erráticas. Es por ello que, a pesar de disponerse de mayor territorio para la expansión del mogote, ello se produce con dificultades, debido a que las condiciones para el establecimiento de plantas son menos favorables.

Un tercer sector dentro del mogote lo constituye las plantas jóvenes que se localizan en la periferia de las plantas maduras del mogote. En otro sector de la periferia, se concentran los cladodios arraigados, los cuales están posiblemente asociados al proceso de cosecha de las temporadas anteriores. Finalmente, existe un cuarto sector donde se concentran los fragmentos de cladodios aun no arraigados (Figura 14).

Análisis comparativo

Las comunidades analizadas representan en alguna medida las situaciones más diversas de la dinámica de las poblaciones naturales de *O. streptacantha*. Aun cuando el procedimiento empleado en el estudio no permite evaluar directamente el proceso dinámico, el análisis comparativo de la estructura por tamaños, en la forma realizada en el presente trabajo permite determinar las generalidades del proceso en sí.

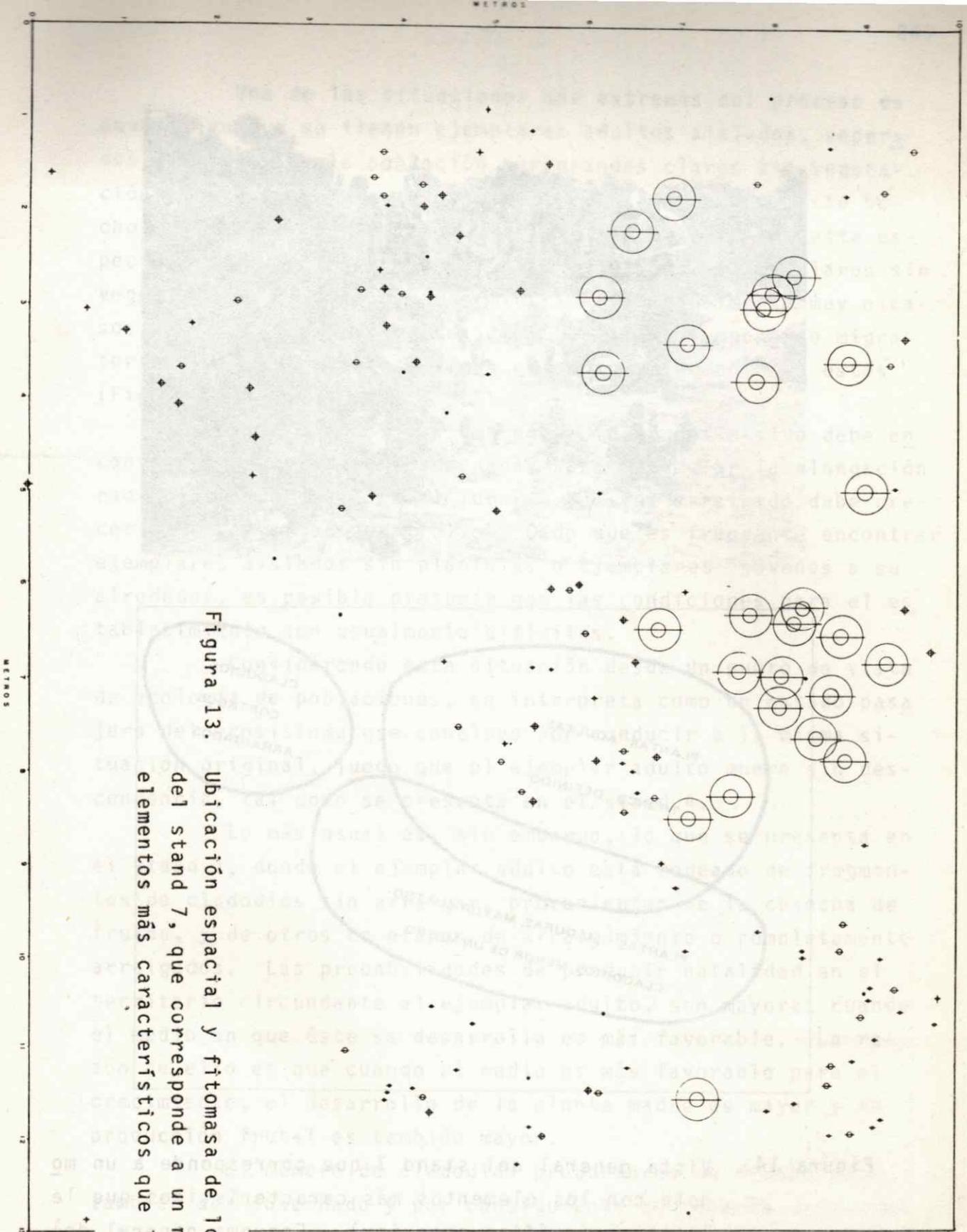
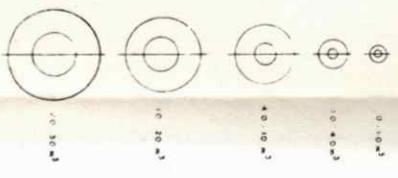


Figura 13. Ubicación espacial y fitomasa de los ejemplares del stand 7, que corresponde a un mogote con los elementos más característicos que le integran.

- Cadenas cortas en mogote
- Cadenas cortas en mogote
- ◊ Cadenas con ramones
- ⊕ Plantas altas, mejor, lomas cistoides, mejor, abanico
- ⊖ Plantas altas, mejor, lomas cistoides, mejor, abanico
- ⊗ Plantas esculis, lomas cistoides
- ⊙ Plantas decedens
- ⊘ Plantas esculis
- Plantas maris

TAMARON DE PLANTAS ADULTA, DECEDENTIA Y MUCRIZ



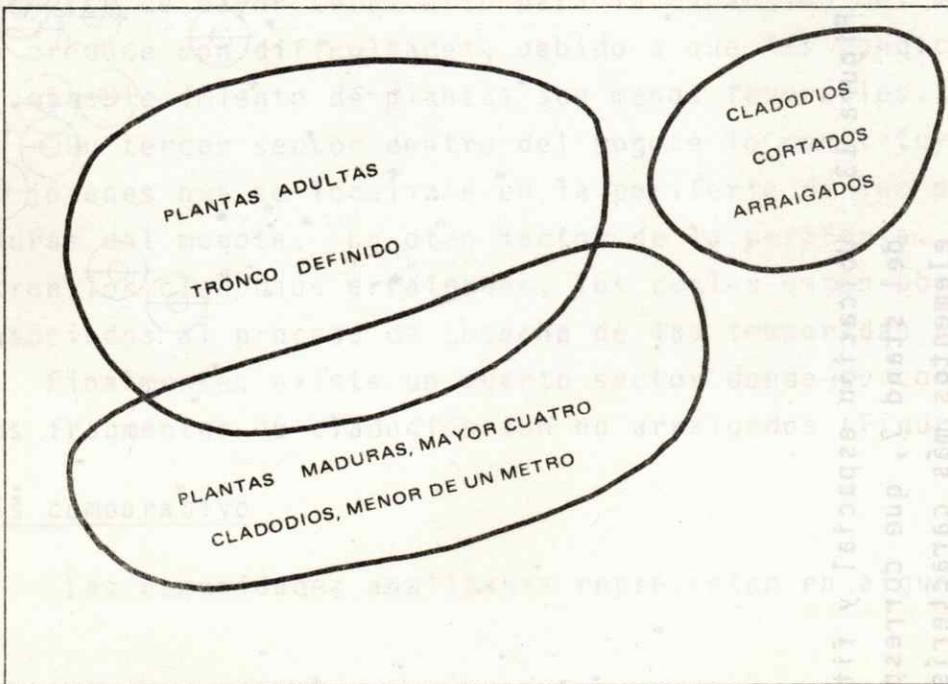
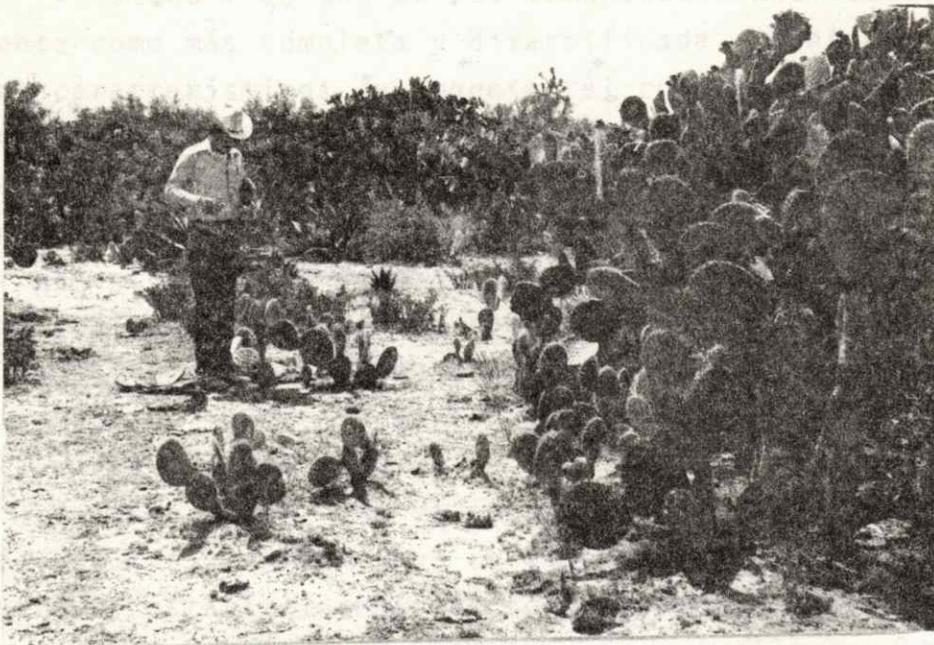


Figura 14. Vista general del stand 7 que corresponde a un mogue con los elementos más característicos que le integran (gráfico superior). Esquema general del mogue (gráfico inferior).

Una de las situaciones más extremas del proceso es aquella en que se tienen ejemplares adultos aislados, separados del resto de la población por grandes claros sin vegetación de ninguna clase, o al menos de esta especie. Este hecho, es indicativo de la migración de diséminulas de esta especie y de su écesis en ese lugar. Dado que en los claros sin vegetación, los sitios de germinación son usualmente muy escasos, es factible pensar que, en general, el componente migratorio al lugar haya sido algún cladodio o segmento de éstos (Figuras 15 y 16).

El cladodio, una vez en el lugar definitivo debe encontrar las condiciones adecuadas para estimular la elongación radical y arraigarse en el lugar. Una vez arraigado debe crecer y completar su desarrollo. Dado que es frecuente encontrar ejemplares aislados sin plántulas o ejemplares jóvenes a su alrededor, es posible presumir que las condiciones para el establecimiento son usualmente difíciles.

Considerando esta situación desde un punto de vista de ecología de poblaciones, se interpreta como un estado pasajero del ecosistema que concluye por conducir a la misma situación original, luego que el ejemplar adulto muere sin descendencia, tal como se presenta en el stand 4.

Lo más usual es, sin embargo, lo que se presenta en el stand 1, donde el ejemplar adulto está rodeado de fragmentos de cladodios sin arraigar, provenientes de la cosecha de frutos, y de otros en etapas de arraigamiento o completamente arraigados. Las probabilidades de producir natalidad en el territorio circundante al ejemplar adulto, son mayores cuando el medio en que éste se desarrolla es más favorable. La razón de ello es que cuando el medio es más favorable para el crecimiento, el desarrollo de la planta madre es mayor y su producción frutal es también mayor.

El número de cladodios productores de frutos debe también ser cosechado y por consiguiente su cosecha deja como subproducto sobre el suelo un mayor número de cladodios susceptibles de arraigar y establecerse. Los ejemplares adultos de

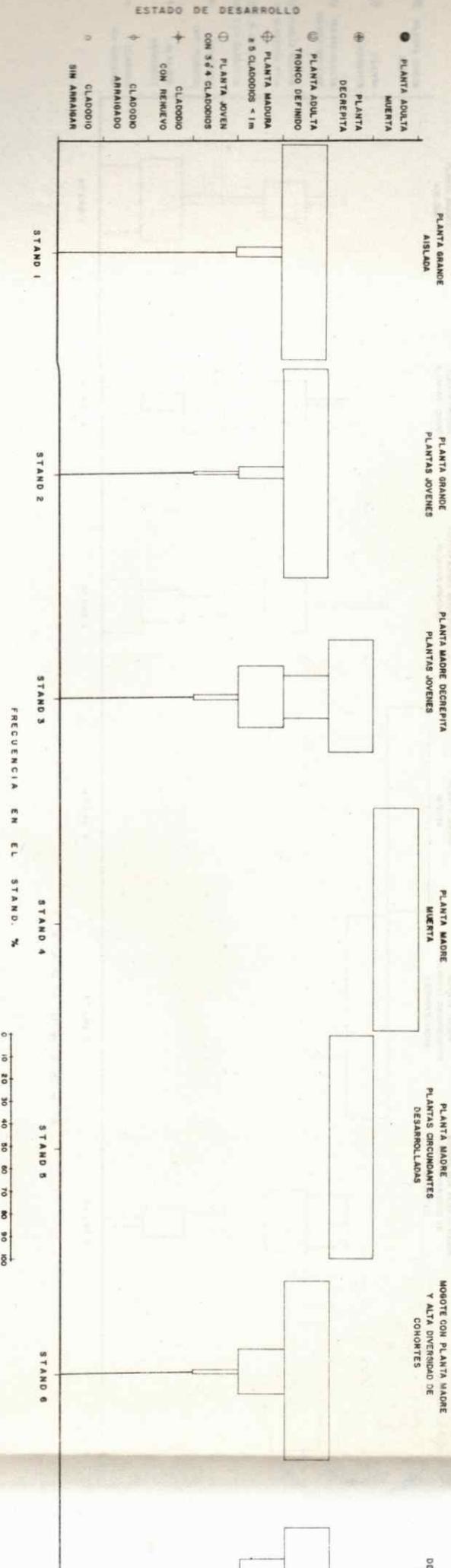


Figura 15. Proporción expresada en base a dominancia relativa de cada una de las clases de desarrollo en los stands analizados.

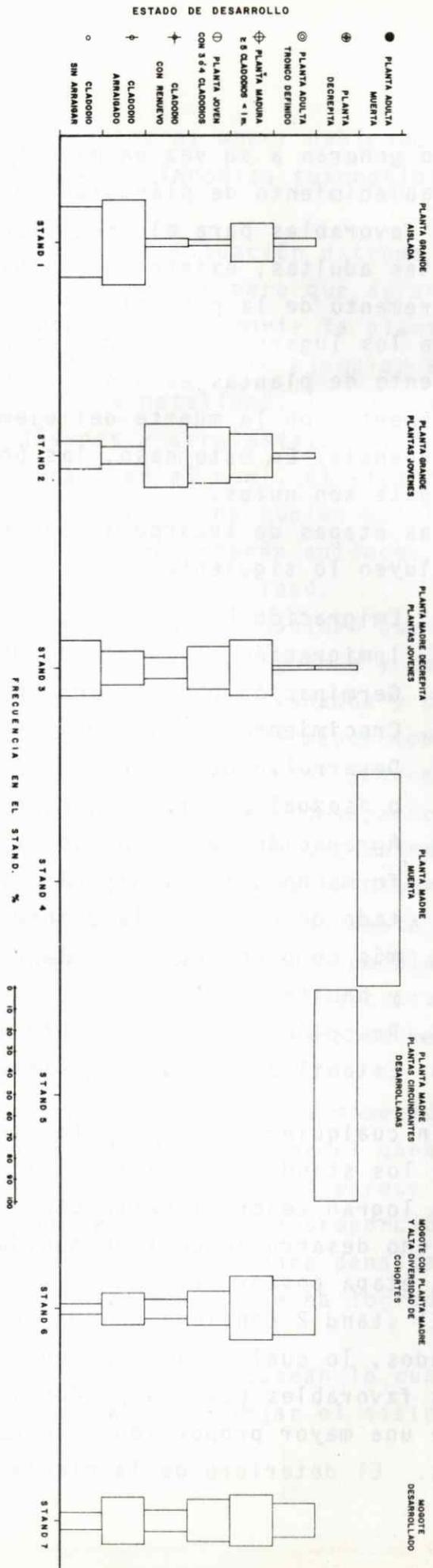


Figura 16. Proporción relativa en base a densidad relativa de cada una de las clases de desarrollo en los stands analizados.

mayor tamaño generan a su vez un microhabitat más favorable para el establecimiento de plántulas, de manera que sólo en los lugares favorables para el crecimiento y producción frutal de plantas adultas, existe la posibilidad de lograr natalidad e incremento de la población.

En los lugares desfavorables para el crecimiento, el establecimiento de plantas es algo circunstancial, que concluye posteriormente con la muerte del ejemplar establecido sin dejar descendencia. En este caso, las posibilidades de generar un nuevo mogote son nulas.

Las etapas de incorporación de una población en un sistema incluyen lo siguiente:

1. Emigración desde el lugar de origen,
2. Inmigración al territorio por colonizar,
3. Germinación o brotación en el sitio ocupado,
4. Crecimiento y desarrollo posterior,
5. Desarrollo de estructuras reproductivas sexuales o asexuales y reproducción en el nuevo territorio,
6. Agregación de los nuevos ejemplares a los antiguos formando una colonia, lo cual genera un nuevo estado de competencia e interferencia trayendo además como consecuencia la creación de nuevos nichos y habitats.
7. Reacción del sistema ante la nueva colonia, y
8. Estabilización del ecosistema.

En cualquiera de estas etapas se puede fracasar y el análisis de los stands estudiados así lo demuestra. Algunos de ellos no logran tener el éxito debido, con lo cual no se alcanza el pleno desarrollo de la comunidad que debe ser el mogote o alguna etapa posterior.

El stand 2 contiene una mayor proporción de ejemplares arraigados, lo cual indica que en el pasado se produjeron condiciones favorables para la producción de frutos, por lo cual existe una mayor proporción de cladodios arraigados y desarrollados. El deterioro de la planta madre se ha incrementado,

por lo cual la cosecha de frutos es menor habiendo, por lo tanto, menor disponibilidad de cladodios susceptibles de arraigar.

El stand 3 refleja una situación extrema de un ejemplar que fue productivo en el pasado pero que durante las temporadas recientes no ha producido, al morir la planta madre. Durante el transcurso de la vida de este ejemplar existieron condiciones favorables para la natalidad, lo cual se refleja en la cantidad de plantas jóvenes y arraigadas. El futuro de este stand corresponde a un estado en el cual, al alcanzarse el pleno desarrollo de estos ejemplares, los cuales estarán en condiciones de producir frutos, se presentarán entonces condiciones adecuadas para una nueva etapa de natalidad.

El stand 5, representa una comunidad que se desvanece. La presencia de una planta madre vigorosa y de gran tamaño, junto a ejemplares también de edad avanzada y pleno desarrollo, aunque formados en un ambiente de mayor competencia, estando ausente la totalidad de las cohortes juveniles, refleja que con el tiempo, el mogote tenderá a desaparecer.

Los stands 6 y 7 corresponden a situaciones más normales. Se encuentran representadas una mayor diversidad de cohortes desde el simple cladodio no arraigado hasta la planta madre. Esta diversidad refleja que el grupo de plantas tiende a mantenerse en forma más permanente. Es indicativo, además, que puede estar evolucionando hacia un estado de mayor madurez hasta alcanzar el equilibrio.

Dado que la nopalera se encuentra sometida a una intensa actividad de cosecha, utilización por el ganado y, en general a una intervención antrópica alta, no parece que su estado se aproxime al de equilibrio. La alta proporción de ejemplares sobremaduros, unido a una exagerada densidad de cohortes de cladodios jóvenes indica que no se ha logrado un estado de equilibrio.

Las cohortes intermedias escasean lo cual refleja la intervención humana que tiende a alejar el sistema de su

equilibrio natural. La cosecha de frutos y la modalidad de dejar los cladodios dispersados junto a las plantas frutales, es una de las causas principales que tienden a lograr una distribución espacial contagiosa intercalada entre lugares externos desprovistos de vegetación.

Todo hace pensar, que al madurar el ecosistema, sin una intervención humana tan intensa, la estructura por tamaños y estados de desarrollo sería diferente. La tendencia general debe ser la que se aproxime a la de cualquier población en equilibrio, con una proporción adecuada de todas las estratas (Figura 16) y una distribución espacial más uniforme.

Las etapas de crecimiento y desarrollo de la población son las siguientes (Figura 17).

1. Emigración del cladodio desde la planta madre que habita en otro territorio.
2. Inmigración al territorio por colonizarse.
3. Establecimiento de la diséminula en el territorio o muerte de ésta.
4. En el caso exitoso, crecimiento y desarrollo de la planta hasta alcanzar su pleno desarrollo.
5. Fructificación.
6. Cosecha del fruto, lo cual involucra la corta de cladodios y luego ser dejados sobre el suelo como subproducto de la cosecha.
7. Primera fase de agregación de los cladodios cosechados, los cuales forman un anillo alrededor de la planta madre.
8. Crecimiento de los ejemplares que componen el anillo, los cuales se desarrollan en altas densidades de plantas, por lo que su crecimiento es mayor en estatura y menor en diámetro que la planta madre.
9. Fructificación del anillo que rodea a la planta madre.
10. Cosecha del fruto, lo cual involucra nuevamente la corta de cladodios y luego ser dejados nuevamente sobre el suelo como subproducto de la cosecha.

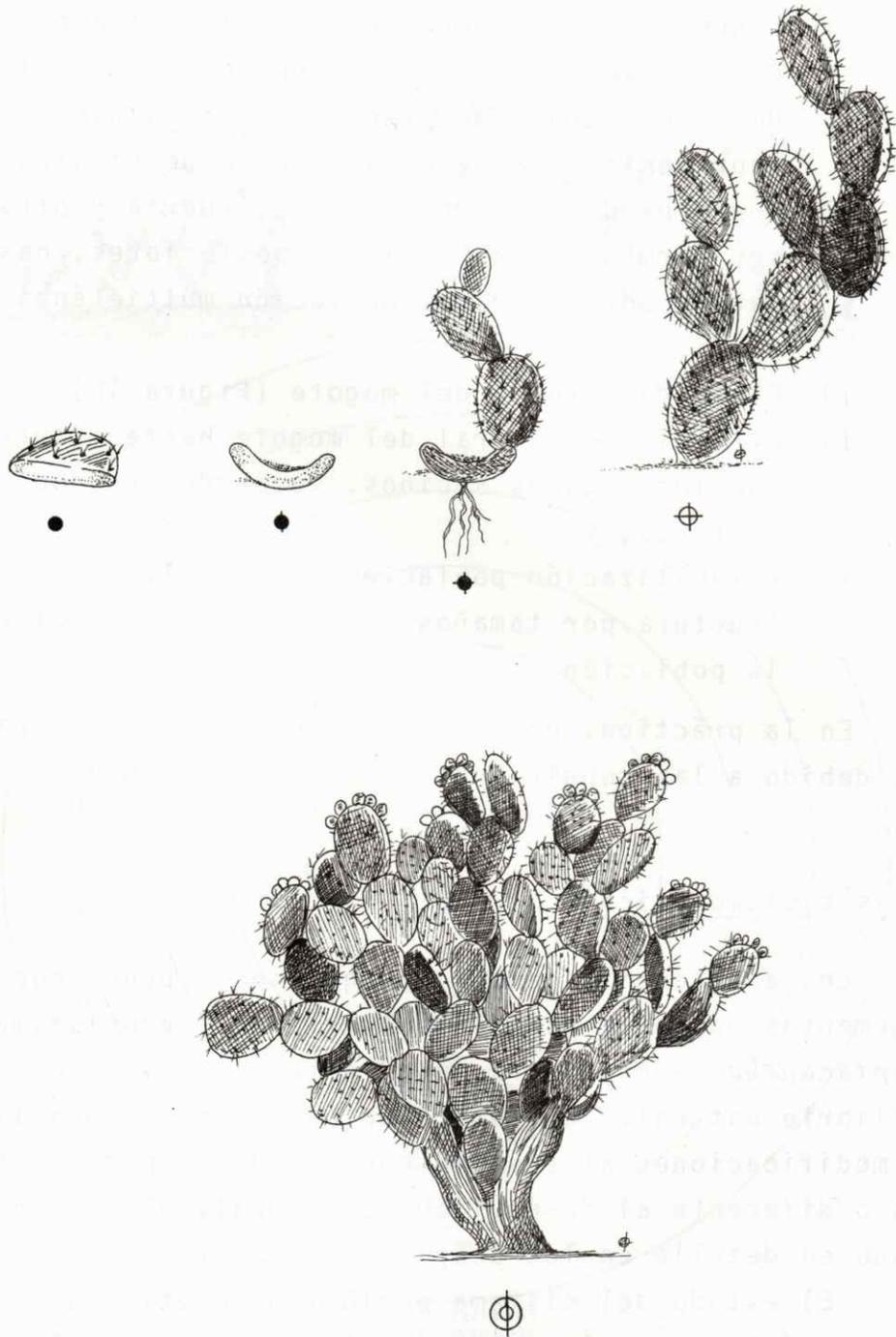


Figura 17. Esquema general de la dinámica de la población de nopal, donde se indican las etapas de crecimiento y desarrollo poblacional.

11. Segunda fase de agregación de los cladodios cosechados, los cuales forman un segundo anillo alrededor del grupo de plantas. Este segundo anillo representa a la tercera cohorte de plantas.
12. Puede producirse una tercera, cuarta y otras fases formando otros anillos posteriores, hasta llegar a configurar una población multietánea compleja.
13. Pleno desarrollo del mogote (Figura 18).
14. Crecimiento lateral del mogote hasta integrarse con los mogotes vecinos, formando una población continua, y
15. Estabilización poblacional. Equilibrio en la estructura por tamaños y edades de desarrollo de la población.

En la práctica, no se logra sobrepasar la etapa del mogote, debido a las condiciones de cosecha y manejo de la nopalera.

Hipótesis sistemogénica

Los antecedentes empíricos que se disponen constituyen argumentos valiosos para demostrar que el ecosistema de *O. streptacantha* se encuentra en un estado seral diferente del de equilibrio natural. La intervención antrópica ocasiona intensas modificaciones al sistema que tienden a mantenerlo en un estado diferente al de equilibrio natural, el cual ha sido analizado en detalle en los acápite anteriores.

El estado del sistema ecológico sometido a la intervención antrópica posiblemente corresponde a un equilibrio disclimácico ya que aparentemente la tasa de cambio del sistema es cercana a cero. Algunos signos del sistema pueden ser considerados como síntomas de su génesis, que en este caso reflejaría un proceso de retrogradación sistemogénica.

Para comprender los cambios naturales del estado de la nopalera, como asimismo las posibilidades de manipular su

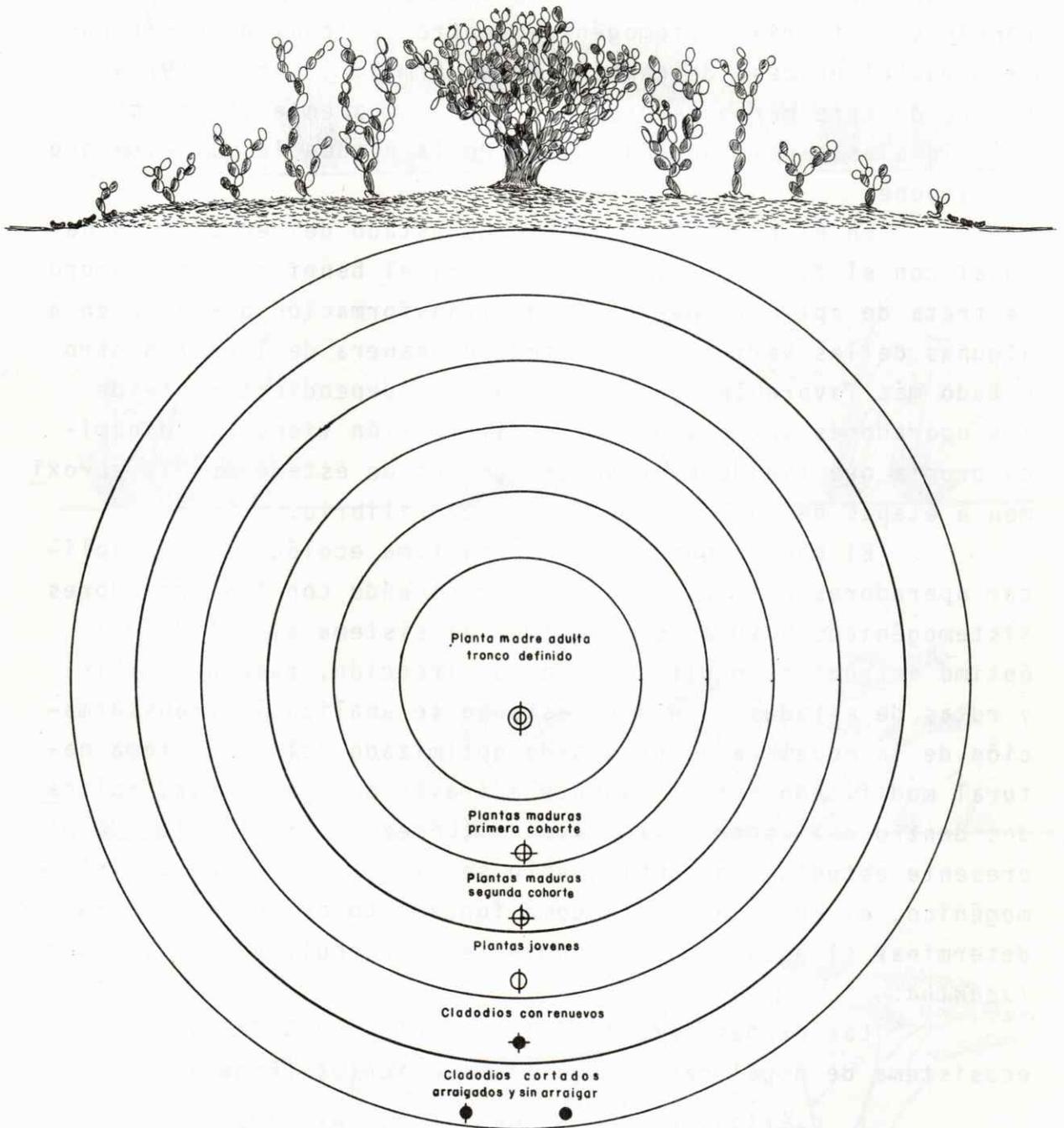


Figura 18. Esquema generalizado de un mogote maduro

estado de manera de conducirlo hacia un estado que se aproxime al óptimo antrópico, se requiere tener como marco de referencia a la teoría sistemogénica dentro del cual debe circunscribirse el proceso de cambio (Nava, Armijo y Gastó, 1979). Dentro de este marco se presente hipotéticamente las etapas sucesionales, analizadas a la luz de la evidencia empírica que se dispone.

En el proceso de cambio de estado del ecosistema natural con el fin de optimizársele para el beneficio del hombre se trata de aplicar operadores de transformación que afecten a algunas de las variables de estado de manera de llegar a otro estado más favorable. El ecosistema, independientemente de los operadores antrópicos de transformación tiene una dinámica propia que tiende a provocar cambios de estado que le aproximen a etapas de equilibrio o de metaequilibrio.

El hombre que maneja un sistema ecológico debe aplicar operadores antrópicos que interactuando con los operadores sistemogénicos naturales aproximen al sistema al estado del óptimo antrópico, modificándole su dirección, tasa de cambio y rutas de estados. En otro estudio se analiza la transformación de la nopalera en un estado optimizado del ecosistema natural modificado antropicamente a través de operadores, aplicados dentro del contexto sucesional (López et al, 1977). En el presente estudio, en cambio, sólo se plantea el proceso sistemogénico, el cual se aplica como fundamento de análisis para determinar el estado correspondiente al ecocultivo de *O. streptacantha*.

Las etapas características del cambio de estado del ecosistema de nopal cardón son las siguientes (Figura 19).

1. Pastizal climax de *Sporobolus airoides*. Los sectores analizados correspondían originalmente a una pradera natural de hemicriptófitas. Esta pradera se caracterizaba por contener una estrata dominante de gramíneas perennes de tamaño medio que constituían una cubierta continua. Como elementos ocasionalmente presentes, ocupando jerarquías vegetales subordinadas se tiene a algunas especies leñosas y suculentas que

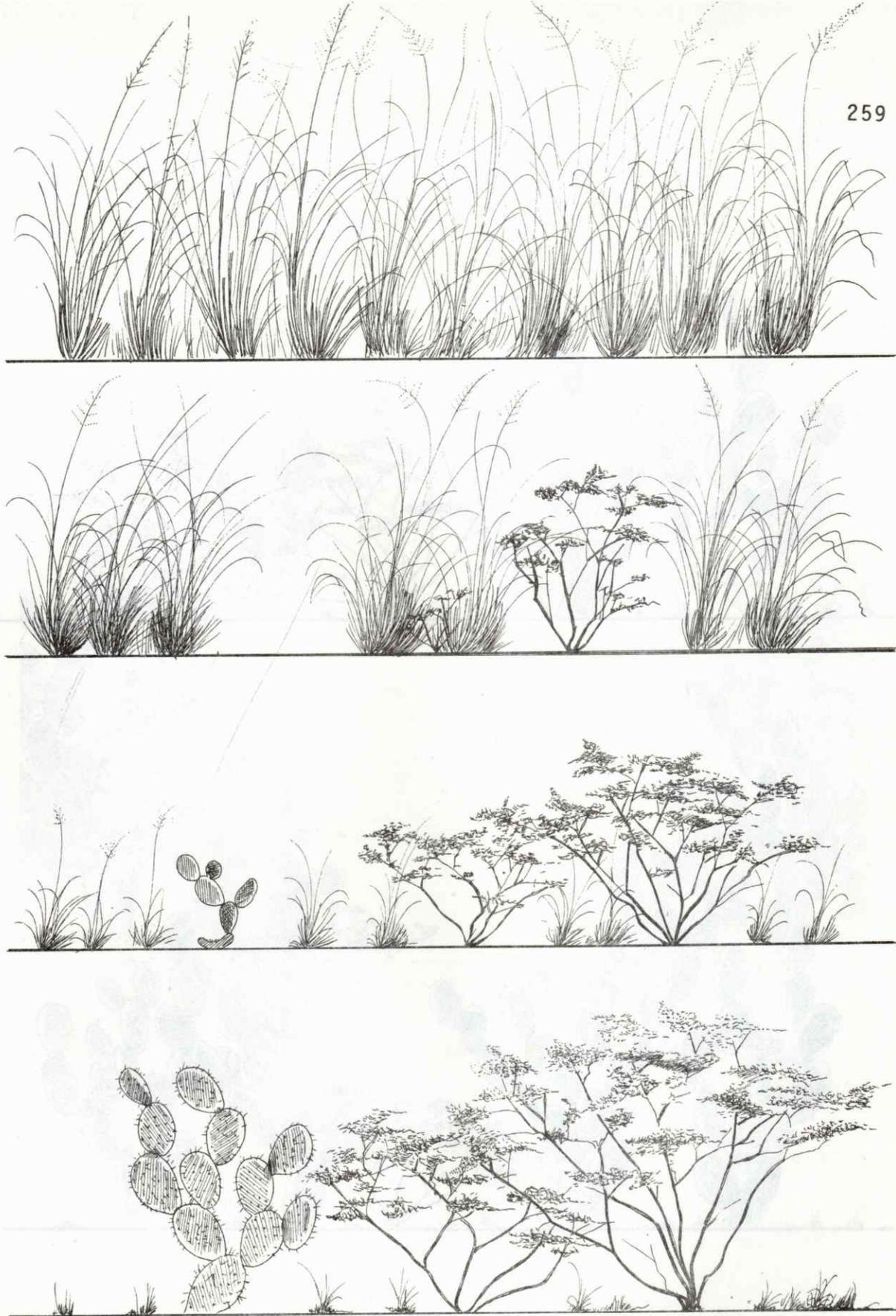
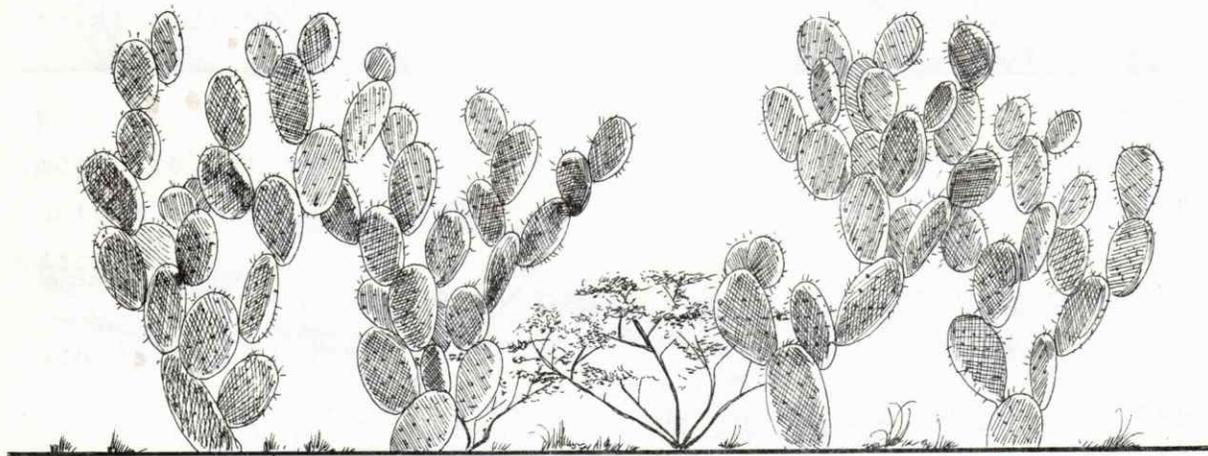
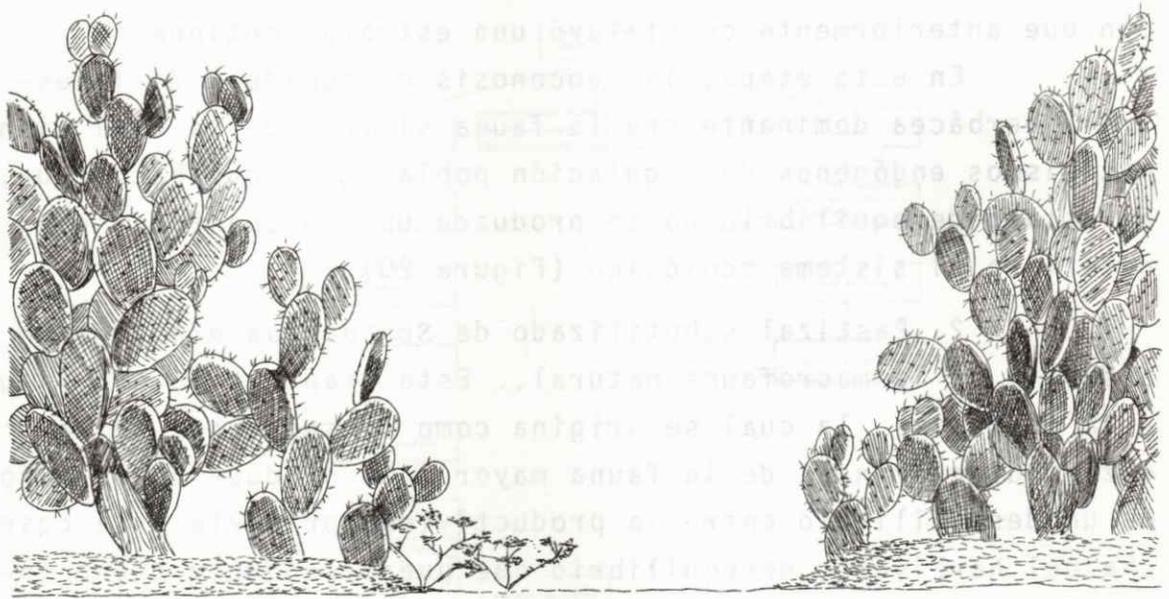


Figura 19. Etapas de retrogradación del ecosistema donde se encuentra la nopalera de *Opuntia streptacantha*.





ocasionalmente se presentan en la pradera climax (González, 1975).

Una de las evidencias que respaldan esta argumentación es la pradera de *Sporobolus airoides* que cubre extensas áreas de los sectores vecinos donde aun predomina esta comunidad vegetal representativa del estado climácico. Las nopales analizadas presentan como indicador remanentes de la estrata de hemicriptófitas, correspondientes a ejemplares o simples macollos de la gramínea, en estado marcado de degradación, lo cual se demuestra por su pérdida de vigor, numerosas plantas muertas, plantas en pedestal y otras evidencias que indican que anteriormente constituyó una estrata continua.

En esta etapa, la zoocenosis consumidora de la estrata herbácea dominante era la fauna silvestre, la cual tiene mecanismos endógenos de regulación poblacional que hacen que, en estado de equilibrio no se produzca un sobrepastoreo que deteriore al sistema ecológico (Figura 20).

2. Pastizal subutilizado de *Sporobolus airoides* en ausencia de la macrofauna natural. Esta etapa es la que sigue a la climácima, la cual se origina como consecuencia de la caza indiscriminada de la fauna mayor. Se produce en esta forma un desequilibrio entre la productividad primaria y la cosecha del herbívoro, desequilibrio que puede conducir a una invasión de leñosas por subutilización. Si esta situación se continua puede conducir a un estado de equilibrio de matorral, tal como ocurre en algunos sectores similares, cuando los herbívoros mayores son permanentemente excluidos.

3. Pastizal sobreutilizado por el ganado. El proceso de caza indiscriminada de la fauna natural viene usualmente seguido de la introducción y ocupación del nicho y territorio por ganado doméstico. El ganado, sometido usualmente a ninguna práctica de manejo, sobreutiliza la pradera de manera de provocar una pérdida en el vigor y tamaño de las plantas climax. Este deterioramiento viene usualmente acompañado de una reducción del tamaño radical.

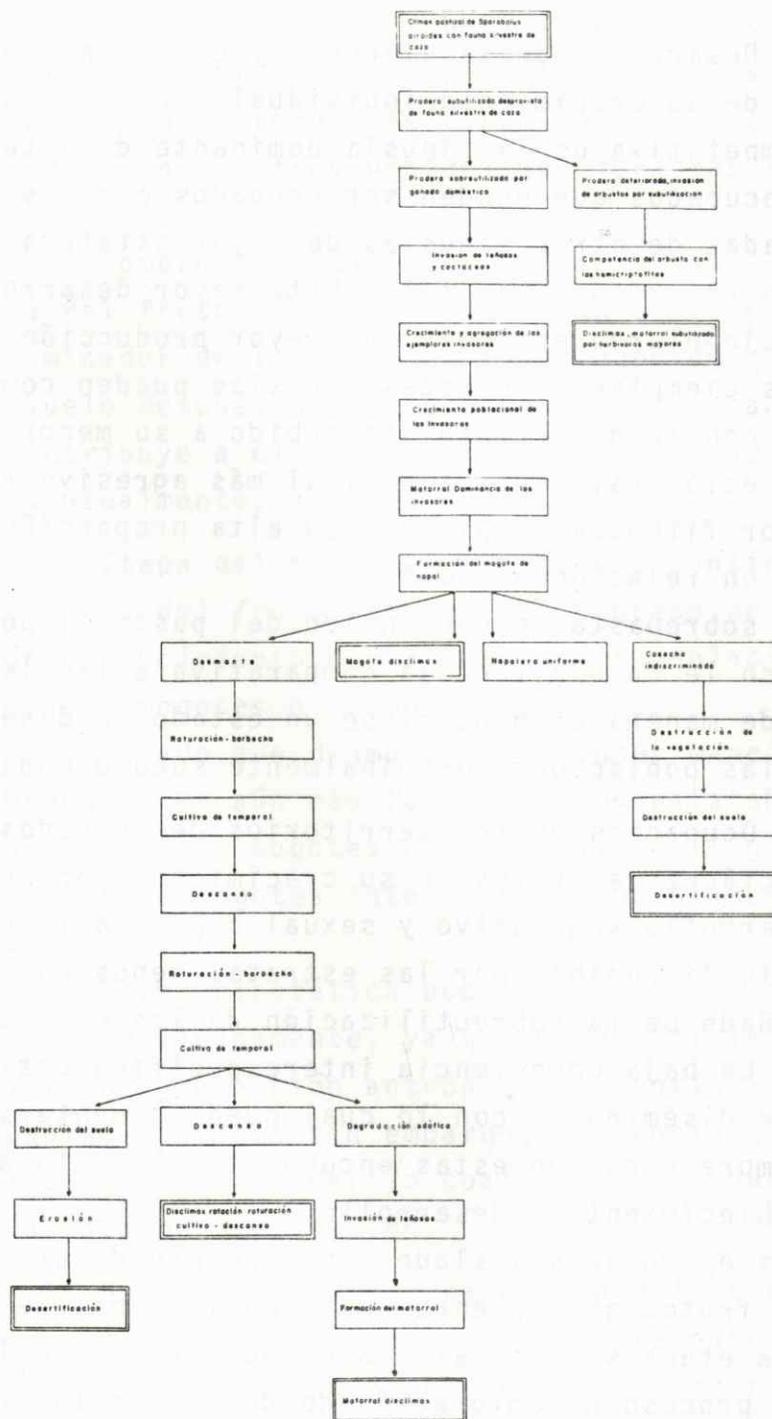


Figura 20. Esquema hipotético de las etapas de retrogradación del ecosistema de *Sporobolus airoides*, desarrollado en la bajada media, conducente a la formación de la nopalera.

4. Desarrollo de las leñosas y cactáceas subordinadas a través de su crecimiento individual. La pérdida de la capacidad competitiva de la sinusia dominante deja territorios y nichos desocupados que pueden ser ocupados por las poblaciones subordinadas de otras sinusias de mayor estatura y menos exigentes en recursos y habitat. Este mayor desarrollo plástico de los ejemplares estimula una mayor producción de diséminulas. Los ejemplares de estas sinusias pueden competir favorablemente con la hemicriptófita debido a su menor palatabilidad, mayor estatura, sistema radical más agresivo y profundizador, mayor fitomasa en pie y a su alta proporción de tejido de sostén en relación al foliar.

El sobrepastoreo continuado del pastizal por el ganado doméstico le da una ventaja comparativa a las leñosas y crasuláceas de manera de producirse un estado de desequilibrio en favor de las poblaciones originalmente subordinadas.

5. Ocupación de los territorios desocupados por las leñosas y cactáceas a través de su crecimiento poblacional. El pleno desarrollo vegetativo y sexual debido a la ocupación del territorio disponible por las estratas menos palatables, viene acompañado de la sobreutilización de las estratas más palatables. La baja competencia interespecífica estimula la producción de diséminulas con lo cual puede aumentarse la natalidad, siempre y cuando estas encuentren el medio adecuado para su establecimiento y desarrollo.

Los ejemplares aislados, plenamente desarrollados y cubiertos de frutos que se encuentran en la nopalera corresponden a esta etapa sucesional. Son indicativos de la existencia de un proceso de emigración desde la planta original al territorio desocupado donde ésta germina o se estimula su desarrollo radical, se arraiga en el lugar y luego se desarrolla hasta alcanzar la florescencia y fructificación.

6. Dominancia de la sinusias leñosas y suculentas invasoras. Las poblaciones invasoras logran apoderarse del territorio y se transforman en sinusia dominante. Modifican

el hábitat y generan nuevos nichos, afectando la particionalidad de territorio entre los componentes del ecosistema. El sistema ecológico se torna más dinámico, existiendo la posibilidad de invasión de otras poblaciones foráneas al sistema original.

El hombre en esta etapa juega un papel importante. La cosecha del fruto de *O. streptacantha* es el principal mecanismo diseminador de la especie. Los cladodios que permanecen sobre el suelo después de la cosecha son el mecanismo principal que contribuye a elevar la tasa de natalidad de la población y, eventualmente, a aumentar su densidad.

7. Etapa del mogote. El proceso continuado y sostenido de cosecha del fruto estimula el proceso de natalidad y agregación o crecimiento contagioso de la población formando, de esta manera mogotes o grupos de plantas.

El ganado que deambula sin ningún manejo en la nopalera, sobrepastorea aún más los elementos palatables que se encuentran entre los mogotes con lo cual se llega a un estado característico de mogotes intercalados con claros desprovistos de vegetación.

En forma hipotética puede suponerse que esta etapa se mantiene indefinidamente, ya que no existiría deterioro del medio abiótico y la acción antrópica se continúa en intensidad constante. Existe, sin embargo, evidencia que el proceso degradativo puede continuar lo cual podría conducir a una etapa más avanzada de degradación.

8. Desertificación. La acción del sobrepastoreo continuo de los claros destruye consistentemente los elementos más valiosos, simultáneamente con deteriorar los sitios de germinación (Harper, 1961). Ello es la causa que además de elevarse la tasa de mortalidad del claro se logre reducir la natalidad de las especies deseables, e incluso de las invasoras menos deseables hasta niveles insignificantes con lo cual el territorio del claro queda desprovisto de vegetación.

Cuando las condiciones de agregación y estabilidad del suelo no son las adecuadas éste, bajo la acción de las precipitaciones del lugar puede reaccionar destruyéndose a través del proceso erosivo.

La acción del ganado y la antrópica, unido a la pérdida de la capacidad de infiltración de los claros hace que se aridise el medio. Las disponibilidades hídricas se hacen limitativas, marcando la aceleración del proceso de aridificación. La reducción de la natalidad del mogote se hace más notoria en la medida que los ejemplares adultos reducen su capacidad de producción frutal debido a la mayor aridificación. Las tasas de mortalidad de las plantas adultas también se incrementan. El mogote termina, en esta forma por desaparecer, lo cual marca el inicio del proceso de desertificación.

La población humana, en su afán de producir los granos que necesita para su sustento, a menudo transforma los ecosistemas naturales en campos de cultivos, especialmente de maíz y frijol. El proceso de transformación es usualmente parcial. Generalmente se eligen los claros, donde la densidad de plantas de nopal es baja y las leñosas no son importantes.

El sector se desmonta con herramientas manuales. Los restos vegetales son retirados del sector habilitado, el cual es posteriormente roturado y rastreado de manera de poder ser cultivado como temporal. Durante este lapso el sector se acerca de manera de excluir el ganado del cultivo.

El proceso de desmonte es usualmente selectivo, dejándose a menudo los mogotes más densos sin cosecharse, los cuales permanecen en el terreno. Con el tiempo, estos mogotes comienzan a desaparecer debido a que el manejo del ecosistema no es el adecuado para su reproducción.

El manejo del cultivo de temporal hace que la fertilidad del suelo se reduzca tras los años consecutivos de cultivación. El contenido de materia orgánica se reduce con lo cual el suelo va perdiendo su estructura. El proceso de erosión laminar y de cárcava se acrecienta hasta que finalmente,

luego, de abandonado el terreno para el cultivo, continúa nuevamente la utilización de la vegetación por el ganado, el cual al no estar sometido a ningún control, sobreutiliza al sistema e impide una recuperación adecuada, no permitiendo que la progresión alcance etapas más productivas, estables y de alta fitomasa.

De acuerdo a las condiciones, el proceso puede aproximarse a un disclimax ganadero de bajísima productividad o bien, conducir a la destrucción completa del edafotopo alcanzando a un estado de desertificación.

En condiciones favorables se tiene que al abandonar se los terrenos de cultivo, después de varios años se logra una recuperación parcial del ecotopo, lo cual hace que debe volverse a desmontar y cultivar. Esta secuencia alternativa de uso durante varios años consecutivos y descanso, puede continuarse indefinidamente en forma de un disclimax cultivo, siempre y cuando las condiciones sean favorables para ello y no se concluya en desertificación.

El crecimiento de la población humana y las mayores necesidades de alimentos estimula cada vez más una incorporación de superficies mayores destinadas a los cultivos. Ello es el mecanismo principal de destrucción de las nopaleras naturales, las cuales, además de su reducción en superficie están disminuyendo su productividad, debido a las prácticas de manejo a las cuales son sometidas.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los estudios de dinámica de poblaciones se realizaron en el ejido de Salinas, municipio del mismo nombre en el estado de San Luis Potosí. El área de estudio se localiza en la bajada media, suelos planos, con escasa pendiente, en el valle de Salinas con una precipitación errática de 404 mm anuales.

El análisis de la dinámica poblacional se hizo a través de la descripción de siete stands de estructuras diferentes que abarcan la heterogeneidad propia de la población en lo referente al tamaño de los ejemplares, estado de desarrollo y agrupamiento de tamaños y estados. Las comunidades analizadas representan las situaciones más diversas de la dinámica de las poblaciones naturales de *O. streptacantha* en ecosistemas dominados por la misma especie.

Se plantea como conclusión que las etapas de incorporación de la población al ecosistema son las siguientes:

1. emigración desde el lugar de origen,
2. inmigración al territorio por colonizar,
3. germinación y brotación in situ,
4. crecimiento y desarrollo del ejemplar invasor,
5. desarrollo de estructuras reproductivas y reproducción en el nuevo territorio,
6. agregación de los nuevos ejemplares a los antiguos formando una colonia,
7. reacción del sistema, y
8. estabilización.

El proceso de desarrollo y crecimiento de la población, una vez establecida en el territorio de la nopalera puede continuar hasta llegar a etapas más avanzadas de madurez que concluyen en el pleno desarrollo del mogote y su crecimiento lateral, previamente a integrarse con los mogotes vecinos formando una población continua que puede llegar hasta su estabilización poblacional dentro de la biocenosis y ecotopo.

En esta etapa se alcanza el equilibrio en la estructura por tamaño, edades y desarrollo.

Se plantea la dinámica de la población de *O. streptacantha* dentro de un contexto sistemogénico más amplio que incluye a la totalidad del sistema ecológico. En el estudio se analiza el proceso de retrogradación desde la etapa climática hasta las etapas extremas de desertificación, cultivos anuales de temporal y ecocultivo de nopal.

SUMMARY

The study was conducted in the ejido Salinas, in Salinas County, San Luis Potosí. The study area is located in the middle bajada, on flatlands in the Salinas Valley, where precipitation is highly variable with an annual mean of 404 mm.

Population dynamics was analyzed through the study of seven stands of different structure in relation to size, growth, grouping and development stages. The communities analyzed represent diverse stages of natural population dynamics of ecosystems dominated by *Opuntia streptacantha*.

The stages of incorporation of the population to the natural ecosystem are hypothetically as follows: 1) emigration from its origin, 2) immigration to the territory to be colonized, 3) germination and elongation in situ, 4) growth and development of the invader, 5) development of reproductive structures and reproduction in the new territory, 6) grouping of the new plants with the old plants forming a colony, 7) ecosystem reaction, and 8) stabilization.

Once established, growth and development of the population could continue until it reaches more developed stages, which end in the full development of the "mogote" (natural group) and its lateral growth, before its integration with the neighboring groups forming a continuous population. Finally, the ecosystem could reach its stability in terms of size, age and developmental structure.

A hypothesis of *O. streptacantha* population, within a broader systemogenic frame which includes the whole ecosystem is proposed. The retrogression process, from the climax stage to the desertification stage, as well as dryland annual crops and *Opuntia* ecocrop are analyzed.

BIBLIOGRAFIA

- Beckwith, S.L. 1954. Ecological succession on abandoned farmlands and its relationship to wildlife management. *Ecol. Monogr.* 24:349-376.
- Benton, A.H. y W.E. Werner, Jr. 1965. Man as a factor of soil formation. *Soil Sci.* 99:65-72.
- Clements, F.E. 1949. Dynamics of vegetation. H.W. Wildon Co. N.Y. 296 p.
- Cooke, G.D. 1967. The pattern of Autotrophic Succession in Laboratory Microms. *Bioscience* 17:717-721.
- Cooper, C.S. 1960. Changes in vegetation structure and growth of south-western pive forest since. White settlement. *Ecol. Monogr.* 30:129-164.
- Costello, D.F. y G.T. Turner 1941. Vegetation changes following exclusion of livestock from grazed ranges. *J. Forestry* 39:310-315.
- Dix, R.L. 1964. A history biotic and climatic changes within the north american grassland En: D.J. Corps, grazing in terrestrial and marine environments. Blackwell Sci. Publ. London.
- Enrenreich, J. y J.M. Aikman, 1957. Effect of burning on seedstalk production on native prairie grasses. *Proc. Iowa Acad, Sci*, 54:205-212.
- Ellison, L. 1960. Influence of grazing on plant succession of range lands. *Bot. Review* 26:1-78.
- Elton, C.S. y R.s. Miller 1954. The ecological survey of animal communities, with a practical system of classifying habitats by structural characters *J. Ecol.* 42:460-496.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Larios, México, D.F. 246 p.
- Gastó, C.J. 1980. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- Gastó C., J. y E. Caviades de la R. 1976. Interferencia intra-específica de *Atriplex repanda* en el secano mediterráneo de Chile. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. *Bol. Tecn.* 41:3-18.
- Gastó C., J., R. Nava C. y J.J. López G. 1981. Proceso de carga y descarga frutal en poblaciones naturales de *Opuntia streptacantha* Lemaire. Univ. Aut. Agr. Antonio Narro. *Monog. Técnico-Científica* 7:170-220.

- González, 1975. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del estado de Zacatecas. Tesis Ing. Agrónomo, Departamento de Zootecnia. ENA. Chapingo, México, 269 p.
- Harniss, R.D. y R. B. Murray 1973. 30 Years of vegetal change following. Burning of Sagebrush-Grass Range. J. Range Manag. 26:322-325.
- Harper, J.L. 1961. Approaches to the study of plant competition 1:39: En: F.L. Milthorpe (ed). Mechanism in biological competition. Symposium 15, Soc. Exper. Bio. Academic Press, N.Y.
- Heady, H.F. 1956. Changes in the californian annual plant community induced by manipulation of natural mulch. Ecology 37:798-812.
- Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield. Part I. Field Crop Abstracts: 247-254.
- Horn, H.S. 1975. Forest succession. Scientific American. 232 (5):90-98.
- Jones, M.G. 1933. Grassland management and its influence on the sward. Roy. Agric. Soc. England Journal.
- Judd, B.I. y M.D. Weldon. 1939. Some changes in the soil during natural succession of vegetation after abandonment in western Nebraska. Jour. Amer. Soc. Agron. 31:217-228.
- Liv, J. 1970. Changes in botanical composition and yield of plant communities under intensive fertilization. Proc. XI. Int. Grass Cong. Surfers Paradise. Queensland, Australia.
- López G., J., J. Gastó C. y R. Nava C. 1981. Análisis cuantitativa de la arquitectura de *O. streptacantha* Lemaire. Univ. Aut. Agr. "Antonio Narro". Monog. Técnico-Científica 3:135-169 Saltillo, Coah. México.
- López G., J.J., J. Gastó C., R. Nava C. y J.G. Medina T. 1977. Ecosistema *Opuntia streptacantha* Lemaire. Univ. Aut. Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica. Vol. 3, No. 5:394-545. Saltillo, Coah. México.
- Lozano G., M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (*Opuntia* spp). Tesis Ing. Agr. Esc. Sup. de Agric. "Antonio Narro". Saltillo, Coah. México. 43 p.

- Marks, P.L. y F.H. Borman. 1972. Revegetation following forest cutting: Mechanism for return to steady-state nutrient cycling. *Science* 176:914-915.
- Marroquín S., J., G. Borja L., R. Velásquez C. y J.A. de la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. *Pub. Esp. 2*. I.N.I.F. - S.A.G. México, D.F. 166 p.
- McKell, C.M., V.M. Brown, C.F. Walker y R.M. Love. 1965. Species composition changes in seeded grasslands converted from chaparral. *J. Range Manag.* 18:321-326
- Nava C., R. R. Armijo T. y J. Gastó C. 1979. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Univ. Aut. Agr. "Antonio Narro". Saltillo, Coah. México 322 pp.
- Odum, E.P. 1960. Organic production and turnover in old field succession. *Ecology* 41:34-49.
- Odum, E.P. 1972. Ecosystem theory in relation to man. In: Wiens, J.A. (ed) *Ecosystem structure and function*. Oregon State Univ. Press. 11-24.
- Roax, E.R. y M. Warren. 1963. Plant succession on abandoned fields in Central Oklahoma and in the transversal Highveld. *Ecol.* 44:5776-5790.
- Roax, E.R. 1969. *Grass, a story of frankenwold*. Capa town. Oxford Univ. Press. Londres 221 p.
- Sellek, G.W. 1960. The Climax concept. *Bot. Review* 26:535-545.
- Whittaker, R.H. 1953. A consideration of climax theory. The climax as a population and pattern. En: Whittaker, R.H. 1975. *Communities and ecosystems*. Macmillan Publishing Co. New York 385 p.
- Willey, R.W. y S.B. Heath 1969. The quantitative relationship between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 21:281-321.