

MONOGRAFIA
TECNICO - CIENTIFICA

PROCESO DE CARGA Y DESCARGA
FRUTAL EN POBLACIONES
NATURALES DE *Opuntia*
streptacantha LEMAIRE

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

volumen 7
número 4

mayo
1981



SALTILLO
MEXICO

**MONOGRAFIA
TECNICO-CIENTIFICA**

serie

recursos naturales

VOLUMEN 7

NUMERO 4

**PROCESO DE CARGA Y DESCARGA
FRUTAL EN POBLACIONES
NATURALES DE *Opuntia*
streptacantha LEMAIRE**

Juan Gastó C.

Roberto Nava C.

Juan J. Lopez G.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

Mayo 1981 Saltillo, México.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado dentro del marco del proyecto México 77/013 de "Investigación Agronómica y Ecológica para el aprovechamiento de los recursos naturales de las zonas áridas y semiáridas" del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo con la participación conjunta de FAO y UNESCO.

Se agradece al propietario de una pequeña industria 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 señor Salinas por autorizar la realización del estudio en sus propiedades.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	170
REVISION BIBLIOGRAFICA	175
MATERIALES Y METODOS	178
RESULTADOS Y DISCUSION	182
RESUMEN Y CONCLUSIONES	214
BIBLIOGRAFIA	216

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean dejar constancia y agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Comisión Nacional de Zonas Aridas (CONAZA) por su apoyo y ayuda económica 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.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	170
REVISION BIBLIOGRAFICA	173
MATERIALES Y METODOS	178
RESULTADOS Y DISCUSION	182
RESUMEN Y CONCLUSIONES	214
BIBLIOGRAFIA	216

PROCESO DE CARGA Y DESCARGA FRUTAL EN POBLACIONES
NATURALES DE OPUNTIA STREPTACANTHA LEMAIRE*

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

INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha observado una tendencia creciente hacia el desaparecimiento de las nopaleras naturales de Opuntia streptacantha que originalmente constituían ecosistemas de alta productividad. El mecanismo generador de este proceso se centra en la necesidad de incrementar la producción agrícola de los cultivos de temporal, especialmente de maíz y frijol.

El incremento de la producción de granos se ha logrado a expensas del desmonte de una gran superficie de nopaleras naturales previamente no utilizada, en cultivos, de manera de dejar disponibles suelos vírgenes de buenas características físicas y con niveles de materia orgánica, y con fertilidad natural adecuada para lograrse productividades elevadas, al menos durante algunas temporadas.

Luego de algunos años consecutivos de cultivación, la productividad decrece abruptamente, por lo cual resulta inconveniente continuar utilizando los mismos terrenos, de

* Proyecto conjunto Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo a través del Proyecto PNUD Mex 77/013.

** Ing. Agrónomo, Ph.D., experto de UNESCO en Ecología Agronómica, Proyecto PNUD Mex 77/013; Ing. Agrónomo, M.C. Profesor de Ecología e investigador en Ecología y Pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables; e Ing. Agrónomo, M.C., Investigador en Ecocultivos, Departamento de Recursos Naturales Renovables, UAAAN; respectivamente.

manera que se requiere habilitar otros nuevos sectores. En esta forma se tiene que el proceso de crecimiento de los cultivos de temporal va paralelo a la destrucción de las nopaleras naturales.

El proceso sistemogénico global de la zona tiende, por lo tanto, hacia un estado de desertificación avanzada. Este proceso no puede detenerse por cuanto, las ventajas comparativas que ofrece el cultivo del temporal en lo que respecta a productividad, mano de obra, beneficios económicos y otros, le dan una clara ventaja en relación al aprovechamiento de las nopaleras naturales, no sometidas a ninguna práctica racional de manejo y mejoramiento.

Uno de los obstáculos mayores para el mejoramiento de las nopaleras naturales y su transformación en cultivos o ecocultivos de la misma especie es comprender y manejar el proceso de crecimiento y cosecha del fruto. En el presente estudio se analiza el proceso de carga y descarga frutal de la nopalera, con el fin de proponer estrategias para lograr su optimización.

El crecimiento del fruto debe lograrse en nopaleras ordenadas de tal manera que permitan optimizar la productividad en lo que respecta a la cantidad producida, características del fruto y distribución espacial en la nopalera. La descarga o cosecha del fruto es un proceso lento, que requiere gran inversión de mano de obra la cual, a menudo, es difícil de conseguir. Es por ello, que usualmente se observa un alto porcentaje de la producción que permanece en la nopalera sin ser cosechada.

Se ha pensado que si se desea mejorar los ecosistemas de nopal, de manera de hacerlos competitivos con otros usos de la tierra, debe mejorarse al sistema de manera de transformarlo en un ecocultivo. Uno de los aspectos más importantes es optimizar su arquitectura de manera de optimizar la

cosecha. En otros estudios (López, Gastó y Nava, 1981; y López et al., 1977) se ha demostrado que el potencial productivo de la nopalera es superior a su productividad real, por lo cual no sería este un factor limitante inmediato para su desarrollo. La cosecha del fruto con fines industriales si que lo es, por cuanto el costo de cosecha es frecuentemente superior al valor del producto cosechado.

El objetivo fundamental de este estudio, es por lo tanto analizar globalmente el proceso de cosecha, de manera de buscar estrategias que permitan mejorar la eficiencia de cosecha. La cosecha, por estar estrechamente relacionada con la arquitectura del ecosistema de nopal, debe ser analizada en conjunto con el proceso de crecimiento y desarrollo frutal, dentro de un contexto de carga y descarga del ecosistema.

En el presente estudio se analiza por lo tanto, este proceso, el cual se describe tanto en sus aspectos conceptuales como formales, de manera de proporcionar los elementos de juicio necesarios que permitan finalmente proponer el diseño adecuado del ecocultivo de nopal. El presente estudio viene a complementarse con otros dos relacionados con la dinámica de la población de Opuntia streptacantha y con la arquitectura de la especie. Se espera, que con la información recabada en éstos y en otros estudios anteriores, sea factible formalizar las bases para el diseño del ecocultivo de esta especie, lo cual permitiría un mejoramiento sustancial de la agricultura de la zona.

REVISION BIBLIOGRAFICA

Carga y descarga

El ecosistema puede ser considerado como una unidad susceptible de almacenar materia, energía e información. Por lo tanto, el ecosistema debe caracterizarse por manifestar una capacidad de almacenamiento, una eficiencia de conservación de la carga, un costo de almacenamiento y una tasa de carga y descarga, atributos que están influenciados por el manejo del ecosistema por el hombre (Armijo, Nava y Gastó, 1976). Carga ecosistémica es el contenido de materia, energía e información de un ecosistema en un instante dado.

Los cambios de estado del ecosistema, en sistemas en equilibrio, son un proceso continuo y cíclico que consta fundamentalmente de dos etapas, una de carga y otra de descarga.

La etapa de carga consta de dos partes separadas por un punto de inflexión de la curva. En la primera parte la acumulación de carga se debe al proceso de transformación de los componentes topológicos pudiéndose denominar como la etapa de construcción del arreglo topológico. La segunda parte del período de carga corresponde al proceso de crecimiento del sistema, en el cual el cambio de la carga se origina principalmente en un incremento en el contenido de materia y energía, mas bien que de información (Nava, Armijo y Gastó, 1979). En este caso, la primera parte corresponde al crecimiento, desarrollo y organización del ecosistema de nopal; y la segunda parte al crecimiento de los frutos en la nopalera ya formada. El período de descarga consta a su vez de dos partes, y es la antítesis del anterior o de carga. La primera parte corresponde a la cosecha del crecimiento acumulado en el período anterior. Es decir, corresponde a la cosecha de los frutos. La segunda parte del período de descarga consiste en la desarticulación y desorganización de los componentes topológicos.

En esta etapa, más bien que perder cantidades apreciables de materia y energía, lo que ocurre es que el sistema se desorganiza. Es la etapa donde la carga alcanza su nivel mínimo (Nava, Armijo y Gastó, 1979).

Estableciendo un paralelismo entre cada una de las etapas de carga y descarga, es factible afirmar que un proceso se refiere a la organización y desorganización del ecosistema de nopal y otro al de crecimiento y cosecha del fruto. Para que exista equilibrio los cambios de estado positivos deben ser iguales a los negativos (Zuñiga, Gastó y Caviedes, 1981; Williams, 1964; Brown y Blaser, 1968; Kira y Shidei, 1967).

La cosecha directa de forraje por el ganado que utiliza una pradera es sólo un caso de descarga ecosistémica (Cañas y Gastó, 1974; Rozas et al., 1978).

El conocimiento previo de la tasa de cosecha de forraje por el ganado y de su costo ecológico de cosecha, permite predecir el cambio de peso del animal, lo cual posibilita el cálculo de la productividad secundaria de la pradera (Gonzalez, 1978; Gastó y Olivares, 1981). El proceso de descarga de mantillo ha sido analizado en detalle por Olson (1963) quien, además plantea formalmente el proceso.

El modelo general de descarga de la fitomasa por el herbívoro corresponde a la ecuación:

$$Q = (Q_0 - C)e^{-kV} + C$$

donde:

Q = cantidad de carga presente expresada en kg/ha de materia seca,

Q_0 = valor de la carga máxima al instante de iniciar la descarga,

- C = carga remanente que no puede ser cosechada por el cosechador
 K = tasa intrínseca de descarga
 v = intensidad de pastoreo expresada en toneladas-horas/ha.

Dado un sistema y un tiempo determinado, se considera Q_0 , C y k constantes (Gonzalez, 1979; Gastó y Olivares, 1981). Es factible suponer, que esta misma ecuación se aplica a la cosecha del ecosistema de nopal.

Los estudios que se realizan sobre carga y descarga del ecosistemas son pocos, el cual es considerado como un acumulador de materia, energía e información. En este caso el estudio se refiere al ecosistema de Opuntia streptacantha. Analizándose en función de su arquitectura, la productividad de fitomasa total de todos sus componentes incluye: frutos, renuevos, cladodios jóvenes, cladodios maduros, tallos suberificados y troncos.

Nopales tuneros

Las especies mas conocidas de nopal tunero se pueden dividir en dos grupos: nopales de huerto, los cuales se encuentran en los huertos que se localizan junto a las casas entre los que se encuentran Opuntia ficusindica o nopal de tuna, mansa, que fue la primera especie introducida a Europa por las españoles, Opuntia amyclaea o tuna alfajayucan y Opuntia megacantha, conocida como tuna amarilla o nopal de castilla.

El otro grupo contemplan los nopales criollos, nativos o broncos entre las que destacan principalmente: Opuntia streptacantha, conocida como tuna cardona la cual se encuentra ampliamente distribuida en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí; Opuntia leucotricha o duraznillo que también

se encuentra ampliamente distribuida en el área denominada zona cactológica de México; Opuntia robusta o nopal tapón y Opuntia hyptiacantha o tuna chayaña (López et al, 1977; Rojas, 1961 y Marroquín et al, 1964).

Dentro de los nopales silvestres el más importante tanto por su abundancia como por su utilidad, es el nopal cardón (Opuntia streptacantha) ya que su fruto es muy apreciado siendo motivo de activo comercio tanto para consumo como fruta fresca, como para la elaboración de queso de tuna, el cual tiene una amplia demanda, así como otros productos tales como: melcocha, colonche, jalea, vino y fruta seca llamados tunas apasadas (Bravo y Piña, 1979).

Existen en Zacatecas, en el municipio de Ojo Caliente, poblaciones naturales con un promedio de 1000 plantas por ha, con una producción anual por planta de 10 kg de fruto o sea 10 toneladas por ha, correspondiendo una producción de un millón de toneladas de tuna al año (Piña, 1970).

La mayoría de las especies del género Opuntia producen frutos comestibles, pero pocas son las especies que tienen un tamaño de tunas grandes, cáscara delgada, escasas de espinas y semillas y que, además sean duraderas y resistentes al transporte (Bravo y Piña, 1979).

Fructificación

En la especie Opuntia streptacantha los rebrotes de frutas y cladodios empiezan a desarrollarse a fines de febrero. La duración de la floración es de aproximadamente 20 a 30 días en los meses de marzo y abril principalmente, aunque puede seguir produciendo rebrotes, principalmente vegetativos, durante la mayor parte del año, dependiendo de las condiciones climáticas.

La etapa de desarrollo del fruto es principalmente desde el mes de marzo hasta el mes de junio, en que empieza la maduración. El fruto puede permanecer en la planta hasta que las heladas les pudran o de lo contrario hasta que se caigan de maduros, pudiendo durar hasta el mes de diciembre.

Las actividades agroindustriales continúan durante toda la temporada hasta principios de noviembre, pues el fruto empieza a perder su consistencia ideal para ser procesado y se vuelve pastoso, con poca cantidad de agua, lo cual hace más difícil su cosecha.

Utilización del fruto

El fruto del nopal, la tuna, ofrece varias alternativas de uso para el ser humano. Puede consumirse en forma directa como fruto o industrializado. Al ser procesado se pueden obtener derivados de alta demanda, entre los que sobresalen: jugo de tuna, melcocha, queso de tuna, miel de tuna, jalea de tuna, colonche o jugo en proceso de fermentación, pulque curado de tuna, vino, vino generoso, aguardiente y otros subproductos que se utilizan en la producción de colorantes para preparar dulces y refrescos, caucho sintético, alcohol, anticorrosivos y otros (García, 1965; Lozano, 1958).

La cubierta del fruto, que representa aproximadamente el 32% del peso del fruto total, se puede utilizar como forraje en la alimentación del ganado mayor como material de lastre (Lozano, 1958; Piña, 1970). Otra de las partes importantes del fruto es la semilla, ya que una vez molida y mezclada con la cáscara constituye un forraje rico en grasa y carbohidratos. La semilla, por su alto contenido de aceite de calidad para el consumo humano puede ser otra alternativa (González, 1974; Zertuche, 1966; Villarreal et al, 1964).

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se encuentra localizada en el ejido de Salinas perteneciente al municipio del mismo nombre en el estado de San Luis Potosí. El área de trabajo es conocida como El Matorral. La precipitación media anual es de 404 mm, siendo los meses de junio a septiembre los que registran las precipitaciones mas altas. La temperatura media anual es de 16.7°C, con una maxima absoluta de 40°C y mínima de 2°C, con heladas en los meses de noviembre a febrero y eventualmente en marzo (García, 1964).

Los suelos son de origen coluvial, de 0.4 m a 0.9 m de profundidad y predominantemente de color gris o café. La textura y estructura de los suelos es de migajón arcilloso y migajón arenoso, con un pH que varía desde 5.4 a 7.7. Se observan abundantes raíces y raicillas siendo su pendiente escasa, usualmente cercana al 1 %, drenaje externo rápido a medio, debido a la baja densidad de la cubierta herbácea de gramíneas perennes.

La vegetación natural dominante del sector donde se hizo el estudio se caracteriza por estar compuesta por cinco estratas principales. La estrata superior es rala y esta dominada por ejemplares aislados de Yucca decipiens, que alcanzan estaturas de 3 m a 6 m, lo cual le da el aspecto característico al sector, junto con la estrata de cactáceas ubicado bajo ésta.

La estrata de Opuntia streptacantha es la segunda estrata en estatura, la cual fluctua predominantemente entre 2.5 m y 3.5 m. Es de mayor densidad y fitomasa que las demás. Usualmente se encuentra acompañada por otras especies del mismo género entre las que sobresalen O. leucotricha y O. robusta, aunque su densidad es menor que la de la otra especie. En forma aislada se presentan también algunos ejem-

plares de Prosopis spp. y Acacia tortuosa, que conforman una población discontinua y rala.

La tercera estrata es más irregular y corresponde a nanofanerófitas entre las que predominan la Dalea tuberculata, Jatropha dioica, Parthenium sp. y Opuntia imbricata. Esta estrata, de acuerdo al manejo y condiciones ambientales del sistema ecológico, varía entre densa y rala o incluso, se encuentra ausente.

La estrata inferior presenta una cubierta escasa e insignificante. Las especies más importantes son Sporobolus airoides y Bouteloua gracilis y Scleropogon brevifolius. La quinta estrata corresponde a la de anuales, la cual aparece en forma efimera en épocas de lluvia (López et al., 1977). Una alta proporción de la cubierta edáfica se encuentra desnuda o protegida por un pavimento de erosión.

En la primera parte del estudio se analizó la relación entre el tiempo de cosecha y el número de cladodios cosechados. Para ello, se seleccionaron cuatro mogotes de gran tamaño y se registró el tiempo de cosecha de cada cladodio y su número correlativo de cosecha. Se registró, además, el número de tunas contenidas en el cladodio. El proceso se continuó hasta concluirse con la cosecha total de los cladodios con frutos existentes en el mogote. Posteriormente se calculó la función de cosecha de los cladodios y de las tunas.

La eficiencia de cosecha, expresado en tiempo requerido por unidad de cladodio cosechado fue también calculada. Esta eficiencia se determinó dentro del contexto de un orden correlativo de cosecha con el fin de establecer la variación de la eficiencia en relación a este orden. Esta eficiencia se calculó tanto en relación a la cosecha individual del cladodio como a su cosecha acumulativa.

Se determinó además el tiempo de descortezado del fruto y su acopio en receptáculos para su posterior traslado a la agroindustria. Dada la extrema rapidez del proceso, sólo fue posible determinar el tiempo invertido en el proceso de descortezado y acopio de todas las tunas de cada cladodio de manera de calcularse posteriormente el tiempo por tuna.

Dado que el número de tunas por cladodio es variable, entre extremos muy amplios que van desde uno a superior a cuarenta frutos por cladodio, se determinó una relación entre el número de tunas por cladodio y el tiempo medio por fruto, con el fin de determinar si la eficiencia de peladura varía en función del número de tunas por unidad de cladodio.

Se calculó además el tiempo medio de corta y acopio de los cladodios con frutas de la planta. Dado que el proceso de cosecha se realiza en varias etapas, una de las cuales es la cosecha de cladodios y amontonamiento sobre el suelo, se determinó en una primera etapa este costo. Luego estos cladodios son tomados y trasladados junto al cosechador para procederse al proceso de peladura. Este tiempo fue también calculado.

Se determinó la relación entre el número de frutos por cladodio y su frecuencia relativa en la planta. Para ello, se seleccionó algunos mogotes y se calculó en la totalidad de los cladodios con frutos, el número desarrollado en cada uno, y posteriormente se determinó la función.

El tamaño de los frutos es variable de acuerdo a numerosos factores. En el presente estudio se estableció la relación entre el número de frutos por cladodio y su peso medio. Para ello, se seleccionaron cladodios con un número variable de frutos, entre un rango que va desde uno por cladodio hasta el máximo, que en este caso fue de cuarenta y cuatro por cladodio. Finalmente, se estableció la relación entre el peso medio de la fruta fresca descortezada y el número de frutos por cladodio.

En la cosecha de los cladodios se empleó las herramientas manuales tradicionales que actualmente se emplean en el proceso. Asimismo, en el proceso de peladura del fruto, se empleó también una cuchilla de uso tradicional en la zona. El personal que participó en el proceso corresponde a trabajadores que tradicionalmente participan en la faena. En los estudios en que se calculó tiempo de cosecha, solo un mismo trabajador participó en todo el proceso. No se determinaron diferencias entre cosechadores. En todos los casos se trabajó con cosechadores experimentados.

El estudio se realizó durante la temporada de 1981, en la nopalera natural de tuna cardona, del sector el matorral, en el ejido Salinas.

RESULTADOS Y DISCUSION

La cosecha de los frutos de Opuntia streptacantha por el hombre es un proceso complicado en el cual se requiere invertir tiempo y esfuerzo en magnitudes tales que a menudo hace desventajosa la cosecha de la tuna. Este costo llega a ser tan elevado que a menudo se observa en las comunidades naturales la presencia de grandes cantidades de tunas que permanecen en la planta sin cosecharse o se caen o secan sin ser utilizados por el hombre (Figura 1).

El costo ecológico de cosecha, expresado en calorías invertidas en relación a calorías cosechadas es, a menudo, tan elevado que hasta los campesinos mas modestos se abstienen de cosechar estos frutos que usualmente son los mas difíciles o pequeños. El costo de cosecha puede también calcularse sobre una base económica. No es el objetivo del presente estudio analizar este aspecto por cuanto es de alta variabilidad ya que fluctúa de acuerdo a las remuneraciones del cosechador y con el precio del producto, como asimismo, cuando éste se calcula en relación al ingreso derivado de la venta del fruto o algún otro producto derivado de éste.

El esfuerzo invertido en la cosecha de la tuna tiene varias fuentes, algunas de las cuales se analizan en detalle en este trabajo, dada su importancia relativa en el costo ecológico de cosecha. Otras, en cambio, solo son consideradas en forma general.

Los fuentes principales del costo son las siguientes:

Localización de plantas con frutos maduros cosechables,

Toma de decisión de elección de la planta a cosecharse,

Traslado hasta la planta que se cosechará,

Corta de la tuna y acopio en botes o canastos

(en el caso que sea para consumo fresco)

Figura 1. Ejemplo de la cosecha de la tuna en Salinas, San Luis Potosí y detalle de ciudadanos con los frutos.





Figura 1. Ejemplares de Opuntia streptacantha con sus frutos en Salinas, San Luis Potosí y detalle de cladodios con sus frutos.

Corta de cladodios con tunas,
 Acopio de los cladodios con tuna,
 Peladura de la tuna y acopio en botes (en el
 caso que se trate para tuna de uso industrial), y
 Traslado desde el lugar de cosecha al centro
 de acopio de la nopalera.

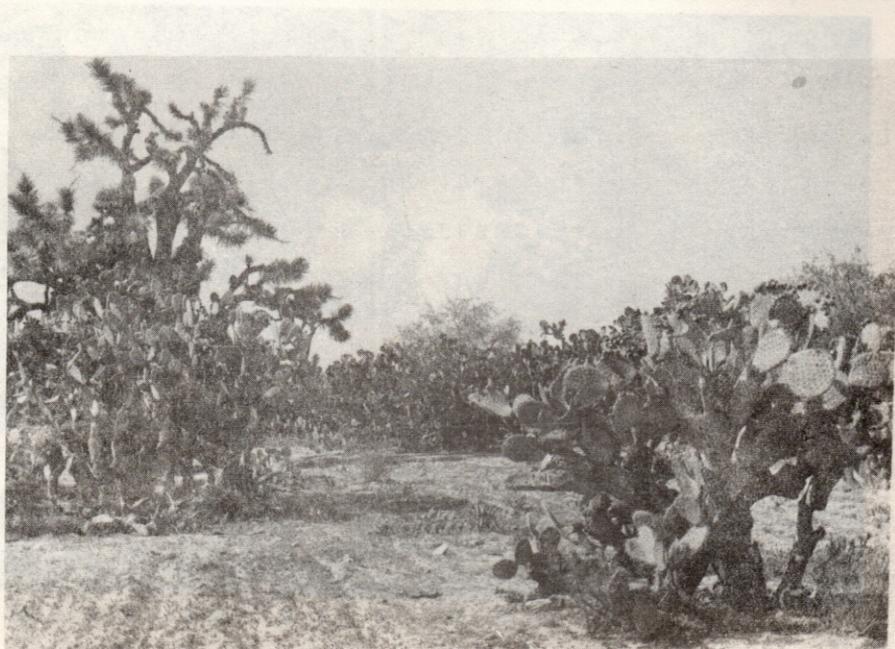
Cada una de estas operaciones requiere de un esfuerzo que puede ser mas o menos elevado de acuerdo a su naturaleza. Algunas de ellas pueden ser mejoradas de manera de reducirse su costo ecológico, en tanto que en otras es mas difícil.

La localización de las plantas con frutos maduros cosechables en las nopaleras naturales requiere mas tiempo del necesario por cuanto las plantas estan distribuidas al azar o en grupos irregulares (Figura 2). La visibilidad es usualmente escasa debido a la estatura de las plantas y a su distribución espacial por lo cual es difícil localizar los ejemplares cosechados y a los que aun falta cosecharse. Dada la irregularidad de la distribución de las plantas y de sus tamaños, es difícil ajustarse a una regularidad de la cosecha. Sería necesario que las plantas tendieran a una distribución en línea o bien en paños regulares y en superficies pequeñas, lo cual no ocurre en forma natural. Muchas plantas y frutos dejan de ser cosechados debido a esta causal. El tiempo que usualmente se invierte en esta operación es excesivo.

Una vez individualizados los ejemplares con frutos cosechables es necesario tomar una decisión y seleccionar uno, el cual deberá ser cosechado. Luego se requiere trasladarse hasta éste para su cosecha. El esfuerzo de traslado es proporcional a la distancia y a los obstáculos que deben salvarse para llegar desde el punto primitivo en la planta



a



b



c



d

Figura 2. (a) Vista general de la distribución espacial de plantas de *Opuntia streptacantha* y de las especies acompañantes en Salinas, San Luis Potosí; (b) mogote natural en tamaño de cultivos de temporal; (c) cosecha de cladodios con sus frutos; y (d) cladodios dejados sobre el terreno luego de la peladura y cosecha de tunas.

981

cosechada hasta la planta por cosecharse. Este esfuerzo se complica por cuanto las plantas y los mogotes son de forma irregular y están distribuidas al azar espaciadas o en grupos y debido a que existen numerosos obstáculos del terreno o de la vegetación. Sería necesario manejar o transformar la vegetación de la nopalera de manera de tender a distribuir las plantas alineadas o delimitadas en sectores pequeños de forma regular, mediante la construcción de brechas de forma y trazado regular.

Las plantas mas productivas son, en general, las de mayor tamaño, las cuales se ubican en conjuntos mas o menos compactos, o mogotes donde las tunas se desarrollan en el borde superior de los cladodios ubicados a mayor estatura, los cuales usualmente sobrepasan los dos, tres o hasta cuatro metros. Además, debido a que los grupos son compactos y las plantas estan cubiertas de espinas de gran tamaño, no sería posible su cosecha manual. Es por ello que la cosecha se realiza con la ayuda de una vara de dos a tres metros de longitud, al extremo de la cual se inserta una cuchilla de la forma y tamaño indicado en la figura 3.

Este instrumento de cosecha, desarrollado con el fin de cortar los cladodios con tunas y bajarlos al suelo, hacen esta operación sencilla y eficiente. Este instrumento permite cosechar frutos ubicados en altitudes elevadas o dentro de mogotes densos, que en otra forma harían muy difícil o imposible su cosecha. Su costo de cosecha sería tan elevado que simplemente no se cosecharían.

La reducción de la estatura de la planta a través de podas de formación bajaría en alguna medida el costo ecológico de cosechar el cladodio. El manejo de la poda permitiría formar plantas mas pequeñas y regulares, de manera de optimizar esta fase de la cosecha. El raleo de plantas facilitaría aún mas este proceso.

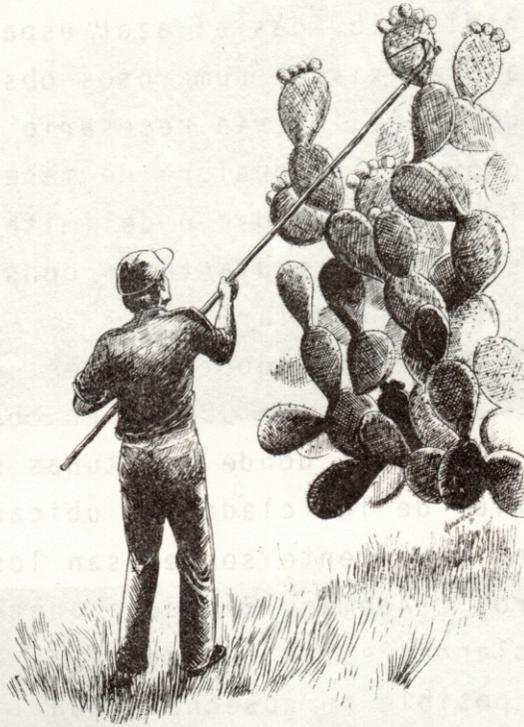


Figura 3. Instrumento empleado localmente para la corta y cosecha de cladodios con tuna, en poblaciones naturales de Opuntia streptacantha. Detalle de la cuchilla y esquema general del instrumento. Se indica, además el corte en el cladodio y la incisión donde se engancha la fracción superior cortada para ser trasladada lentamente al suelo.

En las poblaciones comerciales cultivadas, donde las plantas están espaciadas y anualmente se podan, la cosecha se realiza cogiendo normalmente la tuna con la mano y luego cortándola en su punto de unión con el cladodio. El proceso de corta del cladodio, por lo tanto, no ocurre de manera que la planta sufre el menor daño por el proceso de cosecha. Para lograrse evitar esta etapa, sería necesario, contar con ejemplares pequeños, formados con poda y raleados, lo cual no es posible en las poblaciones naturales no manejadas, tal como ocurre en la realidad.

El amontonamiento de los cladodios cortados es un proceso que ocurre en conjunto con el proceso de corta del cladodio, el cual se engancha en la punta de la herramienta y luego se deposita lentamente sobre el suelo, a la espera de ser peladas.

Algunos cladodios con tunas están ubicados en posiciones más accesibles para la cosecha, los cuales el cosechador obtiene con mayor facilidad. Otros, en cambio, se localizan en posiciones más difíciles dentro de la planta o del mogote, los cuales no son cosechados o bien el tiempo invertido en la cosecha es mayor, lo cual reduce la eficiencia de cosecha.

En el proceso de cosecha del cladodio intervienen en forma confundida dos costos diferentes. Uno es el tiempo de búsqueda en la planta del cladodio con frutos y el otro es el tiempo de corta y cosecha del cladodio. En general, en los primeros cladodios que se cosechan, cuando la planta está cargada, el tiempo de búsqueda y de cosecha es menor que en los últimos. A medida que se descarga la planta el esfuerzo de búsqueda y de cosecha va siendo mayor (Figura 4).

El cosechador, en general, tiene la tendencia a instalarse en un lugar contiguo, al mogote y cosecha de preferencia aquellos cladodios con mayor número de frutos de

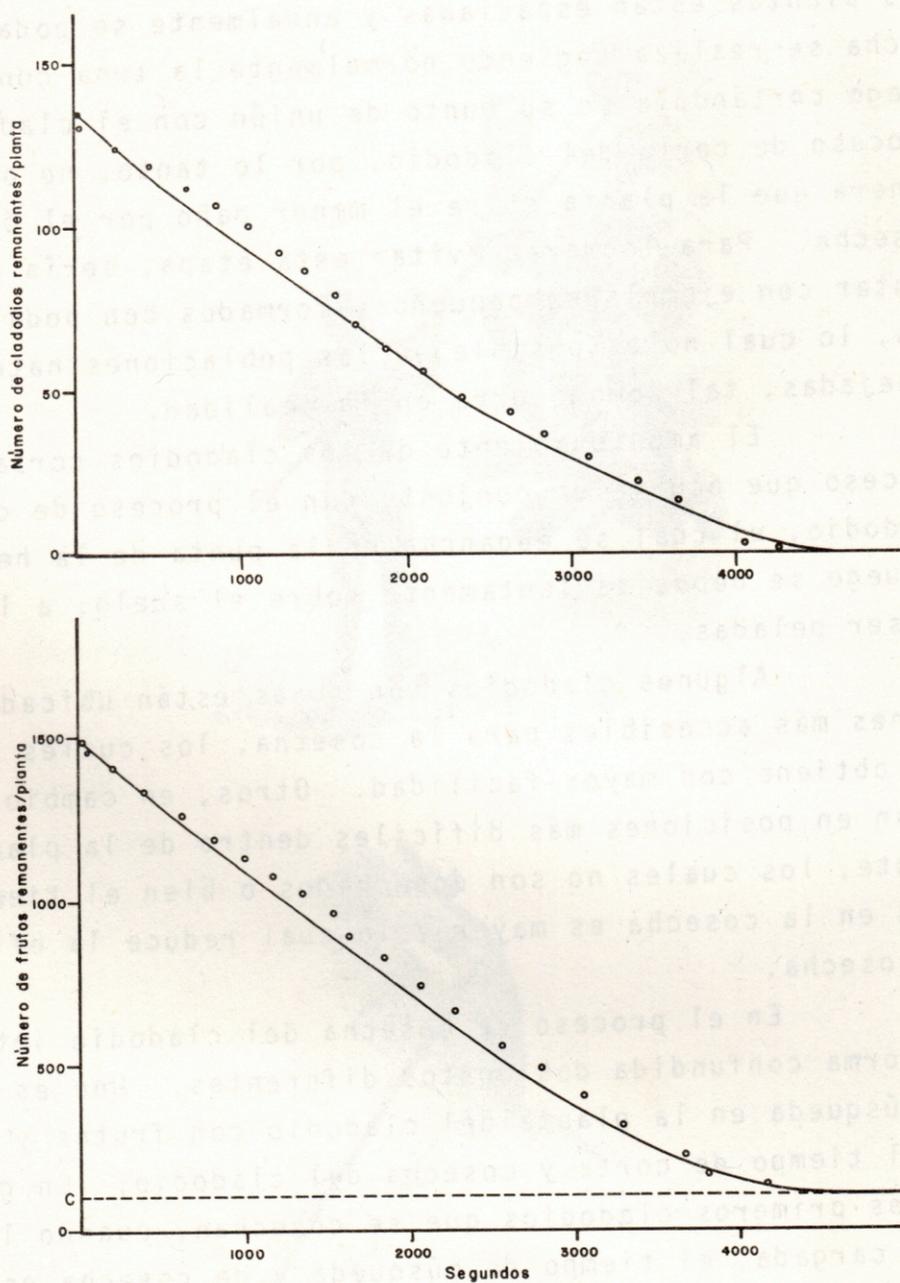


Figura 4. Relación entre el tiempo invertido en la cosecha de cladodios y el número de cladodios remanentes con frutos cosechables (gráfica superior), y el número de tunas remanentes en la planta (gráfica inferior), en plantas de Opuntia streptacantha en la región de Salinas, San Luis Potosí

mayor tamaño. Van quedando rezagados, en esta forma, aquellos con frutos pequeños y poco numerosos que son los que proporcionalmente ofrecen menor producto cosechado por unidad de esfuerzo de cosecha (Figura 5).

El proceso de cosecha del cladodio con los frutos no es una de las etapas más costosas de la cosecha, en general. El costo de pelar es el de mayor costo pues se requiere aproximadamente cuatro personas pelando por cada persona que se dedica a cosechar cladodios con tuna.

El tiempo relativo de corte por cladodio tiende a incrementarse de acuerdo al orden correlativo de cosecha del cladodio, especialmente en los últimos, que tienden a hacerse exponenciales (Figura 5). Es factible plantear que, hipotéticamente, las funciones generales que describen estos procesos se ajustan a las indicadas en la figura 6.

Existe una relación muy definida entre el número correlativo de cosecha del cladodio y el número de tunas por cladodio (Figura 7). En los primeros cladodios que se cosechan, el número de tunas por cladodio es elevado, relación que se mantiene más o menos constante en la primera etapa de descarga o cosecha del fruto. En esta etapa, sin embargo, existe bastante variabilidad en el número de frutos por cladodio, lo cual es natural que así sea. El cosechador, se establece en un lugar determinado de la periferia del mogote y desde allí cosecha los cladodios que sean más eficientemente cosechados. Algunos de ellos contienen un mayor número de frutos de gran tamaño pero se localizan en lugares de más difícil cosecha. Otros, en cambio se localizan en lugares más favorables, de fácil cosecha, pero contienen menor número de frutos o estos son de menor tamaño. En ambos casos la eficiencia de cosecha puede ser análoga, lo cual se refleja en

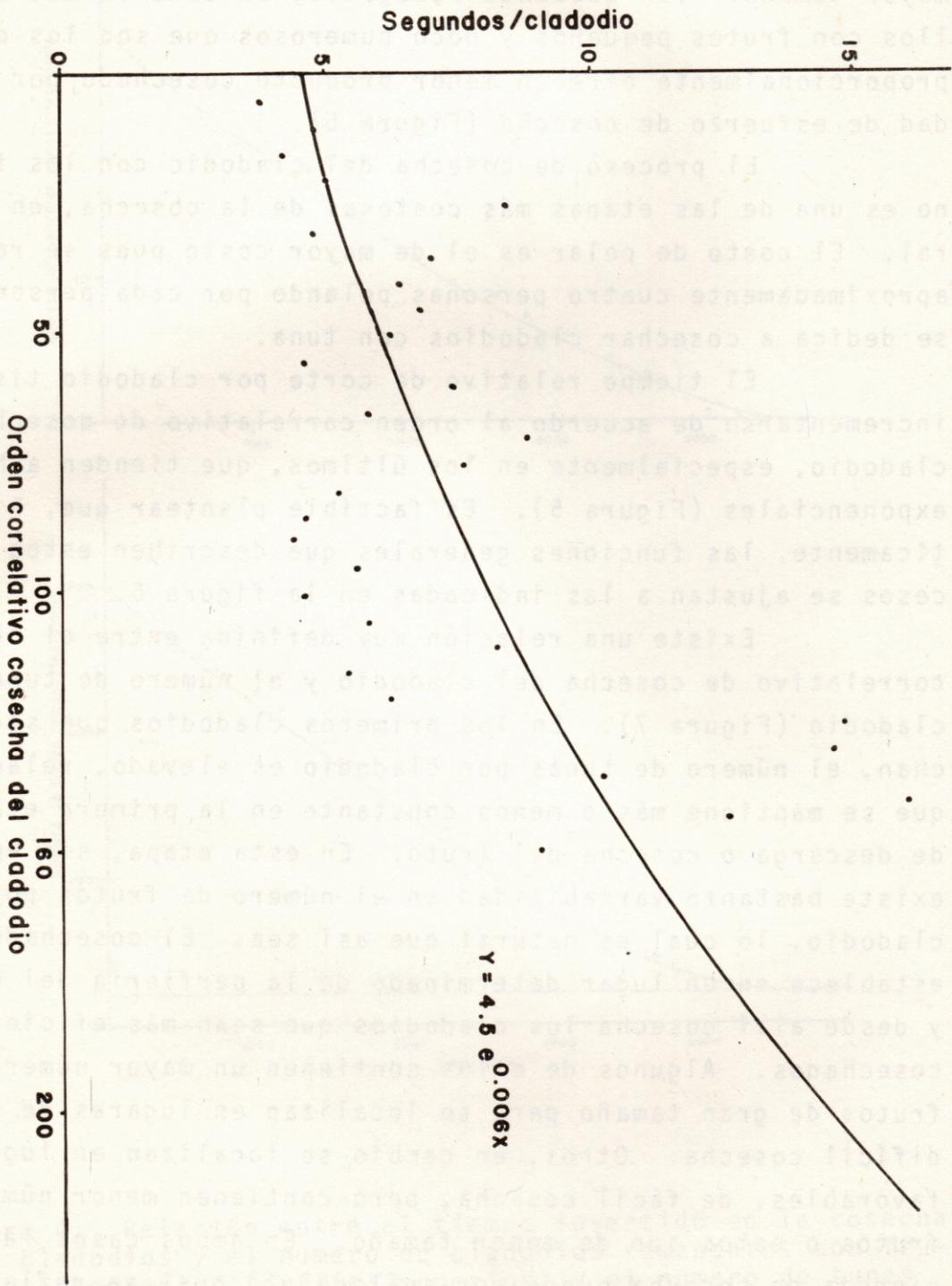


Figura 5. Eficiencia de cosecha de cladodios expresado en tiempo por cladodio en relación al orden correlativo de cosecha del cladodio.

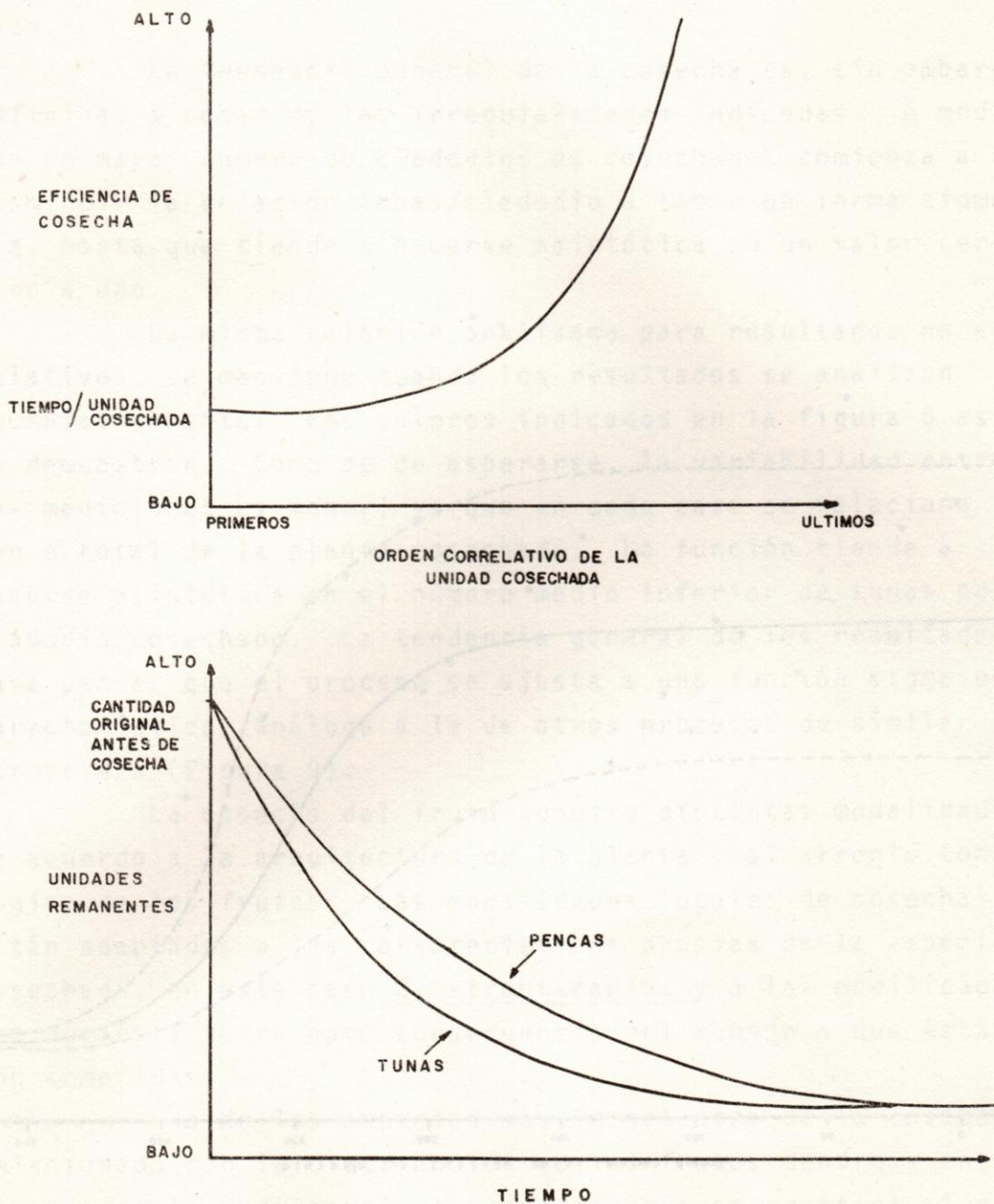


Figura 6. Esquema general de la función que establece la relación entre la eficiencia de cosecha del cladodio expresado en segundos por cladodio y el orden correlativo de la cosecha del cladodio.

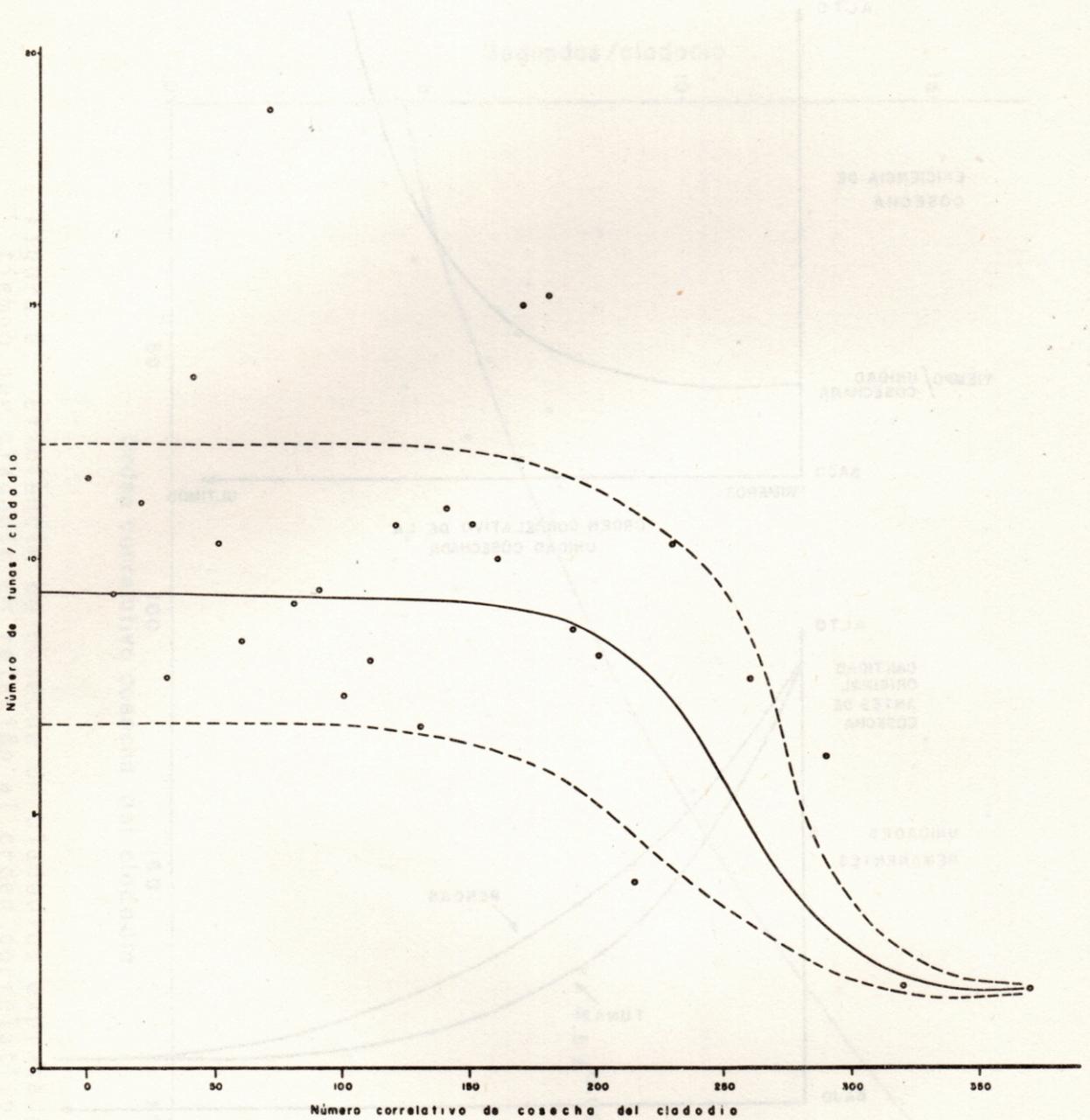


Figura 7. Relación no acumulativa entre el número de tunas por cladodio cosechado y el número correlativo de cosecha del cladodio, comenzando desde la planta sin cosechar hasta la cosechada íntegramente; en Opuntia streptacantha en Salinas, San Luis Potosí.

la irregularidad de las cifras presentadas en la figura citada.

La tendencia general de la cosecha es, sin embargo, definida, a pesar de las irregularidades indicadas. A medida que un mayor número de cladodios es cosechado, comienza a disminuir la relación tunas/cladodio a tomar una forma sigmoidea, hasta que tiende a hacerse asintótica en un valor cercano a uno.

La misma relación analizada para resultados no acumulativos, se mantiene cuando los resultados se analizan acumulativamente. Los valores indicados en la figura 8 así lo demuestran. Como es de esperarse, la variabilidad entre las mediciones es menor, ya que en cada caso se relaciona con el total de la planta cosechada. La función tiende a hacerse asintótica en el número medio inferior de tunas por cladodio cosechado. La tendencia general de los resultados, hace pensar que el proceso se ajusta a una función sigmoidea característica, análoga a la de otros procesos de similar naturaleza (Figura 9).

La cosecha del fruto adquiere distintas modalidades de acuerdo a la arquitectura de la planta y al arreglo topológico de los frutos. Las modalidades locales de cosecha están adaptadas a las características propias de la especie cosechada, en este caso *O. streptacantha* y a las modificaciones que ésta sufre como consecuencia del manejo a que éstas son sometidas.

Uno de los aspectos más importantes de la cosecha, relacionado con la distribución de los frutos dentro y entre plantas es la poda anual de cladodios que se practica al cosechar los frutos de la planta. Esto destruye numerosos centros de fructificación, por lo cual en la temporada siguiente los frutos deben desarrollarse en otros cladodios.

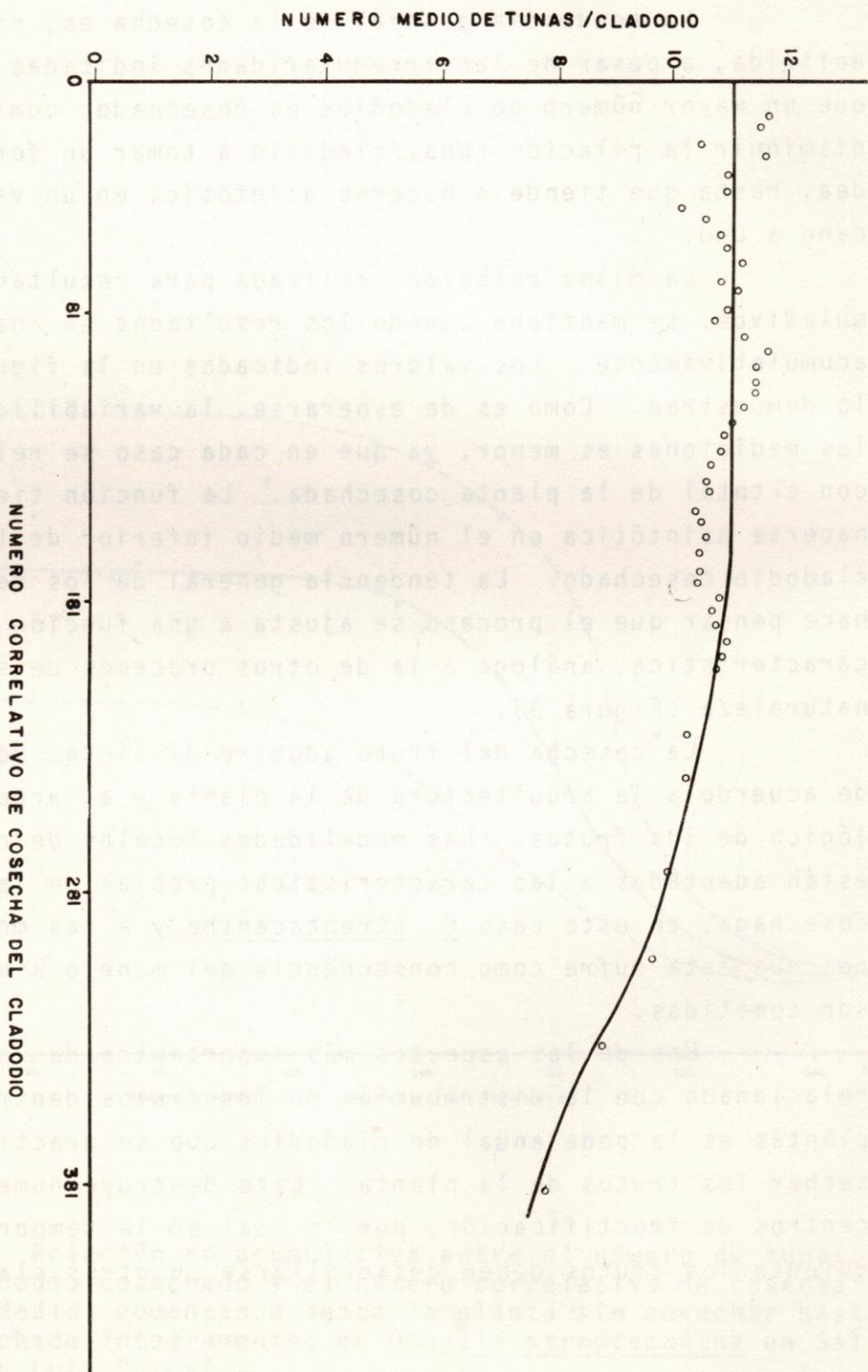


Figura 8. Relación acumulativa entre el número medio de tunas por cladodio cosechado y el número correlativo de cosecha del cladodio, comenzando desde la planta de Opuntia streptacantha sin cosechar hasta la cosechada íntegramente, en Salinas, San Luis Potosí.

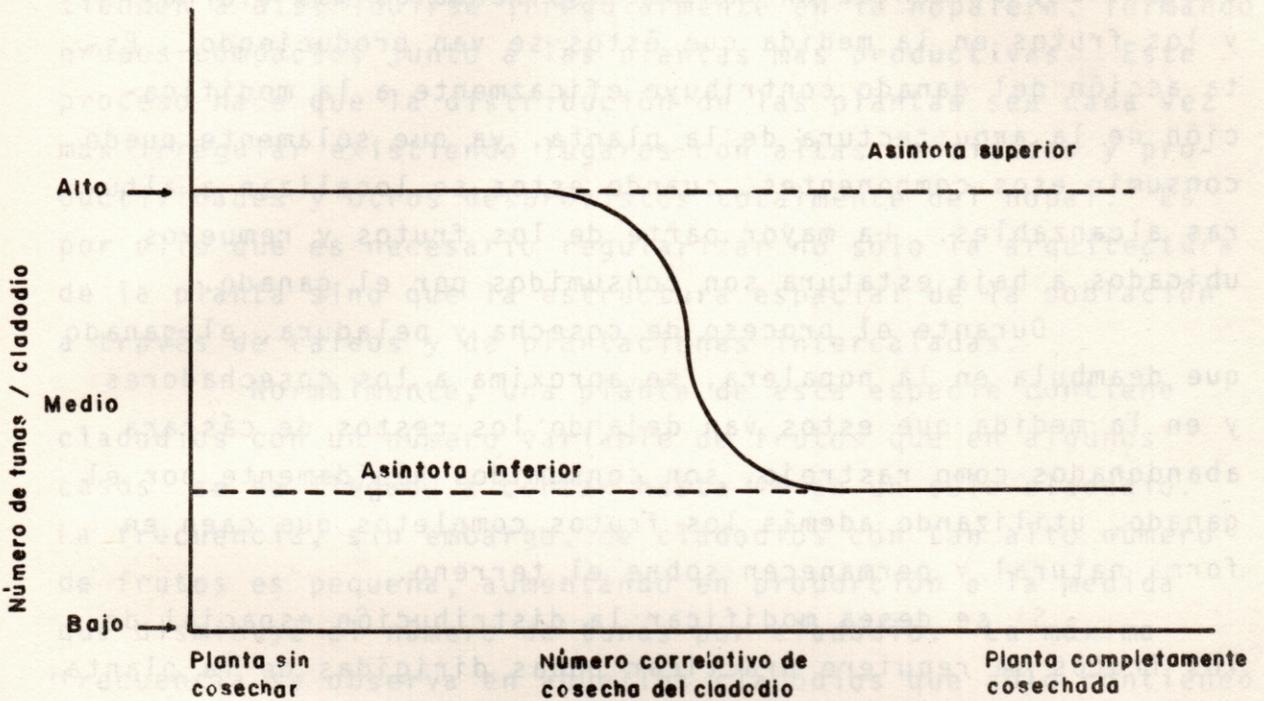


Figura 9. Esquema general de la función que establece la relación entre el número de tunas por cladodio cosechado y el número correlativo de la cosecha del cladodio.

Fuera de lo anterior, esta poda involuntaria, ocasiona que sólo los extremos superiores de la planta se corten, por lo cual el ejemplar continua desarrollándose en estatura y las nuevas ramificaciones de cladodios se producen en el extremo superior. A ello se debe la forma tan peculiar de las plantas adultas (López, Gastó y Nava, 1981).

El ganado que usualmente deambula en las nopaleras naturales ramonea los arbustos y paca el forraje herbáceo que se desarrolla entre éstos. Además, como medio de subsistencia y alimentación consume los renuevos más tiernos y los frutos en la medida que éstos se van produciendo. Esta acción del ganado contribuye eficazmente a la modificación de la arquitectura de la planta, ya que solamente puede consumir esos componentes, cuando estos se localizan a alturas alcanzables. La mayor parte de los frutos y renuevos ubicados a baja estatura son consumidos por el ganado.

Durante el proceso de cosecha y peladura, el ganado que deambula en la nopalera, se aproxima a los cosechadores y en la medida que estos van dejando los restos de cáscara abandonados como rastrojo, son consumidos rápidamente por el ganado, utilizando además los frutos completos que caen en forma natural y permanecen sobre el terreno.

Si se desea modificar la distribución espacial de los frutos se requiere practicar podas dirigidas de la planta, de manera de darle la arquitectura que optimice el proceso de cosecha.

En ejemplares de gran estatura y diámetro, la única posibilidad de cosechar la planta es a través de la poda de cladodios con la herramienta ad hoc ya indicada, de manera de depositar los frutos sobre el suelo para luego ser sometidos al proceso de peladura. Bajo tales circunstancias, el

El cosechador prefiere cladodios donde se han desarrollado varios frutos en lugar de aquellos que sólo contienen uno o dos, que son la mayoría. El cambio de la arquitectura de la planta y del tamaño del furto afectaría las modalidades de cosecha.

La cosecha de cladodios y pelado de la tuna deja como subproducto fracciones de cladodios abandonados en los alrededores de las plantas cosechadas. Estos cladodios, con el tiempo, logran arraigar y formar nuevas plantas, las cuales tienden a distribuirse irregularmente en la nopalera, formando grupos compactos junto a las plantas mas productivas. Este proceso hace que la distribución de las plantas sea cada vez mas irregular existiendo lugares con altas densidades y productividades y otros desprovistos totalmente del nopal. Es por ello que es necesario regularizar no sólo la arquitectura de la planta sino que la estructura espacial de la población a través de raleos y de plantaciones intercaladas.

Normalmente, una planta de esta especie contiene cladodios con un número variable de frutos que en algunos casos se ha llegado a contar hasta 44 en un sólo cladodio. La frecuencia, sin embargo, de cladodios con tan alto número de frutos es pequeña, aumentando en proporción a la medida que disminuye el número de tunas por cladodio. La máxima frecuencia se observa en aquellos cladodios que sólo contienen una tuna (Figura 10).

De acuerdo a las características de pluviosidad del año, se tiene la distribución del fruto en la planta y la frecuencia de frutos por cladodio. Los años con lluvias favorables se produce mayor cantidad de fruto y de mayor tamaño. Es probable, además, que la distribución de la frecuencia de frutos por planta varíe, incrementándose en alguna medida aquellos cladodios de mayor densidad de frutos. En

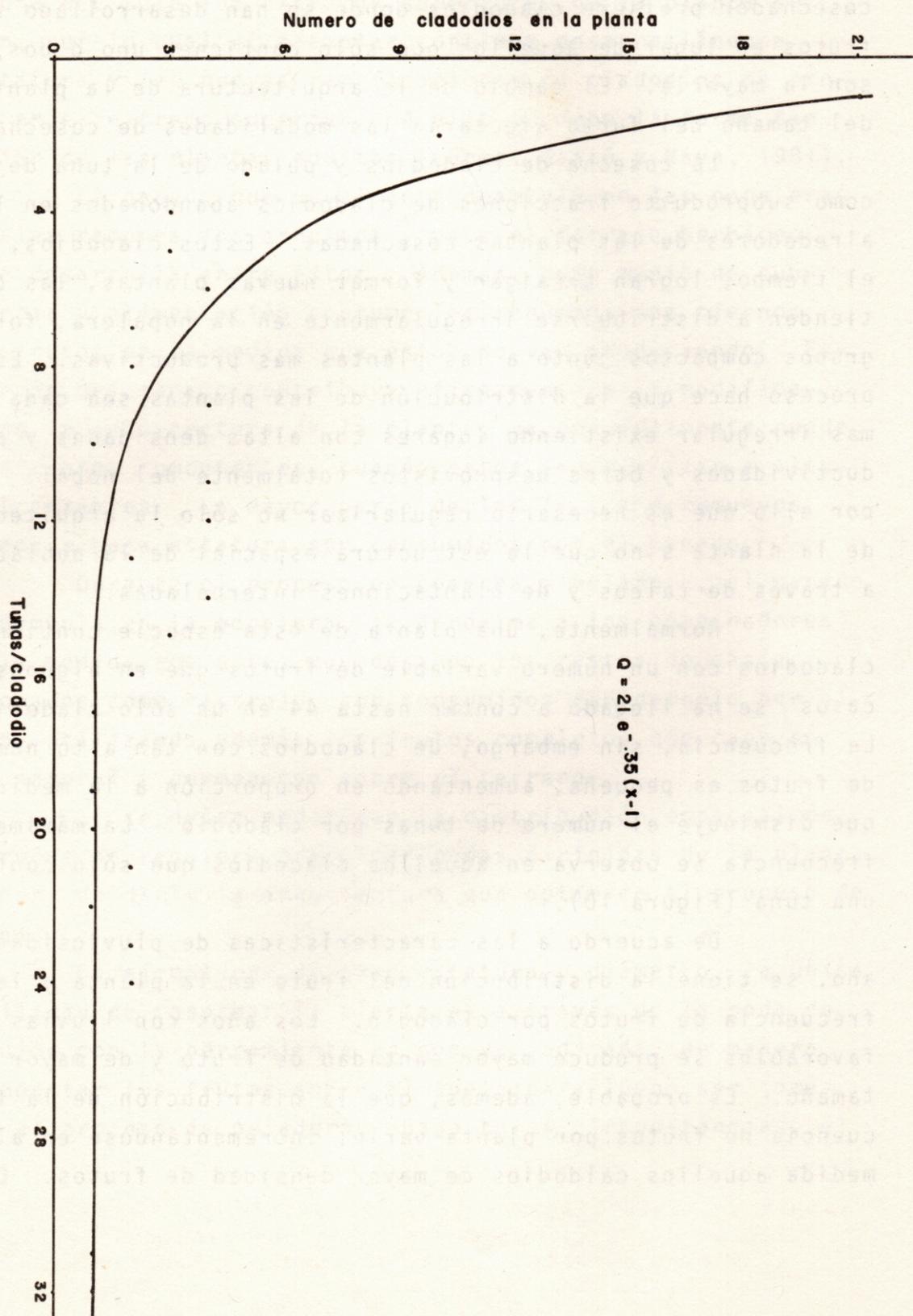


Figura 10. Frecuencia de frutos por cladodio en plantas de gran tamaño, en Salinas, San Luis Potosí, durante la temporada de 1980.

la figura 11 se presenta un esquema generalizado de la distribución de los frutos en la planta y de su posible variabilidad de acuerdo a las variaciones del tiempo. En los años desfavorables, se plantea hipotéticamente que el número de cladodios sin frutos debe ser elevado, en tanto que aquellos con elevado número de frutos, deben ser también escasos, predominando los con pocos frutos por cladodio. En temporadas favorables, en cambio, la relación debe invertirse, al incrementarse la frecuencia de cladodios con frutos numerosos, mientras aquellos sin frutos disminuyan a un mínimo.

El número de tunas por cladodio varía entre extremos muy amplios que van desde cero hasta cuarenta y cuatro ó mas. Se podría pensar que el peso de los frutos por cladodio se ajusta a una función rectilínea, de manera de relacionar directamente número y peso. En verdad, los resultados experimentales que se tienen indican que no existe una relación rectilínea, sino que curvilínea (Figura 12).

La función calculada expresa que a medida que se eleva el número de frutos en un cladodio, el tamaño medio de los frutos se reduce en la proporción de una función exponencial que concluye por hacerse asintótica al eje de las abscisas cuando el número de frutos es elevado, superior a cuarenta por cladodio.

Esta función es indicativo que el cladodio tiene una capacidad productiva limitada, en este caso de alrededor de 520 g. Si el número total de frutos se eleva sobre un número aproximado de cuarenta, el peso medio de cada fruto disminuye en la proporción que el número se incrementa. En el caso que el número sea menor, el peso total de los frutos es menor y el peso medio de los frutos es mayor, hasta llegar a un fruto por cladodio, cuando se registra el mayor peso medio por fruto. Además, indica esta función que el peso

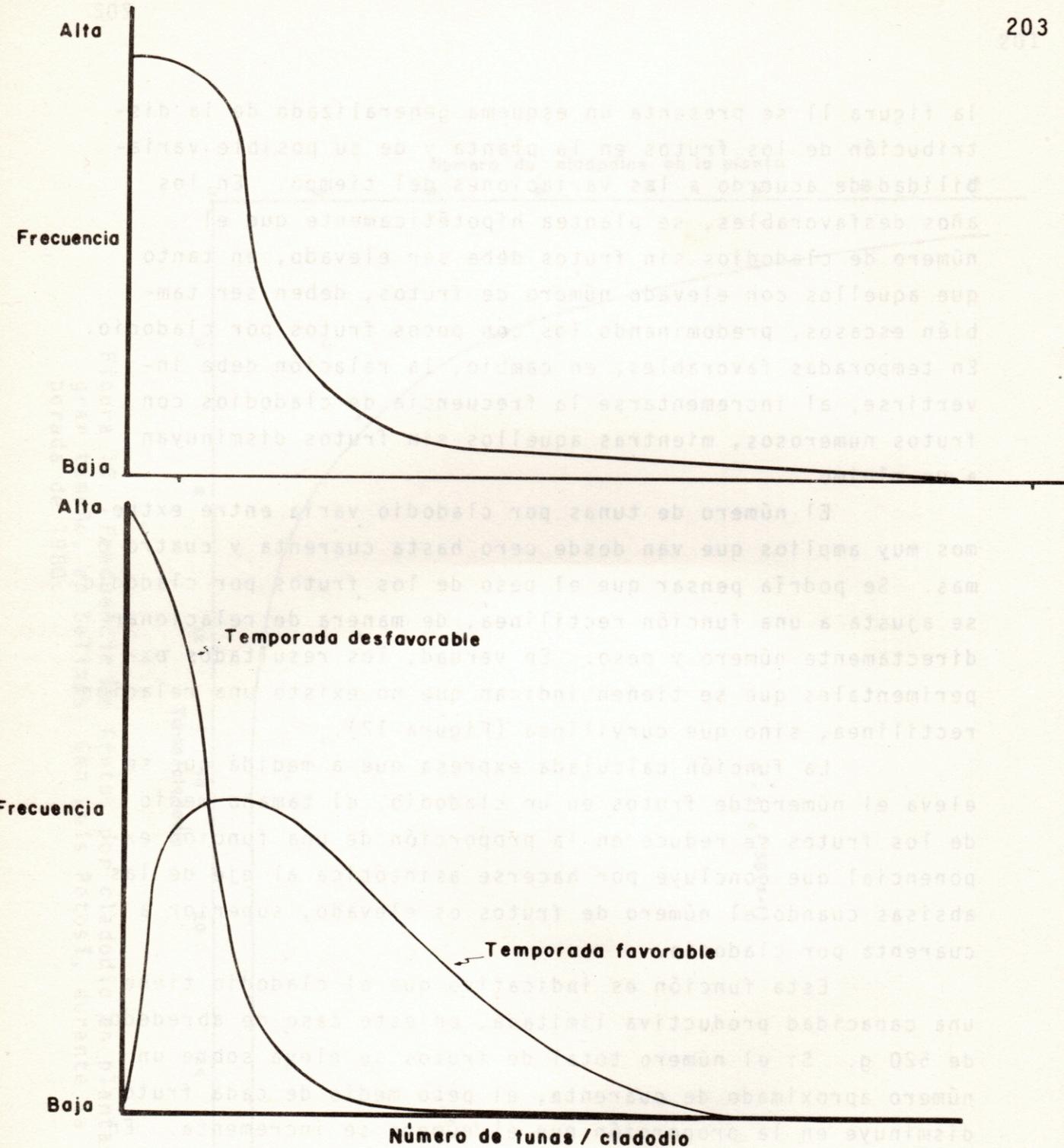


Figura 11. Esquema generalizado de la distribución de la frecuencia de frutos por cladodio en plantas adultas de *Opuntia streptacantha* (gráfico superior). Variación hipotética general en la frecuencia al variar las condiciones ambientales en temporadas favorables y desfavorables (gráfico inferior).

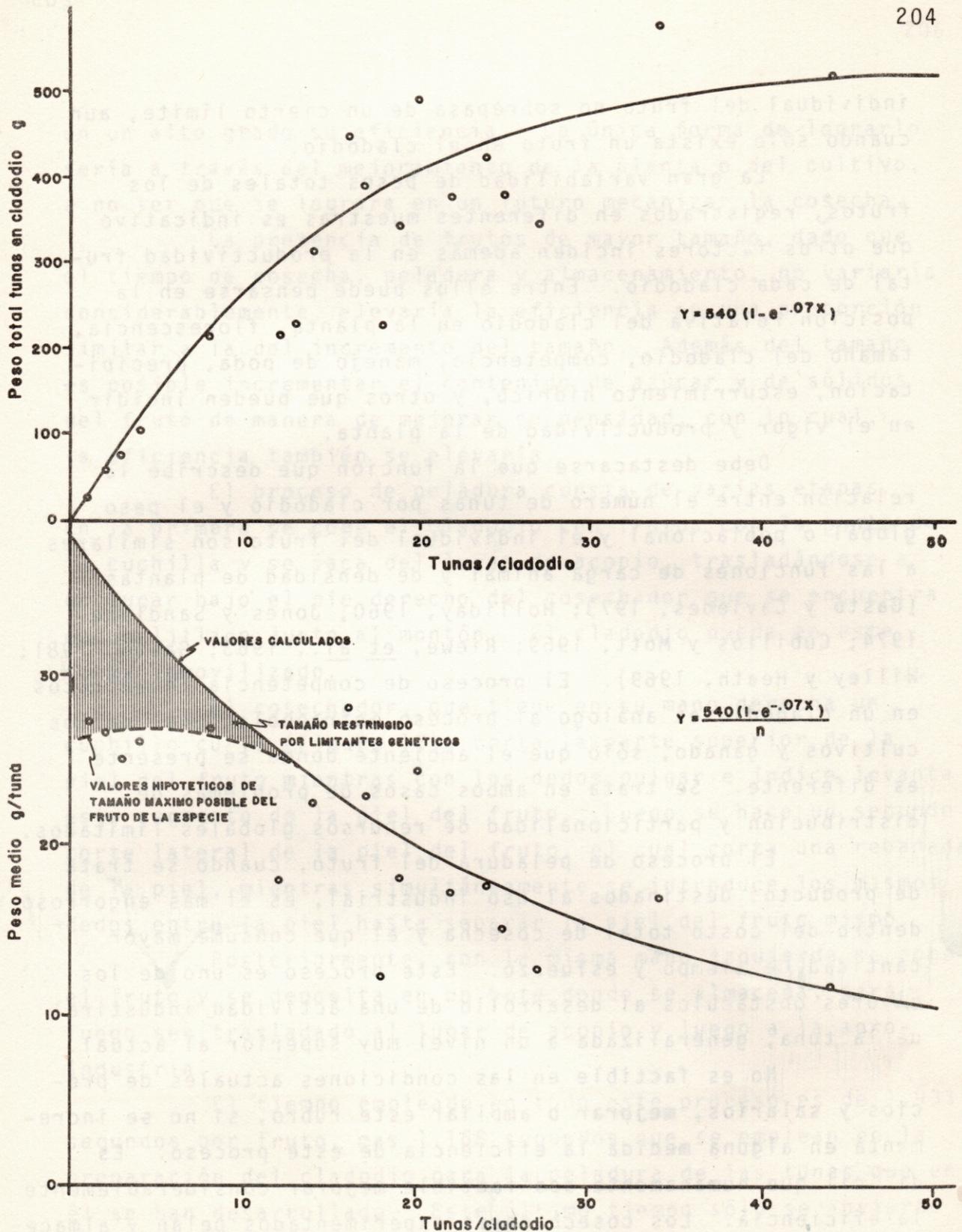


Figura 12. Relación entre el número de tunas por cladodio y el peso fresco total de las tunas sin pelar en el cladodio (gráfico superior) y relación entre el número de tunas por cladodio y el peso fresco medio individual del fruto (gráfico inferior).

individual del fruto no sobrepasa de un cierto límite, aun cuando sólo exista un fruto en el cladodio.

La gran variabilidad de pesos totales de los frutos, registrados en diferentes muestras es indicativo que otros factores inciden además en la productividad frutal de cada cladodio. Entre ellos puede pensarse en la posición relativa del cladodio en la planta, florescencia, tamaño del cladodio, competencia, manejo de poda, precipitación, escurrimiento hídrico, y otros que pueden incidir en el vigor y productividad de la planta.

Debe destacarse que la función que describe la relación entre el número de tunas por cladodio y el peso global o poblacional y el individual del fruto son similares a las funciones de carga animal y de densidad de plantas (Gastó y Caviedes, 1973; Holliday, 1960; Jones y Sandland, 1974; Cubillos y Mott, 1969; Riewe, et al., 1963; Gastó, 1981; Willey y Heath, 1969). El proceso de competencia intrafrutos en un cladodio es análogo al proceso intrapoblacional de los cultivos y ganado, sólo que el ambiente donde se presente es diferente. Se trata en ambos casos de problemas de distribución y particionalidad de recursos globales limitados.

El proceso de peladura del fruto, cuando se trata de productos destinados al uso industrial, es el mas engorroso dentro del costo total de cosecha y el que consume mayor cantidad de tiempo y esfuerzo. Este proceso es uno de los mayores obstáculos al desarrollo de una actividad industrial de la tuna, generalizada a un nivel muy superior al actual.

No es factible en las condiciones actuales de precios y salarios, mejorar o ampliar este rubro, si no se incrementa en alguna medida la eficiencia de este proceso. Es difícil que humanamente sea factible mejorar considerablemente la eficiencia. Los cosechadores experimentados pelan y almacenan el fruto en botes con tal rapidez que sería difícil elevar

en un alto grado su eficiencia. La única forma de lograrlo sería a través del mejoramiento de la planta o del cultivo, a no ser que se lograra en un futuro mecanizar la cosecha.

La presencia de frutos de mayor tamaño, dado que el tiempo de cosecha, peladura y almacenamiento, no variaría considerablemente, elevaría la eficiencia en una proporción similar a la del incremento del tamaño. Además del tamaño es posible incrementar el contenido de azúcar y de sólidos del fruto de manera de mejorar su densidad, con lo cual, la eficiencia también se elevaría.

El proceso de peladura consta de varias etapas. En la primera se coge el cladodio con frutos con la punta de la cuchilla y se saca del lugar de acopio, trasladándose a un lugar bajo el pie derecho del cosechador que se encuentra encunclillado junto al montón. El cladodio queda en esta forma inmovilizado.

El cosechador, que tiene en su mano derecha un cuchillo curvo (Figura 13), corta la parte superior de la piel del fruto mientras con los dedos pulgar e índice levanta este segmento de la piel del fruto. Luego se hace un segundo corte lateral de la piel del fruto, el cual corta una rebanada de la piel, mientras simultáneamente se introduce los mismos dedos entre la piel hasta separar la piel del fruto mismo.

Posteriormente, con la misma mano izquierda se coge el fruto y se deposita en un bote donde se almacena, para luego ser trasladado al lugar de acopio y luego a la agroindustria.

El tiempo empleado en todo este proceso es de 1.933 segundos por fruto, mas 1.168 segundos que se emplean en la preparación del cladodio para la peladura de las tunas que en él se han desarrollado. Este último tiempo sólo se invierte cuando se cambia de cladodio, por lo cual su incidencia es insignificante cuando se trata de cladodios con varios frutos (Figura 14).

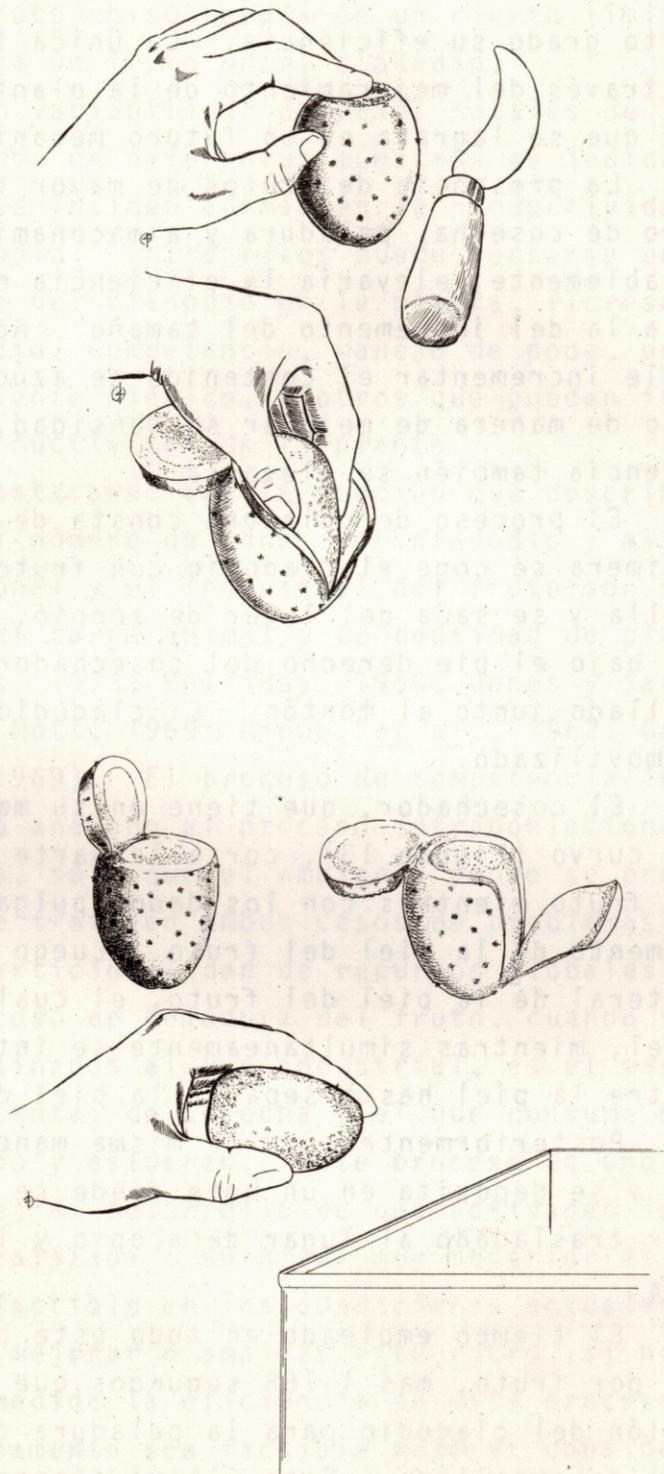


Figura 13. Esquema general del proceso de peladura donde se indica el cuchillo empleado, y las operaciones que le siguen.

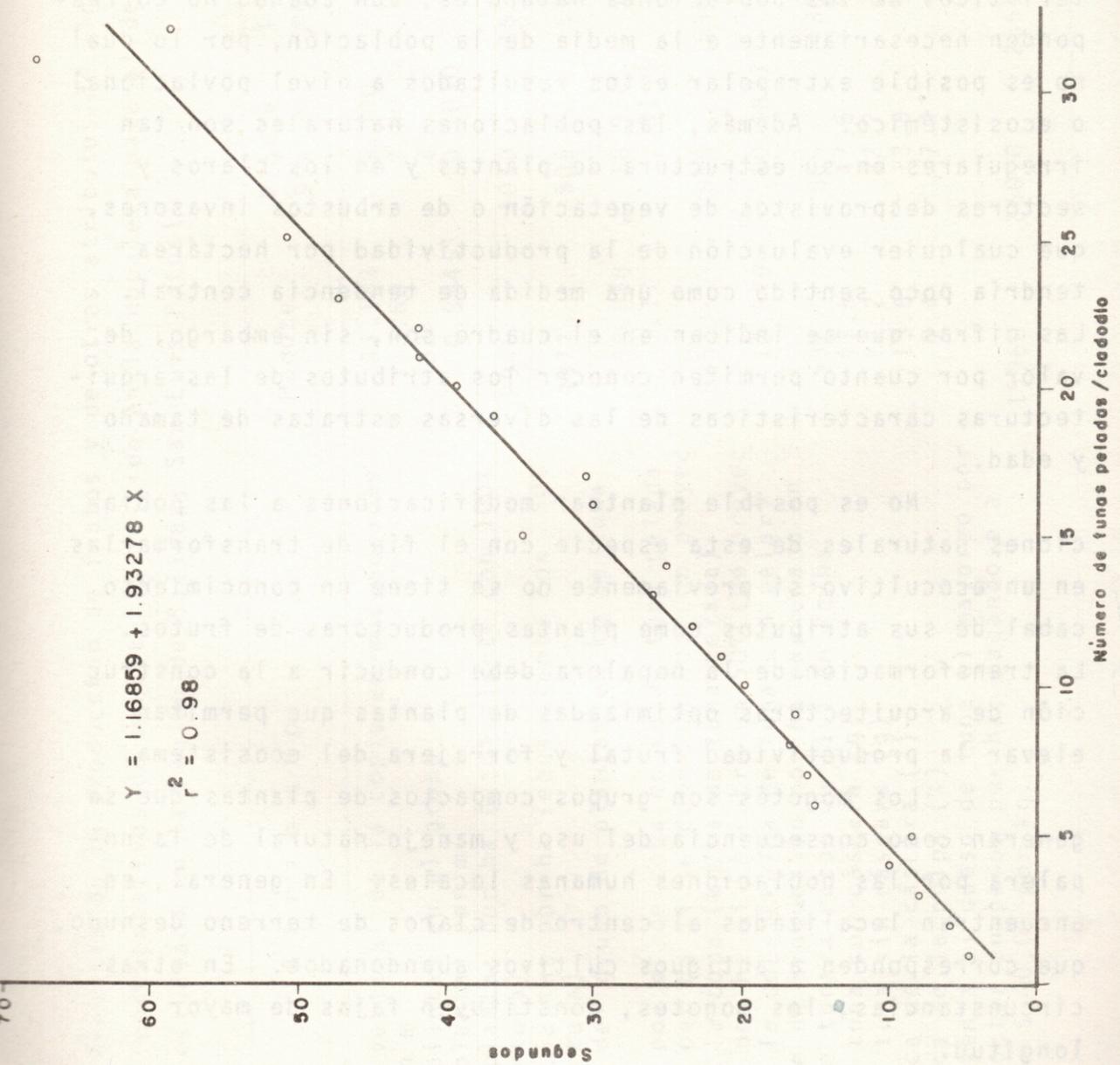


Figura 14. Función calculada entre el número de tunas por cladodio y el tiempo empleado en la peladura de las tunas.

La producción de frutos y algunos atributos de las plantas productoras aparecen indicados en el cuadro 1. Los ejemplares muestreados representan los tipos de plantas característicos de las poblaciones naturales, aún cuando no corresponden necesariamente a la media de la población, por lo cual no es posible extrapolar estos resultados a nivel poblacional o ecosistémico. Además, las poblaciones naturales son tan irregulares en su estructura de plantas y en los claros y sectores desprovistos de vegetación o de arbustos invasores, que cualquier evaluación de la productividad por hectárea tendría poco sentido como una medida de tendencia central. Las cifras que se indican en el cuadro son, sin embargo, de valor por cuanto permiten conocer los atributos de las arquitecturas características de las diversas estratas de tamaño y edad.

No es posible plantear modificaciones a las poblaciones naturales de esta especie con el fin de transformarlas en un ecocultivo si previamente no se tiene un conocimiento cabal de sus atributos como plantas productoras de frutos. La transformación de la nopalera debe conducir a la construcción de arquitecturas optimizadas de plantas que permitan elevar la productividad frutal y forrajera del ecosistema.

Los mogotes son grupos compactos de plantas que se generan como consecuencia del uso y manejo natural de la nopalera por las poblaciones humanas locales. En general, se encuentran localizados al centro de claros de terreno desnudo, que corresponden a antiguos cultivos abandonados. En otras circunstancias, los mogotes, constituyen fajas de mayor longitud.

Una alta proporción de la cosecha de frutos proviene de los mogotes, que concentran los frutos a gran altura, que les hace inalcanzables por el ganado que deambula por la

Cuadro 1. Análisis de la producción de frutos y de otros atributos de algunos ejemplares representativos de arquitecturas-tipo en la nopalera natural de O. streptacantha estudiada en la región de Salinas, San Luis Potosí.

A t r i b u t o	Mogote	Planta grande	Planta mediana	Planta chica
Proyección vertical de la copia en m cuadrados	33.183	9.900	6.157	2.30
Estatura en m	3.60	2.80	2.60	2.00
Número de plantas en el grupo	33	1	1	1
Número de plantas por m ²	0.9945	0.1010	0.1624	0.4347
Número de plantas por ha (equivalente con 100% de cobertura)	9945	1010	1624	4347
Número de plantas por ha (equivalente con 50% de cobertura)	4977	505	812	2175
Producción del grupo de plantas en kg de tuna pelada	38.850	18.920	11.530	0.240
Producción por m ² de copa en kg de tuna pelada	1.17	1.91	1.87	0.110
Producción por ha si se cubre un 50% con proyección de la copa (kg/ha de tuna pelada)	5853	9555	9360	500
Producción por ha si se cubre un 50% con proyección de la copa (kg/ha de tuna sin pelar)	12.549	20.4877	20.697	1.072
Equivalente de producción por ha expresado en queso de tuna a razón de 11.1 en kg/ha	532	869	851	45
Peso de la tuna con cáscara (g)	47.6	47.6	47.6	47.6
Peso de la tuna sin cáscara (g)	22.2	22.2	22.2	22.2
Materia seca de la cáscara (%)	13.8	13.8	13.8	13.8
Materia seca de la pulpa (%)	7.4	7.4	7.4	7.4
Precio de venta al queso de tuna al mayoreo por el productor en pesos por ha, pagándose a razón de \$ 30.00 por kg.	15960	26070	25530	1350

nopalera, el cual no puede cosecharlos. Es por ello que las plantas pequeñas, usualmente, están desprovistas de frutos o sólo contienen unos pocos.

Uno de los mogotes analizados, abarca una superficie de 33.2 m cuadrados y es de una estatura de 3.6 m, por lo cual el fruto está protegido del ganado, aún cuando la cosecha sea complicada. El número de plantas adultas en el grupo es de 33 por lo cual su densidad es cercana a una por metro cuadrado. Dado que el mogote está rodeado de claros la densidad real de la nopalera es menor. Si se extrapolara la densidad a la hectarea daría una densidad equivalente de 9945 plantas por hectarea, lo cual sería excesivo.

La productividad del mogote es posiblemente elevada debido a la baja competencia de otras plantas en sus alrededores, que están desprovistos de vegetación. El mogote produjo un total de 38.85 kg de tunas peladas, es decir 1.17 kg por metro cuadrado. No es factible pensar que este valor pueda ser extrapolado a la hectárea, por razones del espacio real ocupado por el mogote al no competir con la vegetación circundante. Se ha supuesto, que es posible estimar en forma muy general que para obtener esta productividad se requiere dejar sin nopales entre los mogotes alrededor de una superficie igual a la del mogote, lo cual equivale a una cubierta de copa del cincuenta por ciento. Si esta suposición fuera válida, la productividad de la hectarea sería equivalente a 5853 kg de tuna pelada. Esta cantidad sería equivalente a 532 kg de queso de tuna, en el caso que el producto se industrializara como tal.

En el caso de las plantas grande y medianas se trata de ejemplares aislados de 9.90 m² y de 6.16 m² desprovistas de vegetación en sus alrededores inmediatos. La productividad por metro cuadrado de copa es mayor que en el caso del mogote

alcanzando a 1.91 kg y a 1.87 kg, respectivamente. Si estos valores, al igual que en el caso del mogote, se extrapolaran a la hectárea, considerando un cincuenta por ciento de cobertura de la copa, serían equivalentes a 9555 kg y a 9360 kg de tuna pelada respectivamente.

Es posible que este valor de 50 % de cubierta que se ha utilizado como un posible valor que se podría ajustar a la realidad, en el caso de un ecocultivo, puede ser demasiado elevado. Con los antecedentes actuales que se dispone no es posible determinar con precisión el porcentaje de cubierta de copa que debería tener un ecocultivo de nopal, pero la observación de terreno hace pensar que podría ser cercano a esas cifras. En todo caso, da una idea general del potencial de producción que se podría esperar en el caso que se mejorara la nopalera. En estudios posteriores se determinará la relación entre densidades de plantas y productividad.

El número de jornadas de trabajo que se invertirían por cada mil kg de tunas peladas cosechadas es variables de acuerdo al peso individual de cada tuna ya que el tiempo invertido es mas o menos independiente del tamaño del fruto. Un buen cosechador logra al día de tuna cardona aproximadamente diez botes de 9.300 kg, siendo en promedio desde seis a ocho. El número medio de tunas por bote es de 543, lo cual en el caso que se cosechara ocho botes sería equivalente a 4344 tunas al día. Por cada mil kg de tuna se requiere alrededor de 13.44 jornadas. Si se tuviera una productividad media de cinco mil kg/ha, se requeriría un promedio 67 jornadas de trabajo, lo cual variaría considerablemente de acuerdo al tamaño del fruto, siendo menor en el caso que los frutos fueran mayor tamaño.

Las jornadas de trabajo que se invierten en el proceso de cosecha varían de acuerdo a las fluctuaciones en la productividad anual. El período de cosecha se prolonga usualmente desde agosto a noviembre, por lo cual la cosecha se facilita bastante.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Las evaluaciones de cosecha de frutos de Opuntia streptacantha se realizaron en el ejido de Salinas, municipio del mismo nombre, en San Luis Potosí, donde se localizan poblaciones naturales de esta especie. El área de estudio se localiza en la bajada media, suelos planos, con poca pendiente, en el valle de Salinas. Las precipitaciones son erráticas, de 404 mm anuales.

Se estudiaron algunas de las fuentes principales del costo ecológico de cosecha, a saber:

- Localización de plantas con frutos maduros cosechables,
- Traslado hasta la planta a cosecharse,
- Corte de cladodios con tunas,
- Amontonamiento de los cladodios con tunas,
- Corte de la tuna y acopio en botes y canastos (en caso que sea para consumo fresco) o bien,
- Peladura de la tuna y acopio en botes (en el caso que se trate para tuna de uso industrial), y
- Traslado desde el lugar de cosecha al centro de acopio del campo, junto a la agroindustria mielera.

Se establecieron relaciones entre el tiempo acumulado de cosecha y el número de cladodios remanentes en la planta, determinándose que se ajusta a una función exponencial decreciente. La misma relación se estableció para los frutos remanentes en la planta siendo ésta de la misma naturaleza.

La eficiencia de cosecha de cladodios, expresado en tiempo por cladodio en relación al orden correlativo de cosecha del cladodio en la planta, se ajusta a una función exponencial, haciéndose menos eficiente en la medida que se intensifica la cosecha.

Se estableció que existe una relación entre el número de tunas por cladodio cosechado y el número correlativo de cosecha del cladodio, determinándose que se ajusta a una función sigmoídea. En los primeros cladodios cosechados, el número de frutos por cladodio no varía apreciablemente pero luego, al intensificarse la cosecha, desciende ajustándose a la función indicada. Una relación similar ocurre cuando el proceso se expresa en forma acumulativa.

Se analiza además la frecuencia de frutos por cladodio, encontrándose que la mayor proporción de los cladodios contienen solamente un fruto, disminuyendo exponencialmente la cantidad de cladodios con mayor número de frutos. Esta relación se supone que varía de acuerdo a las condiciones precipitacionales y ambientales de la temporada de crecimiento.

Se determinó que el peso total de los frutos contenidos en cada cladodio aumenta en forma de incrementos decrecientes, en la medida que aumenta el número de frutos hasta alcanzar una asíntota en la cual, aunque el número de frutos continúe elevándose, el peso total de los frutos del cladodio no se incrementa. Lo anterior significa que, cuando el número de frutos por cladodio es elevado, el peso medio de los frutos disminuye en la proporción que aumenta el número de frutos por cladodio.

El tiempo de descortezado del fruto es contante e independiente del número de tunas por cladodio, ajustándose a una función rectilínea del tipo $y = ax + b$, siendo b el tiempo de traslado del cladodio desde el lugar de acopio, el cual es constante y a , el tiempo medio empleado en pelar cada fruto.

SUMMARY

Opuntia streptacantha fruit harvesting processes were carried out in ejido Salinas, in Salinas County, San Luis Potosí, where natural populations of the species are found. The study area is located in the middle bajada, on flatlands in Salinas Valley, where precipitation is highly variable with an annual mean of 404 mm.

The main sources of ecological harvesting cost were analyzed: searching for plants with ripe fruits in conditions to be harvested, displacement to the plant to be harvested, cutting of the cladodia with fruits, gathering on the ground of these cladodia, cutting the fruit and gathering in containers (when the purpose is for fresh fruit consumption), peeling the fruits and gathering in containers (when the purpose is industrial use of the fruit), and carrying the product from the harvesting place to the industrial plant to elaborate the final product.

The relationship within the accumulative harvesting time and the number of remaining cladodia with fruits was established, determining that it adjusts to a decreasing exponential function. Another relationship was established for the remaining fruits in the plant, finding a similar function.

Cladodia harvesting efficiency, expressed in time per cladodium, in relation to the correlative harvesting order, adjusts to an exponential function, which indicates the reduction of efficiency as the harvest intensity is increased.

It was found that there is a negative sigmoid relationship between the number of fruits per cladodium and its correlative harvesting order. In the first harvested cladodia, the number of fruits per cladodium does not change remarkably, but as the harvest is intensified, the number per cladodium is reduced considerably.

The study of the frequency of the number of fruits per cladodium on the plants reveals that most of them produce only one fruit, but as the number of fruits increase, their

frequency decreases exponentially. It is supposed that this relationship varies from year to year according to the environmental conditions of the growing season.

The total weight of the fruits per cladodium adjusts to an increasing increment function, reaching finally to an asymptote, when their total weight doesn't increase even if the number of fruits per cladodium increases. This means that, when the number of fruits per cladodium is larger, the mean weight is reduced in the proportion that their number per cladodium increases.

The peeling time is constant and independent of the number of fruits per cladodium. The process adjusts to a function $y = ax + b$, where b is the cladodium moving time from the gathering place to the peeling place, and a , the peeling time per fruit.

BIBLIOGRAFIA

- Armijo T., R., R. Nava C. y J. Gastó C. 1976. Fundamentos de transformación de ecosistemas. UAAAN. Monog. Técnico-Científica 2: 1-57. Saltillo.
- Bravo, H.H. e I. Piña L. 1979. Algunos aspectos sobre la industrialización de las nopales. Cactáceas Suculentas de México. 24: 27-30.
- Brown, R.H. y R.E. Blaser. 1968. Leaf area index in pasture growth. Herb. Abs. 38: 1-9.
- Cañas C., R. y J. Gastó C. 1974. Costo de cosecha y eficiencia de producción de ecosistemas ganaderos. Ciencia e Investigación Agraria 1: 177-185.
- Cubillos G., F. y G.O. Mott. 1969. La influencia de la presión de pastoreo sobre la producción de carne de novillos en praderas de alfalfa y bromo. Agric. Tecn. 29: 178-184.
- García M., T. 1965. Principales plagas del nopal en el Valle de México. Fitofilo 47: 15-28. México.
- Gastó C., J. 1980. Ecología. El hombre y la transformación de la naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- Gastó C., J. y E. Caviedes de la R. 1976. Interferencia intraespecífica de Atriplex repanda en el secano mediterráneo de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Agronomía. Bol. Técnico 41: 3-18.
- Gastó C., J. y A. Olivares. 1981. Descarga de la fitomasa de Atriplex repanda utilizado por ovinos (en prensa).
- González G., M. 1974. Perspectivas de la industrialización de la tuna. Ponencia en mesa redonda del I.M.C.E. marzo-1974. Saltillo, Coahuila. (Inédito).
- González, B.C. 1979. Función de descarga ecosistémica. Aplicación al proceso de cosecha de la pradera por el ganado. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía. Universidad de Chile. 59p.
- Holliday, R. 1960. Plant population and crop yield. Part I. Field Crop Abstract 13: 247-254.

- Jones, R.J. y R.L. Sandland. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the results of grazing trials. *J. Agric. Sci.* 83: 335-342.
- Kira, T. y T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of Western Pacific. *Japanese Jour. Ecol.* 17: 70-87.
- López G., J.J., J. Gastó C., R. Nava C. y J.G. Medina T. 1977. Ecosistema Opuntia streptacantha Lemaire. Univ. Auto. Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica. Vol. 3, No. 5: 394-545. Saltillo.
- López G., J.J., J. Gastó C. y R. Nava C. 1981. Análisis cuantitativo de la arquitectura de Opuntia streptacantha Lemaire en poblaciones naturales. Univ. Auto. Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica. Vol. 7:
- Lozano G., M. 1958. Contribución al estudio e industrialización del nopal (Opuntia spp.) Tesis. Ing. Agr. Esc. Sup. de Agric. Antonio Narro. Saltillo. 43p.
- Marroquín S., J., G. Borja L., R. Velázquez y J.A. de la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. *Pub. Esp. 2.* INIF-GAG México D.F. 166p.
- Nava C., R., R. Armijo T. y J. Gastó C. 1979. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. Serie Recursos Naturales. Univ. Auto. Agr. Antonio Narro. 332p.
- Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44: 322-331.
- Piña L., J. (1970). Región productora de tuna. En el estado de Zacatecas. *Cactáceas y suculentas* 15(3): 64-70.
- Riewe, M.E., J.C. Smith, J.H. Jones y E.C. Holt. 1963. Grazing production curves. I. Comparison of steer gains on gulf ryegrass and tall fescue. *Agron. J.* 55: 367-369.
- Rojas M., P. 1961. Aprovechemos las zonas aridas. Cultive nopal tunero. *Agronomía*, 79. I.T.E.S.M. 7p. Monterrey.
- Rozas R., R. Cañas, J. Gastó C., C. Aguilar y C. Friedli. 1978. Costo ecológico de cosecha de alimento de ovinos a pastoreo. IV. Conferencia mundial de producción animal. Buenos Aires, Argentina. 21p.

- Villarreal, F., B.E. de Alba y G. Romero. 1964. Estudio químico sobre jugos de tunas enlatadas. *Ciencias* 23: 75-82. México, D.F.
- Willey, R.W. y S.B. Heath. 1969. The quantitative relationship between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 21: 281-321.
- Williams, R.F. 1964. The quantitative description of plant growth. En: C. Barnard (ed.) *Grasses and Lands* : 89-101. McMillian. New York.
- Zertuche, R. 1966. El nopal, almacén de agua y nutrientes. *El Surco* 71(2): 2-3. México, D.F.
- Zuñiga, M., J. Gastó y E. Caviedes. 1981. Crecimiento estacional de Atriplex repanda en función de la densidad poblacional (en prensa).