

## **Informe final\* del Proyecto M111 Sostenibilidad del uso y manejo tradicional de la palma de guano (*Sabal spp*, *Arecaceae*) en el área maya de Yucatán**

<b>Responsable:</b>	Dr. Javier Caballero Nieto
<b>Institución:</b>	Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Biología Jardín Botánico
<b>Dirección:</b>	Apartado Postal 70-614, Copilco-Universidad, México, DF, 04510 , México Circuito Exterior Ciudad Universitaria, Copilco Universidad, Coyoacán, México, DF, 04510 , México
<b>Correo electrónico:</b>	<a href="mailto:icaballero@ibiologia.unam.mx">icaballero@ibiologia.unam.mx</a>
<b>Teléfono/Fax:</b>	5616-1297, 562-29055, 29057, 28985 FAX (01) 562-29046
<b>Fecha de inicio:</b>	Septiembre 30, 1997
<b>Fecha de término:</b>	Septiembre 19, 2000
<b>Principales resultados:</b>	Hojas de cálculo, Informe final
<b>Forma de citar** el informe final y otros resultados:</b>	Caballero Nieto, J., 2000. Sostenibilidad del uso y manejo tradicional de la palma de guano ( <i>Sabal spp</i> , <i>Arecaceae</i> ) en el área maya de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. <b>Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. M111</b> . México D. F.
<b>Forma de citar Hoja de cálculo</b>	Caballero Nieto, J., 2000. Sostenibilidad del uso y manejo tradicional de la palma de guano ( <i>Sabal spp</i> , <i>Arecaceae</i> ) en el área maya de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. <b>Hoja de cálculo SNIB-CONABIO proyecto No. M111</b> . México D. F.

### **Resumen:**

Proyecto financiado parcialmente con recursos de la Fundación MacArthur La palma de guano (*Sabal spp.*, *Arecaceae*), ha sido un importante vegetal de uso múltiple para los Mayas Yucatecos durante más de mil años. Los productos más importantes que se obtienen de esta palma son las hojas maduras para techar la vivienda rural y la hoja inmadura o "collogo" para la elaboración de artesanías. En el presente existen diferentes formas tradicionales de manejo de palma de guano, las cuales incluyen la cosecha de hojas y cogollos de individuos silvestre en vegetación natural; de individuos tolerados o promovidos en milpas, pastizales y huertos familiares; y de individuos cultivados en plantaciones. La compleja interacción de diferentes factores tales como el incremento de las tasas de deforestación, los cambios en el uso del suelo y el crecimiento demográfico, ha conducido durante las últimas décadas a una progresiva escasez, tanto de hoja madura para techar, como de cogollo para artesanía. El objetivo de este proyecto es evaluar la sustentabilidad de la forma tradicional de manejo de las dos especies principales de palma de guano (*Sabal mexicana* Mart y S. Yapa Wright ex Becc., *Arecaceae* ) bajo sus dos principales formas de uso: elaboración de artesanías con hojas inmaduras y techado de vivienda rural con hojas abiertas. Con base es esta evaluación se pretende elaborar una propuesta de manejo sostenible para estos dos usos. En este estudio se utilizarán métodos etnográficos, etnobiológicos y ecológicos. Los dos primeros permitirán estudiar la intensidad de uso de recursos así como investigar los aspectos sociales, económicos y culturales asociados a las prácticas de manejo tradicional del recurso. Los métodos ecológicos permitirán evaluar el impacto del manejo tradicional. Estos métodos incluyen el estudio de la demografía de la palma de guano mediante la estimación de las tasas de crecimiento, sobrevivencia y fecundidad en diferentes condiciones de manejo. Se realizarán podas experimentales para estimar el efecto de la cosecha en la producción de hojas, y se elaborarán modelos matriciales para determinar la sustentabilidad de cada forma de manejo tradicional. Se harán simulaciones con estos modelos para encontrar la estrategia óptima de exploración del recurso.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

## CONTENIDO

Indice de Figuras	iii
Indice de Cuadros	iv
Introducción	1
<b>Sitios de Estudio</b>	2
Métodos	5
Resultados	12
<b>Estructura de Tamaños</b>	12
Sobrevivencia y Mortalidad	17
Crecimiento	19
Producción de Flores	21
Modelo Matricial	22
Cosecha	27
Discusión y Conclusiones	31
Bibliografía Citada	33
Anexos	34

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localidades donde se establecieron los sitios de estudio.	2
Figura.2.	Estructura de tamaños de <i>Sabal mexicana</i> en el huerto 1	12
Figura 3.	Estructura de tamaños de <i>Sabal yapa</i> en el huerto 1	13
Figura 4.	Estructura de tamaños de <i>Sabal mexicana</i> en el huerto 2	13
Figura 5.	Estructura de tamaños de <i>Sabal yapa</i> en el huerto 2	14
Figura 6.	Estructura de tamaños de <i>Sabal yapa</i> en potrero	14
Figura 7.	Estructura de tamaños de <i>Sabal yapa</i> en milpa	15
Figura 8.	Tasa de sobrevivencia anual de los individuos de <i>Sabal yapa</i> en las cuatro formas de manejo estudiadas	17
Figura 9.	Tasa de sobrevivencia anual de los individuos de <i>Sabal mexicana</i> en los huertos familiares.	18
Figura 10.	Crecimiento promedio anual de los individuos de <i>Sabal yapa</i> en las cuatro formas de manejo.	19
Figura 11.	Crecimiento promedio anual de los individuos de <i>Sabal mexicana</i> en los huertos familiares.	20
Figura 12.	Producción anual promedio de hojas de los individuos juveniles de <i>Sabal yapa</i> en las cuatro formas de manejo.	21
Figura 13.	Producción anual promedio de hojas de los individuos juveniles de <i>Sabal mexicana</i> en los huertos familiares	21
Figura 14.	Valor reproductivo de <i>Sabal yapa</i> en las cuatro formas de manejo	25
Figura 15.	Valor reproductivo de <i>Sabal mexicana</i> en los huertos familiares	25
Figura 16.	Cosecha anual de hojas en los cuatro sitios de estudio	28
Figura 17.	Promedio de hojas cosechadas en ambas especies por cuatrimestre	29

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Densidad de individuos estimados en el área de muestreo y por hectárea para cada forma de manejo estudiada.	6
Cuadro 2.	Categorías de tamaño definidas para el estudio demográfico.	7
Cuadro 3.	Residuos ajustados de Haberman. Estructuras de tamaño observadas en <i>Sabal yapa</i> en las cuatro formas de manejo.	16
Cuadro 4.	Residuos ajustados de Haberman. Estructuras de tamaño observadas en <i>Sabal mexicana</i> en los huertos familiares.	16
Cuadro 5.	Promedio de flores estimadas por adulto y por inflorescencias en cada localidad.	22
Cuadro 6.	Promedio de frutos estimados por adulto y por infrutescencia en cada localidad.	23
Cuadro 7.	Tasa finita de crecimiento poblacional en ambas especies.	24
Cuadro 8.	Sumatoria de los valores de elasticidad para cada parámetro poblacional dentro de la matriz.	26
Cuadro 9.	Demanda de hojas maduras de palma de guano para techar la vivienda rural Maya en las tres localidades estudiadas.	27
Cuadro 10.	Producción y cosecha anual de hoja de ambas especies en las cuatro formas de manejo.	30

## INTRODUCCION

La palma de guano (*Sabal* spp., Arecaceae), ha sido un importante recurso vegetal de uso múltiple para los Mayas Yucatecos durante mas de mil años. Los productos más importantes que se obtienen de esta palma son las hojas maduras para techar la vivienda rural y la hoja inmadura o "cogollo" para la elaboración de artesanías. En el presente existen diferentes formas tradicionales de manejo de la palma de guano, las cuales incluyen la cosecha de hojas y cogollos de individuos silvestres en vegetación natural; de individuos tolerados o promovidos en milpas, pastizales y huertos familiares; y de individuos cultivados en plantaciones. La compleja interacción de diferentes factores tales como el incremento en las tasas de deforestación, los cambios en el uso del suelo y el crecimiento demográfico, ha conducido durante las últimas décadas a una progresiva escasez, tanto de hoja madura para techar, como de cogollo para artesanía.

La situación arriba descrita plantea la necesidad de desarrollar formas de uso y manejo sostenible de la palma de guano. El desarrollo de estas estrategias debe partir necesariamente del estudio de las formas actualmente existentes de manejo del recurso por la población Maya local. En el pasado reciente algunas agencias gubernamentales como el Instituto Nacional Indigenista desarrollaron algunos esfuerzos para promover el cultivo de la palma de guano en algunas partes de Yucatán, sin embargo estos proyectos no han tenido éxito por que se han hecho en forma improvisada, sin información básica sobre las prácticas tradicionales de manejo, ni tampoco de la ecología del recurso mismo. En este sentido, el presente estudio se enfocó a formar la base de conocimiento necesaria para la formulación de una propuesta de manejo sostenible de la palma de guano, la cual podría ser puesta en práctica por las agencias gubernamentales pertinentes y las organizaciones locales de campesinos y artesanos Mayas. El objetivo de este proyecto fué evaluar la sostenibilidad de la formas tradicionales de manejo de las dos especies principales de palma de guano (*Sabal mexicana* Mart y *S. yapa* Wright ex Becc., Arecaceae). Con base en esta evaluación se presenta una propuesta preliminar de manejo sostenible.

## SITIOS DE ESTUDIO

Este proyecto se realizó en las localidades de; Maxcanu, Sucila y X'Kon-Ha, las cuales son representativas de las cuatro formas de manejo tradicional de la palma de guano en el área Maya de la Península de Yucatán (Figura 1):

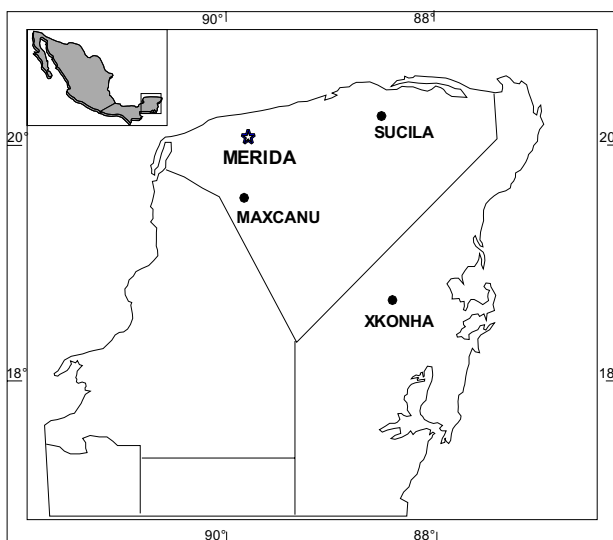


Figura 1. Localidades donde se establecieron los sitios de estudio.

### Maxcanu

El pueblo de Maxcanú es la cabecera municipal de Maxcanú, un municipio ubicado en el sureste del estado de Yucatán en la región conocida como “el Camino Real”. Maxcanú tiene 15,000 habitantes, y es donde se concentra la mayor parte de la población del municipio (INEGI, 1990). En el “Camino Real”, se combinan diferentes actividades económicas tales como la agricultura milpera tradicional, el cultivo de árboles frutales, el tejido de hamacas, la elaboración de artesanías de palma y el trabajo asalariado en la industria maquiladora recientemente establecida en la región.

A pesar de los procesos de urbanización y de modernización en general, Maxcanú es un pueblo donde las tradiciones mayas yucatecas todavía tienen gran arraigo. Un indicador de esta persistencia cultural es el hecho de que la mayor parte de las mujeres locales usan el vestido tradicional. Salvo en las calles más cercanas al centro donde las construcciones son

de estilo colonial, en todo el pueblo el solar es un componente fundamental de la unidad residencial. Los solares generalmente tienen unos 20 metros de frente y unos 30-40 metros de fondo. La casa se encuentra casi siempre en el frente y se pueden observar áreas más o menos definidas las cuales incluyen una donde se encuentran la cocina, el lavadero y gallineros, y otra donde se mantienen árboles frutales, jardines de hierbas, plantas ornamentales y palma de guano. Los jefes de familia generalmente trabajan en terrenos ubicados en las afueras del pueblo, donde tienen milpa y/o plantaciones de frutales, y palma de guano.

Localmente la palma de guano tiene diversos usos. Además del uso tradicional de la hoja para techar. Los restos de los peciolos que permanecen en el tronco de *Sabal* son utilizados para tender ropa, para sostener artículos de cocina e incluso como basurero. Cuando se cultiva en plantaciones, los individuos de *S. mexicana* sirven también como tutores para cultivar pitahaya (*Hylocereus undatus*, Cactaceae). Tanto *S. mexicana* como *S. yapa* sirven de cerca viva en los solares y en la milpa son apreciados como árboles de sombra. El intercambio de hoja de palma de guano es muy común y frecuente, ya que en todo el poblado se utiliza para techar y reparar diversos tipos de construcciones.

#### Sucila

El municipio de Sucilá está ubicado en el noreste de Yucatán en la zona ganadera, siendo el pueblo de Sucilá su cabecera municipal. Este poblado es el más grande del municipio y tiene una población de 5,000 habitantes (INEGI, 1990). En esta zona la actividad principal es la ganadería aunque los jefes de familia se pueden dividir entre terratenientes y aquellos que trabajan como jornaleros en tierras de los ganaderos. Numerosas muchas familias también realizan agricultura en terrenos propiedad de otras personas.

En Sucilá se pueden distinguir dos tipos de unidades residenciales. Cerca del centro del pueblo los terrenos son relativamente pequeños y tienen casas de concreto con jardines en la parte trasera. En la periferia los terrenos incluyen solares donde se mantiene la estructura más tradicional con la casa al frente generalmente techada con palma y el solar alrededor

con la cocina, los gallineros y múltiples especies de árboles. Generalmente, los tipos de unidades residenciales van de acuerdo con el nivel socioeconómico de la unidad doméstica. De este modo los propietarios de ranchos ganaderos viven cerca del centro, mientras que los jornaleros viven en la periferia de la población. La palma de guano se encuentra en los ranchos por lo que solamente un pequeño sector de la población tiene acceso directo a este recurso. Sin embargo, los propietarios venden las hojas e incluso las regalan a los jornaleros que trabajan con ellos o a vecinos y parientes. Generalmente son los jornaleros los que se ocupan de cosechar las hojas y de construir los techos. En Sucilá es poco común que se reparen techos de guano, más bien se cambian por completo cada cierto tiempo. El intercambio no es muy constante pero sí se aprovecha la hoja cuando es cosechada, ya sea por habitantes del pueblo o porque se vende a gente de fuera.

#### X'Kon-Ha

Esta población es un ejido que pertenece al municipio de Carrillo Puerto, Quintana Roo. El ejido consta de unas 21 familias que se dedican al cultivo de la milpa. Las unidades residenciales son principalmente solares con casas tradicionales techadas con guano.

El ejido fue fundado en 1974 por familias reubicadas de distintas partes del país. Cada familia tiene 10 hectáreas de tierra en las que realizan varios cultivos. En los terrenos del ejido se pueden observar grandes áreas de acahual y de bosque primario. Varias familias son de origen maya. Fueron ellas quienes enseñaron sus conocimientos acerca del entorno a los pobladores originarios de otros sitios. Debido a esto las casas y cocinas están en su mayoría techadas con guano. Cada familia puede cosechar palma de guano de sus propias tierras, ya sea en las áreas cultivadas o en los acahuales y bosques primarios. Así mismo, en ocasiones el ejido se organiza para cortar y vender grandes cantidades de hojas a compradores que vienen de otros lugares de la península de Yucatán y que están vinculados con la industria turística.

#### METODOS



En este estudio se utilizaron métodos etnográficos, y ecológicos. Los primeros permitieron estimar la intensidad de uso del recurso. Los métodos ecológicos permitieron evaluar el impacto del manejo tradicional. Los métodos ecológicos incluyen el estudio de la demografía de la palma de guano mediante la estimación de las tasas de crecimiento, sobrevivencia y fecundidad en diferentes condiciones de manejo. Con base en los datos demográficos se elaboraron modelos para determinar la sostenibilidad de cada forma de manejo tradicional.

Para el estudio demográfico se establecieron parcelas en cuatro sitios de muestreo, dos en huertos familiares en Maxcanu, una en un potrero en Sucila y una en milpa en X'Kon-Ha. Las áreas muestreadas fueron de 6091m<sup>2</sup> en un huerto y de 2482m<sup>2</sup> en el otro, 38796m<sup>2</sup> en el potrero y 17207m<sup>2</sup> en la milpa. En cada caso se censaron las poblaciones de *Sabal* spp. mediante el establecimiento de transectos para caracterizar la estructura de las poblaciones y evaluar su crecimiento, sobrevivencia y fecundidad. El tamaño de los transectos varió para cada zona dependiendo del tamaño de la parcela y de la disponibilidad de palmas. Tanto en los huertos como en la milpa, las plántulas fueron contabilizadas dentro de un área de 20m x 1m. Los individuos infantiles y juveniles se marcaron dentro de un área de 20m x 6m, y los adultos en un área de 20m x 12m. En el potrero las plántulas se contabilizaron en un área similar a la evaluada en los otros sitios, mientras que los infantiles y juveniles se censaron en un área de 80m x 6m. Los adultos fueron censados en un área de 80m x 12m. Algunas categorías de juveniles y adultos en X Kon Ha y de adultos en Sucilá, fueron contabilizados en la totalidad de la parcela dada su escasez en todo el sitio de muestreo. Debido a que la muestra de individuos de *Sabal* spp. obtenida en los transectos era baja, decidimos aumentarla marcando e incluyendo aquellos organismos que estuvieran próximos a los transectos, pero únicamente para evaluar su sobrevivencia, crecimiento y fecundidad a lo largo del año de estudio. Estos individuos no fueron tomados en cuenta para obtener las estructuras de tamaño de las poblaciones, ni para la estimación de la densidad de individuos por unidad de área (cuadro 1).

Cuadro 1. Densidad de individuos estimados en el área de muestreo y por hectárea para cada forma de manejo estudiada. El número dentro de paréntesis es el número de individuos del total que fueron marcados fuera de los transectos.

Tipo de manejo	Área (m <sup>2</sup> )	<i>Sabal yapa</i>			<i>Sabal mexicana</i>		
		Individuos Censados	Indiv./área muestreada	ind. /ha	ind. Censados	ind./área muestreada	ind. /ha
Huerto 1	6091 m <sup>2</sup>	161(43)	1490	2446	274(49)	2202	3616
Huerto 2	2482 m <sup>2</sup>	156(88)	675	2720	178(89)	481	1937
Potrero	38796 m <sup>2</sup>	239(99)	9340	2409			
Milpa	17207 m <sup>2</sup>	188(126)	1436	834			

Las observaciones preliminares realizadas en los sitios de muestreo establecidos, así como la información etnobotánica sobre los criterios de cosecha de las palmas seguidos por los Mayas locales, sugirieron la necesidad de distinguir cuatro categorías de tamaño, las cuales incluyen varias subcategorías. La cantidad, tamaño y calidad de las hojas para el techado de casas parece variar con el tamaño de los individuos y con la presencia o ausencia de tallo aéreo. Considerando estas diferencias y el desarrollo de la palma se establecieron dos categorías de plántulas, tres de infantiles, cuatro de juveniles, y cinco de adultos (cuadro 2).

En el primer censo se midió la altura y se contó el número de hojas de cada individuo. Los individuos infantiles y plántulas fueron ubicados en cada una de las subcategorías definidas en función del grado de desarrollo de sus hojas. En el último censo se volvieron a medir los mismos parámetros con el objeto de evaluar la transición de los individuos. En el mes de septiembre de 1998 se registró el número de plántulas reclutadas en cada forma de manejo. Tomando en cuenta que la germinación ocurre en septiembre y que las plántulas marcadas en enero de 1998 eran resultado de la germinación del año anterior, se consideraron como reclutadas a aquellas plántulas que después de un año seguían vivas.

Cuadro 2. Categorías de tamaño definidas para el estudio demográfico.

Clave	Categoría	Características
P11	Plántula	Con una o dos hojas lanceolada
P12	Plántula	Con mas de dos hojas lanceoladas
I1	Infantil 1	Sin tallo evidente, hojas bífidas
I2	Infantil 2	Sin tallo evidente, hojas incompletamente palmadas
I3	Infantil 3	Sin tallo evidente, hojas completamente palmadas
J1	Juvenil 1	Con tallo de 0-50 cm
J2	Juvenil 2	Con tallo de 51-100 cm
J3	Juvenil 3	Con tallo de 101-200 cm
J4	Juvenil 4	Con tallo de 201-300 cm
A1	Adulto 1	Individuos reproductivos 301-400 cm
A2	Adulto 2	Individuos reproductivos 401-500 cm
A3	Adulto 3	Individuos reproductivos 501-650 cm
A4	Adulto 4	Individuos reproductivos 651-800 cm
A5	Adulto 5	Individuos reproductivos 801 cm ó más

La estimación del número de flores producidas por las inflorescencias de los individuos adultos de cada población bajo estudio se obtuvo a partir del área basal de la rama floral. Es muy difícil contar el número de flores producidas por individuo ya que éstas tienen un tamaño muy pequeño y son muy numerosas, las inflorescencias llegan a medir hasta dos metros y tienen aproximadamente 25 ramas primarias. Para hacer un conteo confiable sería necesario hacer un muestreo destructivo el cual afectaría mediciones siguientes. Debido a esto se buscó un parámetro susceptible de ser medido en el campo en los individuos en pie. Para ello se colectó una muestra de 5 inflorescencias de cada especie y se les midió el área basal del eje principal de la inflorescencia, la longitud de la inflorescencia, el área basal de ramas primarias y secundarias, la longitud de dichas ramas y el número de flores en el raquis de cada rama de segundo orden. Con los datos mencionados se realizaron varias regresiones buscando cuál de estos parámetros predice mejor el número de flores producido

por inflorescencia y que además resultara una medida viable para ser tomada en el campo sin necesidad de cortar la rama. De este modo, se encontró una fuerte correlación entre el área basal de las ramas de diferentes órdenes y la suma de las áreas basales de las ramas que salen de ellas ( $r^2=0.98$ ). Además, el área basal de las ramas primarias fue el parámetro que mejor se correlacionó con el número de flores en ramas de dicho orden ( $r^2 = 0.66$ ). Considerando que el número total de flores es la suma del número de flores en todas las ramas primarias y teniendo en cuenta las correlaciones anteriores, asumimos que medir el área basal del eje principal permitiría estimar el número de flores en cada inflorescencia. Dado que el número total de flores se basa en una suma, el error estándar de la estimación se reduce (considerando 25 ramas primarias por inflorescencia) a una quinta parte del original y, en consecuencia, la  $r^2$  debe encontrarse por arriba del 66%. El área basal del eje principal de la inflorescencia fue, además, la única medida que se pudo tomar con relativa facilidad en el campo.

Para estimar la producción de frutos se realizó un censo en el mes de abril de 1999 en el cual se colectaron ramas de infrutescencias de individuos adultos de todas las categorías. A cada rama se le midió el área basal y se contó el número de frutos presentes en ella. Utilizando el área basal se estimó el número de flores que dicha rama pudo haber tenido a partir de los parámetros del análisis de regresión antes mencionado. Posteriormente se dividió el número de frutos contabilizado entre el número de flores estimado obteniendo así el porcentaje de flores que se transformó en frutos. El promedio de flores que se transforma en fruto por categoría se multiplicó por el valor estimado de flores en las inflorescencias de los individuos marcados en cada categoría. De esta puede calcularse la producción de frutos por inflorescencia la cual está finalmente contribuyendo a generar plántulas.

La estimación de la fecundidad promedio por categoría que se anota en el primer renglón de la matriz de transición se estimó siguiendo el enfoque mecanicista de Menges (1990). Este método consiste en estimar la fecundidad en términos de reclutamientos y asignar estos a cada categoría según la proporción del esfuerzo reproductivo total que hizo la

categoría y el número de individuos que contiene. El esfuerzo reproductivo en este caso fue definido como el número de frutos producido por categoría.

El modelo poblacional utilizado es una aplicación de los modelos matriciales de proyección poblacional (Caswell, 1989) y se representa como sigue:

$$\mathbf{n}_{(t+1)} = \mathbf{A}\mathbf{n}_{(t)}$$

donde  $\mathbf{n}$  denota un vector columnar cuyos elementos  $n_i$  son el número de individuos de cada categoría al tiempo  $t$  o al tiempo  $t+1$  y  $\mathbf{A}$  es una matriz cuadrada con las probabilidades de transición de una categoría a otra dentro de un cierto periodo de tiempo. Las matrices  $\mathbf{A}$  que se elaboraron en este trabajo son de Lefkovitch. Estas se utilizan cuando los individuos se clasifican por su tamaño o estado y no por su edad (Silvertown et al. 1993).

Toda matriz tiene asociado un vector propio dominante derecho e izquierdo que en términos demográficos representa la estructura estable de tamaños y el valor reproductivo respectivamente: La estructura estable se alcanza cuando las proporciones de organismos en cada categoría permanecen estables en el tiempo. El valor reproductivo expresa el número promedio de descendientes que un individuo de la categoría  $x$  hace a la siguiente generación antes de morir. El modelo demográfico nos permitió también estimar el valor propio dominante de la matriz ( $\lambda$ ) que representa la tasa finita de crecimiento poblacional y que servirá para estimar el estado de las poblaciones bajo las formas de manejo actual.

Con los vectores dominantes se estimó el efecto que tiene cada uno de los elementos de la matriz en el comportamiento demográfico de las poblaciones mediante la obtención de matrices de sensibilidad y de elasticidad. Los elementos de dichas matrices indican la importancia de cada categoría de tamaño en el mantenimiento de la tasa de crecimiento poblacional y permiten evaluar la influencia que tiene el manejo en la dinámica de las poblaciones.

Cosecha y producción anual de hojas.

En el primer censo se cuantificó el número de hojas que tenían los individuos juveniles presentes en los sitios de muestreo así como en una plantación. A la hoja más joven se le puso una marca con el fin de registrar el número de hojas nuevas producidas a partir de ese momento y el número de hojas cosechadas. En cada censo se realizó un conteo del número de hojas presentes antes y después de la hoja marcada. Dicha categoría es reportada como el tamaño adecuado para la cosecha de hoja madura. Los individuos adultos raramente son cosechados. Esto se hace únicamente cuando se dispone de escaleras o de gente dispuesta a subirse en las palmas. Algunos reportan que *Sabal yapa* en estado adulto produce hojas más pequeñas que los juveniles y por tanto no vale la pena cortarlas.

Las plantaciones se encuentran en Maxcanú donde se siembra solo *Sabal mexicana*. Los individuos en las plantaciones tienen aproximadamente la misma edad y son todos individuos de la categoría juvenil de aproximadamente el mismo tamaño. En este sitio no se realizó un estudio demográfico y únicamente se hizo el conteo de hojas cosechadas y nuevas producidas durante un año.

#### Intensidad de uso.

Se recopiló información relacionada con la intensidad de uso de la hoja madura de *Sabal* para techar casas. En las tres localidades estudiadas; Sucilá, Maxcanú y X'Kon-Há. Para esto se realizaron entrevistas cerradas a los jefes de familia de 84 unidades domésticas en las tres localidades. Se realizó también el conteo directo de hojas de palma de guano utilizadas en los techos. Esto se llevó a cabo en 67 unidades domésticas de las tres localidades, tomando en cuenta los distintos tipos de construcciones que se encontraban techadas con hoja de palma de guano en cada unidad.

Las entrevistas cerradas se realizaron mediante la aplicación de un cuestionario. La muestra de jefes de familia entrevistados fue de 35 personas en Sucilá, 32 en Maxcanú y 17 en X'Kon-Há. En este último caso la muestra representó a la mayoría de las 21 unidades domésticas existentes en la población. Los entrevistados fueron seleccionados al azar usando el método de Probabilidad Proporcional al Tamaño (Bernard, 1994). El cuestionario

consistió de 59 preguntas que abarcan distintos rubros de información (Anexo ). Mediante dicho cuestionario se caracterizó a los jefes de familia por sus actividades productiva principal y por el uso que dan a sus tierras. Así mismo se hicieron preguntas sobre los sistemas agrícolas que se practican y la presencia de palma de guano en ellos. En cuanto al manejo de *Sabal* se hicieron preguntas referentes a las prácticas de manejo y cosecha que el entrevistado realiza, las cuales pueden afectar la biología de los individuos y las poblaciones. Se obtuvo información sobre el uso que se da al guano y la forma y frecuencia de cosecha. Se preguntó también acerca de la existencia de construcciones techadas con hoja de *Sabal* en cada unidad doméstica, el número de hojas utilizadas en cada techo, su antigüedad y la frecuencia de reposición de hojas. Finalmente, se hicieron preguntas sobre el intercambio de hoja de palma, intentando establecer la cantidad de hoja que se comercia (compra-venta) y también aquella que se intercambia sin un costo monetario (que se regala y que se recibe como regalo).

En una segunda fase de trabajo de campo, se realizó el conteo directo de hojas de *Sabal* utilizadas en los techos de las casas y otras construcciones de las personas entrevistadas anteriormente y se midió su tamaño. Para el conteo, se dividieron los techos por partes y se contaron una por una todas las hojas visibles.

## RESULTADOS

### Estructura de tamaños

Encontramos que si extrapolamos el número total de palmas estimadas en cada sitio de muestreo a una misma área para todas las localidades (1 ha) los huertos son los sitios con mayor densidad de individuos (cuadro 1). Las estructuras de tamaño observadas en el potrero y en la milpa, indican que en estas dos condiciones hay muy pocos individuos juveniles y adultos. La mayoría son infantiles y plántulas (figuras 6 y 7). La estructura de tamaños observada en los huertos muestra dos picos, el primero en las plántulas y el segundo en la transición de infantiles a juveniles o en las categorías de juveniles (figuras 2, 3, 4 y 5).

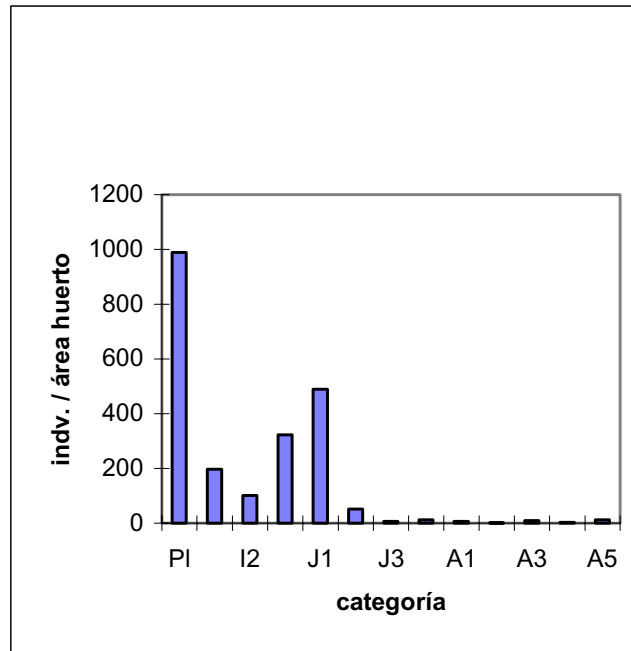


Figura.2. Estructura de tamaños de *Sabal mexicana* en el huerto 1



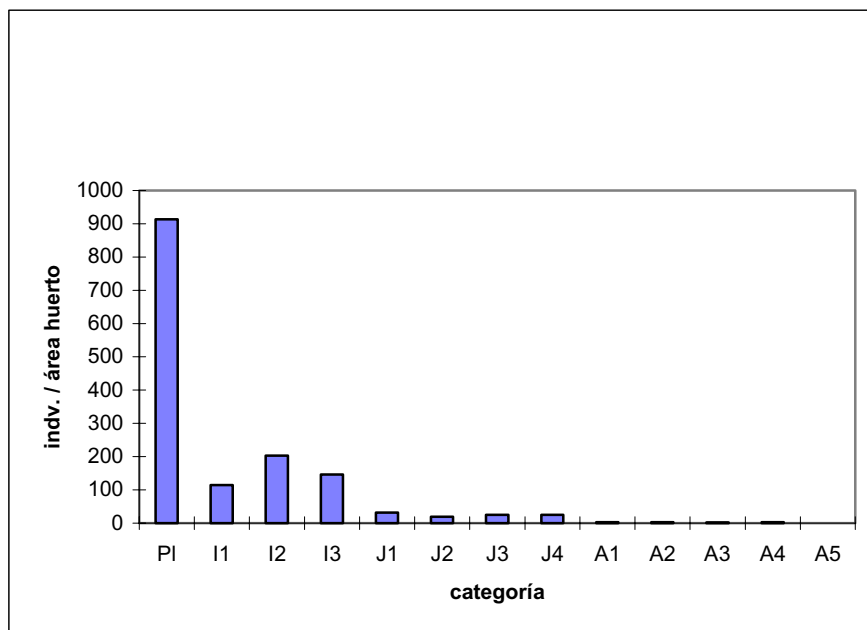


Figura 3. Estructura de tamaños de *Sabal yapa* en el huerto 1

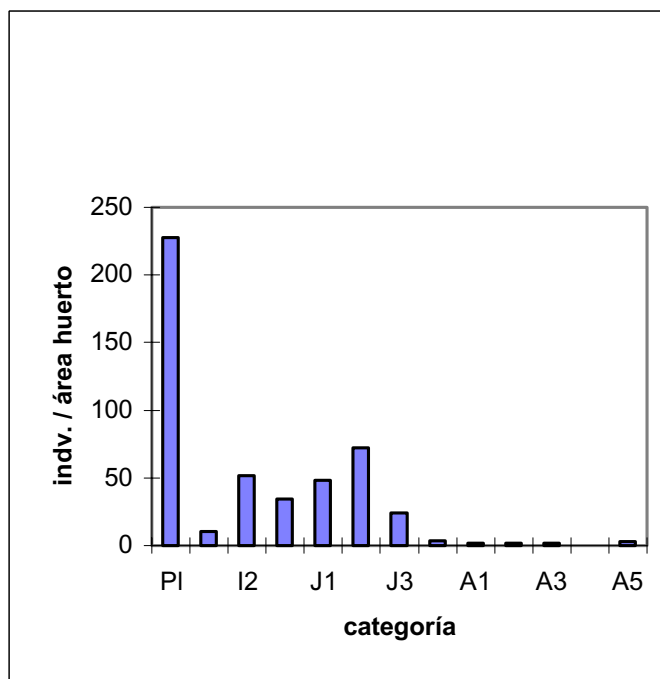


Figura 4. Estructura de tamaños de *Sabal mexicana* en el huerto 2

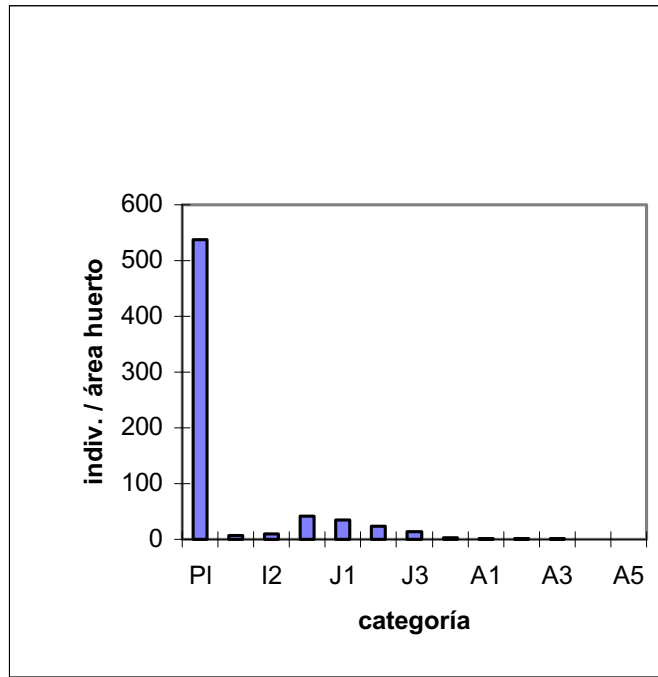


Figura 5. Estructura de tamaños. *Sabal yapa* en el huerto 2

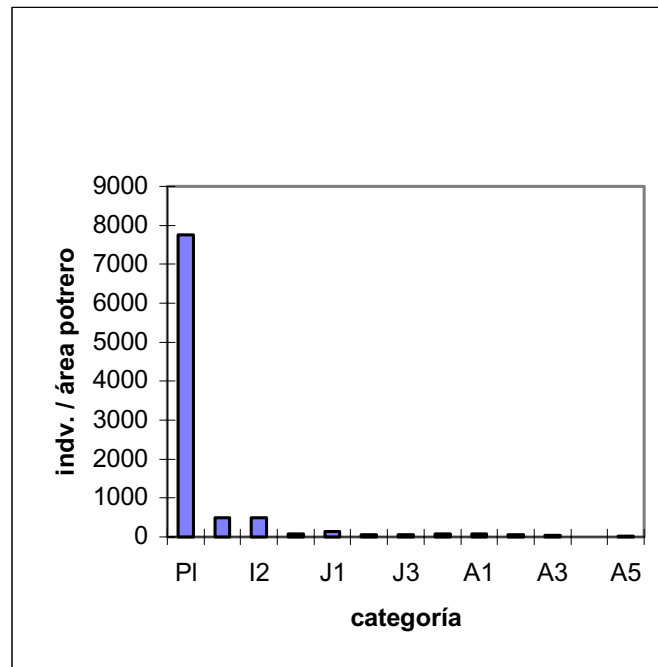


Figura 6. Estructura de tamaños *Sabal yapa* en potrero

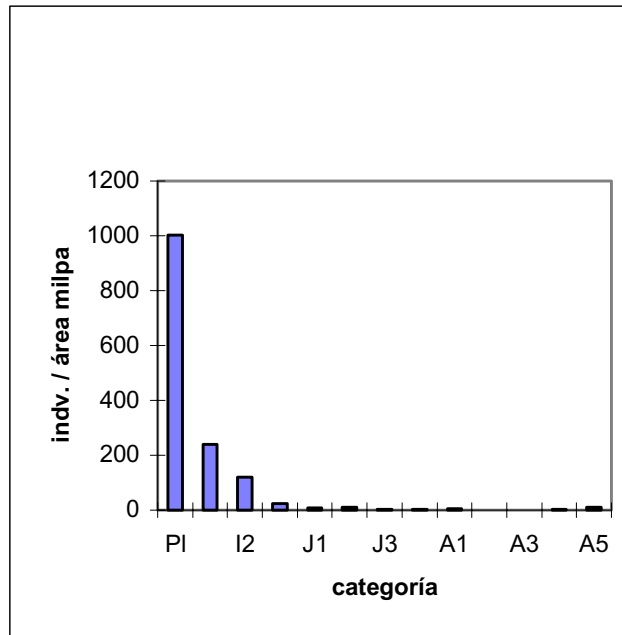


Figura 7. Estructura de tamaños de *Sabal yapa* en milpa

La prueba de  $\chi^2$  utilizada para comparar las estructuras de tamaño mostró que existen diferencias significativas entre los cuatro sitios de estudio de *S.yapa* y las estructuras de *S. mexicana* entre huertos ( $\chi^2 = 92.01$ ,  $P < 0.0001$  para *Sabal yapa* y  $\chi^2 = 66.46$ ,  $P < 0.0001$  para *Sabal mexicana*). Las plántulas no fueron incluidas en el análisis pues el área muestreada en Sucilá para esta categoría, no fue equivalente al muestreo en los demás sitios. Los individuos adultos se juntaron en una sola categoría para tener una muestra más grande.

En los cuadros 3 y 4 se muestran los residuos ajustados de Haberman para ambas especies. Los valores marcados en negritas muestran las categorías que son significativamente diferentes mientras que los demás valores no lo son. El signo positivo indica una predominancia de individuos de una categoría dada mientras que los valores significativos con signo negativo muestran escasez de individuos en dicha categoría.

Cuadro 3. Residuos Ajustados de Haberman. Estructuras de tamaño observadas en *Sabal*

*yapa* en las cuatro formas de manejo.

	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A
Huerto1	-1.99	1.39	<b>3.40</b>	-1.19	-0.94	0.02	0.48	<b>-2.83</b>
Huerto2	<b>-3.29</b>	<b>3.30</b>	<b>2.75</b>	<b>3.97</b>	<b>3.75</b>	1.81	-0.45	-0.81
Potrero	<b>2.11</b>	0.92	-4.73	-1.15	-1.36	-0.91	0.24	<b>3.53</b>
Milpa	<b>2.96</b>	0.26	-0.98	-1.23	-0.94	-0.87	-0.79	-0.59

En el huerto 1 predominan los individuos de *S. yapa* de la categoría I3 y existen pocos adultos (cuadro 3). En el huerto 2 existen significativamente más individuos de las categorías I3, J1 y J2 y menos individuos I1 e I2. En el potrero se observaron significativamente más adultos e individuos pequeños (I1) y en la milpa predominan los individuos de la categoría I1. Con respecto a *S.mexicana* (cuadro 4) en el huerto 1 se observa la predominancia de individuos de la categoría I1, I3 y J1 mientras que en el huerto 2 existen significativamente más individuos I2 y juveniles de mayor altura que los que predominan en el huerto 1 como son J2 y J3. De acuerdo al las estructuras de tamaño observadas en ambos huertos y para ambas especies vemos que en el huerto 1 predominan individuos más jóvenes (sobre todo de la categoría juvenil ) que los observados para el huerto 2.

Cuadro 4. Residuos Ajustados de Haberman. Estructuras de tamaño observadas en *Sabal mexicana* en los huertos familiares.

	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A
Huerto1	<b>2.51</b>	<b>-2.64</b>	<b>2.18</b>	<b>3.15</b>	<b>-5.76</b>	<b>-3.87</b>	-0.23	0.53
Huerto2	<b>-2.51</b>	<b>2.64</b>	<b>-2.18</b>	<b>-3.15</b>	<b>5.76</b>	<b>3.87</b>	0.23	-0.53

Sobrevivencia y mortalidad

Se evaluó durante un año la sobrevivencia y mortalidad de los individuos de todas las categorías. En general se observa que, para ambas especies, una vez alcanzada la talla de un individuo infantil, las probabilidades de sobrevivir se vuelven muy altas (figuras 8 y 9). La muerte de algunos individuos juveniles se debió principalmente a las quemas realizadas antes de la siembra, aunque en general dicha perturbación les afecta poco. El ganado daña poco a las palmas juveniles, pues su altura previene que sus hojas sean ramoneadas. Los individuos infantiles y las plántulas se ven más afectados por el ganado observándose frecuentemente hojas severamente dañadas por ramoneo.

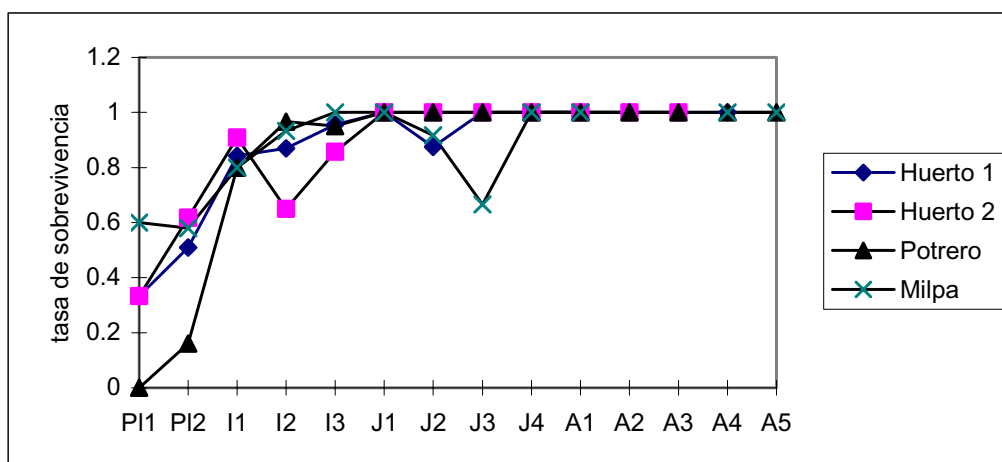


Figura 8. Tasa de sobrevivencia anual de los individuos de *Sabal yapa* en las cuatro formas de manejo estudiadas

La tasa de mortalidad más alta (figura 8) se registro entre las plántulas marcadas en el potrero, mientras que la mortalidad más baja en dicha categoría se observó en la milpa de Xkonha. La mortalidad de plántulas de *S. yapa* en los huertos de Maxcanú se ubica en una posición intermedia en relación a los otros dos sitios de trabajo. La sobrevivencia de plántulas se ve fuertemente afectada por el ramoneo o el pisoteo del ganado, así como por las quemas realizadas en las prácticas agrícolas y por una fuerte exposición a la radiación solar. En el potrero de Sucilá se observa la presencia de todos estos factores y por tanto la

mortalidad de plántulas fue muy alta. En la milpa de Xkonha existe un suelo pedregoso que forma oquedades en donde las plántulas que germinan se ven más protegidas de los factores mencionados. Dentro de los huertos en Maxcanú la gente no suele tener ganado caprino ni bovino, las gallinas y pavos presentes en los huerto pueden comerse las plántulas, pero al parecer no causan tanta mortalidad como el ganado. En los huertos solo se hacen quemas en espacios pequeños para eliminar la basura, y la presencia de gran cantidad de especies arbóreas y matorrales reduce significativamente la radiación solar recibida. Quizá en los huertos el transito familiar sea el factor que genera mayor mortalidad en las plántulas. En el huerto 2 la mortalidad de las plántulas de *Sabal mexicana* fue mayor al observado en el huerto 1 (figura 9), siendo probable que en este huerto con menor extensión el transito de la familia sea mayor y por tanto exista un mayor pisoteo.

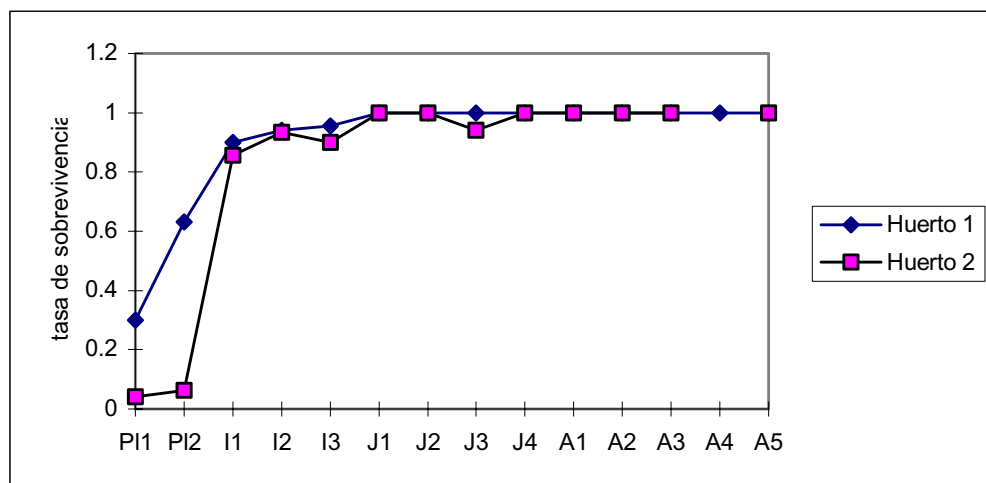


Figura 9. Tasa de sobrevivencia anual de los individuos de *Sabal mexicana* en los huertos familiares.

La sobrevivencia de las plántulas de *Sabal mexicana* en los huertos es menor (figura 9) a la observada para *Sabal yapa* en el mismo lugar (figura 8), posiblemente la primer especie sea

más sensible en esta etapa a la perturbación provocada por la actividad humana y animales domésticos.

### Crecimiento

Tanto en el caso de *Sabal yapa* como en el de *Sabal mexicana*, se observa una tendencia a crecer más rápido a medida que aumenta la talla del individuo durante los estadios juveniles y los primeros estadios adultos (figuras 10 y 11). De este modo, se observa que el crecimiento promedio anual de los individuos J1 fue menor que el de los J4. En las primeras categorías de individuos adultos en todos los sitios y para ambas especies se observó un fuerte incremento en la estatura promedio anual la cual se vio posteriormente disminuida en las categorías mayores en donde incluso el crecimiento fue menor al observado en las categorías de juveniles.

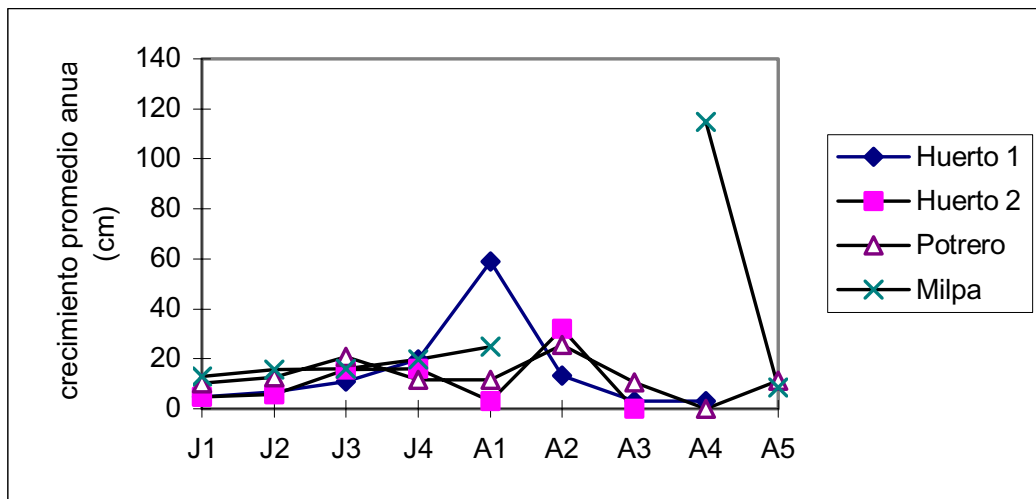


Figura 10. Crecimiento promedio anual de los individuos de *Sabal yapa* en las cuatro formas de manejo.

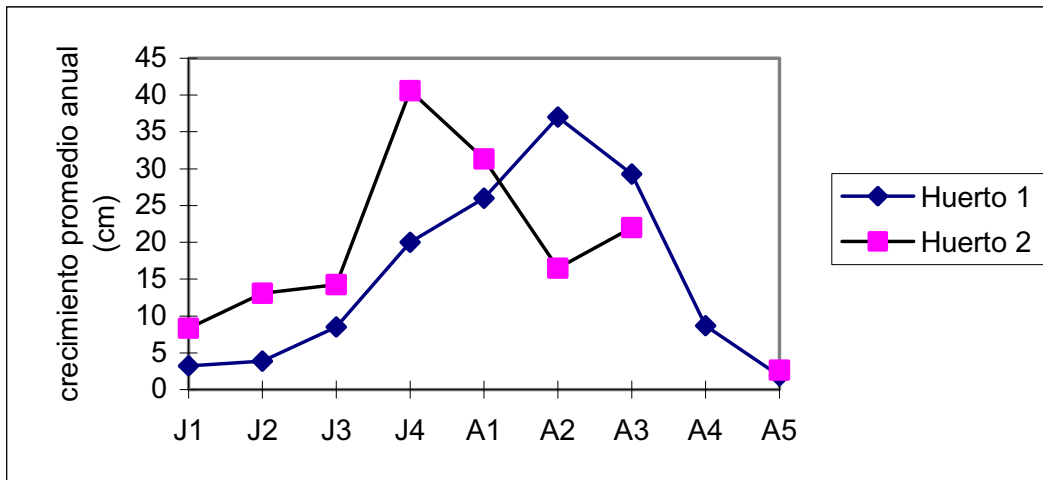


Figura 11. Crecimiento promedio anual de los individuos de *Sabal mexicana* en los huertos familiares.

La producción anual de hojas se estimó únicamente para los individuos juveniles de los cuales se tienen datos confiables. Debido a su mayor talla, no fue posible hacer un seguimiento preciso de la producción de hojas nuevas en el caso de los individuos adultos. En ambas especies la producción anual de hoja fue diferente entre categorías (figuras 12 y 13) incrementándose conforme mayor es la talla del individuo, sin embargo, entre las categorías J3 y J4 de *S. yapa* en el potrero y la milpa la producción de hojas disminuyó (figura 12).

Los individuos juveniles en la milpa de Xkonha y en el potrero en Sucilá produjeron mas hojas que las que se observaron en los individuos juveniles de los huertos de Maxcanú. Se observó también un crecimiento relativamente mayor de los individuos juveniles en Xkonha y Sucilá (figura 10). Estas diferencias podrían deberse a que las palmas de guano reciben una mayor cantidad de luz solar en estas condiciones de manejo, que en los huertos donde estan sujetas a competencia por luz con otras especies. Sin embargo otros factores podrían estar afectando el crecimiento y la producción anual de hoja como son las diferencias en la intensidad y la frecuencia con la que se cosechan hojas para el techado de construcciones, así como las diferencias climáticas entre los tres sitios de estudio que se



localizan a lo largo de un gradiente de vegetación natural que va desde la selva baja hasta la selva mediana.

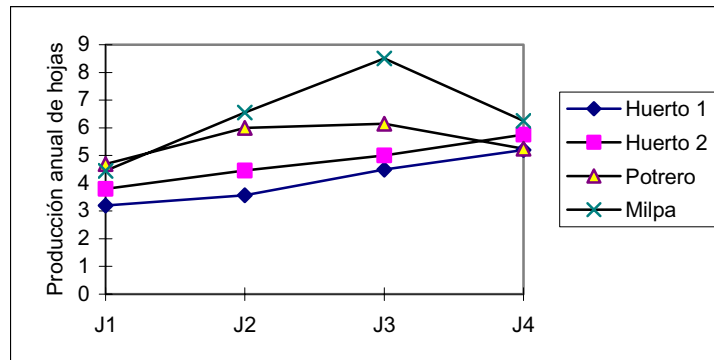


Figura 12. Producción anual promedio de hojas de los individuos juveniles de *Sabal yapa*.en las cuatro formas de manejo.

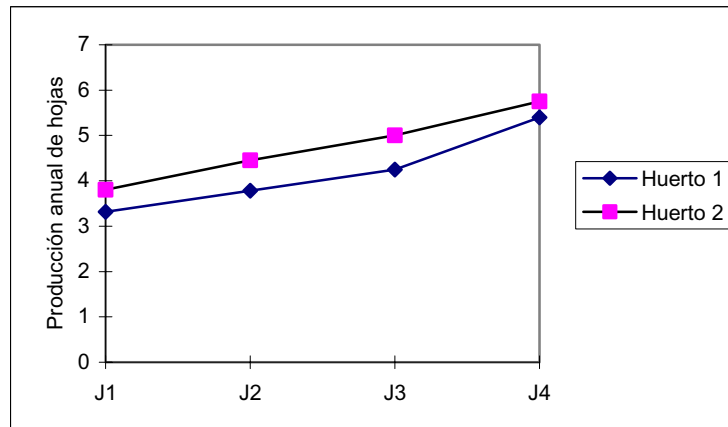


Figura 13. Producción anual promedio de hojas de los individuos juveniles de *Sabal mexicana* en los huertos familiares

### Producción de flores

En la milpa se obtuvo la estimación más alta de flores producidas por adulto, aunque en promedio las inflorescencias del potrero y el huerto 2 produjeron más flores. En el huerto 1 ambas especies produjeron el menor número de flores por inflorescencia y por adulto

(cuadro 5). Aunque se produce relativamente el mismo número de flores entre especies, la producción de frutos es menor en *S. mexicana* (cuadro 6) que en *S. yapa*. Lo anterior puede explicarse por el tamaño significativamente mayor de los frutos de *S. mexicana*. El porcentaje de flores que se transforma en frutos es significativamente diferente entre las dos especies ( $F=17.43$ ,  $P<0.0001$ ). En contraste, el porcentaje de flores que se convierten en frutos entre las categorías de adultos de ambas especies no es significativamente diferente ( $F=1.90$ ,  $P=0.127$ ).

Cuadro 5. Promedio de flores estimadas por adulto y por inflorescencias en cada localidad.

Localidad	Especie	Promedio por individuo adulto	Número de adultos	Promedio por inflorescencia	Número De inflorescencias
Huerto 1	<i>S. mexicana</i>	602,793	23	130,794	106
	<i>S. yapa</i>	123,769	12	82,513	18
Huerto 2	<i>S. mexicana</i>	1,066,472	13	195,269	70
	<i>S. yapa</i>	1,111,969	3	222,393	15
Potrero	<i>S. yapa</i>	1,001,739	41	220,277	190
Milpa	<i>S. yapa</i>	1,255,292	18	185,815	127

#### Modelo matricial

Después de un año de estudio de las poblaciones de *S. yapa* y de *S. mexicana* en condiciones de manejo diferentes, se observó poco crecimiento en los individuos de todas las categorías. Únicamente en los individuos infantiles se registraron transiciones de más de una categoría por debajo de la subdiagonal en la matriz de transición (anexo 1). Los valores

de permanencia fueron los más altos en particular en las categorías más grandes. La mortalidad es muy baja sobre todo a partir del punto en que se alcanza la talla de un individuo infantil. En los casos en donde no se registró la transición de individuos de una categoría a la inmediata superior, se asignó arbitrariamente el valor de 0.01 en esa celda y 0.99 en la diagonal principal. Dado que no se observó la muerte de ningún individuo adulto de la última categoría, fue necesario calcular una probabilidad de muerte a partir de la tasa de crecimiento anual de la categoría entre el intervalo de altura que comprende dicha categoría. No en todos los sitios de estudio se encontraron individuos adultos de todas las categorías definidas inicialmente, por lo que en algunas matrices se reduce el número de categorías (se especifica en cada caso).

Cuadro 6. Promedio de frutos estimados por adulto y por infrutescencia en cada localidad

Localidad	Especie	Número			
		Promedio por individuo adulto	de adultos	Promedio por infrutescencia	Número de infrutescencias
Huerto 1	<i>S. mexicana</i>	1,996	23	433	106
	<i>S. yapa</i>	1,817	12	1,211	18
Huerto 2	<i>S. mexicana</i>	3,310	13	606	70
	<i>S. yapa</i>	10,676	3	2,135	15
Potrero	<i>S. yapa</i>	24,090	41	5,301	190
Milpa	<i>S. yapa</i>	55,291	18	8,207	127

Las tasas de crecimiento obtenidas para estas poblaciones estuvieron muy cercanas a la unidad, pero siempre por debajo de uno (cuadro 7). Lo anterior indica que bajo las

condiciones actuales de manejo y suponiendo condiciones ambientales constantes, las poblaciones se encuentran muy cercanas a la estabilidad y solo con una muy ligera tendencia a disminuir. Dada las suposiciones en las que se basan los modelos matriciales los valores de  $\lambda$  deben de ser interpretados como tendencias actuales. Las predicciones a largo plazo deben considerarse con cuidado (Francis 1989).

La estructura estable de tamaños correspondiente al eigenvector derecho de la matriz de transición describe la estructura alcanzada si las poblaciones continuaran creciendo a una tasa de  $\lambda$ . Se compararon las estructuras de tamaños observadas con las estructuras estables obtenidas para cada población mediante una prueba de  $\chi^2$ . Los valores obtenidos fueron en general muy grandes ( $\chi^2$  del orden de los millones). Esto indica que son significativamente diferentes y que las estructuras observadas no pueden considerarse estables.

Cuadro 7. Tasa finita de crecimiento poblacional en ambas especies.

Sitio	Especie	$\lambda$
Huerto 1	<i>Sabal mexicana</i>	0.997
	<i>Sabal yapa</i>	0.991
Huerto 2	<i>Sabal mexicana</i>	0.991
	<i>Sabal yapa</i>	0.971
Potrero	<i>Sabal yapa</i>	0.990
Milpa	<i>Sabal yapa</i>	0.990

El valor reproductivo es una medida de la contribución de cada categoría al crecimiento poblacional futuro. En casi todas las poblaciones estudiadas se observó un incremento del valor reproductivo hasta la categoría J1, seguido de una disminución en las categorías superiores. Únicamente se observó un incremento hasta la categoría J4 y A1 en la población de *S. mexicana* y de *S. yapa* en el huerto 2 (figuras 14 y 15).

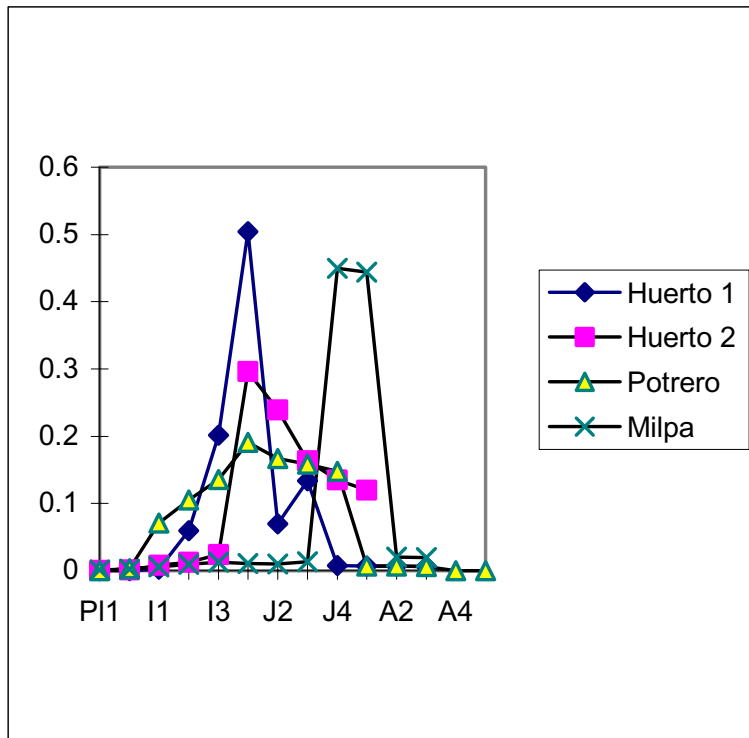


Figura 14. Valor reproductivo de *Sabal yapa*.en las cuatro formas de manejo

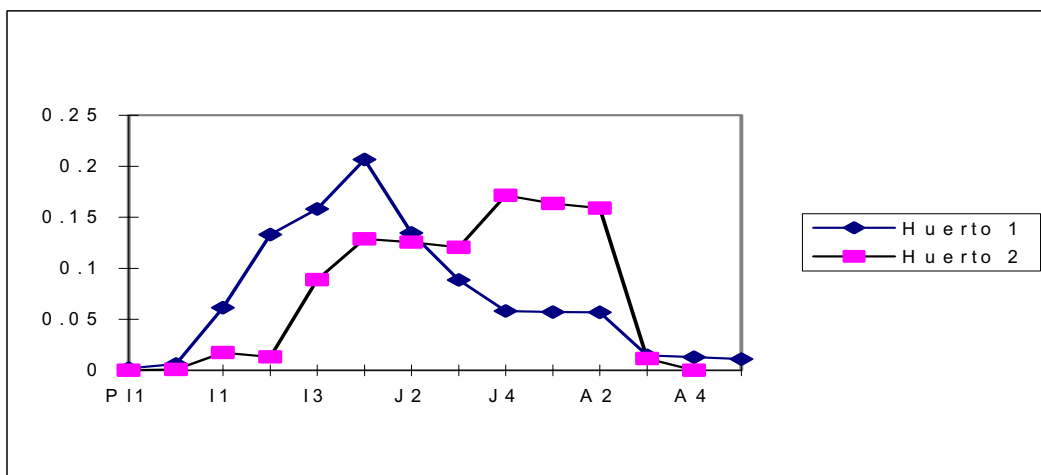


Figura 15. Valor reproductivo de *Sabal mexicana* en los huertos familiares

La matriz de sensibilidad identifica los elementos en donde cambios a los valores de la matriz generarían efectos significativos en las tasas de crecimiento poblacional. En todas las poblaciones muestreadas la tasa de crecimiento poblacional es más sensible a cambios en la permanencia de los individuos juveniles y adultos. Llama la atención que la

sensibilidad de las categorías juveniles en el huerto 1 es mayor a la de los adultos, mientras que en los demás sitios muestreados son las categorías de adultos los que presentan los valores más altos de sensibilidad (anexo 2). La sobrevivencia y transiciones de las categorías menores (plantulas hasta infantiles) llegan a ser hasta tres ordenes de magnitud menos sensibles que las categorías mayores. La sensibilidad a cambios en la fecundidad es hasta de cuatro ordenes de magnitud menor que la sensibilidad observada en la permanencia y el crecimiento de los individuos. El análisis de sensibilidad nos indica que las etapas mas críticas para la tasa de crecimiento poblacional de ambas especies es la permanencia de los individuos juveniles y adultos. La alta mortalidad registrada en las plántulas, sobre todo en el potrero, no parece ser un evento que afecte substancialmente la tasa de crecimiento poblacional.

Cuadro 8. Sumatoria de los valores de elasticidad para cada parámetro poblacional dentro de la matriz

Sitio	Especie	Permanencia	Crecimiento	Fecundidad
Huerto 1	<i>Sabal mexicana</i>	0.981	0.017	0.001
	<i>Sabal yapa</i>	0.995	0.003	0.0002
Huerto 2	<i>Sabal mexicana</i>	0.997	0.001	0.0001
	<i>Sabal yapa</i>	0.971	0.025	0.002
Potrero	<i>Sabal yapa</i>	0.999	0.0004	0.00000007
Milpa	<i>Sabal yapa</i>	0.994	0.004	0.0004

La matriz de elasticidad indica la contribución proporcional de cada una de las entradas de la matriz de transición a la tasa finita de crecimiento poblacional. En el cuadro 8 se indica la suma de los valores de elasticidad obtenidos para cada uno de los parámetros poblacionales incluidos en la matriz. Los valores de permanencia en todas las poblaciones

fueron los valores mas altos seguidos del crecimiento y la fecundidad. Si consideramos que la suma de los tres parámetros debe de ser de uno podemos observar que la permanencia de los individuos en la misma categoría contribuye casi con el 100% de la elasticidad.

#### Cosecha

La información obtenida mediante entrevistas con los agricultores locales indica que en Maxcanú es más frecuente el comercio local de hoja durante todo el año e incluso el regalo e intercambio de la misma entre familiares. Si comparamos el número promedio de hojas utilizado por unidad doméstica, observamos que efectivamente Maxcanú demanda más hojas en promedio por familia que los demás sitios (cuadro 9).

Cuadro 9. Demanda de hojas maduras de palma de guano para techar la vivienda rural Maya en las tres localidades estudiadas.

	Sucilá (potrero)	Maxcanú (huertos)	X'Kon-Há (milpa)
Número promedio de hojas utilizadas por unidad doméstica	1,539	2,522	1,738

En las poblaciones de *Sabal* spp. en donde se realizaron los estudios demográficos se contabilizó a lo largo de un año el número de hojas cosechadas y nuevas que producían los individuos juveniles marcados. Los resultados obtenidos, muestran que en Maxcanú y en particular en el huerto 2 se extrajo mas cantidad y con mas frecuencia hoja por individuo durante todo el año (figuras 16 y 17) . En el huerto 1 aunque se extrajo menos hoja, casi se cosechó la misma cantidad que en el potrero. Las diferencias en la intensidad de cosecha entre el huerto 1 y 2 probablemente se deben a la disponibilidad de palma en cada uno. El huerto 2 es mas pequeño que el primero y por tanto dispone de menos palmas de la categoría juvenil, de tal forma que para abastecer la demanda familiar requieren intensificar el número de hojas cosechadas por individuo, también es interesante notar que la cosecha

de *Sabal yapa* y de *Sabal mexicana* en los huertos se va alternando, de manera que cuando se cortan más hojas de una especie se cortan menos hojas de la otra y viceversa.

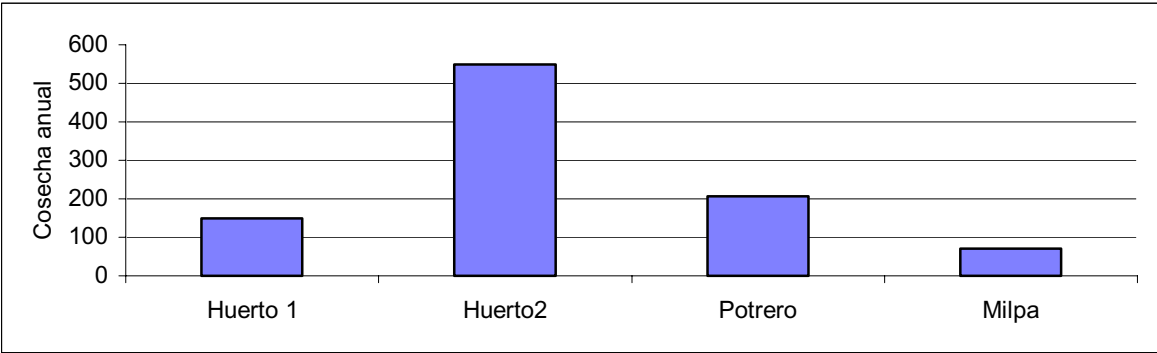


Figura 16. Cosecha anual de hojas en los cuatro sitios de estudio

En la comunidad de Sucilá la venta de hoja se encuentra concentrada entre algunos ganaderos que disponen de la palma en sus potreros, estas personas suelen vender grandes cantidades de hoja para la reposición de techos completos tanto a la gente de la comunidad como a personas que viene de fuera a comprar hoja para la fabricación de techos en instalaciones turísticas. En este pueblo de acuerdo a las entrevistas es poco frecuente que se corten hojas en pequeñas cantidades únicamente para la reparación de pequeñas porciones en los techos. De acuerdo con el conteo de hojas realizado en los individuos juveniles marcados en el potrero (figura 17), se observó poca cosecha durante los primeros dos cuatrimestres del año intensificandose al final debido a una serie de ventas grandes realizadas por el dueño de la parcela.



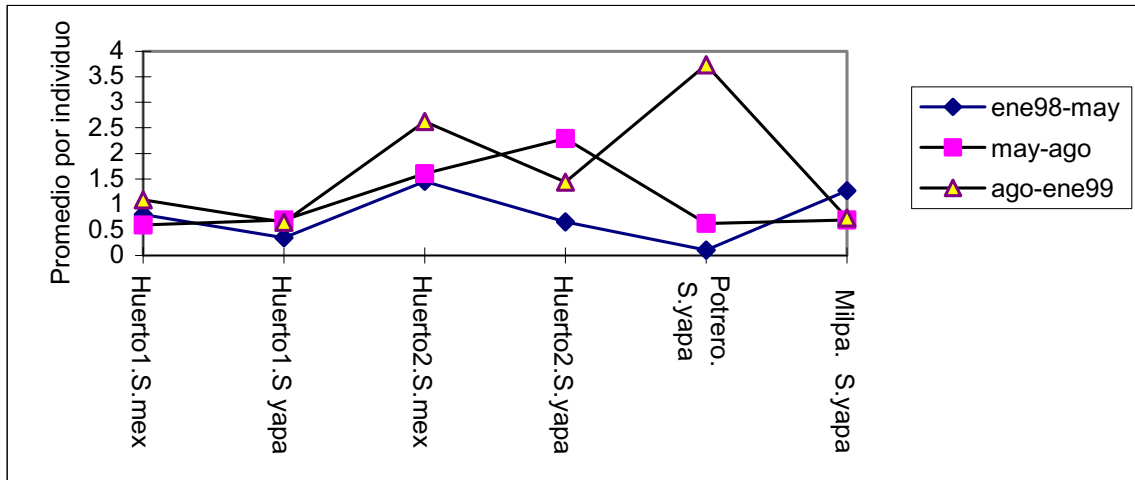


Figura 17. Promedio de hojas cosechadas en ambas especies por cuatrimestre en los cuatro sitios de estudio.

En Xkonha si bién se demanda más hoja en promedio por unidad doméstica que en Sucilá, se cortan pocas hojas de los individuos presentes en la milpa. De acuerdo con las entrevistas, en esta comunidad se compra y vende poca hoja entre los pobladores y rara vez se intercambia. Cada familia corta su propia hoja y generalmente solo reparan porciones dañadas del techo y no todo el techo. No siempre cortan la hoja de la milpa también pueden obtenerla de acahuales cercanos a sus terrenos. Como puede verse en el cuadro 10, la cosecha de hoja está en equilibrio con la producción promedio anual de hojas por individuo en las diferentes formas de manejo.

Cuadro 10. Producción y cosecha anual de hoja en individuos juveniles de ambas especies en las cuatro formas de manejo. En la plantación no se estimó el número de individuos totales en la parcela pues no se hizo demografía.

		Número de Individuos juveniles Muestreados en cada Sitio	Producción de Hojas		Cosecha de Hojas	
			Total Por Sitio	Promedio por Individuo	Total Por Sitio	Promedio por Individuo
Huerto 1	<i>S. mexicana</i>	45	170	3.7	110	2.4
	<i>S. yapa</i>	23	94	3.3	55	1.6
Huerto 2	<i>S. mexicana</i>	66	346	5.2	371	5.6
	<i>S. yapa</i>	41	178	4.3	179	4.3
Potrero	<i>S. yapa</i>	46	255	5.4	206	4.4
Milpa	<i>S. yapa</i>	26	154	5.9	70	2.6
Plantación	<i>S. mexicana</i>	66	313	4.7	253	3.7

## DISCUSION

Los resultados del estudio demográfico desarrollado durante 1998 en seis poblaciones de palma bajo diferentes tipos de manejo e intensidades de cosecha reveló tasas de crecimiento poblacional cercanos a la unidad. Lo anterior hace suponer que las poblaciones no se ven seriamente afectadas por el manejo y de seguir las condiciones actuales de aprovechamiento se podría mantener una cosecha similar a la observada durante este año sin generar daños significativos en las poblaciones. Es importante remarcar que los modelos demográficos suponen constancia en los factores que afectan a las poblaciones aunque en la realidad esto no ocurra, dado lo anterior la interpretación del modelo debe de ser cuidadosa y considerar que los valores de  $\lambda$  deben de ser interpretados como tendencias actuales y no como predicciones a largo plazo.

Con base en lo anterior puede decirse que en términos generales las diferentes formas de manejo tradicional de la palma de guano son sostenibles bajo las condiciones de la demanda local para techado de la vivienda tradicional.

Los resultados muestran una correspondencia entre las formas predominantes de uso del suelo, la forma y grado de manejo de la palma de guano, y la demanda que existe en las distintas comunidades rurales por este recurso. En Sucila la demanda de guano es relativamente grande, sin embargo los ganaderos tienen grandes extensiones de potreros donde existe suficiente recurso para satisfacer las necesidades de la comunidad. Esto puede explicar el bajo grado de manipulación de las poblaciones. En X'Kon-Ha, donde la demanda de hoja es baja, el manejo es también poco intensivo. La cosecha que se realiza tanto en milpa como la vegetación natural, cubre las necesidades de esta pequeña comunidad rural. En Maxcanu la población humana es mayor y es poca la tierra agrícola disponible. El huerto familiar es en muchos casos el único terreno disponible donde la unidad doméstica puede obtener hoja de palma de guano. De este modo el manejo del huerto familiar se vuelve intensivo y las poblaciones de *Sabal* son manipuladas de tal forma que se maximiza la disponibilidad de hoja.

El cultivo de *Sabal mexicana* en plantaciones en terrenos relativamente pequeños es una estrategia dirigida a optimizar la disponibilidad de este recurso dada la creciente demanda de éste. La comparación entre la demanda de hoja de *Sabal* spp. y las formas manejo de este recurso en las tres localidades estudiadas, sugiere que las distintas estrategias agrosilvícolas son igualmente eficientes para satisfacer la demanda local y que representan una situación de equilibrio o adecuación entre las posibilidades y limitaciones que presenta el medio natural, las necesidades de la población Maya, y sus capacidades tecnológicas.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- Bernard, 1994. Research methods in Anthropology. Qualitative and Quantitative Approaches. SAGE Publications, 2<sup>nd</sup> Edition, Thousan Oaks
- Caswell, H. 1989. Matrix Population Models: Constructio, Analysis, and Interpretation. Sinauer Ass. Inc.
- Francis, R.P. 1989. Natural history of *Sabal minor*: Demography, population genetics and reproductive ecology. Tesis de doctorado. Department of Biology. Tulane University.
- Menges, E.S. 1990. Population viability analysis for an endangered plant. *Conservation Biology*. 4 (1):52-62.
- Silvertown, J.W. 1982. *Introduction to plant population ecology*. Longman, Inc., New York
- Silvertown, J., M, Franco, I. Pisanty, y A. Mendoza. 1993. Comparative plant demography relative importance of life cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. *Journal of Ecology*. 81: 465-475.

## MATRICES DE PROYECCION POBLACIONAL

En algunos casos fue necesario disminuir el número de categorías de adultos debido a que no se encontraron individuos de esa categoría o porque había pocos individuos que la representaran. El rango de altura en esos casos será el de las categorías que se juntaron. Para cada caso se especificará cuales fueron las categorías que se fusionaron

*Sabal mexicana* en el huerto 1.

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5
PI1										0.019	0.12	0.177	0.285	0.228
PI2	0.300	0.592	0.067											
I1		0.041	0.700											
I2			0.133	0.647										
I3				0.294	0.826									
J1					0.130	0.990								
J2						0.010	0.990							
J3							0.010	0.990						
J4								0.010	0.800					
A1									0.200	0.250				
A2										0.750	0.99			
A3											0.01	0.800		
A4												0.200	0.667	
A5													0.333	0.958
N(t)	10	49	30	17	23	22	14	4	5	4	1	5	3	9

*Sabal mexicana* en el huerto 2. Se juntaron las categorías A3 y A4 en A3 y A5 paso a llamarse A4

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4
PI1										0.050	0.098	0.105	0.044
PI2	0.042	0.021											
I1		0.042	0.143										
I2			0.643	0.923									
I3			0.071	0.010	0.700								
J1					0.200	0.650							
J2						0.350	0.760						
J3							0.240	0.824					
J4								0.118	0.800				
A1									0.200	0.667			
A2										0.333	0.990		
A3											0.010	0.990	
A4												0.010	0.914
N(t)	24	48	14	15	10	20	25	17	5	3	2	5	3

*Sabal yapa* en el huerto1. Se juntaron las categorías A3 y A4 en A3. No hubo categoría A5.

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3
PI1										0.246	0.107	0.873
PI2	0.333	0.472	0.105									
I1		0.038	0.727	0.087								
I2			0.010	0.696	0.043							
I3				0.087	0.870							
J1					0.043	0.990						
J2						0.010	0.750					
J3							0.125	0.990				
J4								0.010	0.600			
A1									0.400	0.333		
A2										0.667	0.833	
A3											0.167	0.984
N(t)	12	53	19	23	23	5	8	6	5	3	6	3

*Sabal yapa* en el huerto 2. Se juntaron todas las categorías de adultos

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A	
PI1											1.000
PI2	0.333	0.564	0.136								
I1		0.055	0.409								
I2			0.364	0.300							
I3				0.350	0.847						
J1					0.010	0.850					
J2						0.150	0.909				
J3							0.091	0.833			
J4								0.167	0.750		
A									0.250	0.968	
N(t)	3	55	22	20	21	20	11	6	4	3	

*Sabal yapa* en potrero

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5
PI1									9.00E-07	3.00E-06	2.70E-06	2.00E-05	7.00E-05	6.00E-05
PI2	0.00	0.13												
I1		0.01	0.43	0.13										
I2		0.02	0.33	0.60										
I3			0.03	0.23	0.85									
J1					0.10	0.92								
J2						0.08	0.82							
J3							0.18	0.86						
J4								0.14	0.99					
A1									0.01	0.80				
A2										0.20	0.80			
A3											0.20	0.99		
A4												0.01	0.99	
A5													0.01	0.98
N(t)	6	50	30	30	20	13	11	14	8	10	10	10	1	10



*Sabal yapa* en milpa. Se juntaron las categorías A1 con A2 en A1 y las categorías A3 y A4 en A2. A5 pasó a llamarse A3.

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3
PI1										0.008	0.127	0.245
PI2	0.600	0.360										
I1		0.180	0.467									
I2		0.040	0.333	0.767								
I3				0.167	0.933							
J1					0.067	0.667						
J2						0.333	0.667					
J3							0.250	0.657				
J4								0.010	0.250			
A1									0.750	0.990		
A2										0.010	0.250	
A3											0.750	0.973
N(t)	5	50	30	30	30	9	12	3	4	5	4	10

ANEXO 2  
MATRICES DE SENSIBILIDAD

*Sabal mexicana* en el huerto 1.

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5
PI1										6E-05	0.008	0.0003	0.0002	0.002
PI2	0.005	0.004	0.001											
I1		0.039	0.005											
I2			0.012	0.004										
I3				0.005	0.009									
J1					0.012	0.238								
J2						0.155	0.237							
J3							0.156	0.237						
J4								0.155	0.008					
A1									0.008	0.002				
A2										0.002	0.237			
A3											0.061	0.003		
A4												0.003	0.002	
A5													0.001	0.012

*Sabal mexicana* en el huerto 2

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4
PI1										9E-08	0.0001	0.0012	0.0001
PI2	0.004	0.000											
I1		0.004	0.000										
I2			0.000	0.001									
I3				0.009	0.001								
J1					0.001	0.000							
J2						0.000	0.001						
J3							0.001	0.001					
J4								0.001	0.001				
A1									0.001	0.000			
A2										0.000	0.524		
A3											0.038	0.470	
A4												0.001	0.000

*Sabal yapa* en el huerto 1

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3
PI1										3E-06	1E-05	0.0003
PI2	0.0008	0.0005	0.0001									
I1		0.0076	0.0011	0.0000								
I2			0.0281	0.0011	0.0008							
I3				0.0036	0.0025							
J1					0.0064	0.4507						
J2						0.0622	0.0026					
J3							0.0050	0.5016				
J4								0.0274	0.0007			
A1									0.0007	0.0004		
A2										0.0004	0.0017	
A3											0.0016	0.0367

*Sabal yapa* en el huerto 2

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A
PI1										0.0028
PI2	0.0083	0.0070	0.0007							
I1		0.0522	0.0051							
I2			0.0076	0.0041						
I3				0.0079	0.0222					
J1					0.2750	0.0227				
J2						0.0183	0.0442			
J3							0.0302	0.0199		
J4								0.0165	0.0124	
A									0.0110	0.8596

*Sabal yapa en potrero*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5
PI1									5E-06	2E-07	3E-07	0.0002	0.0054	0.0051
PI2	7E-04	8E-07												
I1		1E-05	7E-07	2E-06										
I2		2E-05	1E-06	2E-06										
I3			1E-06	3E-06	5E-06									
J1					8E-06	1E-05								
J2						1E-05	4E-06							
J3							4E-06	6E-06						
J4								5E-06	0.248					
A1									0.012	6E-04				
A2										6E-04	6E-04			
A3											6E-04	0.499		
A4												0.012	0.251	
A5														3E-05 3E-05

*Sabal yapa en milpa*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3
PI1										0.0030	4E-05	0.0018
PI2	0.0008	0.0007										
I1		0.0019	0.0006									
I2		0.0030	0.0010	0.0021								
I3				0.0028	0.0081							
J1					0.0069	0.0014						
J2						0.0014	0.0014					
J3							0.0019	0.0014				
J4								0.0465	0.0006			
A1									0.0006	0.9573		
A2										0.0439	0.0006	
A3											0.0006	0.0252

ANEXO 3  
MATRICES DE ELASTICIDAD

*Sabal mexicana* en el huerto 1

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1E-06	0.0009	7E-05	6E-05	0.0004
PI2	0.002	0.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0.002	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0	0.002	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0	0.002	0.008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	0.002	0.236	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0.002	0.235	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0.002	0.235	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0.006	0	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0.001	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.002	0.236	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.002	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.012

*Sabal mexicana* en el huerto 2

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4E-09	1E-05	0.0001	7E-06
PI2	0.0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0.0002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0	0.0001	0.0012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0.0001	0.0001	0.0004	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0.0002	0.0005	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0.0002	0.0008	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0.0002	0.0006	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0002	0.0003	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0002	0.5241	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0004	0.4694	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001

*Sabal yapa en el huerto1*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8E-07	1E-06	0.0002
PI2	0.0003	0.0003	8E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0.0003	0.0008	4E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0	0.0003	0.0007	3E-05	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0	0.0003	0.0022	0	0	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	0.0003	0.4501	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0.0006	0.002	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0.0006	0.5009	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0004	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0001	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0015	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0003	0.0364

*Sabal yapa en el huerto 2*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0028
PI2	0.0028	0.0041	1E-04	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0.0029	0.0021	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0	0.0028	0.0013	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0	0.0028	0.0194	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	0.0028	0.0199	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.0414	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.0171	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.0096	0
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0028	0.8568

*Sabal yapa en potrero*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	A4	A5	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5E-12	1E-12	8E-13	5E-09	4E-07	3E-07
PI2	7E-07	1E-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	1E-07	3E-07	2E-07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	4E-07	4E-07	1E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	5E-08	7E-07	5E-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	8E-07	1E-05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	8E-07	4E-06	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	8E-07	5E-06	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	8E-07	0.2479	0	0	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.0005	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.0005	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.4991	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0.2513	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3E-07	3E-05

*Sabal yapa en milpa*

	PI1	PI2	I1	I2	I3	J1	J2	J3	J4	A1	A2	A3	
PI1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2E-05	5E-06	4E-04
PI2	0.0005	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I1	0	0.0003	0.0003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I2	0	0.0001	0.0003	0.0016	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I3	0	0	0	0.0005	0.0076	0	0	0	0	0	0	0	0
J1	0	0	0	0	0.0005	0.0010	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	0	0.0005	0.0010	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	0	0	0.0005	0.0009	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0.0002	0	0	0	0
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0005	0.9569	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0004	0.0001	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0004	0.0248