



00381
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

Remito a la Dirección General de Bibliotecas
UNAM a difundir en formato electrónico el
contenido de mi trabajo con

NOMBRE: José de Jesús
Castellón Olivares

FECHA: 8 de mayo 2003

FIRMA: [Firma]

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS

MODELO PARA EL MANEJO SOSTENIDO DE LOS RECURSOS

FORESTALES NO MADERABLES: ESTUDIO DE CASO

***Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies EN BAJA CALIFORNIA.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

PRESENTA:

JOSÉ DE JESÚS CASTELLÓN OLIVARES

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ JERÓNIMO ABRAHAM RUBLUO ISLAS.

MEXICO, D. F.

MARZO 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A ti señor, que guías mis pasos, por lo que me has dado, porque me has permitido vislumbrar la grandeza de tu obra y sobretodo, porque me permites estar hoy aquí.

A Alma Irma, por sus palabras de aliento, su impulso, confianza y coraje. Pero sobre todo, por ser una hermosa persona, le dedico este trabajo, ya que sin su ayuda, no hubiera sido posible llegar a tan ansiada meta.

A mis hijas Perla Yuvitza y Alma Elena, porque me inspiran a superarme cada día de mi vida.

A la memoria de mi maestro y entrañable amigo, Dr. Abraham Rubluo Islas y a su familia, que tengo el privilegio de conocer y son para mí, ejemplo de unidad y mexicanidad.

A mis familiares y amigos.

Agradecimientos

Al doctor Abraham Rubluo Islas, quien me orientó y ayudó para concluir la presente investigación y además, me brindó algo mucho más valioso: su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico brindado a través del programa cátedras patrimoniales.

A la Universidad Autónoma de Baja California y Universidad Nacional Autónoma de México, que me apoyaron a través del programa de intercambio académico.

A la Dra. Patricia Dávila Arango y Dr. Benjamín Rodríguez Garay, miembros de mi comité tutorial, quienes mejoraron este documento e influyeron considerablemente en mi formación.

Al Dr. Rafael Ortega Paczka, por sus importantes observaciones y por haber inspirado el desarrollo de este trabajo, desde que me enseñó colectando maíz, la importancia de conservar nuestros recursos genéticos.

Al Dr. Abisai García Mendoza, que enriqueció este documento, con importantes sugerencias basadas en su amplia experiencia en agaves de México.

A los Doctores José Luis Villaseñor Ríos y Hermilo Quero Rico, por la revisión y sugerencias para mejorar este documento.

A la Bióloga Ingrid Brunner Caligaris, quien ha hecho posible que termine mi programa académico, con su apoyo eficaz y constante.

Al maestro en ciencias Jorge Sepúlveda Betancourt, con quien he compartido experiencias y trabajos conjuntos, en el estudio de recursos forestales de Baja California.

Al programa para el mejoramiento del profesorado, por su apoyo.

A mi familia, por su apoyo, paciencia y comprensión en todo momento.

A la doctora Meredith Gould Chambers, por su apoyo en la revisión de este documento.

Resumen

La explotación intensiva de *Yucca schidigera* sin conocimiento biológico, nivel de productividad y superficies disponibles; así como, la aplicación de una normatividad sin fundamento, origina su deterioro.

Se planteo como objetivo proponer un modelo general de manejo, que permita aprovechar sostenidamente recursos vegetales potenciales.

Se estudiaron ocho aspectos biológicos en cuatro poblaciones silvestres de *Y. schidigera*, mediante datos morfométricos, dinámica reproductiva, fenología y establecimiento de plántulas. La producción de biomasa aérea, se determinó con el método no-destructivo dimensional, con análisis de regresión y los datos se procesaron mediante análisis de varianza (Kruskal-Wallis) y comparación múltiple de medias. Siete aspectos socioeconómicos se determinaron con información oficial, encuestas y se complementó con análisis de suelos, climatología y vegetación asociada.

Diferencias significativas en biomasa (4.8 a 21.5 ton/ha), densidades (48 a 210 colonias/ha) y tamaño de colonia (4.6 a 8.7 tallos), junto con diferencias ambientales y vegetación asociada, permitieron identificar cuatro ecotipos. Montano y desértico, con baja productividad y estrés ambiental, tienen susceptibilidad a deterioro por aprovechamiento; mientras que, intermontano y mediterráneo con mejor productividad y condiciones ambientales, tienen menos riesgos.

El modelo con 38 puntos de 60, indica factibilidad de aprovechamiento de *Yucca schidigera*, considerando diferencias en producción de biomasa y atendiendo puntos críticos, como, reproducción sexual, relaciones bióticas, factores de deterioro y tecnología de aprovechamiento. Se concluye que debe modificarse la normatividad vigente, la colonia debe ser la unidad de manejo, la sobre-explotación afecta la reproducción sexual y que éste modelo, puede aplicarse a otros recursos vegetales potenciales.

Abstract

Intensive exploitation of *Yucca schidigera* without sufficient knowledge of its biology, productivity and range, as well as the application of unjustified regulations, are causing the deterioration of this resource. The present study was undertaken in order to propose a general management model to permit sustainable use of this resource. Four wild populations of *Y. schidigera* were studied with respect to eight biological parameters, including morphometric data, reproductive dynamics, phenology and the recruitment of young plants. Aboveground biomass production, was determined with the dimensional non-destructive method employing regression analysis, and the data were processed using Kruskal-Wallis analysis of variance and multiple comparison of averages. Seven socioeconomic aspects were determined based on official data and surveys, and were complemented with information from soil analysis, climatology and associate vegetation.

Significant differences in biomass (4,8 to 21,5 ton/ha), densities (48 to 210 colonies/ha) and colony size (4,6 to 8,7 stems), together with differences in environmental and associated vegetation, permitted the identification of four ecotypes. Desert and montane ecotypes, with low productivity and more environmental stress, were more susceptible to deterioration due to exploitation, whereas, intermontane and mediterranean ecotypes, with higher productivity and less environmental stress, are less susceptible.

The model, with 38 of 60 points, indicates that exploitation of *Y. schidigera* is feasible, as long as consideration is given to differences in biomass production and the critical factor of sexual reproduction, biotic relations, sources of deterioration, and use technology. It is concluded that (1) the regulations should be modified, (2) the colony must be considered the unit of

management, (3) over-exploitation has negative impacts on sexual reproduction, and (4) this model can be applied to other potential vegetal resources.

Índice General

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Índice de cuadros	xi
Índice de figuras	xii
1. Introducción	1
<i>Objetivos</i>	4
<i>Hipótesis</i>	4
2. Antecedentes	5
3. Materiales y Métodos	10
4. Resultados y Discusión	15
4.1 Criterios técnicos biológicos	15
4.1.1 Taxonomía	15
4.1.1.1 Descripción morfológica de <i>Yucca schidigera</i>	15
4.1.1.2 Situación taxonómica	16
4.1.2 Distribución y abundancia	19
4.1.3 Fenología	23
4.1.4 Relaciones bióticas	25
4.1.5 Regeneración sexual	28
4.1.5.1 Dinámica de reproducción sexual	29
4.1.6 Regeneración asexual	33
4.1.7 Producción de biomasa aérea	35
4.1.8 Variabilidad	41
4.1.8.1 Descripción de ecotipos	41
4.1.8.1.1 Ecotipo montano	41
4.1.8.1.2 Ecotipo intermontano	42
4.1.8.1.3 Ecotipo mediterráneo	44
4.1.8.1.4 Ecotipo desértico	46

<i>5. Criterios técnicos socioeconómicos</i>	49
5.1 Accesibilidad a poblaciones	49
5.2 Usos potenciales	50
5.3 Beneficio económico	54
5.4 Beneficio social	57
5.5 Tecnología de aprovechamiento	58
5.6 Factores de deterioro	60
5.6.1 Descripción de factores de impacto ambiental negativo.	60
5.7 Estudio de mercado	62
6. Discusión General	64
7. Conclusiones	72
8. Literatura Citada	75
9. Apéndice	87

Índice de cuadros

Cuadro	Página
1. Descripción de criterios técnicos aplicados a <i>Y. schidigera</i> en Baja California para definir un modelo de manejo.	11
2. Sistemática y caracteres distintivos de especies del género <i>Yucca</i> en Baja California.	18
3. Condiciones climatológicas de cuatro sitios con poblaciones silvestres de <i>Y. Schidigera</i> en Baja California, México. Los datos son el promedio de 25 años desde 1970 a 1995 (Comisión Nacional del Agua, 1997).	19
4. Distribución y abundancia de poblaciones silvestres de <i>Yucca schidigera</i> en Baja California	20
5. Descripción de eventos fenológicos de una población de <i>Yucca schidigera</i> ubicada en el Ejido Kiliwas, Baja California.	24
6. Efecto de roedores y lagomorfos en el porcentaje de supervivencia de plántulas de <i>Yucca schidigera</i> en el Ejido Francisco R. Serrano (San Matías), Baja California.	26
7. Efecto del tamaño de colonia de <i>Yucca schidigera</i> sobre la reproducción sexual en el Ejido Kiliwas, Baja California.	30
8. Germinación en laboratorio y observación de plántulas establecidas a partir de semilla en condiciones naturales en cuatro poblaciones silvestres de <i>Yucca schidigera</i> en Baja California.	32
9. Capacidad de regeneración asexual de cuatro diferentes poblaciones naturales de <i>Yucca schidigera</i> en Baja California.	34
10. Modelos matemáticos obtenidos para predecir la producción de biomasa	35

de tallos de cuatro poblaciones silvestres de <i>Yucca schidigera</i> en Baja California.	
11. Predicción del total de producción de biomasa de tallos, producción total por colonia, por tallo, densidad y número tallos por colonia de cuatro poblaciones silvestres de <i>Y. schidigera</i> en Baja California.	36
12. Variabilidad ambiental y entre ecotipos de <i>Y. Schidigera</i> en producción de biomasa, densidad, tamaño de colonias y vegetación asociada en Baja California.	48
13. Accesibilidad a poblaciones Silvestres de <i>Y. schidigera</i> en Baja California.	50
14. Usos, efectos y patentes registradas en <i>Yucca schidigera</i> .	52
15. Usos tradicionales y modernos de <i>Yucca schidigera</i> y fuentes de información.	53
16. Estadísticas sobre volúmenes de aprovechamiento de <i>Y. schidigera</i> en Baja California.	54
17. Estudio comparativo del rendimiento y costos de producción entre los principales cultivos y la <i>Y. schidigera</i> en el Distrito 001 Ensenada, Baja California.	57
18. Identificación de factores de impacto ambiental negativo e intensidad de daño originado por aprovechamiento intensivo de poblaciones representativas de cuatro ecotipos de <i>Y. schidigera</i> en Baja California.	60
19. Concentración de resultados de la calificación de quince criterios técnicos aplicados a <i>Y. schidigera</i> en Baja California.	64

Índice de figuras

Figura	Página
1. Distribución en Baja California de ecotipos de <i>Yucca schidigera</i> (Fuente: Castellón-Olivares <i>et al.</i> 2002).	22
2. Planta de <i>Y. schidigera</i> observada en San Agustín, Baja California afectada por <i>Siphophorus yuccae</i> .	27
3. Colonia de alta producción de biomasa representativa del ecotipo intermontano ubicada en el Ejido Tepi-Alamar, Baja California.	38
4. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo montano de <i>Yucca schidigera</i> ubicadas en las cercanías del cerro teta de la india, en Baja California.	42
5. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo intermontano de <i>Yucca schidigera</i> ubicadas en el Ejido Kiliwas, Baja California.	44
6. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo mediterráneo de <i>Yucca schidigera</i> ubicadas en el Ejido Francisco R. Serrano (San Matías), Baja California.	46
7. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo desértico de <i>Yucca Schidigera</i> ubicadas en el Ejido Revolución, Baja California.	47
8. Representación gráfica del comportamiento general de <i>Yucca schidigera</i> al Aplicar los 15 criterios técnicos.	68
9. Sistema para la definición de las categorías de uso de un recurso vegetal basado en los resultados encontrados al calificar los quince criterios técnicos de <i>Y. schidigera</i> .	70

1. Introducción

Yucca schidigera, conocida comúnmente como palmilla, es el recurso vegetal silvestre de mayor importancia económica y social para Baja California por los múltiples usos que tiene. Se usa en la alimentación (Matuda y Piña 1980); en la industria para la obtención de hormonas esteroidales (Ridaura, 1980); dispersantes y fertilizantes (Webber 1953; Camerón and Rainey 1972), como gasificante (AGROIN, 2000); así como medicinal (Piña, 1980; Bingham, *et al.* 1976) y artesanal (Roberts, 1989).

Las poblaciones silvestres se distribuyen desde el sudoeste de Nevada y Arizona en Estados Unidos, en donde se le conoce como Yucca Mohave, y se prolongan hacia el sur en Baja California, México hasta cerca del paralelo 30° N (Hastings *et al.* 1972). En Baja California, la palmilla se encuentra en un amplio rango altitudinal, con diferencias marcadas en climas y tipos de vegetación y se distribuyen formando grupos ecológicos o ecotipos (Castellón-Olivares *et al.* 2002).

Los suelos en donde generalmente se ubican las poblaciones silvestres son conocidos como regosoles, aunque también se encuentran en xerosoles y yermosoles. Esos suelos presentan un perfil profundo, con buen drenaje y su textura es arenosa, migajón-arenosa, franca y arcillo-arenosa. Son pobres en nutrientes y materia orgánica, tienen origen aluvial y están ubicados en planicies, mesetas, cañadas y lomeríos, o bien en cuencas hidrográficas con exposición predominantemente sudoeste, sudeste y cenital (Matuda y Piña, 1980; Webber, 1953; Sepúlveda, 1994; Castellón-Olivares, *et al.* 2002).

El intervalo altitudinal en donde se encuentra varía de los 50 m en las cercanías de Ensenada, B. C., donde su presencia es rara, hasta los 1400 metros en la Sierra de la Rumorosa. Su mejor expresión y abundancia se encuentra a una altitud de 980 metros en el Valle de la Trinidad (Burges *et al.* 1977; Piña, 1980 y Roberts, 1989). La mayoría de las poblaciones silvestres se localizan en climas áridos y semiáridos (BS o BW), donde la precipitación va de 120 a 391 mm por año. Las temperaturas máximas son de 40 a 45 °C y las mínimas de 10 a -5°C (Rzedowski, 1978; García, 1981; Mosiño, 1983; Gómez, 1992).

Aún cuando la yuca o palmilla fue utilizada tradicionalmente por las comunidades indígenas de Baja California, el impacto negativo sobre sus poblaciones fue mínimo, ya que solo se utilizó para autoconsumo. Sin embargo, es a partir de 1975 cuando se presenta la demanda internacional del jugo del tallo para la industria como gasificante y mejorador de suelos, lo que hace que se empiece a utilizar en forma intensiva por 16 comunidades rurales en una superficie aproximada de 200,000 hectáreas (Amaro, 1980). Estos aprovechamientos están teniendo lugar sin el conocimiento previo de aspectos básicos de su biología, abundancia, distribución, potencial de producción, regeneración e interrelaciones con el medio repercute en el deterioro de sus poblaciones (Ruiz *et al.* 1982).

El volumen de extracción de *Yucca* para 1992 en Baja California fue de 3058 toneladas anuales; en 1996 la demanda se incrementó a 5000 toneladas y para el año 2000 a un total de 7000 toneladas, generando un ingreso a los productores de \$16,027,000.00 pesos (Gómez, 1992; SEMARNAT, 2000).

Aún cuando la legislación forestal especifica que para otorgar un permiso de aprovechamiento se disponga de un **Estudio Técnico Justificativo**, los permisos de aprovechamiento están basados en la aplicación de la NOM-005-RECNAT-1997 que dice: "La madurez de cosecha de la *Yucca* se alcanza cuando las colonias tengan individuos con el 80% del tallo desprovisto de hojas verdes. Tratándose de grupos homogéneos que cumplan lo anterior, se deberá aprovechar solo el 50% de los individuos maduros, evitando el daño de brotes e individuos jóvenes. También considera, que en áreas no intervenidas el ciclo de corta no será menor de 15 años".

El ciclo de corta resulta insuficiente para la recuperación de poblaciones, ya que se reporta que la tasa de crecimiento de *Y. schidigera* en condiciones naturales es de 2.5 cm/año. Esto originaría 37.5 cm de crecimiento y baja producción de biomasa, esto siempre y cuando se presenten buenas condiciones ambientales. (Webber, 1953; Comanor and Clark, 1984, 2000; Diario oficial 20 Mayo, 1997).

Conceptos expresados en la norma NOM-005-RECNAT-1997 no están basados en información técnica confiable y la proporción mencionada (80%) como indicador de madurez para corte puede ser alcanzada en tallos de cualquier talla. Tampoco considera en ninguno de sus apartados cual es la altura en cm para llegar a la madurez reproductiva; por lo contrario, la exceptúa cuando se trata de favorecer su reproducción por semilla.

La proporción fuste /roseta para definir madurez de corte es muy poco precisa, debido a que la altura de planta y proporciones de las colonias varían considerablemente entre poblaciones y con la edad de los organismos. Esto da como resultado que el aprovechamiento de poblaciones se aplique considerando que todas las poblaciones son iguales, dando como resultado la sobreexplotación de las que tienen menor productividad.

Los programas de aprovechamiento vigentes adolecen de elementos básicos, como época oportuna de cosecha y tasa de aprovechamiento, basada en su productividad, lo que permitiría una optimización en el uso del recurso (Flores y Buenaventura, 1981). Por otra parte, el desconocimiento sobre la organización y funcionamiento de los componentes biológicos impiden que se mantenga un equilibrio en los flujos de materia, energía e información genética en las poblaciones (Nava *et al.* 1979). Toda esta problemática y la falta de información técnica confiable motivó la elaboración del presente estudio, con la idea de generar información que contribuya a actualizar la normatividad vigente, para reducir el riesgo de deterioro y para fundamentar la aplicación de programas de manejo.

Objetivos

1. Proponer un modelo general, que permita evaluar la posibilidad de aprovechamiento de un recurso vegetal potencial, tomando en cuenta el análisis integrado de sus componentes biológicos, económicos y sociales.
2. Aplicar el modelo a *Yucca schidigera* considerando las diferencias entre sus poblaciones, para definir la factibilidad de su aprovechamiento en Baja California.
3. Analizar cuales son los factores críticos que se tienen que atender en el aprovechamiento intensivo de este recurso.

Hipótesis

El aprovechamiento sustentable de un recurso vegetal debe basarse en el análisis integrado de su problemática, sus condiciones ambientales y las características de sus poblaciones.

Entre las poblaciones de *Yucca schidigera* que se encuentran en Baja California, México se pueden distinguir varios ecotipos que difieren en su estructura, relaciones ambientales y productividad.

La factibilidad de aprovechamiento de un recurso vegetal potencial, debe estar definido en función del análisis integrado de sus caracteres biológicos, ambientales y socioeconómicos.

2. Antecedentes

A través de la historia del hombre y de su contacto con la naturaleza, éste ha distinguido especies de plantas y animales que le son de utilidad. A partir de entonces, éstas se consideraron como recurso y el hombre desarrolló los medios necesarios para su aprovechamiento (Parra, 1954). Cuando estos recursos son utilizados en forma exclusiva por un grupo social, éstos se consideran como recursos potenciales para la humanidad (Gómez-Pompa, 1996). Sin embargo, el conocimiento es en verdad el creador de todos los recursos y en buena parte éstos son creaciones del hombre (Zimmerman, 1951).

La utilización de los recursos, se realiza desde épocas primitivas en las que el hombre para su subsistencia, recorría grandes distancias para la recolección de sus productos y para la identificación de nuevos recursos (Gómez-Pompa, 1985). En la actualidad, se considera que a pesar de disponer de una enorme riqueza biológica de 350,000 plantas vasculares (Harlan, 1975), solo estamos utilizando intensivamente 20 cultivos para nuestra alimentación (National Academy of Sciences, 1975).

Antes de la conquista de México los indígenas ya tenían un profundo conocimiento de la flora nativa y de sus usos y tenían grandes avances en la domesticación de especies, destacando las

regiones de Tehuacán (Puebla) y Mitla (Oaxaca) como centros de inicio de la domesticación (Mac Neish, 1961 y Flannery, 1986, citados por Hernández, 1989).

México es considerado uno de los países con mayor riqueza biológica porque tiene entre 25,000 y 30,000 especies de plantas vasculares (Rzedowski, 1978). Esta diversidad es originada por las grandes variaciones ambientales y la influencia de dos reinos biogeográficos (Barry and Moore, 2000) y se ha visto favorecida por la influencia de 50 grupos étnicos, los que han tenido gran importancia por la identificación y la selección de esos recursos (Toledo, 1988; Bye, 1998). Del total de especies vegetales, se considera que existen aproximadamente de 5 a 7000 especies con alguna utilidad (Caballero, 1984).

Para el sudoeste de Estados Unidos y norte de México, se destacan algunos estudios sobre: Etnobotánica (Owen, 1963; Felger and Moser, 1976; Bye, 1985; Nabham, 1985; Osuna y Valenzuela, 1987 y Cortés, 1988), la domesticación de especies nativas para el sudoeste norteamericano árido (Nabham, 1985; Mc Laughlin, 1985 y Thompson, 1985), el uso de la biotecnología en la conservación de especies raras (Rubluo *et al.* 1993), sobre la diversidad de plantas cultivadas (Hawkes, 1983) y vegetación nativa para usos ornamentales (Mathias et al. 1968 y Lenz and Dawley, 1981).

Con el inicio de la domesticación de plantas, hace aproximadamente 10,000 años, la presión sobre los recursos se hace evidente por el crecimiento demográfico y el subsecuente incremento de necesidades energéticas, que cambia de 2000 Kcal/persona/día, en la sociedad de cazador-recolector, a 230,000 Kcal por todo lo que consumimos en las actuales sociedades industriales (Miller, 1989). Este impresionante incremento de necesidades energéticas ha repercutido negativamente en el deterioro ambiental y en la consecuente erosión de los recursos naturales disponibles.

Entre los principales problemas que afectan negativamente los recursos con que actualmente disponemos se encuentran la falta de un inventario actualizado de los recursos vegetales disponibles, el manejo inadecuado de los mismos, la sobreexplotación, la falta de control y vigilancia, la degradación del hábitat por diferentes factores, una legislación muy general e imprecisa y la falta de recursos humanos capacitados para su manejo.

El concepto de desarrollo sustentable se define como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las de futuras generaciones y ésta es una propuesta que va mas allá de pensar en lo ambiental: plantea un modelo y estilo de desarrollo en el que se incluyen las preocupaciones ambientales, junto a las sociales y las económicas (Toledo *et al.* 2000).

La única forma de poder usar y conservar un recurso, considerando este concepto, es a partir de un plan adecuado de manejo. Pero éste sólo puede ser posible cuando se mantiene el tamaño adecuado de las poblaciones aprovechadas, no se afecta su dinámica reproductiva ni la productividad. Para lograr lo anterior, se requiere de entender plenamente la biología de la especie, sus relaciones bióticas, con el ambiente y la condición de sus poblaciones. En el pasado a este conocimiento se le consideró como historia natural o autoecología.

El desarrollo sustentable y la conservación *in-situ* de especies silvestres requiere de un balance ecológico/económico y del beneficio social que se logra cuando se identifican procesos de manejo y disturbio, los elementos del paisaje en términos de composición, estructura y función y las interacciones y manejo de oportunidades (Carabias, 1995).

Un modelo de desarrollo sustentable es complejo porque tiene muchas interacciones y requiere de elementos básicos, como: 1. Basarse en el conocimiento biológico. 2. Conocer los sistemas de producción existentes, sus elementos tecnológicos, problemática económica, social y elementos factibles de modificar. 3. Realizar experimentación tecnológica y 4. Tener una

organización social, económica y productiva capaz de resolver los problemas que se presenten (Casas y Valiente, 1995; Valiente *et al.* 1995).

Los programas de desarrollo regional sustentable en México fueron definidos para áreas marginadas, basados en un diagnóstico y con un enfoque participativo de las comunidades y el apoyo de las secretarías de gobierno, integradas por SEDESOL, SEMARNAT y SAGAR (Maserá *et al.* 2000). Los proyectos rentables que dan vida a la sustentabilidad, generan procesos de conservación y mejoramiento ambiental que finalmente representan una fuente de ingresos sostenida para la población, menor pobreza y más recursos para el cuidado ambiental (Toledo *et al.* 2000).

Existen diferentes métodos para evaluar la productividad vegetal total o parcial, estos son muy variados y pueden ser destructivos que requieren de mucho tiempo, costo e impacto negativo al ecosistema y no destructivos, distinguiéndose entre estos últimos las medidas dimensionales (Andrew *et al.* 1979), la evaluación en unidades de referencia (Carpenter and West, 1987) y el análisis dimensional, en donde a partir del estudio de la regresión de variables como altura, peso de componentes, volumen, cobertura, diámetro de corona y otros se puede predecir la producción media de biomasa sin destruir (Cook, 1960; Wittaker and Woodwell, 1968; Crow, 1978; Abdulaziz, 1997).

El análisis de la productividad media de biomasa, junto con datos ecológicos, son características funcionales que sirven para clasificar ecotipos, debido a que la producción es el resultado final de varios procesos fisiológicos que están influenciados por factores genéticos y ambientales que juegan un papel importante en la adaptación (Theunissen, 1995).

Los factores ambientales limitantes de las zonas áridas hacen que la productividad vegetal sea restringida. Para *Yucca schidigera* se encontró que en las condiciones naturales de California se tiene un crecimiento de 2.5 cm/año y que éste puede incrementarse hasta 7.7 cm con riego adicional (Webber, 1953). Otras especies, como *Y. brevifolia* crecen hasta 11 cm/año en condiciones naturales a una altitud de 2100 m (Vasek, 1973).

Las primeras evaluaciones sobre productividad de palmilla en Baja California fueron realizadas por Gómez (1992) detectando rendimientos de 3.49 ton/ha en el Ejido Sonora-Baja California y 0.89 ton/ha en el Ejido Leyes de Reforma; éste autor observó también que los tallos por hectárea variaron de 193 hasta 1000, incluyendo los renuevos.

La productividad de biomasa de una población desértica de *Yucca schidigera*, ubicada en el sitio conocido como San Agustín, al sur del Municipio de Ensenada, B. C., fue predicha a partir de un modelo de regresión basado en los parámetros de volumen, densidad del tallo, número y peso de hojas. Se encontró que el peso del tallo constituye del 44 al 91% de la biomasa total, que el número de hojas total varió de 16 hasta 214 y que la biomasa total aprovechable, predicha para los próximos 50 años con base en un crecimiento de 1.5 cm por/año, fue de 233 Kg./ha. Lo anterior indica que es una población poco productiva y que su aprovechamiento debe restringirse (Comanor and Clark, 1984).

Para la determinación de variables dendronométricas para *Yucca schidigera*, fue utilizado el análisis dimensional, teniendo como principales predictores los parámetros de altura total contra altura de fuste limpio, generando un modelo de regresión para predecir el peso del fuste limpio con un coeficiente de determinación de 0.94 (Sepúlveda, 1993).

El manejo actual de poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* adolece de elementos básicos, como ciclo de corte, época adecuada y densidad requerida (Flores y Buenaventura, 1981).

3. Materiales y Métodos

Durante el período de 1993 a 1995 fueron realizados estudios de campo en cuatro poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* que no habían estado sujetas a aprovechamiento. Estas poblaciones se seleccionaron basándose en el desarrollo de trabajo experimental previo y en un recorrido de prospección y fueron: La Rumorosa, en el Municipio de Tecate y Tepi/Alamar, San Matías, y San Agustín en el Municipio de Ensenada, Baja California, con un diferencial en altitud desde 600 a 1400 metros.

Se aplicó la metodología sugerida por Thompson, (1979) para definir la factibilidad de colecta de recursos genéticos, ampliada y modificada en nuestro caso para estructurar un modelo de manejo para definir la posibilidad de uso de recursos vegetales potenciales. Se consideró la aplicación de quince criterios técnicos (cuadro 1), de los cuales ocho correspondieron a aspectos biológicos y siete a aspectos socioeconómicos.

Cuadro 1. Descripción de criterios técnicos aplicados a *Y. schidigera* en Baja California para definir un modelo de manejo.

Numero de criterio	Aspectos biológicos	Numero de criterio	Aspectos socioeconómicos
1	Taxonomía	9	Accesibilidad a poblaciones
2	Distribución y abundancia	10	Usos potenciales
3	Fenología	11	Beneficio económico
4	Relaciones bióticas	12	Beneficio social
5	Regeneración sexual	13	Tecnología de aprovechamiento
6	Regeneración asexual	14	Estudio de mercado
7	Productividad de biomasa aérea aprovechable	15	Factores de deterioro
8	Variabilidad		

Cada criterio se calificó con cuatro niveles de conocimiento, siendo 1 para un conocimiento nulo, 2 bajo, 3 medio y 4 alto (descripción en apéndice).

La metodología de campo se basó en el muestreo cuantitativo de cinco unidades de muestreo por sitio, con una superficie de 1000 m² en forma circular para medir parámetros como densidad (colonias/ha), estructura vertical y horizontal, fenología, regeneración sexual (plantas provenientes de semilla) y asexual (número de tallos/colonia), flora y fauna asociada, técnicas de aprovechamiento, factores de deterioro y productividad de biomasa aérea aprovechable por sitio y por colonia.

Para la evaluación de la productividad de biomasa aérea aprovechable, se utilizó el método no destructivo dimensional (Crow, 1978; Hughes *et al.* 1987), tomando una muestra de 242 tallos por sitio, provenientes de aprovechamiento en las plantas de procesamiento industrial, midiendo en cada tallo la altura total en cm desde el corte a ras del suelo hasta el ápice sin hojas, el diámetro en cm medido con vernier aproximadamente a 1.5 metros del corte basal y el peso total en Kg. Los modelos matemáticos se obtuvieron utilizando una PC Pentium 4, mediante un análisis de regresión

no lineal con el programa CSS (Complete Statistic System) teniendo como variable dependiente el peso del fuste y como variables independientes la altura y el diámetro del fuste.

Con los datos de campo y su respectivo modelo matemático, se obtuvo la predicción de la productividad total de biomasa aérea aprovechable por sitio y por colonia (Hughes *et al.* 1987). Posteriormente se aplicó análisis de varianza (Kruskal-Wallis Test) y la comparación múltiple de medias (Duncan .05) (Zar, 1984).

Para evaluar el efecto del tamaño de la colonia sobre la eficiencia de la reproducción sexual, se estableció durante 1995 un experimento de campo en el Ejido Kiliwas. Para tal efecto, se seleccionaron cinco diferentes tamaños de colonia con cinco repeticiones. El tamaño de colonia varió de acuerdo al número de rosetas por colonia (1 a 5), y se consideró la restricción de que estas colonias presentaran al menos una inflorescencia (tratamientos condicionados a un factor fijo). Posteriormente se le dio seguimiento durante el ciclo reproductivo hasta cosechar los frutos y contar su número/colonia, el peso del fruto, número de semillas/fruto, semillas abortivas y % de viabilidad por tratamiento. A la par se realizaron observaciones quincenales sobre fenología, registrando las diferentes fenofases encontradas.

Para definir los factores que inciden sobre el establecimiento de plántulas de *Yucca*, se estableció un experimento de campo bajo condiciones naturales, de febrero de 1994 a marzo de 1995 esto tuvo lugar en San Matías, utilizando plántulas de 1.5 años de edad, con y sin protección de malla de plástico rígida y uso de repelentes contra roedores, bajo un diseño experimental de bloques al azar, con cinco repeticiones y una densidad de 1000 plantas/ha. Los parámetros de evaluación fueron: % de supervivencia, daño por roedores, por sequía y por heladas. Para identificar los organismos que afectaron a las plántulas o su desarrollo, se ubicaron 20 trampas durante la noche y posteriormente los organismos atrapados se identificaron con claves y el auxilio de la

Colección de Vertebrados de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California.

Para la identificación de plagas se tomaron muestras de organismos y la determinación se efectuó en SEMARNAT oficina en la ciudad de México, D.F. (Ojeda, 2002).

La evaluación sobre la viabilidad de la semilla se efectuó utilizando semilla seleccionada por su apariencia (tamaño, color y peso). Esta fue tratada con hipoclorito de sodio al 2% durante tres minutos y posteriormente se aplicaron tres enjuagues con agua estéril destilada. La semilla se depositó en cajas de petri con algodón humedecido y se situaron en una cámara de crecimiento, con un fotoperíodo de 16 horas luz y ocho de obscuridad, a una temperatura constante de 25°C y posteriormente se evaluó el porcentaje de germinación (Moreno, 1984; Hartmann *et.al.* 1997).

Para cada sitio fueron determinadas las condiciones ambientales para un periodo de 25 años con información proporcionada por la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) agrupando la información para verano (mayo a octubre) e invierno (noviembre a abril).

La condición físico-química de los suelos se determinó mediante el muestreo adyacente a las plantas de *Yuca* a una profundidad de 0 a 30 cm y su análisis de textura (Boyocus), nutrición (N-P-K), pH, % de saturación y conductividad eléctrica (Jackson, 1976).

El tipo de vegetación y sus asociaciones vegetales predominantes en cada sitio, se determinó de acuerdo a Shreve (1951), Shreve and Wiggins, (1964) y Wiggins, (1980).

La evaluación de factores de deterioro ambiental para cada población estudiada, se efectuó identificando primero cada uno de los impactos negativos observados (naturales y por el hombre). La intensidad del daño se evaluó usando un criterio de calificación de 0 a 5, siendo 0 impacto nulo y 5 impacto crítico. Esta información se registró en una matriz de impacto y se realizó la

comparación entre poblaciones tomando en consideración su puntuación total (Leopold *et al.* 1971).

La evaluación de aspectos socioeconómicos se efectuó a partir de entrevistas a los dueños del recurso en las comunidades indígenas Kiliwas, Pa ipai, San Matías y San Agustín. También se entrevistaron a los encargados de las plantas de procesamiento industrial de las empresas Desert King y El Desierto. Se entrevistó a los responsables de la asistencia técnica forestal en las consultorías ingenieros asociados y ASAMSI y finalmente a los responsables del manejo de recursos naturales de dependencias oficiales, como SEMARNAT y al encargado de investigación forestal del campo Agrícola Experimental Costa de Ensenada del INIFAP (SAGARPA).

4. Resultados y Discusión

4.1 Criterios técnicos biológicos.

4.1.1 Taxonomía

4.1.1.1 *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies Gartenflora 20:110. 1871.- Raíces fibrosas, formando un conglomerado compacto que se extiende en forma horizontal, a una profundidad entre 20 a 50 cm de profundidad, extendiéndose en forma lateral hasta unos dos metros alrededor del tallo principal; de color rojo oscuro en su parte exterior y amarillo claro en la parte interior. Tallo simple, raramente bifurcado en su parte superior, formando colonias de hasta 23 tallos con altura de 40 hasta 400 cm y diámetro 10 a 40 cm; corteza dura de un cm de espesor, de color café oscura y de consistencia rugosa. Los hijuelos se desarrollan a partir de nódulos basales, formados de tejido activo en la base del tronco, estos nódulos se encuentran debajo de la superficie del suelo y son usualmente de forma hemisférica. Hojas de 33 a 105 cm de longitud y 2.5 a 5 cm de ancho, profundamente cóncavo-convexas, duras y muy rígidas, de color verde amarillento, márgenes con fibras recurvadas y terminando en una punta aguda dura y de color café oscuro. Inflorescencia con pedúnculo de 15 cm de largo; panícula campanulada a subglobosa, ubicada dentro del follaje, de 50 a 125 cm de largo por unos 40 cm de ancho, con forma elipsoidal o con ápice aplanado, glabra, densamente ramificada, de color amarillo-verdoso, con manchas púrpura. Flores globosas, blancas o amarillo claro, comúnmente manchadas de color púrpura, segmentos del perianto lanceolados, de 24 a 45 mm de longitud por 6 a 10 mm de ancho, filamentos de 13 a 16 mm de longitud, pistilo de 18 a 25 mm de longitud; ovario súpero de 5 a 8 mm de diámetro; estilo de 10 a 20 mm de largo.

La floración se presenta de marzo a abril. El fruto es una cápsula 6 lobulada, indehiscente, cilíndrica, de 90 a 115 mm de largo por 30 a 38 mm de diámetro, el 75% de estos

presentan constricciones en su parte media; de consistencia carnosa, cuando maduro de color café claro con 38 a 145 semillas. Fructificación de mayo agosto. Semillas aplanadas, duras, rugosas, de 6 a 9 mm de largo por 8 a 11 mm de ancho, de color negro sin alas.

Situación taxonómica.- El género *Yucca* pertenece a la familia Agavaceae. Cuenta con 49 especies, distribuidas desde Dakota del Norte en Estados Unidos hasta Chiapas (México) y posiblemente Guatemala (Wiggins, 1980; Matuda y Piña, 1980; García-Mendoza y Galván, 1995). En México, están representadas 29 especies de este género siendo 14 de ellas endémicas, lo que equivale al 29% de endemismos (García-Mendoza, 1994). En Baja California solo se encuentran *Yucca valida* y *Y. schidigera* (Piña, 1980) ya que *Yucca whipplei* que también estaba considerada en este grupo actualmente es considerada dentro del género *Hesperoyucca* (Clary, 2001). Las poblaciones de *Yucca schidigera* se distribuyen desde el suroeste de Nevada y Arizona, así como la porción central y sur del Estado de California en los Estados Unidos, hasta cerca del paralelo 30° de latitud norte en la península de Baja California, México (Hastings *et al.* 1972).

Los estudios quimiotaxonómicos desarrollados por Domínguez (1979), quien aísla de 22 a 25 saponinas esteroidales en Agavaceae, siendo particularmente para *Y. schidigera* el carácter distintivo, la presencia de sarsapogenina y markogenina en las hojas. Otra característica distintiva de la tribu Yuceae es el embrión alargado y dispuesto oblicuamente a lo largo de la semilla. (Arnott, 1962). A nivel de sección las características del fruto carnoso e indehiscente, la ubican en la sección sarcocarpa (Trelease, 1907, y Mc Kelvey, 1947 citados por Webber, 1953).

Se encontró en los muestreos de campo que *Yucca schidigera* es una especie que no ofrece dificultades para su correcta identificación, debido a que solo se reporta otra especie para Baja California, *Y. valida* (Piña, 1980), con caracteres morfológicos y quimiotaxonómicos (González-

Aragón, 1971; Domínguez, 1979) muy diferentes y áreas de distribución distintas (Hastings *et al.* 1972). La información técnica relacionada con su aprovechamiento (Diario Oficial de la Federación, 1997; Sepúlveda 1996), propagación (De Anda y Grijalva, 1985) y productividad y manejo (Comanor y Clark, 1994; 2000; Castellón-Olivares *et al.* 2002). Los caracteres morfológicos y área de distribución fue complementada con la observación de especímenes en los herbarios BCMEX de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California y SD del Museo de Historia Natural de San Diego.

En el cuadro 2 se indican la sistemática y los caracteres distintivos de *Yucca schidigera* y *Yucca valida*.

Cuadro 2. Sistemática y caracteres distintivos de especies del género *Yucca* en Baja California.

Característica	<i>Yucca schidigera</i>	<i>Yucca valida</i>
Serie	Troculcanac	Troculcanac
Sección	Sarcocarpa	Sarcocarpa
Distribución Natural	Fruto carnoso grueso indehisciente California, Arizona, Nevada y Baja California.	Fruto carnoso delgado indehisciente Pacífico Centro de Baja California.
Nombre común	Palmilla o Yucca mohave.	Datillillo
Forma de vida	Arborescente a arbustiva	Arborescente a arbustiva
Tallo	De 2 a 4 m de alto por 10-40 cm diámetro. Simple, erecto y rara vez ramificado.	3 a 12 m de alto, tronco frecuentemente ramificado desde la base.
Hojas	33 a 105 cm por 2.5 a 5 cm de ancho, margen fibroso y espina larga.	15 a 35 cm de largo por 2.5 cm de ancho. Margen con fibras gruesas recurvadas.
Inflorescencia	Panicula elipsoidal o con ápice plano	Panicula cónica extendida algo pubescente.
Flores	Blancas o amarillo claro, globosas, teñidas de púrpura hacia la base. Segmentos del perianto lanceolados, 24 a 45 mm largo por 6-10 mm ancho; filamentos 13-16 mm. Pistilo 18-25 mm.	Amarillo-claro, campanuladas y fragantes. Segmentos del perianto anchamente lanceolados 25 a 30 mm largo; filamento pubescente de 10-12 mm.
Frutos	Cápsula carnosa gruesa indehisciente, 90 a 115 mm de largo por 20 a 38 mm ancho.	Cápsula delgada seca indehisciente 2.5 a 4.5 cm de largo por 3 a 5 cm ancho.
Semillas	Negras, duras y rugosas 6 a 9 mm largo por 8 a 11 mm de ancho con borde rugoso.	Negras 7 mm de largo por 1.5 mm de ancho con borde rugoso.
Propagación	Asexual rizomatosa y sexual	Asexual rizomatosa y sexual
Polinizador	Tegeticula yucasella	Tegeticula yucasella
Saponinas	Sarsapogenina y Markogenina	Sarsapogenina

Fuentes: Webber, 1953; Hastings *et al.* 1972; Domínguez, 1979; Matuda y Piña 1980.

Entre los caracteres más sólidos para esta diferenciación se encuentran la diferencia en la altura de planta, forma de inflorescencias, hojas más grandes y gruesas en *Y. schidigera* y la distribución exclusiva de *Y. valida* al sur del Municipio de Ensenada, B. C.. Al poner en consideración todos estos factores, el valor en puntos alcanzado en nuestro sistema es cuatro, ya que por otra parte no ofrece caracteres intermedios que puedan complicar su identificación.

4.1.2 Distribución y abundancia.- Las poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en Baja California se distribuyen en gradientes altitudinales donde se presentan grandes diferencias en precipitación y temperatura (Cuadro 3). Estos son los principales factores que regulan el tamaño y características de las poblaciones silvestres.

Cuadro 3. Condiciones climatológicas de cuatro sitios con poblaciones silvestres de *Y. schidigera* en Baja California, México. Los datos son el promedio de 25 años, desde 1970 a 1995 (Comisión Nacional del Agua, 1997).

Sitio	Altitud (msnm)	Lluvia anual (mm)	Porcentaje de lluvia en		Temp. (°C)		Número días/año abajo 0°C	*Clima
			verano	invierno	Max. verano	Min. invierno		
Ensenada	50	289.69	11	89	29.31	4.68	0	BSKs(c)
La Rumorosa	1400	150	26	74	39.5	-10.5	75	BWKs(c')
Tepi/Alamar	1350	376	21	79	40.0	-6.7	89	BWKs(c')
San Matías	968	293	36	64	42.3	-6.8	50	BSKs(c')
San Agustín	600	124	32	68	45.0	-6.8	27.3	BWKs (c')

Verano = Mayo a Octubre Invierno = Noviembre a Abril * Fuente: García, 1981.

Los muestreos, colectas y trabajo de campo señalan que la presencia de *Yucca schidigera* es rara en altitudes de 150 msnm en las cercanías de Ensenada, en donde se encuentra su límite de distribución altitudinal inferior. Forma grupos bien definidos, conocidos como rodales, a una altitud de 600 metros, en ambientes mediterráneos y desérticos ubicados en la parte sur del Municipio de Ensenada, donde las fuertes limitaciones por calor y sequía (Cuadro 3) hacen tener densidades de 48

colonias/ha. El óptimo de su adaptabilidad ambiental se encontró entre los 800 a los 1350 metros de altitud, donde se registraron densidades desde 190 hasta 210 colonias por hectárea (Cuadro 4). En estos ambientes se presentan mayores niveles de precipitación. Finalmente, tenemos las poblaciones ubicadas a mayor altitud (montañas), entre 1400 a 1450 msnm, que aunque disponen de buena precipitación, el 70% de la lluvia se presenta en invierno y solamente el 30% cae en verano. Allí se presenta un efecto de estrés hídrico, además de bajas temperaturas invernales (0° a -10° C) que frecuentemente originan daño en meristemos e inflorescencias por heladas.

Cuadro 4. Distribución y abundancia de poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en Baja California.

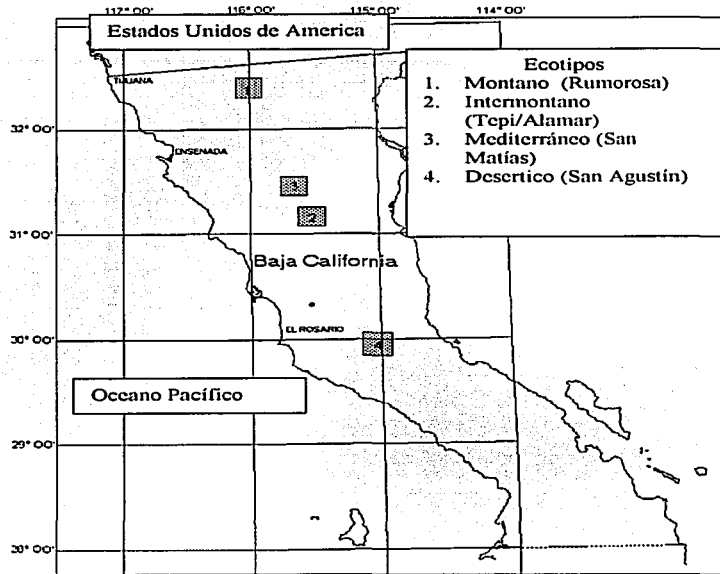
Sitio	Altitud Msnm	Latitud Norte	Longitud Oeste	Densidad Col/ha	Tipo de Vegetación
Ensenada	50	31° 50' 44"	116° 36' 02"	Rara	Matorral Costero
La Rumorosa	1400	32° 32' 55"	116° 02' 47"	150	Bosque pino/encino
Tepi/Alamar	1350	31° 09'30"	115° 43' 14"	210	Chaparral
San Matías	968	31° 14' 53"	115° 32' 37"	193	Altitud Chaparral de Transición
San Agustín	600	29° 56' 15"	114° 51' 01"	48	Matorral Desértico Micrófilo

Se encontró que la abundancia de poblaciones en lugares donde se reporta como rara, fue de menos de 10 colonias/ha sin llegar a formar poblaciones definidas. En poblaciones bien definidas como San Agustín varió desde 48 a 210 col/ha en Tepi/Alamar, influyendo en estos resultados principalmente la cantidad de agua recibida y el marcado estrés originado por la sequía y las bajas

temperaturas invernales. Las Poblaciones ubicadas a altitudes como la Rumorosa, presentan adaptación al frío (-10.5 °C), mientras que el contraste ambiental se presenta en poblaciones sureñas, en donde apenas se reciben 100 mm y las temperaturas en verano llegan a ser de 45°C lo que hace que se desarrolle adaptación a sequía y altas temperaturas.

Las poblaciones que crecen en ambientes más mésicos, ubicadas entre los 600 y 1200 metros, presentaron densidades entre 150 a 210 col/ha, con colonias vigorosas lo que demuestra que su óptimo ambiental se encuentra a esas altitudes.

La distribución latitudinal que presenta *Yucca schidigera* también mostró grandes diferencias; mientras que las poblaciones más norteñas están ubicadas a 32° 23' N, las poblaciones sureñas se encuentran a 29° 55' en su límite de distribución sur (figura 1).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1. Distribución en Baja California de ecotipos de *Yucca schidigera* (Fuente: Castellón-Olivares *et al.* 2002).

Otra diferencia entre poblaciones es el tipo de vegetación al que se encuentran asociadas. Mientras que a altitudes de más de 1300 m la vegetación predominante es el bosque de pino y encino, en poblaciones a 1200 m es el chaparral. Entre los 900 y 600 m es común encontrar poblaciones con vegetación de mezquital o en una transición de chaparral hacia matorral desértico y por debajo de los 600 m, en poblaciones sureñas predomina el matorral desértico crasicale. Cerca del nivel del mar, en donde *Yucca schidigera* es rara en el matorral costero.

Considerando que las poblaciones de *Yucca schidigera* en Baja California tienen una amplia distribución altitudinal, y que el tamaño de sus poblaciones empieza a ser importante a partir de 600 m de altitud hasta 1400, y que además cubre variados ambientes con diferencias en altitud, precipitación, temperatura y principalmente por el tipo de vegetación al que se asocia, la calificación del criterio abundancia y distribución alcanza un valor de tres.

4.1.3 Fenología.- Se encontró que el ciclo fenológico de *Yucca schidigera* estudiado en la comunidad indígena Kiliwa ubicada a 1300 m de altitud (115° 38' 26" de longitud oeste y 31° 16' 12" de latitud norte), registró nueve fenofases, de las cuales el letargo fue el de mayor duración y se manifestó de noviembre a febrero cuando las temperaturas oscilaron entre los 4 a 6 °C y no se observó actividad metabólica aparente. Este ciclo duró aproximadamente 240 días y se inició con el crecimiento vegetativo manifestado por la presencia de cogollos en el centro de las rosetas (Cuadro 5).

La importancia de conocer el ciclo fenológico, radica en saber cuando este recurso puede ser aprovechado, reproducido o colectado y cuales son las etapas críticas en su fisiología, en su relación con el ambiente o con los organismos asociados que se deben considerar en un plan de manejo. Por otra parte, permite saber si existe influencia del ambiente en el desarrollo de la planta o en la duración de cada fenofase.

Cuadro 5. Descripción de eventos fenológicos de una población de *Yucca schidigera* ubicada en el Ejido Kiliwas, Baja California.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EVENTOS FENOLOGICOS O FENOFASES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Letargo	X Ef	X Ef	X Ef								X Ef	X Ef
Crecimiento vegetativo			X	X	X							
Inicio primordios florales				X	X							
Formación y crecimiento de flores				X	X							
Floración					X Dhg	X Dhg	X Dhg					
Polinización						X Dhg	X Dhg					
Embriogénesis							X	X	X			
Crecimiento de frutos y semillas								X Drp	X Drp	X Drp		
Maduración del fruto								X Drp	X Drp			
Máxima	16.5	17.9	18.7	22.0	25.8	32.0	35.6	33.7	30.2	26.0	20.4	18.6
Temperatura media (°C)												
Mínima	4.6	4.2	4.5	6.7	7.9	12.5	16.4	16.2	13.7	9.4	5.2	5.2

D = Depredación (g= ganado; h= hombre; r= roedores; p = palomilla), Ef = Estrés por frío,

(p) = Polinizador-depredador *Tegeticula yuccasella*

Los resultados del ciclo fenológico corresponden a un solo sitio, conocido como (Kiliwas), lo que denota que se tiene poco conocimiento respecto al comportamiento de las poblaciones que se ubican en altitudes intermedias y bajas. Por otra parte, falta considerar que el estrés observado por

frío en el sitio estudiado no se presenta en poblaciones del desierto donde la precipitación es de 124 mm y las temperaturas máximas extremas en verano rebasan los 40°C.

Debido al desconocimiento que se tiene de las variaciones en el ciclo fenológico entre las poblaciones a lo largo del gradiente la calificación atribuida a este criterio es un valor de dos.

Una etapas críticas encontrada en este trabajo correspondió al inicio de la floración, en donde el daño por eventuales temperaturas mínimas extremas (-6.5°C) se hicieron presentes y originaron la muerte de flores y consecuentemente la ausencia de fructificación. Se observó también, el aprovechamiento intensivo de tallos en plena floración, lo que puso en evidencia la falta de vigilancia en la aplicación de la normatividad vigente.

Entre las interrogantes que se tienen que definir en este criterio se encuentran, saber para cada población ¿Cuándo se llega a la madurez reproductiva?, y si existe alguna influencia del tamaño de la colonia en la manifestación de la floración como es el caso de otras poblaciones clonales.

4.1.4 Relaciones bióticas.- En la bióta asociada a *Yucca schidigera* destaca por su importancia su polinizador-depredador, que es la especie de palomilla *Tegeticula yucassella*. En otras especies de *Yucca* se reporta que despues de haber polinizado, las larvas se desarrollan en el interior del fruto y consumen hasta un 30% de las semillas (Udovic, 1981; Addicot, 1986 y Dodd y Linhart 1994); sin embargo, para la palmilla se desconoce que porcentaje de semilla del fruto es el que consume. Se encontró, mediante trampeos nocturnos, que algunos organismos asociados a la depredación de semillas son los roedores *Peromyscus truei* y *Neotoma albicula*, quienes establecen sus madrigueras en la base de las colonias. Por otra parte, la cantidad de consumo de flores frutos y semillas por aves, ganado vacuno y el hombre permanece sin conocerse (Cameron and Rayney, 1972; Amaro, 1980; Gómez, 1992; Peralta, 1994).

Se encontró en un experimento realizado durante febrero de 1994 a febrero de 1995, en el Ejido Francisco R. Serrano (San Matías), que en condiciones naturales las plántulas de *Yucca schidigera* de 2 años de edad, establecidas en campo y que fueron donadas por el vivero del ejido citado, resultaron consumidas por roedores y lagomorfos en un 99% (cuadro 6).

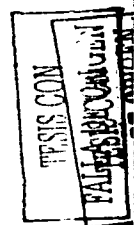
Cuadro 6. Efecto de roedores y lagomorfos en el porcentaje de supervivencia de plántulas de *Yucca schidigera* en el Ejido Francisco R. Serrano (San Matías), Baja California.

Tratamiento	Febrero	Mayo	Julio	Octubre	Febrero
Plantulas sin Protección	100	49	12.5	1	0
Plántulas con Protección*	100	90	89	80	73

*Protección con malla de plástico rígida.

Como puede apreciarse en el cuadro 6, la mayor intensidad de forrajeo se realizó durante el periodo de sequía, que se inicia en mayo y termina en agosto, situación que marcó que prácticamente el único forraje disponible en el campo fueran las plántulas de *Yucca*. Sin protección, en tres meses ya se había perdido el 51% de plantas, mientras que con la malla de plástico se conservaba el 90%, aunque el resultado final a 12 meses fue que ninguna planta pudo sobrevivir sin protección, lo que demuestra que cualquier semilla que llegara a germinar y establecerse no tendría ninguna posibilidad para llegar a regenerar plantas adultas.

Otra plaga encontrada en las poblaciones silvestres de *Y. schidigera*, que origina daños considerables en las rosetas, en toda su área de distribución, un coleóptero que se introduce en el meristemo apical y empieza a consumir tejido y a originar pudriciones y la muerte del tallo. Este se



identificó como *Siphophorus yuccae*, coleóptero perteneciente a la familia curculionidae (Ojeda, 2002), sin que a la fecha se tenga un programa de control. En la figura 2 se observa el daño a la roseta.

Considerando todas estas desventajas este criterio es calificado con valor de 1.

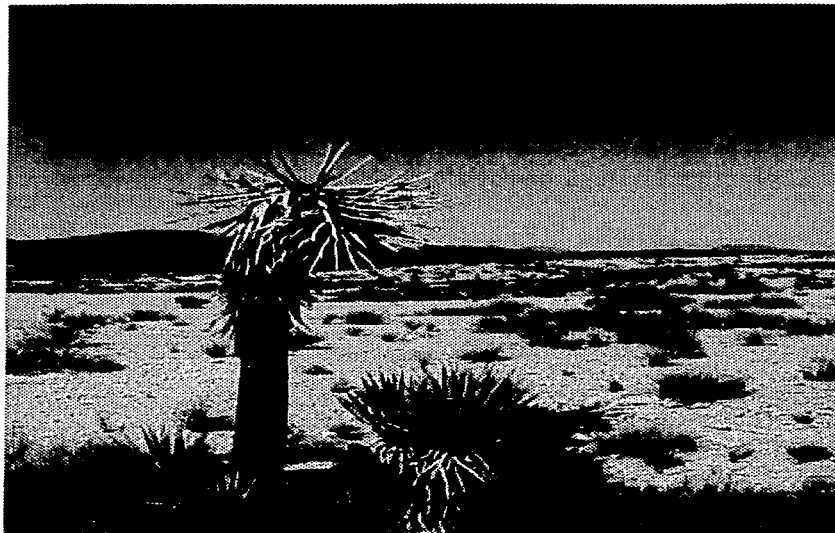


Figura 2. Planta de *Y. schidigera* ubicada en San Agustín, Baja California afectada por *Siphophorus yuccae* (barrenador de la roseta).

4.1.5 **Regeneración sexual.**- En ninguno de los muestreos de campo efectuados se observaron plántulas aisladas en condiciones naturales, ni siquiera fuera de las colonias contabilizadas. Esto denota la falta de regeneración sexual en condiciones naturales; sin embargo, se descarta la falta de viabilidad de la semilla, debido a que se reporta que ésta es superior al 80% (De Anda y Grijalva, 1985). Se encontró, en pruebas de germinación en condiciones de laboratorio, que el porcentaje de germinación fue del 95% en un período de 15 días, lo que confirma que cuando se ha llegado a la madurez fisiológica, la propagación por semilla no es una limitante, pero bajo cualquier ambiente natural el consumo de la misma por depredadores es tan alto que no existe reclutamiento.

El estrés hídrico es un factor que impide la germinación y el establecimiento de plántulas, principalmente en poblaciones ubicadas en los límites ambientales impuestos por calor y sequía en las poblaciones del desierto. Tanto para la germinación como para el establecimiento de plántulas la disponibilidad de agua es crítica en primavera-verano, ya que el 71% de la lluvia se presenta en invierno y es muy común que el periodo de sequía sea mayor de 3 meses, lo que repercute en falta de forraje proporcionado por otras plantas y consecuentemente un mayor riesgo de consumo de plántulas de palmilla.

El aprovechamiento intensivo de tallos es otro factor que limita la regeneración sexual, debido a que la talla de madurez reproductiva coincide con la talla de aprovechamiento y esto ocasiona un impedimento para la floración y consecuentemente la producción de semillas.

Otro factor ambiental es el daño por heladas tardías en poblaciones de altitud, porque coinciden las bajas temperaturas con la floración, originando la aborción gamética y de frutos. Una situación equivalente se presenta en las poblaciones de desierto, pero en este caso por deshidratación (estrés por calor) .

Por otra parte, el desconocimiento de la etapa de madurez sexual, manifestada por una talla específica para cada condición y el efecto diferencial de los factores ya citados a lo largo del gradiente altitudinal, obligan a calificar este criterio con un valor de uno, por el desconocimiento de los factores antes expuestos.

4.1.5.1 Dinámica de reproducción sexual.- Los datos sobre dinámica reproductiva son preliminares y corresponden solo a la localidad del Ejido Kiliwas, Baja California; Las inflorescencias del Ejido San Matías fueron en su totalidad dañadas por bajas temperaturas, por lo que no fue posible coleccionar datos en ese sitio. No se pudo aplicar análisis de varianza debido a que las plantas marcadas fueron aprovechadas o depredadas por el ganado y solo se dispuso de una repetición en los tratamientos 1, 2, 4 y 5 y dos repeticiones en el tratamiento 3.

Los resultados, que se presentan en el Cuadro 7, indican que al aumentar el tamaño de la colonia, el número de flores se vio reducido ligeramente, a excepción del tratamiento con cuatro rosetas, que duplicó su número de flores con respecto al resto de los tratamientos. La transformación de flores a frutos, que nos indica el porcentaje de prendimiento fue bajo (de una a tres rosetas), sin embargo, en colonias de 4 a 5 rosetas, el prendimiento se mantuvo alrededor del 29%.

Fue muy frecuente observar un incremento a dos inflorescencias en colonias de cuatro rosetas, con un porcentaje de prendimiento de flores a frutos del 28.77% y poco daño en la semilla (9.14%) originado por la larva de la palomilla. Esto demuestra que para fines de reproducción sexual este tratamiento fue el mejor.

La eficiencia de reproducción sexual se manifestó en el porcentaje de prendimiento de flores a frutos. En los tratamientos con 2 o 3 rosetas apenas sobrepasó el 4%, mientras que en los

tratamientos de 4 a 5 rosetas el 29.2 % de las flores llegaron a fruto. Esto marca la importancia de la actividad fotosintética de la colonia en el llenado del fruto.

Cuadro 7. Efecto del tamaño de colonia de *Yucca schidigera* sobre la reproducción sexual en el Ejido Kiliwas, Baja California.

Tamaño de Colonia	Número de Rosetas por colonia	# de Frutos por Col.	# de semillas sanas.	# de semillas con daño.	# de semillas inmaduras.	No de semillas vanas	% de prendimiento.	% de daño por la palomilla	Deficiencia en polinización. %.	% de germinación de semilla.
1	641	112	1442	1172	191	1502	17.47	24.38	31.24	69.75
2	567	20.5	576	325	25	386	3.64	24.77	29.42	59.0
3	510	18	350	825	30.5	317	3.52	54.20	20.82	63.25
4	1067	307	14207	2243	756	7314	28.77	9.14	29.82	59.0
5	336	100	2795	139	118	1664	29.76	2.94	35.27	10.0

Inmaduras = Semillas que no alcanzaron su color negro.

Vanas = Semillas que no tienen embrión ni endospermo.

Prendimiento = Eficiencia reproductiva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante 1995 no se pudo evaluar un segundo ciclo por la presentación de heladas tardías, que quemaron todas las inflorescencias.

Aunque el número de frutos y semillas fue considerablemente superior en el tratamiento de cuatro rosetas, el porcentaje de viabilidad de la semilla se redujo aproximadamente en un 10% con respecto a los tratamientos uno y tres, posiblemente por la competencia interna por fotosintatos para el llenado del fruto.

La deficiencia de polinización, indicada en forma indirecta por las semillas vanas encontradas en cada tratamiento, no mostró diferencias marcadas entre los tratamientos, a excepción del tratamiento con tres rosetas que mostró el nivel más bajo de actividad de la palomilla, con 20.82% comparado con el resto de tratamientos que se mantuvieron entre un 30 al 35%. Esto demuestra que la palomilla no mostró preferencia por algún tamaño de colonia o número de flores, al presentarse en general una deficiencia del 29%. El impacto de la larva en el consumo de semilla fue de 24 % en colonias de una y dos rosetas, se incrementó al doble en tres rosetas y disminuyó considerablemente (6.03%) en colonias grandes de cuatro a cinco rosetas. Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Udovic (1981) para *Yucca whipplei*, que considera existe una marcada preferencia del polinizador para ovipositar en inflorescencias más grandes. Sin embargo, nuestros resultados promedio del impacto general de la palomilla en el consumo de semilla (23.08%) son más bajos en un 10% que los resultados reportados por Powell and Mckie (1966); Davis (1967); Ridaura (1980); Matuda y Piña (1980); Udovic (1981); Addicot (1986); Dodd and Linhart (1994) y Craig *et al.* (1994), quienes consideran un porcentaje del 30 al 64 % de consumo de la semilla.

El número de orificios (perforaciones de la larva) encontrados en el fruto no mostró una relación consistente con el tamaño de colonia, ni con el número de flores.

Los datos anteriores obtenidos en plantas marcadas en campo y con flor en el Ejido Kiliwas, indican que no son apropiadas las prácticas de los productores ni la normatividad vigente, que especifica que en aprovechamientos se debe dejar distribuida en forma uniforme y sin intervenir el 20% de las plantas en etapa de madurez de cosecha, para que lleguen a madurez reproductiva y se propicie así la regeneración por semilla. "Esta consideración se exceptúa tratándose de *Yucca spp.*" (Diario Oficial de la Federación 20 de mayo de 1997).

Para fines de conservación de las poblaciones naturales, la falta de reproducción sexual es un alto riesgo, debido a que esto hace que se rompa el flujo de información genética poblacional, limitando así el crecimiento de poblaciones y centrándose solo en la variación que ofrece una población clonal. Sin embargo, propagar intensivamente vía semilla, para reforestación con control de depredadores, podría ser una alternativa interesante para incrementar la variabilidad genética *in-situ*.

Las diferencias en los resultados sobre la viabilidad la semilla reportadas en el cuadros 7 y 8 a partir del % de germinación se atribuye a que en el cuadro 7 las semillas utilizadas para las pruebas incluyeron semillas inmaduras, mientras que en el cuadro 8 solo se utilizaron semillas vigorosas y sanas.

Cuadro 8. Germinación en laboratorio y observación de plántulas establecidas a partir de semilla en condiciones naturales en cuatro poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en Baja. California.

Población	Porcentaje de Germinación *	Plantulas aisladas observadas en Condiciones silvestres
La Rumorosa	95%	3
San Matías	96%	0
Tepi/Alamar	95%	2
San Agustín	96%	0

- Germinación en condiciones de laboratorio a partir de semilla seleccionada.

Los datos de campo mostrados en el cuadro 8 corroboraron que, aunque la viabilidad de la semilla selecta en laboratorio es alta, el estrés ambiental por bajas y altas temperaturas, la poca precipitación pluvial, la no-disponibilidad de semilla por aprovechamiento intensivo de tallos que coinciden con madurez reproductiva y la depredación de semilla y plántulas por roedores, son las causas de encontrar en campo un escaso 2 a 3 % de reclutamiento en condiciones naturales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1.6 Regeneración asexual.- Se encontró que el tamaño de colonia es el mejor indicador sobre la capacidad de regeneración asexual de la palmilla y que el número de tallos y el vigor que estos manifiestan por su aspecto y/o tamaño indican la capacidad de regeneración asexual. Se encontró que la colonia está integrada generalmente por tres estratos: el más alto, donde se encuentran los tallos adultos y que ejercen la dominancia apical, sobre el resto de la colonia; el estrato intermedio, integrado por tallos de mediana altura y el estrato bajo, compuesto por los renuevos.

En *Yucca schidigera* se encontraron diferencias marcadas entre poblaciones de diferentes sitios en su capacidad de regeneración asexual; estas diferencias se encuentran íntimamente ligadas a la disponibilidad de agua y al efecto de la temperatura (cuadro 3) que pueden ayudar a manifestar mayor velocidad de crecimiento o bien limitación por estrés ambiental (Castellón y Sepúlveda 1996; Carranza, 1997).

El cuadro 9 muestra los resultados que indican a partir del número de tallos por colonia la capacidad de regeneración asexual de palmilla. Se encontró que la regeneración asexual presentó su mejor expresión en la localidad Tepi/Alamar donde se registró la mejor precipitación (376 mm) y ahí se localizaron las colonias más grandes, integradas por 9.69 tallos, seguida de las poblaciones del desierto (San Agustín) en donde las colonias se integran en promedio de 8.77 tallos.

La menor regeneración asexual se manifestó en La Rumorosa, con 4.64 pequeños tallos por colonia. Estas últimas poblaciones, aunque disponen de mayor cantidad de agua que en el desierto, sus colonias están integradas por 4.6 individuos poco vigorosos, con un peso promedio de 6.98 kilos por tallo. En éste ambiente, la falta de vigor puede atribuirse al efecto de bajas temperaturas; sin embargo, una mayor disponibilidad de agua en el suelo les permite establecer 150 colonias por hectárea (Cuadro 8).

Cuadro 9. Capacidad de regeneración asexual de cuatro diferentes poblaciones naturales de *Yucca schidigera* en Baja California.

Población	Altitud msnm	Densidad Col/ha	Numero Tallos /colonia	Peso Kg./tallo	Rendimiento total Kg/ha
RUMOROSA	1400	150	4.64	6.98	4858
TEPI/ALAMAR	1350	210	9.69	10.99	22363
SAN MATIAS	968	193	7.46	9.28	13361
SAN AGUSTIN	600	47.5	8.77	13.07	5446

En las poblaciones de San Matías, de altitud intermedia (968 msnm), las colonias presentaron un tamaño de 7.4 individuos, con menor vigor ya que el peso promedio por tallo es de 9.28 kilos y una densidad de 193 colonias.

En las condiciones de alto estrés por calor y sequía que se presentan en el desierto (San Agustín), existen colonias con buena regeneración asexual, compuestas de 8.7 tallos/colonia. Estas tienen una máxima expresión de vigor, ya que cada tallo en promedio pesa 13.07 kilos; sin embargo, la escasez de agua y altas temperaturas limitan considerablemente su propagación y solo se encuentran 47.5 colonias por hectárea. De acuerdo a esto, podemos considerar que existe una buena regeneración en general como para calificar el valor del criterio con tres, pero deben tenerse en cuenta las diferencias entre poblaciones para evitar la sobreexplotación del recurso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1.6. Producción de biomasa aérea.- Los modelos matemáticos obtenidos para predecir la producción de biomasa (cuadro 10) presentaron un efecto cuadrático, en donde el 91% de la variación encontrada se atribuyó a la altura y el diámetro de fuste. Por lo tanto, los parámetros citados resultaron ser buenos predictores de la producción de biomasa.

Cuadro 10. Modelos matemáticos obtenidos para predecir la producción de biomasa de tallos de cuatro poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en Baja California.

Sitio	Modelo Matemático	R ²	Error Std	N
La Rumorosa	$Y=18.01267+.12977h-4.2133d-.0001h^2+.20050d^2$	0.91	3.41	220
Tepi/Alamar	$Y=10.86716+.00959h-2.41402d+.00051h^2+.14243d^2$	0.90	5.88	250
San Matías	$Y=19.01226+.13009h-4.2105d-.00010h^2+.20053d^2$	0.90	4.52	225
San Agustín	$Y=11.279545+.00900h-2.39988d+.0053h^2+.13999d^2$	0.92	3.19	275

Donde Y= Peso total de biomasa (Kg), h =Altura tallo (cm), N=970 tallos.
d = Diámetro de tallo (cm), R²= Coeficiente de determinación, n = Tamaño de muestra

Substituyendo los valores de cada uno de los datos de altura y diámetro de fuste encontrados en campo por colonia en su respectivo modelo, se predijo la producción de biomasa por hectárea, por colonia y por tallo, mismas que se presentan en el cuadro 11.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 11. Predicción del total de producción de biomasa de tallos, producción total por colonia, por tallo, densidad y número de tallos por colonia de cuatro poblaciones silvestres de *Y. schidigera* en Baja. California.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Población	Producción Total de tallos (ton/ha)	Producción por colonia (Kg)	Producción promedio por tallo (kg.)	Densidad Colonias/ha	# de tallos por colonia
La Rumorosa	4.8 ^c	32.2 ^c	6.9	150	4.6
Tepi/Alamar	21.5 ^a	102.8 ^a	10.9	210	9.6
San Matías	14.2 ^b	67.6 ^b	9.2	193	7.4
San Agustín	5.00 ^c	114.4 ^a	13.0	47.5	8.7

Medias dentro de una columna seguidas por la misma letra no son significativamente ($P > 0.05$) diferentes.

Densidad y tamaño de colonia fueron determinados en cinco unidades de muestreo de 1000 m².

Se encontraron grandes diferencias en la capacidad productiva de biomasa aérea aprovechable entre las poblaciones estudiadas, atribuyendo estos resultados a las condiciones ambientales, como la precipitación pluvial, el patrón de distribución de la lluvia y la temperatura, lo que influyó para que la producción total variara desde 4.8 hasta 21.5 toneladas/ha. La producción por colonia registra diferencias desde 32 a 114 kilos y promedio por tallo desde 6.9 hasta 13 kg. (Cuadro 11).

La producción de biomasa por colonia mostró tres niveles de significancia, uno superior a 100 Kg, encontrado en las poblaciones de San Agustín y Tepi/Alamar, con marcadas diferencias

ambientales principalmente en cantidad de lluvia (124 contra 376 mm). Sin embargo, a pesar de la baja cantidad de agua en el desierto, sus colonias grandes, con 8.7 tallos en promedio y vigorosas (13 Kg de peso por tallo), se vieron fuertemente limitadas por su baja densidad de población, con solamente 47 colonias por hectárea. El segundo nivel, representado por San Matías a 968 metros de altitud y 293 mm de lluvia y un tercer nivel, representado por colonias muy pequeñas de La Rumorosa, en donde poca lluvia (150 mm) y frío a altitudes de 1400 metros, tuvieron que limitar considerablemente su crecimiento en altura y tamaño con colonias de 4.6 tallos.

La alta producción de los sitios Tepi/Alamar y San Matías se atribuye a que tuvieron un buen balance entre la densidad, el tamaño de sus colonias y sus niveles de producción por colonia, reforzado por una precipitación pluvial de 293 a 376 mm de lluvia anual (Cuadro 3).

Entre los sitios evaluados se observan diferencias significativas (Duncan 0.05) en productividad de biomasa aérea aprovechable (cuadro 11), distinguiéndose grupos. Uno de baja productividad, integrado por las poblaciones de La Rumorosa y San Agustín, en donde el estrés ambiental pudo tener un papel importante en sus manifestaciones de rendimiento. En este grupo, a las poblaciones de gran altitud, como La Rumorosa se les atribuye el efecto de estrés originado por frío (-10.5 °C), que influyó en un deficiente desarrollo de las plantas, aunque el hecho de tener 150 mm de precipitación y menor estrés por temperatura en verano, le dio una mejor condición de humedad en el suelo como para mejorar su capacidad de establecimiento al presentar una densidad de 150 pequeñas colonias, con 4.6 tallos por colonia (cuadro 3).

La baja productividad de biomasa en poblaciones de desierto como San Agustín puede atribuirse a

estrés por sequía y calor, al estar expuestas a 124 mm anuales de lluvia (68% en verano) y máximas temperaturas de 45 °C en verano. En estos sitios la falta de agua influyó en la escasa capacidad de establecimiento de plantas, al presentar una densidad 2 veces mas baja (47 pl./ha) que La Rumorosa. La mejor expresión de productividad se encontró en el grupo integrado por las poblaciones de Tepi/Alamar y San Matías, el primero de estos sitios con colonias de 9.6 individuos, una densidad de 210 col/Ha, y con un peso de 10.9 Kg por tallo. Se atribuye este resultado a un nivel más alto de precipitación, con 376 mm anuales y menor riesgo de bajas temperaturas (- 2.7 °C).



Figura 3. Colonia con alta producción de biomasa representativa del ecotipo intermontano, ubicada en el Ejido Tepi-Alamar, Baja California.

TEPI CON
FALLA DE ORIGEN

Las poblaciones de *Yucca schidigera* de San Matías, también con alta producción de biomasa, se localizan a una altitud de 968 m en el Paso de San Matías, ubicado entre las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir y aunque allí se registra poca lluvia (293 mm), su producción de biomasa puede ser el resultado de que las poblaciones se localizan en la parte baja de las montañas, en donde los escurrimientos superficiales pueden aportar una mayor cantidad de agua.

Theunisen (1995) considera que la información sobre producción de biomasa y su relación con parámetros ecológicos permite identificar ecotipos. Otros autores, como Knapp and Rice (1997), consideran que las poblaciones que difieren como resultado de la selección natural son conocidas como ecotipos y están adaptadas a condiciones ambientales específicas y su morfología es distinta. En nuestro caso, y basados en las diferencias en productividad, condiciones ambientales, y tamaño y estructura de las colonias encontrada entre poblaciones, llegamos a la conclusión de que están bien representados cuatro ecotipos o razas ecológicas bien definidos: montano, intermontano, mediterráneo y desértico.

El ecotipo **montano** agrupa poblaciones de baja productividad de biomasa, adaptadas al frío de altitudes de 1450 m, similares a la sierra de La Rumorosa. El ecotipo **intermontano** tiene la más alta expresión de producción de biomasa en sus tallos, se ubica a una altitud de 1350 m, con menos riesgos de estrés ambiental, la mejor disponibilidad de agua y un buen balance entre densidad, estructura y productividad de sus colonias. El ecotipo **mediterráneo** crece en altitudes intermedias (968 m), recibe el doble de precipitación anual que el montano y el triple respecto al desértico, un buen patrón de distribución (68% en invierno y 36% en verano), ausencia de estrés por temperatura, captación de agua adicional por escurrimiento superficial y alta producción de biomasa. El ecotipo **desértico**, ubicado a 600 m de altitud, en sitios con muy escasa precipitación

pluvial, lo que implica estrés por sequía y altas temperaturas en verano, con pocas colonias por hectárea manifiesta una baja producción de biomasa.

Estos resultados indican las grandes diferencias existentes entre poblaciones silvestres de palmilla en Baja California, lo que debe ser considerado al definir las tasas de aprovechamiento y los ciclos de corta.

La producción de biomasa total por sitio debe ser el punto de partida para llevar a cabo una administración realista de los niveles de aprovechamiento intensivo. Sin embargo, hay que considerar que la baja tasa de crecimiento de 1.5 cm/año, reportada por Comanor y Clark, (1984) y las fuertes restricciones ambientales por la poca cantidad de lluvia y las variaciones en su capacidad productiva a nivel de ecotipo y de clon en el gradiente, conducen a calificar este criterio con valor de dos, lo que indica en promedio una baja productividad, situación por la que es importante tener un plan de manejo.

Es urgente modificar la normatividad vigente en cuanto a la definición de la madurez de corte, debido a que la actual no se sustenta en ninguna base científica, e incorporar conceptos basados principalmente en el nivel de producción de biomasa y la composición del tamaño de la colonia promedio.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Comanor y Clark (1984, 2000), en el sentido de que las poblaciones de palmilla de Baja California ubicadas en el desierto y a grandes altitudes, presentan muy baja producción de biomasa. Esto indica que son muy frágiles y que deben extremarse las precauciones al extender permisos de aprovechamiento intensivo y persistente para evitar el deterioro de sus poblaciones.

4.1.8. Variabilidad.- Se encontró que *Yucca schidigera* tiene una alta variabilidad morfológica entre sus poblaciones, debido a que presenta adaptación a diferentes condiciones ambientales en un gradiente altitudinal que se inicia en la costa de Baja California, en las cercanías de Ensenada y termina aproximadamente a los 1450 m de altitud, en las cercanías de La Rumorosa. Las poblaciones de los cuatro sitios estudiados difieren considerablemente en producción de biomasa, densidad, estructura vertical y horizontal, el tamaño de la colonia y condiciones ambientales (altitud/ precipitación), lo que nos permite considerar la presencia de cuatro razas ecológicas o ecotipos basados en la información generada por Theunissen (1995) y Knapp and Rice (1997).

4.1.8.1. Descripción de ecotipos

4.1.8.1.1. Ecotipo montano.- Esta raza ecológica se encuentra representada por poblaciones silvestres norteñas ubicadas a los 1400 m de altitud, localizadas en la parte norte de la Sierra de Juárez, en las cercanías del poblado La Rumorosa (Figura 4), donde la densidad de población es de 150 col/ha. La precipitación es del orden de 150 mm y sin estrés por altas temperaturas en verano (cuadro 3), condiciones favorables para la propagación por semilla y mejor establecimiento de plántulas. A ésta altitud son frecuentes las heladas en primavera que causan estrés por frío y frecuente daño a inflorescencias, lo que afecta la producción de semilla y origina un crecimiento lento. En años cuando el daño es más severo, los meristemas apicales son dañados, formando colonias de tallos bajos y delgados. En estos sitios la producción de biomasa es de 4.8 ton/ha., las colonias tienen en promedio 4.6 tallos y el promedio de peso del tallo por colonia es de 32 kilos.

La vegetación predominante en estos sitios es el bosque de pino y encino, con una cobertura superior al 60%, con dominancia de *Pinus quadrifolia* y *Quercus dumosa*. También crece en la asociación vegetal de *Adenostoma sparcifolium-Juniperus californica* que corresponde a una

transición entre el bosque de pino-encino y el chaparral de montaña. En este ecotipo, las especies más frecuentes son *Pinus quadrifolia*, *P. monophylla*, *Juniperus californica*, *Quercus dumosa*, *Quercus agrifolia*, *Yucca schidigera*, *Rhus ovata* y *Adenostoma sparcifolium*.

Este ecotipo prospera en suelos aparentemente sin efectos de erosión, la incorporación de materia orgánica es baja y el contenido de nitrógeno en los suelos es de 9 kg./Ha.

Las poblaciones representativas de este ecotipo son localizadas en los siguientes sitios: La Rumorosa, San Francisco, Buena Vista, Los Compadres, La Perdiz, El Toro, Agua Grande, Teta de la India, Las Plastas y Jasay.

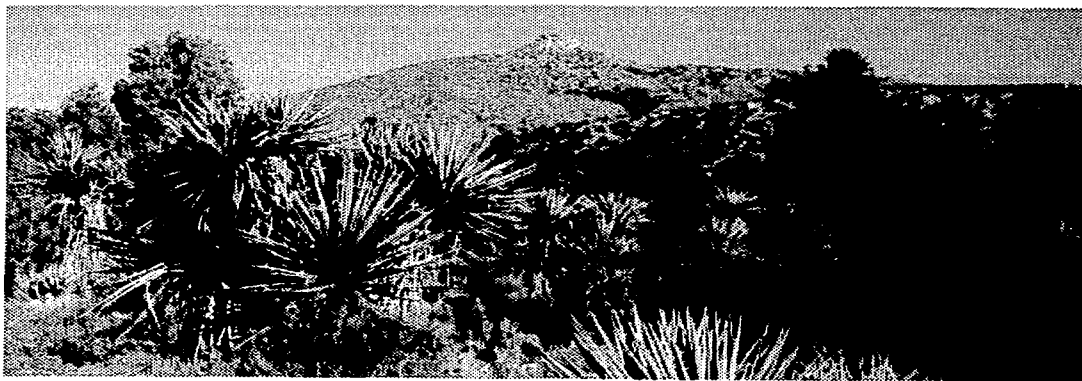


Figura 4. - Poblaciones silvestres representativas del ecotipo montano de *Yucca schidigera*

ubicadas en las cercanías del cerro Teta de la India en Baja California.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1.8.1.2 Ecotipo intermontano.- Lo integran poblaciones que presentaron la más alta productividad de biomasa, con rendimiento total de 21.56 ton/Ha. Sus colonias se caracterizan por ser de gran tamaño (9.6 tallos) y vigor (11 kg/tallo). Estas colonias están a una altitud de 1100 a 1350 metros y

es ahí donde se registran los más altos niveles de lluvia (376 mm), con un patrón de distribución con el 79% que cae en invierno y el resto en verano. Por estar ubicadas en las partes bajas de las laderas y planicies cerradas, estas poblaciones, reciben mas agua por escurrimientos, situación que posiblemente les favorezca en forma adicional para incrementar su capacidad de producción de biomasa.

En este ecotipo (Figura 5) la vegetación predominante corresponde a un Chaparral de montaña, en donde la asociación predominante es *Yucca schidigera-Adenostoma sparcifolium-Juniperus californica*. Otros taxa en este sitio son: *Arctostaphylos glauca*, *Cercocarpus betuloides*, *Quercus dumosa*, y *Tamnosma montana*. Los pinos *P. quadrifolia* y *P. monophylla* son muy escasos. Algunas especies del desierto que se presentan son *Agave deserti*, *Echinocereus engelmannii* y *Prosopis glandulosa*.

Los suelos son de tipo aluvial, con textura migajón arenoso, bajos contenidos de materia orgánica y con un 30% menos de fósforo.

Las poblaciones características de este ecotipo se encuentran en El Ejido Kiliwas, Alamar, Huico, Tepi, Santa Catarina, Leyes de Reforma y Jamáu como se ilustra en la figura 5.

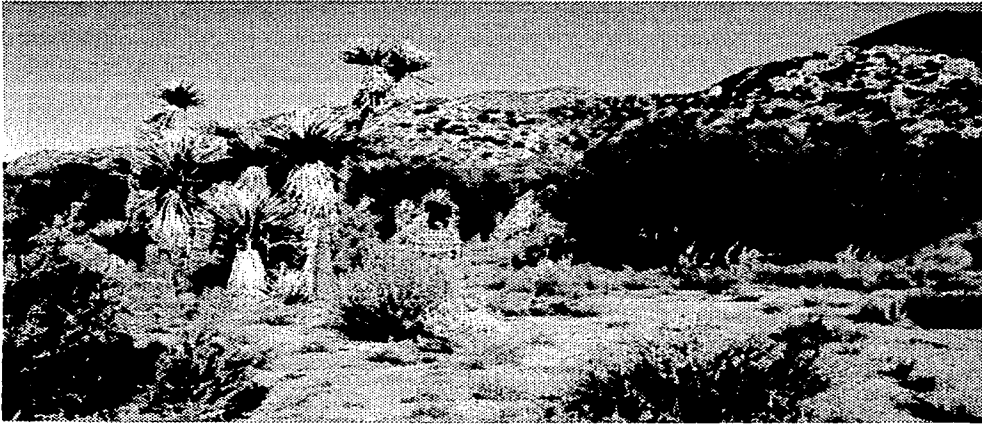


Figura 5. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo intermontano de *Y. schottii* ubicadas en el Ejido Kiliwas, Baja California.

4.1.8.1.3. Ecotipo mediterráneo.- Este ecotipo está representado por poblaciones que se encuentran entre los 800 a 1100 metros de altitud en suelos litosoles. Presentan una densidad de población de 190 col/ha; la más característica de ellas se encuentra en el paso de San Matías. La lluvia, aunque no es profusa, es del orden de 293 mm anuales, distribuida de manera homogénea con un 64% en invierno y 36 % en verano.

Las colonias de este ecotipo son grandes y vigorosas, con promedio de 7.4 tallos/colonia, con un peso promedio de 9.8 kg/colonia, lo que repercute en una alta producción promedio de biomasa (14.2 ton/ha). En estos sitios es donde se iniciaron los aprovechamientos intensivos de palmilla y de jobjoba a partir de 1975. Otros recursos que también se han utilizado intensivamente, junto con la palmilla, son el mezquite y la viznaga.

El tipo de vegetación predominante es una transición entre el chaparral intermedio y el matorral desértico micrófilo. Algunas poblaciones de palmilla están en sitios donde predomina el mezquital. La asociación vegetal más frecuente es *Yucca schidigera*-*Simmondsia chinensis* (palmilla-jojoba). Las especies más abundantes son *Prosopis glandulosa*, *Acacia greggii*, *Ephedra californica*, *Ferocactus acanthodes*, *Fouquieria splendens*, *Simmondsia chinensis*, y *Yucca schidigera*.

El mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *torreyana*) es abundante, presumiblemente porque ha sido fomentado considerablemente por la actividad ganadera.

Es muy común en estos sitios el impacto originado por el ganado, que consume las inflorescencias y brotes tiernos de la palmilla y otras plantas. Asimismo, los incendios forestales causan deterioro de poblaciones y erosión. Los suelos de estos sitios son arenosos y profundos, pobres en nutrientes y materia orgánica.

Las poblaciones que representan a este ecotipo son: San Matías (Figura 6), Valle de la Trinidad, 16 de Septiembre y Ejido Sonora-Baja California.



Figura 6. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo mediterráneo de *Y. Schottlandii* ubicadas en el Ejido Francisco R. Serrano (San Matías), Baja California.

4.1.8.1.4. Ecotipo desértico.- Las poblaciones de este ecotipo se encuentran a una altitud de 600 metros, en sitios con marcado estrés ambiental por la poca precipitación que registran, lo que se refleja en una escasa cobertura vegetal. La palmilla presenta la más baja densidad de población en el estado, con apenas 47.5 col/Ha. La precipitación pluvial generalmente es menor de 100 mm anuales, con una distribución irregular ya que el 68 % se registra en invierno y el restante 32% se registra en verano, En estos sitios, en el verano se registraran las temperaturas más altas (45°C), lo que hace que el estrés hídrico sea muy pronunciado.. Las colonias son grandes con 8.7 tallos vigorosos (114 kg/col) lo que hace que se tenga él mas alto rendimiento de biomasa por individuo (Cuadro 12).

Las poblaciones de este ecotipo (Figura 7) se encuentran en el área natural protegida conocida como "Valle de los Cirios", en el Desierto Central de Baja California. Este ecotipo está asociado a la vegetación de matorral desértico micrófilo o matorral desértico sarcocauléscente. La asociación vegetal predominante es *Y. schidigera*- *Ambrosia dumosa*- *Fouquieria columnaris*. Las especies más frecuentes son *Agave deserti*, *Ambrosia dumosa*, *Eriogonum fasciculatum*, *Ferocactus fordii*, *Ferocactus gracilis*, *Larrea tridentata*, *Lophocereus schottii*, *Lycium andersonii*, *Opuntia molesta*, *Pachycereus pringlei*, *Prosopis glandulosa*, *Simmondsia chinensis* y *Yucca schidigera*.

Las poblaciones mas características de este ecotipo se encuentran en: El Ejido Revolución, Ejido Reforma Agraria Integral, El Mármol, Guayaquil, El Progreso y San Agustín.

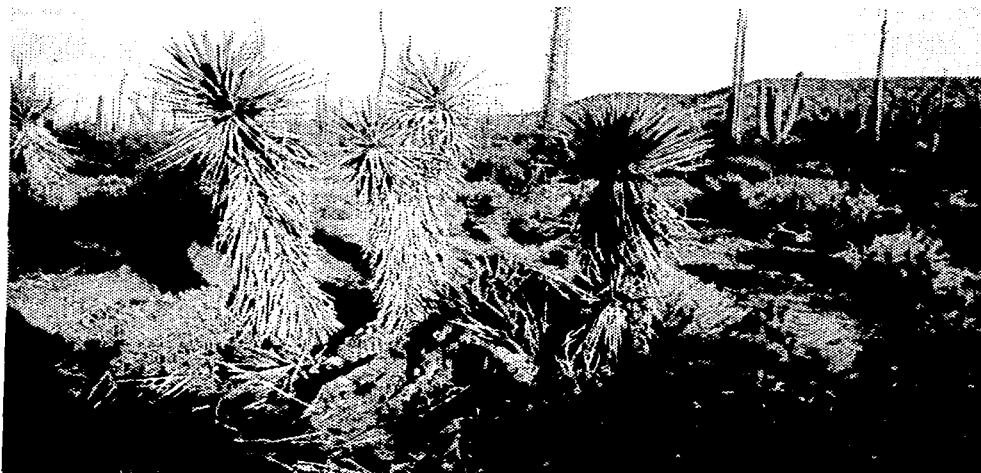


Figura 7. Poblaciones silvestres representativas del ecotipo desértico de *Yucca schidigera* ubicadas en el Ejido Revolución, Baja California.

RECIBO CON
FALLA DE ORIGEN

Como se observa en el cuadro 12, se encontraron grandes diferencias en producción de biomasa, que van desde 4.8 a 21.5 ton/ha, densidad de población y el tamaño de colonias, las que guardaron una relación muy estrecha con las condiciones ambientales de cada sitio. Estos efectos ambientales tuvieron un papel muy importante sobre la adaptación al frío a grandes altitudes o a calor y sequía en poblaciones desérticas, presentándose el óptimo ambiental en poblaciones del ecotipo intermontano, ubicado entre las Sierras de Juárez y San Pedro Mártir, donde los aportes adicionales de agua por escorrentía pudieron influir en su mayor producción de biomasa.

Cuadro 12. Variabilidad ambiental y entre ecotipos de *Yucca schidigera* en producción de biomasa, densidad, tamaño de colonias y vegetación asociada en Baja California.

Ecotipos	Altitud msnm	Lluvia (mm)	Producción de Biomasa ton/ha	Densidad col/ha	tamaño de colonia Tallos/col.	Vegetación asociada
Montano	1400	150	4.8	150	4.6	Bosque pino y encino
Intermontano	1350	375	21.5	210	9.6	Chaparral altitud
Mediterráneo	968	250	14.2	193	7.4	Transición chaparral /Matorral desértico
Desértico	600	124	5.0	47.5	8.7	Matorral desértico Micrófilo

Con base en estos resultados se considera que este criterio tiene una calificación de tres.

5. Criterios Técnicos Socioeconómicos

5.1 Accesibilidad a poblaciones.- Todas las poblaciones de la parte norte y central de la península, que involucran a los ecotipos montano, intermontano y mediterráneo, se encuentran en sitios fácilmente accesibles a la empresa Desert King ubicada en Tijuana y a la empresa El Alamo en el Ejido Héroes de Independencia. Se puede llegar fácilmente en tiempo y distancia, ya que existen los caminos e infraestructura para el traslado de la materia prima para su procesamiento industrial (Cuadro 13). Solamente las poblaciones silvestres del ecotipo desértico, ubicadas en la parte sur del municipio de Ensenada, tienen algo de inaccesibilidad por las distancias que se tienen que recorrer, que en éste caso son superiores a los 450 Km. En este último caso la accesibilidad es mejor para las empresas PRONADE, Santa Susana y El Desierto, ubicadas en Ensenada, Baja California; sin embargo, los volúmenes que procesan apenas si llegan a un 5.02 % del volumen total.

Debido a que todas las poblaciones son fácilmente accesibles en tiempo y distancia, existe la infraestructura adecuada para su extracción y traslado, y además que no se requieren equipos especiales para su colecta. Este criterio se califica con un valor de cuatro.

Cuadro 13. Accesibilidad a poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en Baja California.

Poblaciones del ecotipo	Distancia en km. de Ensenada	Vías de acceso	Tipo de camino	Observaciones	Ubicación de planta industrial para el procesamiento.
Montano	253	Carretera Estatal #2	Carretera en buenas condiciones	20 Km desde el entronque con terracería	Tijuana Empresa Desert King.
Intermontano	190	Carretera Estatal #3	Carretera en buenas condiciones	17 Km desde el entronque con terracería	Tijuana Empresa Procesadora de Insumos Naturales. Ejido Leyes de Reforma Empresa El Alamo.
Mediterráneo	50	Carretera Estatal #3	Carretera en buenas condiciones	Borde de Carretera	Tijuana Empresa Procesadora de Insumos Naturales. Ejido Leyes de Reforma Empresa El Alamo.
Desértico	450	Carretera Transpeninsular #1	Carretera en buenas condiciones	Borde de carretera	Tijuana empresa Procesadora de Insumos Naturales. Ejido Héroes de Independencia Industrias el Alamo. Ensenada Empresas El Desierto y PRONADE

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

5.2 Usos potenciales.- La información de usos tradicionales contenida en este trabajo, procede de entrevistas directas con dos destacados conocedores de la cultura Kiliwa: Don Cruz Ochurte Espinoza de 75 años de edad y Trinidad Ochurte Espinoza, de 72 años de edad (q.p.d.). La información sobre los usos modernos procede de entrevistas a industriales encargados del procesamiento de palmilla, consultas a técnicos encargados del manejo y de otras fuentes de información incluida en la literatura consultada.

Las vasijas de barro eran cocidas con el fuego producido a partir de la combustión del tallo y las hojas secas de palmilla. Esta actividad se sigue realizando por parte de los Pa ipai en la elaboración de cerámica, ya que el material seco de la planta produce grandes llamas que son necesarias para el cocido adecuado de las vasijas(Ochurte, 1987).

Actualmente los Kiliwas tienen permisos para el corte de palmilla, constituyéndose esta actividad en la que mayores beneficios económicos aporta a la comunidad.

La ignorancia por un lado, y la necesidad de conseguir los recursos económicos que los tiempos modernos exigen "para un mejor desarrollo de los pueblos", son factores que han ido menguando la estrecha relación que existía entre el indígena nativo y los beneficios que la naturaleza le proporciona. Este recurso que por tiempos inmemorables formó parte fundamental en la existencia de los pueblos indígenas, está ahora ante el riesgo de ser afectado por la explotación inadecuada a causa de la tala de grandes extensiones de paisajes únicos, que ponen en peligro a los frágiles ecosistemas del desierto.

En la actualidad, en las comunidades indígenas Kiliwas y Pa ipai ha decaído considerablemente el uso tradicional de la *Yucca*, centrándose casi exclusivamente al uso de tallos secos para el horneado de cerámica en Santa Catarina (Pa ipai). Esto se atribuye a que las nuevas generaciones están siendo influenciadas por el modernismo y han abandonado el uso de sus recursos vegetales. Por otra parte, ya no existe la transmisión de ese conocimiento tradicional con las nuevas generaciones (Ochurte, 1987).

Los usos modernos de la palmilla se han incrementado considerablemente (Cuadro 14), lo que indica que la materia prima, producto del aprovechamiento de palmilla, que en años pasados se reducía al líquido de los tallos, hoy incluye el tallo aéreo sin hojas, deshidratado y pulverizado el

que genera divisas para el país, debido a que es para exportación. Por otra parte, esta especie es de los pocos recursos de que disponen las comunidades rurales para obtener ingresos a lo largo de todo el año. Mantiene actividad económica en cuatro plantas de procesamiento industrial y empleos a nivel técnico y manual.

Cuadro 14. Usos, efectos y patentes registradas en *Yucca schidigera*.

USO	EFFECTOS	DUÑO PATENTE
Mejoramiento de la alimentación animal	Estimulación del crecimiento en Borregos	Pfizer & Co. US Patent 3,144, 337 Agosto 11 de 1984.
Agente antibacterial en alimentos presurizados.	Reducción del nivel de microorganismos. <i>Pseudomonas</i> , <i>Staphylococcus</i>	The Nippon Syntetic Chemical Industry, Osaka H-4-74105 Japanese Patent Marzo 9 1992.
Promotor del crecimiento en ganado.	Incremento de la digestibilidad.	Tatebe Masao & Ejima Hitsh Japanese Patent H-4- 365453
Reducción del nivel de colesterol en huevos de gallina.	Incremento en la producción del número y peso de huevos	Maruzen Syntetic Chemical Co. Ltd. Japanese Patent H-5- 7462 1993.
Remoción del colesterol en productos lácteos procesados y sin procesar.	Remoción de hasta el 90% de colesterol.	University of California Regentes. US Patent 5,326,579 1994.
Procesamiento de Semillas	Facilita incremento humedad en semillas incrementando su palatabilidad.	Sortec Corporation Amoka, Minnesota. US Patent 5.279.838

Como se aprecia en el cuadro anterior, la gran mayoría de usos modernos, se centran en la alimentación animal, con efectos muy importantes en la estimulación del crecimiento, la reducción en los niveles de colesterol y el incremento de la productividad y digestibilidad animal (Cuadro 14). Sin embargo, algo que llama la atención es que a pesar de ser Baja California el proveedor más importante de materia prima para uso industrial, no hay patentes mexicanas, sólo japonesas y americanas.

CON
FALLA DE ORIGEN

Por tener una amplia gama de usos industriales y otros de carácter potencial, empezando por el alimenticio, artesanal, farmacéutico, pecuario, ornamental, así como de nuevos usos en el mejoramiento de dietas para ganado y mejoramiento de la calidad del suelo, se califica a la palmilla con un valor de cuatro, por ser una especie con múltiples usos.

Cuadro 15. Usos tradicionales y modernos de *Yucca schidigera* y fuentes de información.

USOS	PARTE USADA	FUENTES
Alimento humano.	Flores y frutos	Weber, 1953; Ochurte, 1987.
Alimento de Ganado	Renuevos, inflorescencias y polvo	Wallace <i>et al.</i> , 1994, Ochurte, 1987.
Combustible	Tallos y Hojas /cocer artesanías de barro.	Ochurte, 1987.
Artisanal	Fibra de hojas para cepillos, sandalias y vestidos.	Coyle y Roberts, 1975, Uchurte, 1990.
Construcción	Tallos para estructura principal de casas.	Ochurte, 1990.
Ceremonial	Roseta como ofrenda muertos.	Ochurte, 1987.
Alimento Balanceado	Polvo de tallos deshidratados.	Wu <i>et al.</i> , 1994.
Mascotas		
Acondicionador de Granos.	Extracto del Tallo.	Flora Agrotécnica, 1994.
Mejorador de Suelos	Extracto de Tallos.	Flora Agrotécnica, 1994.
Biooil		
Eliminación de Olores	Polvo y Extracto concentrado.	Jaques y Bastien, 1992.
Usos Industriales	Pulpa para papel, espumante de sodas, cosméticos y jabones.	Webber, 1953; Suárez, 1989; Sandoval, 1980; Flores y Bucnaventura 1991; Mielke, 1993.
Ornamental Jardinería	Planta Completa.	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.3 Beneficio económico.- Aunque no se tiene información respecto a los volúmenes de palmilla utilizados al inicio de los aprovechamientos a partir de 1970, se estima que estos fueron bajos y de poca importancia, debido a que solamente el ejido Francisco R. Serrano lo aprovechó junto con la jojoba. *Yucca schidigera* empieza a ser importante como recurso en 1989, cuando supera las dos toneladas y es a partir de 1991 cuando se convierte en el recurso forestal no maderable de mayor importancia, superando las ganancias generadas por la jojoba. Para 1998 se estimó que el volumen de extracción fue de 4074 toneladas, con un precio estimado que varió desde 180 a 220 dólares por tonelada a productores, lo que generó un valor promedio de 814,800 dólares.

A partir de 1999 se identifican nuevos usos, lo que genera una mayor demanda internacional y los aprovechamientos se disparan hasta las 7285 toneladas, lo que supera casi en un 82 % al año anterior y genera un beneficio de 1' 602, 700.00 dólares (cuadro 16).

Cuadro 16. Estadísticas sobre volúmenes de aprovechamientos de *Y. schidigera* en Baja California.

Año	Volumen de tallos de Yucca aprovechados Ton
1988	1829
1989	2318
1990	3081
1991	4586
1992	3058
1993	3090
1994	4031
1995	3475
1996	3734
1997	4369
1998	4074
1999	4030
2000	7285

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuente: SEMARNAT, 2000.

En la actualidad se desconoce cuál podría ser el valor agregado de la materia prima, ya que las dos principales empresas industrializadoras de Baja California (Procesadora de Insumos Naturales e Industrias El Alamo) han invertido en tecnología para el desarrollo de nuevos productos y variantes en la calidad, lo que ha abierto la posibilidad de tener un valor agregado mucho más alto, nuevos mercados y más segura la demanda en el mercado internacional.

El beneficio económico por venta de la materia prima (tallos) se reparte en 16 comunidades rurales, entre ellas dos comunidades indígenas (Kiliwas y Pa ipai), son solo seis las industrias procesadoras que compran la palmilla y de ellas, la empresa Procesadora de Insumos Naturales, registra la adquisición del 87% del volumen total aprovechado (SEMARNAT, 2000).

La materia prima producto del aprovechamiento de palmilla genera divisas para el país, debido a que es para exportación. En años pasados se exportaba solamente el líquido de los tallos concentrado a 36° Brix, hoy además se exporta el tallo sin hojas y pulverizado a diferentes tamaños.

Esta especie es de los pocos recursos de que disponen las comunidades rurales de Baja California y permite obtener ingresos a lo largo de todo el año. Mantiene actividad económica en seis plantas de procesamiento industrial y empleos en el ámbito técnico y manual.

Aunque SEMARNAT reporta que actualmente hay 23,694 has con permiso de aprovechamiento y su respectivo seguimiento, se estima que son aproximadamente 50,000 Has con poblaciones importantes de palmilla como para tener un uso intensivo, lo que hace tener un potencial de aprovechamiento de 26,000 has adicionales

Al comparar el beneficio económico generado por la palmilla, respecto a los cultivos convencionales de la región, se encontró que éste es bajo para el dueño del recurso, ya que por cada peso que invierte para su recolección en poblaciones naturales, se generan 86 centavos adicionales,

ganancia que es comparable con lo que podría redituarse un cultivo de temporal de cebada forrajera cuadro 17. Sin embargo, la gran diferencia es que en el caso de la extracción de palmilla no se necesita de agua, solo invierte su mano de obra y poco combustible, comparado con los 7,328 pesos invertidos por ha necesarios para el cultivo de cebada. Por otra parte, no se corre el riesgo de lo impredecible de la lluvia (cuadro 17).

La ganancia económica de la palmilla, comparada con el nopal de cultivo, es menor en un 50%. Sin embargo, para este caso son muy altos los costos de producción para la adquisición de cladodios mejorados, infraestructura, agua y grandes inversiones para el pago de mano de obra (231 jornales por año por ha).

Respecto al tomate, se tiene casi un 400% menos de redituabilidad, 300% respecto a maíz y 156% menos respecto a vid. Sin embargo, hay que considerar que para lograr estas ganancias, se tienen que hacer grandes inversiones en costos de producción, disponer de la infraestructura adecuada, disponer de agua sin problemas de salinidad y de suelos aptos para la agricultura, los que son muy escasos en el noroeste de Baja California.

De acuerdo con estos resultados, se concluye que el beneficio económico generado por la palmilla para el dueño del recurso es bajo, por lo que este criterio se califica con un valor de 2. Por otra parte, el costo ecológico del aprovechamiento intensivo, en poblaciones frágiles de los ecotipos montano y desértico puede ser alto, debido a que el deterioro de sus poblaciones puede ser alto por la baja densidad y productividad que registran.

Cuadro 17. Estudio comparativo del rendimiento y costos de producción entre los principales cultivos y la *Y.schidigera* en el Distrito 001 Ensenada, Baja California.

Cultivos	Valor de la producción en pesos	Superficie has.	Producción total ton.	Rendimiento en Ton/ha	Jornales por ha	Costo de Producción pesos/ha	Relación B/C
* Vid	11,078,070	261	2,048.85	7.85	57	17,481	2.42
* Tomate	672,000	7	210	30	60	21,950	4.37
* Maíz clote	1,240,287	33	314	9.52	11	9751	3.81
* Cebada	531,300	124	462	2.6	4	7,328	.94
* Nopal	867,540	19	433.77	22.83	213	33,503	1.36
** Palmilla	14,351,350	***23,694	7,285	◆1.8 a 3.0	16.6	697	.86

• Fuente: INIFAP-CAECOEN-SAGARPA 2002

• B/C= Relación beneficio-costo =Valor por ha/costo por ha.

** SEMARNAT 2002

◆ Rendimiento según NOM005SEMARNAT

*** Hectáreas en uso bajo seguimiento

5.4. Beneficio social.- Entre las actividades económicas generadoras de empleo en el sector rural del municipio de Ensenada, la actividad forestal representa el 24% (INEGI, 1996) y esta actividad se concentra en el aprovechamiento intensivo de *Yucca* y muy eventualmente en la recolección de semilla de jobjoba y venta de madera de mezquite, siendo el ingreso por jobjoba muy incierto, porque depende del valor definido por la demanda de cera líquida marcada por el mercado internacional.

Los volúmenes de extracción de palmilla alcanzaban en 1999 la cifra de 3808 toneladas anuales, las cuales se incrementaron en 2000 a 7,285 ton, es decir 91% mas. El beneficio social que resulta de esta actividad forestal, se centra en el aprovechamiento de palmilla, debido a que las ganancias generadas por concepto de la comercialización de materia prima queda en manos de aproximadamente 612 propietarios del recurso, ubicados en 16 comunidades rurales y 4 Sociedades de Producción Rural. La generación de mano de obra de la palmilla se concentra en la contratación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de peones de campo, trabajadores en el proceso de corte, molienda y secado; así como en la contratación de un técnico forestal, responsable del manejo.

Entre los servicios básicos, indicadores de beneficio social generados por el turismo, ganadería y uso intensivo de la palmilla se encuentran los siguientes. Infraestructura para la comunicación terrestre (carreteras y caminos de terracería), medios de transporte colectivo (autobuses) y particular (vehículos), servicios públicos básicos (luz y agua potable), servicios educativos (preescolar, primaria y secundaria) y servicios médicos. Sin embargo, en las comunidades rurales del sur del Municipio de Ensenada, Baja California la falta de sistemas de drenaje, educación preparatoria e infraestructura para la recreación se hacen patentes.

Con el análisis de esta información y el beneficio social generado durante todo el año a 16 comunidades rurales, incluyendo a dos comunidades indígenas de la región, se considera que este criterio alcanza un valor de tres en nuestro sistema de calificación.

5.5 Tecnología de aprovechamiento.- La tecnología de aprovechamiento de las poblaciones naturales de palmilla está definida en base a la NOM-005-ECOL-SEMARNAT, 1997, la cual se basa en que la madurez de corte está definida por una simple proporción geométrica del 20% para la roseta y 80% para el tallo limpio (Diario Oficial de la Federación, 1997). Dicha norma no tiene ninguna validez técnica, porque no se sustenta en información confiable; por otra parte, esa proporción se presenta en tallos prácticamente de todas las tallas, lo que hace entonces que no se tenga ningún control en los aprovechamientos.

En la actualidad, no existe una tecnología de aprovechamiento bien definida en los aprovechamientos intensivos de palmilla de Baja California, debido a que se aplica el criterio del machetero, sin considerar que exista previamente una selección y marcado de tallos a cortar por

parte del técnico responsable del manejo. Aunque esto se justifica en la proporción entre el tallo y roseta indicada por la norma citada, no considera que ese tallo, no es independiente de la colonia, no se basa en una unidad de manejo, ni tampoco en el nivel de producción de biomasa de la colonia, ni del sitio. Solo parte de la disponibilidad de tallos que cumplen una proporción.

La falta de consideración de una época adecuada para efectuar los aprovechamientos, denota un importante vacío de información técnica que nos indique, ¿cuándo es el momento mas adecuado para aprovechar ? en función de consideraciones tan importantes como, evitar el estrés por deshidratación y por coincidir con etapas reproductivas.

Por otra parte, los aprovechamientos actuales, no distinguen diferencias en la estructura de la colonia y menos, en cuanto a la capacidad de producción de biomasa entre poblaciones. Esto hace que todas las poblaciones sean tratadas iguales y resulta particularmente dañino para poblaciones con bajos niveles de productividad, las que lógicamente tardarán más en recuperarse o se deteriorarán más rápido.

Los volúmenes de extracción de palmilla en Baja California se mantuvieron estables desde 1988 a 1999, en aproximadamente 4000 toneladas anuales. Sin embargo, para el año 2000 se incrementaron en un 91 % para llegar hasta a 7285 toneladas anuales. Este incremento es preocupante, considerando que la extracción es de poblaciones naturales, con bajos niveles de productividad, un lento crecimiento y que por otra parte, la tecnología para establecer plantaciones comerciales que disminuyan esos impactos negativos, apenas se está generando.

Este criterio resulta crítico con un valor de uno y es uno de los cuellos de botella en donde se tienen que centrar las medidas de mitigación.

5.6 Factores de deterioro.- Debido a que las poblaciones silvestres se aprovechan indiscriminadamente, sin considerar las diferencias en niveles de productividad y estructurales a lo largo de todo el gradiente, frecuentemente se observan poblaciones sobreexplotadas.

La palmilla se explota durante todo el año, sin considerar el estrés ambiental por deshidratación en verano, su estado fenológico y su nivel de producción de biomasa. Esto, origina impactos negativos, que conducen al deterioro de sus poblaciones por la modificación en su estructura vertical y horizontal, cambios en la dinámica reproductiva sexual y en la capacidad de regeneración asexual; así como, riesgos de erosión genética y el deterioro de suelos.

En el cuadro 18 se reporta la valoración de los diversos factores de impacto ambiental negativo por actividades antropogénicas en los cuatro ecotipos identificados de palmilla.

Cuadro 18. Identificación de factores de impacto ambiental negativo e intensidad de daño originado por aprovechamiento intensivo de poblaciones representativas de cuatro ecotipos de *Yucca schidigera* en Baja California.

Impactos Negativos Ecotipos	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Σ
MONTANO	2	3	3	1	2	4	1	5	1	4	2	2	2	2	34
INTERMONTANO	2	1	1	1	2	2	1	4	1	2	2	2	2	2	25
MEDITERRANEO	4	1	1	1	5	2	1	4	1	2	2	2	2	2	29
DESERTICO	1	3	3	3	2	4	2	5	1	2	2	2	2	3	35

5.6.1 Descripción de factores de impacto ambiental negativo

A = Actividad ganadera (forrajeo de inflorescencias, renuevos y apisonamiento).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

B = Actividad turística (carreras fuera de camino, camping, ecoturismo).

C = Minería (explotación de cal, mármol, piedra, oro).

D = Tránsito de vehículos (caminos de acceso).

E = Incendios forestales (intencionales y accidentales).

F = Plagas y enfermedades (pudrición de inflorescencias, perforador de la roseta).

G = Erosión de suelos (eólica e hídrica).

H = Aprovechamiento inadecuado (falta de unidad de manejo, uso de tallos con flor, daño a renuevos, sobreexplotación).

I = Asentamiento humanos.

J = Cacería y pesca.

K = Desechos sólidos domésticos.

L = Impacto de fauna asociada.

M = Impacto a vegetación asociada. N = Otros aprovechamientos (mezquite, suelo).

Intensidad del daño: 0 = Nulo 1=Potencial 2=Bajo 3=Regular 4=Fuerte 5=Crítico.

En el cuadro 18 se muestra que las poblaciones que reciben mayor impacto negativo causado por actividades humanas, son las poblaciones representativas de los ecotipos Montano (34) y Desértico (35), donde los niveles de productividad son muy bajos, las condiciones ambientales son limitativas y por lo tanto estos ecosistemas resultan ser mucho más frágiles. Destacan en el ecotipo montano los fuertes impactos generados por: actividades mineras como lo son la explotación de cal y metales preciosos como oro y plata; también las plagas y enfermedades, principalmente en el periodo húmedo con la pudrición de inflorescencias; los aprovechamientos inadecuados basados en la relación tallo/roseta, que en este caso por tratarse de tallos pequeños no se cumple. Por otra parte, el

desarrollo de actividades como la cacería y pesca son más intensas en este ecotipo por el atractivo del bosque.

En el ecotipo mediterráneo los impactos más fuertes resultan de la estrecha relación que existe con la práctica de la actividad ganadera, debido al forrajeo de inflorescencias y renuevos, el apisonamiento y la quema intencionada del chaparral por parte de los ganaderos, con la idea de generar renuevos que incrementen la disponibilidad de brotación consumible. Por otra parte, los incendios que se presentan en forma regular en el chaparral deterioran considerablemente el tamaño y productividad de las poblaciones. Aunque existe buen nivel de productividad, el aprovechamiento no se basa en una unidad de manejo y resulta fuerte el impacto por aprovechamiento inadecuado.

En poblaciones desérticas la actividad turística origina considerable daño, principalmente por la visita al Valle de los Cirios, el acampado en oasis, la visita a pinturas rupestres y la depredación de semillas y plantas por turistas. También la actividad minera, por las explotaciones de mármol, oro y plata. El daño por plagas, originado por la presencia de un perforador de la roseta de palmilla (*Siphophorus yuccae*) que origina el 10% de rosetas secas, y finalmente los aprovechamientos inadecuados que no consideran su baja productividad de biomasa y su eventual estrés por deshidratación, así como la aplicación de un criterio general (NOM-005-RECNAT-1997), que se basa en una simple proporción del tallo principal. Por la detección de todos estos impactos, nuestros resultados indican que el criterio de factores de deterioro resulta crítico, calificándolo con valor de uno.

5.7 Estudio de mercado.- Existe amplio conocimiento, de carácter reservado, por parte de las empresas que se dedican a la comercialización de *Y. schidigera* en Baja California respecto a la demanda de las diferentes presentaciones de productos de palmilla a nivel internacional. También,

respecto a otros productos naturales y sintéticos que le representan competencia; sin embargo, el volumen de exportación está limitando por el volumen autorizado anualmente de 7000 toneladas.

Las empresas de mayor importancia en Baja California son Desert King (Procesadora de Insumos Naturales) y Agroindustrias El Alamo, las que distribuyen a nivel nacional e internacional sus productos para cubrir la demanda de un mercado potencial hipotético para alimentos balanceados, gasificante de sodas, agroquímico y farmacológico, la comercialización inicial se hace en las presentaciones de líquido o polvo a diferentes concentraciones, desconociéndose cual es el volumen para cada uso. Ambas empresas poseen el certificado de calidad y han invertido en investigación para el desarrollo de nuevos productos y se reservan el conocimiento sobre volúmenes, costos de producción, costos de comercialización y venta.

Algunos de los productos terminados para su comercialización en el mercado, son el extracto líquido a tres concentraciones, polvo integral a dos concentraciones y 11 productos comerciales, siendo estos distribuidos en México por seis empresas comercializadoras, en Estados Unidos y Canada por tres, en Centroamérica por dos, en Sudamérica por siete, en Europa ocho, en Asia tres y una en Africa.

Un producto natural que compite con la *Y. Schidigera* es la *Quillaja saponaria* planta arbustiva perteneciente a la familia *Rosaceae*, originaria de Chile y Perú y de la que se extraen saponinas a partir de la corteza del tallo. Sin embargo, la concentración de saponinas es más baja y sus usos se ven limitados, prácticamente hacia fines medicinales para el reforzamiento del sistema inmunológico humano a partir de vacunas.

Tomando en cuenta el amplio conocimiento de los productos primarios derivados de la palmilla, su potencialidad para diversos usos, el conocimiento sobre el efecto de sus productos, la escasa competencia que tiene por parte de otros productos y considerando además, de que existe una

demanda continua en el mercado nacional e internacional y se tiene capacidad económica para su adquisición; así como el que los compradores y distribuidores están bien identificados y se dispone de información técnica, económica y social como para la toma de decisiones para la comercialización; es por todo ello, que este criterio se califica con valor de cuatro.

6. Discusión General

El resumen de la puntuación alcanzada para *Yucca schidigera* en cada criterio se presentan en el cuadro 19, donde se indica un valor de 38 de un máximo de 60 de puntuación total alcanzada, para posteriormente pasar a su clasificación en cuatro categorías de uso.

Cuadro 19. Concentración de resultados de la calificación de 15 criterios técnicos aplicados a *Yucca schidigera* en Baja California.

Criterios técnicos biológicos	Calificación	Criterios técnicos socioeconómicos.	Calificación
Taxonomía	4	Accesibilidad	4
Abundancia y distribución	3	Uso potencial	4
Fenología	2	Beneficio económico	2
Relaciones bióticas	1 **	Beneficio social	3
Regeneración sexual	1 **	Tecnología de aprovechamiento	1 **
Regeneración asexual	3	Factores de deterioro	1 **
Productividad	2*	Estudio de mercado	4
Variabilidad	3	Puntuación total	38

Nivel de conocimiento 1= Nulo 2= Bajo 3= Medio 4= Alto * Muy critico ** Critico

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Las medidas de mitigación que se tienen que aplicar en un plan de manejo, para atenuar el impacto negativo que se ejerce al aprovechar intensivamente poblaciones de palmilla se centran principalmente hacia aquellos criterios que alcanzaron un valor de 1 (Figura 8). Estos son las relaciones bióticas, la regeneración asexual, la tecnología de aprovechamiento y los factores de deterioro. El valor de 1 nos está indicando que existe muy poco conocimiento sobre los mismos que son críticos para la especie, porque afectan sus funciones básicas o la continuidad de sus poblaciones.

Las medidas de mitigación a aplicar en un plan de manejo relacionadas con las relaciones bióticas son:

1. Identificar y conocer el funcionamiento de todos aquellos organismos que se encuentran íntimamente relacionados con el funcionamiento de la especie. Entre estos se encuentran, polinizadores, depredadores, dispersores, así como especies vegetales asociadas clave (*Prosopis glandulosa* y *Acacia greggii*). Es necesario conocer de ellos, entre otras cosas la época de acción, sus ciclos, factores que le afectan e intensidad.

2. En la relación antropogénica, definir los efectos del aprovechamiento de palmilla sobre su dinámica reproductiva, el período de recuperación después del aprovechamiento, la tasa de aprovechamiento según su nivel de productividad, el efecto de dominancia apical después del corte en la colonia y cuál es la talla de madurez reproductiva y de madurez de corte.

La ausencia de regeneración sexual encontrada en las poblaciones naturales en este estudio y su valor crítico de 1, indican que se ha roto el flujo de información genética poblacional y que las medidas de mitigación se deben centrar en aplicar acciones que contrarresten la falta de reclutamiento en poblaciones naturales y su consecuente pérdida de variación genética en las poblaciones. En este punto, los resultados indican que la coincidencia entre la talla de madurez de

corte y la talla de madurez reproductiva; es un punto crítico que debe resolverse, posiblemente generando información complementaria y cambios sustanciales en la normatividad vigente, que aseguren una floración continua en áreas aprovechadas. Deben establecerse programas de regeneración natural, con la dispersión de semilla en forma artificial y que se respete en los aprovechamientos un porcentaje de tallos con probabilidad de llegar a la floración.

Diferencias tan grandes encontradas entre las poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en estructura, productividad de biomasa, vegetación asociada y condiciones ambientales y basados en los resultados de Theunissen (1995), nos permiten aceptar la hipótesis de que existen cuatro ecotipos.

Respecto a las diferencias entre poblaciones encontradas en el tamaño de colonia, nos indican que es necesario considerar a la colonia como punto de partida para una buena administración y mantenimiento a largo plazo de la variabilidad de sus poblaciones.

Por otra parte, se hace indispensable identificar la relación benéfica entre la palomilla (*Tegeticula yucassella*) y la polinización de palmilla y definir medidas para el control del perforador de la roseta (*Siphophorus yuccae*).

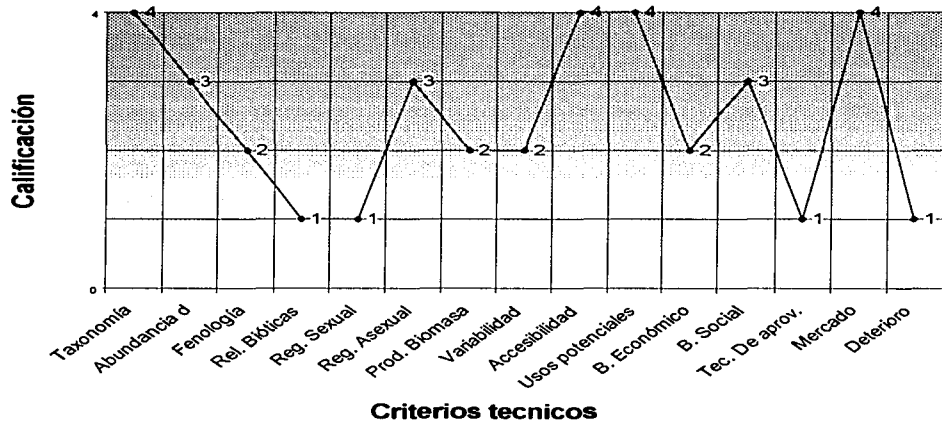
La tecnología de aprovechamiento es crítica, porque está basada en la aplicación de la normatividad vigente, la cual se basa en una proporción roseta/tallo que no tiene ningún fundamento técnico. Tampoco tiene una unidad de manejo definida, no se basa en las diferencias notables que existen en estructura y productividad entre poblaciones (ecotipos), no existe un control del manejador sobre la selección adecuada de los tallos a aprovechar y además no se consideran periodos críticos ambientales ni fenológicos para aprovechar.

Los factores que deterioran las poblaciones de palmilla, en general son los aprovechamientos inadecuados, que no están basados en una unidad definida de manejo, no

consideran las marcadas diferencias en niveles de productividad y no existe un control en el mercado de tallos a aprovechar. Esto resulta aún más crítico en poblaciones de los ecotipos montano y desértico, los cuales por un lado tienen los mas bajos niveles de productividad de biomasa y por otro, su recuperación después de los aprovechamientos es más lenta, por el estrés ambiental al que están sometidos (frio y calor). Es urgente que la normatividad vigente haga una diferencia respecto a la tasa y duración del ciclo de corta considerando las diferencias entre los ecotipos..

Es muy importante generar información relacionada con la presencia de plagas y enfermedades en los cuatro ecotipos de palmilla, la relación con el polinizador-depredador, la intensidad de forrajeo, el control de roedores y lagomorfos en el establecimiento de plántulas y la presencia del perforador de la roseta que trae consigo enfermedades fungosas al exponer tejidos tiernos a la humedad.

Los resultados encontrados para *Yucca schidigera* indican que el aprovechamiento de sus poblaciones debe ser moderado y que los criterios que aparecen con valor de 1 y 2 son los puntos de alerta, que indicarán en **donde se debe de extremar precaución** para la elaboración de un plan de manejo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 8 Representación gráfica del comportamiento general de *Yucca schidigera* al aplicar los 15 criterios técnicos.

Otros criterios que resultan críticos para el recurso, son los que tienen calificación de 2, como fenología, productividad de biomasa y beneficio económico, que requieren que se genere mayor información debido a que son claves en un programa de manejo.

En fenología, aunque se dispone de información de un sitio, se suponen grandes cambios en el comportamiento entre ecotipos, debido principalmente a diferencias ambientales que pudieran repercutir en la definición de acciones de manejo, según su condición de madurez.

Las grandes diferencias en productividad de biomasa entre los cuatro ecotipos, obliga a pensar que las tasas de aprovechamiento y ciclos de corta, deben ser definidos con rigurosos cuidados y con más información técnica que evite un avance acelerado hacia el deterioro.

Los resultados coinciden con aquellos reportados por Comanor y Clark (1984), en el sentido de que poblaciones de baja productividad no pueden tener aprovechamientos persistentes y de grandes volúmenes.

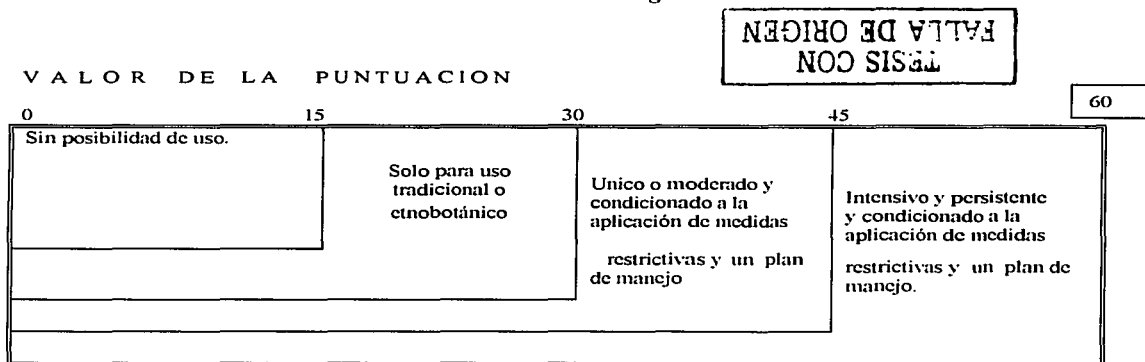
Aprovechando la capacidad de regeneración asexual mostrada por la palmilla en este estudio, se podría acelerar su domesticación mediante la selección para frío a grandes altitudes y a calor y sequía en el desierto. Por otra parte, agregando la selección de algunos parámetros de calidad como; concentración de azúcares en el tallo, vigor y sanidad.

El bajo beneficio económico registrado por el aprovechamiento intensivo de las poblaciones naturales de palmilla, es comparable a las ganancias generadas por un cultivo de cebada de temporal, lo que nos hace pensar si esto justifique tener que pagar un alto costo ecológico generado por el deterioro de sus poblaciones.

Basados en el análisis integrado de aspectos biológicos, socioeconómicos y ambientales, se acepta la hipótesis de que es factible el usos sostenido de recursos potenciales, a partir de su puntuación alcanzada y dividido en cuatro categorías de uso que se presentan en la figura 9. Estos resultados indican que puede haber poblaciones de alta productividad, en las que la categoría de aprovechamiento pueda ser persistente (ecotipo intermontano) o bien como las poblaciones del

desierto y altiplano, en donde definitivamente no se recomiendan aprovechamientos intensivos y persistentes.

Figura 9. Sistema para la definición de las categorías de uso de un recurso vegetal basado en los resultados encontrados al calificar los 15 criterios técnicos de *Yucca schidigera*.



La factibilidad de aprovechamiento, como se muestra la figura 9, representa cuatro categorías de uso, en las que la primera se caracteriza por el desconocimiento total de cada uno de los criterios empleados y la ubica con nulas posibilidades de ser utilizado. En este caso se encontrarán especies de las que se desconoce totalmente información técnica, económica y social. Su puntuación mínima es de 15 y aquí estarán representados los recursos potenciales de reciente identificación, las especies endémicas y aquellas consideradas con algún estatus de protección en las que el tamaño y distribución de sus poblaciones es muy restringido, a nichos muy especializados.

El uso tradicional, se aplicará en la categoría dos a especies que tengan una puntuación entre 15 y 30 puntos, debido a que su uso no es intensivo y el impacto generado por el aprovechamiento es muy pequeño por ser de autoconsumo. Se destaca la importancia de que las comunidades rurales e indígenas puedan utilizar estos recursos en forma tradicional.

Valores superiores a 30 y menores de 45 considerarán aprovechamientos únicos en especies de difícil reproducción y que su valor en puntos esté cercano a 30, en poblaciones de baja productividad como las encontradas en el desierto (San Agustín) o en la parte alta de las montañas (La Rumorosa), con aprovechamientos únicos debido a que las condiciones ambientales extremosas repercuten en una producción de biomasa aproximada a 5 ton/ha, lo que las hace muy frágiles. En estos sitios se debe tomar en cuenta la aplicación de medidas preventivas y restrictivas en los criterios con valor de uno y dos.

Las poblaciones de mediana y alta productividad de biomasa, como San Matías y Tepi/Alamar respectivamente, pueden tener aprovechamientos persistentes, siempre y cuando sea definido un Plan de Manejo y el condicionamiento a que se apliquen medidas preventivas y/o restrictivas en los criterios con valor de uno a dos. En este nivel el uso es con fines industriales.

El cuarto nivel agrupa a poblaciones que alcanzaron valores superiores a 45 puntos. No estarán indicando un uso indiscriminado, pero este puede ser persistente y con fines industriales. Se requerirá de un plan de manejo y la aplicación de medidas restrictivas como para que se pueda dar un manejo sustentable. En esta categoría se tendrán siempre altos niveles de productividad, estabilidad ambiental, asistencia técnica, una buena programación de cortes, definida una unidad de manejo y organización en unidades de producción o manejo.

Los criterios técnicos empleados en este modelo, pueden ser aplicados a cualquier recurso vegetal potencial como una visión integrada, que reúna la información disponible, tanto biológica,

ambiental así como de aspectos socioeconómicos para la estructuración de un **plan de manejo** que permita definir la factibilidad de aprovechamiento, poniendo especial atención a **medidas restrictivas** que conducirán a la conservación del recurso a largo plazo. Por otra parte, las puntuaciones críticas, indicadas con valores de uno, serán **los sistemas de alerta** e indicarán que si ese valor se repite constantemente, el recurso no podrá utilizarse.

Algunos criterios, como la regeneración asexual, no se presentan en especies que solo lo hacen en forma sexual y no existe información económica o social en recursos de reciente identificación, por lo que se hace necesario no considerarlos en el modelo general.

7. Conclusiones

1.- Las diferencias encontradas entre poblaciones silvestres de *Yucca schidigera* en cuanto a su estructura, nivel de productividad y sus relaciones ambientales, permitió proponer la presencia de cuatro ecotipos o razas ecológicas, distribuidas en un gradiente altitudinal, las cuales deben de ser consideradas en los planes de aprovechamiento intensivo de poblaciones.

2.- En la aplicación de 15 criterios para el manejo de recursos vegetales, se encontró que *Yucca schidigera* presenta una puntuación de 38 puntos, lo que indica que es un recurso cuyo aprovechamiento debe ser moderado. Los factores críticos en el aprovechamiento de poblaciones silvestres, fueron el desconocimiento de las relaciones bióticas, la regeneración sexual y los factores de deterioro y en menor intensidad la ignorancia sobre aspectos fenológicos, diferencias en

productividad de biomasa y tecnología de aprovechamiento, debiendo centrarse en estas las medidas de mitigación de un **Plan de Manejo**.

3. - De considerable error en los planes de aprovechamiento de palmilla vigentes ha sido el no considerar que esta especie presenta poblaciones clonales y que la colonia como individuo debe ser la **unidad de manejo** en las poblaciones. Además, las normas oficiales mexicanas deben ser modificadas con relación a este aspecto, situación que también debe modificar el criterio para definir madurez de cosecha, por su impacto negativo en la dinámica reproductiva.

4.- La eficiencia reproductiva sexual depende del tamaño de la colonia, de efectos ambientales y del impacto por sobreexplotación, por ganado y por el efecto del polinizador/depredador.

5.- El flujo de información genética poblacional perdido en poblaciones silvestres de palmilla, se atribuye a la falta de regeneración sexual observada en campo, al estrés ambiental, por la sobre explotación de fustes en talla reproductiva y por el impacto de roedores y lagomorfos en la producción y establecimiento de semillas. En consecuencia, urge establecer viveros con base a reproducción por semillas para salvaguardar la variación genética y mantener la variabilidad del recurso.

6.- La selección de material sobresaliente en poblaciones naturales (propagación asexual) con fines de domesticación, debe ser específica a cada condición ambiental (ecotipo), considerando como criterios de selección constante la productividad, la estructura de la colonia y la calidad del producto y como criterio de selección específico la adaptación al estrés ambiental.

7.- El modelo de manejo aquí empleado puede ser aplicado a otros recursos vegetales en diversas condiciones ambientales, efectuando los ajustes en aquellos criterios que por naturaleza de la especie no se disponga de información.

8. Literatura Citada

- Abdulaziz, M.A. 1997. Estimation of biomass and utilization of three perennial range grasses in Saudi Arabia. *Journal of Arid Environments*. 36:103-111.
- Addicott, J.F. 1986. Variation in the costs and benefits of mutualism: The interaction between yuccas and *Yucca* moths. *Oecologia* 70: 486-494.
- Agroin, 2000. (Agroindustrias El Álamo S.A. de C.V.) <http://www.yucca.com.mx/yucca.html>. consultado el 2 de diciembre de 2000.
- Andrew, M., I. Noble and R. Lange. (1979). A non-destructive method for estimating the weight of forage on shrubs. *Australian Rangeland Journal* 1:225-231.
- Arnott, H.H. 1962. The seed germination and seedlings of *Yucca*. University of California Press. 35:1-64.
- Amaro, J.E. 1980. Necesidades de incorporar al aprovechamiento las áreas cubiertas de izote (*Yucca* sp.) en Baja California. Memorias de la Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Publicación Especial N°31 I.N.I.F. Monterrey, N. L. pp. 130-138.
- Barry, C. C. and P. D. Moore, 2000. *Biogeography an ecological and evolutionary approach*. Six Edition. Blackwell Science Ltd
- Bingham, R. M. D., B. A. Bellew, and J.G. Bellew 1976. *Yucca* plant saponin in the management of arthritis. *Journal of Applied Nutrition* 17:45-51.
- Bye, R. A. 1985. Botanical perspectives of ethnobotany of the greater southwest. *Economic Botany* 39(4):375-386.
- Bye, R. 1998. La intervención del hombre en la diversificación de plantas en México. En:

- Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1998. **Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución.** Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 689-713 pp.
- Caballero O., J. 1984. **Recursos comestibles potenciales.** En: Reyna, T.T. (Ed.) Seminario sobre la alimentación en México. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 114-125.
- Cameron, G.N. and A.G. Rainey 1972. **Habitat utilization by *Neotoma lepida* in the Mojave Desert.** *Journal of Mammalogy* 53:251-266.
- Carpenter, A., and N. West. 1987. **Validating the reference-unit method of aboveground phytomass estimation on shrubs and herbs.** *Vegetation* 72:75-79.
- Carabias L., J. 1995. **El desarrollo sustentable única opción para la conservación.** En *Agroecología y Desarrollo Sustentable 2º Seminario Internacional de Agroecología.* Universidad Autónoma de Chapingo.
- Carranza A., R. A. 1997. **Caracterización ecológico- silvícola de poblaciones de *Yucca schidigera* con potencial de aprovechamiento en Baja California.** Tesis de Maestría en Ciencias en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas Universidad Autónoma de Baja California. 74 p.
- Casas, A. y A. Valiente. 1995. **Etnias, recursos genéticos y desarrollo sustentable en zonas áridas y semiáridas de México.** En IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe. PNUMA. FAO. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México. México, D.F.
- Castellón O., J. J. y J. Sepúlveda, B. 1996. **Métodos de propagación biotecnológicos y**

convencionales en especies agroindustriales de zonas áridas En:
Izquierdo, J. y G. Palomino (Eds.). Técnicas Convencionales y
Biotecnológicas para la Propagación de Plantas de Zonas Áridas. FAO,
PNUMA, IBUNAM. Santiago de Chile. pp. 227-268.

Castellón-Olivares, J.; A. Rubluo-Islas,; J. Sepúlveda-Betancourt, and G. Ruiz-Campos.

2002. Environmental effects on biomass productivity of wild populations of
Yucca schidigera in Baja California, México. The Southwestern Naturalist
47 (4):576-584.

Clary, H. C. & B. B. Simpson. 1994. Taxonomy of the genus *Yucca*: Taxonomy and
molecular biology. Resúmenes del Primer Simposio Internacional sobre
Agavaceas. 9-11 de noviembre. Jardín Botánico, Instituto de Biología
U.N.A.M. México, D.F. pp. 13.

Clary, K .H. 2001. The genus *hesperoyucca* (AGAVACEAE) in the western Unites States and
México: New nomenclatural combinations. Sida 19(4):839-847.

Comisión Nacional del Agua. 1997. Datos climatológicos de las estaciones 022, 067, 078 y 033.
Sub Gerencia Regional Técnica. Jefatura de Proyecto de Meteorología. Mexicali,
Baja California, México.

Comanor, P. L. and W. H. Clark 1984. Productivity pattern in a Baja California population of *Yucca*
schidigera. Cactus and Succulent Journal 60:138-142.

Comanor, P. L. and W. H. Clark. 2000. Preliminary growth rates and a proposed age-form
classification for the Joshua Tree, *Yucca brevifolia* (AGAVACEAE). Haseltonia
7:37-46.

Cook, C. 1960. The use of multiple regression and correlation in biological investigations.

Ecology 41 (4):556-560.

- Cortés R., E. 1988. Estudio etnobotánico comparativo de los grupos indígenas Kamiai y Pa ipai del norte de Baja California. Tesis de licenciatura en Biología, Escuela Superior de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. 102 p.
- Craig, D. J., M. T. Hoffman, D. L. Lighfoot, G. S. Forbes and W. L. Whitford. 1994. Fruit abortion in *Yucca elata* and its implications for the mutualistic association with yucca moths. *Oikos* 69:207-216.
- Crow, T. 1978. Common regressions to estimate tree biomass in tropical stands. *Forest Science* 24(1):110-114.
- Davis, D.R. 1967. A revision of the moth of the subfamily Prodominae (Lepidoptera Incurvariidae). Washington Smithsonian Institute Museum of Natural History. 162 p.
- De Anda P., M y R. Grijalva, M. 1985. Estudio sobre la reproducción sexual y asexual de *Yucca schidigera* en el ejido Francisco R. Serrano, Ensenada, B. C Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California. 73 p.
- Diario Oficial de la Federación. 20 de mayo de 1997. NOM-005-RECNAT-1997. Norma Oficial Mexicana que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de corteza, tallos y plantas completas de vegetación forestal.
- Dood, R. J. and Y. B. Linhart 1994. Reproductive consequences of interaction between *Yucca glauca* (Agavaceae) and *Tegeticula yuccassella* (Lepidoptera) in Colorado. *American Journal of Botany* 8(17):815-825.
- Dominguez X., A. 1979. Quimiotaxonomía del género *Yucca*. CIQA. III Conferencia Anual

Internacional Sección Yucca.. Saltillo, Coahuila. pp. 185-198

Felger, R. and M. Moser, 1976. *Seri Indian Food Plants: Desert Subsistence whitout Agriculture.*

Ecology of Food and Nutrition 5:13-27.

Flora Agrotécnica. 1994. Biosoil. Agente natural acondicionador de suelos, estimulador del crecimiento de las plantas. Tríptico. Ensenada, B. C. México.

Flores H., A. y R. C. Buenaventura. 1981. Características de la explotación de palmilla (*Yucca schidigera* Roetzl ex Ortgies) en el Valle de la Trinidad Baja California Norte.

Cactáceas y Suculentas Mexicanas 36:10-15.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la Republica Mexicana) 3ª Edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 252 p.

García-Mendoza, A. 1994. Colección Nacional de Agavaceae. Resúmenes del Primer Simposio Internacional sobre Agavaceas 9-11 de noviembre. Jardín Botánico, Instituto de Biología U.N.A.M. México, D.F. pp.42-51.

García-Mendoza, A. y R. Galván, V. 1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56:7-24.

Gómez V., F. 1992. Aprovechamiento actual y potencial de palmilla *Yucca schidigera* Roetzl ex Ortgies en el Estado de Baja California. Tesis Profesional de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo.

Gómez-Pompa, A. 1996. Los recursos bióticos de México (reflexiones). Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz, México. 122 p.

González-Aragón, C. J. L. 1971. Quimiotaxonomía de sapogeninas esteroideas. Monografía para obtener el Titulo de Químico Farmacéutico Biólogo de la

ESTA TESIS NO SALIR
DE LA INSTITUCIÓN

Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. 62 p.

Harmann, H.T., D. E. Kesler; F. T. Davis and R. L. Geneve 1997. Plant propagation. Principles and practices. Six Edition Prentice-Hall, Inc. New Jersey. Pp. 177-215.

Hastings, J. M., R. M. Turner and D. K. Warren. 1972. An atlas of some plants distributions in Sonoran Desert. University of Arizona. Institute of Atmospheric Physics. Tech. Rep. on the Meteorology and Climatology of Arid Regions. N°21. Tucson, Ariz. 216 p.

Harlan, J. R. 1975. Crops and man. Madison Wisco Foundation for Modern Cropscience Series. American Society of Agronomy. 295 p.

Hawkes, J. G. 1983. The Diversity of Crop Plants. Harvard Univ. Press. Cambridge.

Hernández, X. E. 1989. Aspectos de la domesticación de plantas en México: una apreciación personal. En: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. 1998. Diversidad Biológica de México. Orígenes y Distribución. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 715-735.

Hughes, G., L. Varner and L. Blankenship. 1987. Estimating shrub production from plant dimensions. Journal of Rangeland Management 40(4):367-369.

Hutchinson, J. V. 1959. Monocotyledons: The families of flowering plants. Oxford University Press, New York. Vol II. 664 p.

INIFAP- CECOEN-SAGARPA. 2002. Costos de producción de los principales cultivos del Distrito 001 Ensenada, Baja California. Hojas mimeografiadas.

INEGI. 1996. Información socioeconómica para Baja California.

Jackson, M. 1976. Análisis químico de suelos. Omega, Barcelona. 662 p.

Lenz, L. W. and J. Dawley. 1981. California Native Trees & Shrubs. Rancho Santa Ana

Botanic Garden. Claremont, Ca. 231 p.

- Leopold, L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J.R. Balsley 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Dept. Inter. Geol. Surv. Washington, D. C. Circ. 645. 13 p.
- Masera O., M. Astier y S. López-Ridaura. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Editorial Mundi Prensa. México, S.A. de C. V. 109 p.
- Mathias, M. E., W. Metcalf, M. H. Kimball, C. L Hemstreet, D.E. Gilbert and W. B. Davis 1968. Ornamentals for California's middle elevation desert. Bulletin 839. Division of Agricultural Sciences. University of California. Berkeley, Calif. U.S.A. 43 p.
- Matuda, E. y L. Piña. 1980. Las plantas mexicanas del género *Yucca*. Colección Miscelánea Estado de México. Serie Fernando de Alva Ixtlixóchitl, Gobierno del Estado de México y Laboratorios. Nacionales de Fomento Industrial. Toluca, Estado de México. 143 p.
- Mc Laughlin, S. P. 1985. Economic prospects for new crops in the southwestern United States. *Economic Botany* 34(4):473-481.
- Mielke, J. 1993. Native plants for southwestern landscapes. University of Texas Press Austin. U.S.A. pp. 280-281.
- Miller, J. T. C. 1989. Living in the environment. Six edition. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. U. S. A. pp. 191-207.
- Moreno M., M. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp. 103-168.

- Mosiño, A.P. 1983. Climatología de las zonas áridas y semiáridas. En: José D. Molina Galán (editor) Recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 9-37.
- Nabham, G. P. 1985. Native Crops Diversity in Aridoamérica: Conservation of Regional Gene Pools. *Economic Botany* 39(4):387-399.
- National Academy of Sciences. 1975. Underexploited tropical plants with promising economic value. NAS. Washington, D.C. U.S.A.
- Nava R., R. Armijo y J. Gastó 1979. Ecosistema, la unidad de la naturaleza y el hombre. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Serie de Recursos Naturales, Saltillo, México.
- Ochurte E., C. 1987. Indígena informante de la comunidad Kiliwa. .Comunicación personal.
- Ochurte E., T. 1990. Indígena informante de la comunidad Kiliwa. Comunicación personal.
- Ojeda A., A. 2002. Identificación de *Siphophorus yuccae*. Centro Nacional de Referencia en Parasitología Forestal. SEMARNAT. México, D.F.
- Osuna L., C. y J. A. Valenzuela 1987. Plantas útiles y de importancia económica del Ejido Nativos del Valle de Mexicali, Municipio de Ensenada, B. C. Memorias de Titulación. Escuela Superior de Ciencias Universidad Autónoma de Baja California. 53 p.
- Owen, R. 1963. The Use of Plants and non-magical Techniques in curing illness among the Pa ipai, Santa Catarina, Baja California. México. *América Indígena* 23(4):319-344.
- Parra, V. M. R. 1954. Recursos naturales ecosistema y uso múltiple. En: Cuevas, S. J. *Etnobotánica (notas del curso)*. Departamento de Fitotécnia,

- Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp. 128.
- Peralta G., B. 1994. Indígena informante de la comunidad indígena Pa ipai. Comunicación Personal.
- Piña, L. I. 1980. Las plantas del género *Yucca* de la Baja California. Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto. Publicación Especial N°31 del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Monterrey, N. L. pp. 125-129.
- Powell, J. A. and R. A. Mckie. 1966 Biological interrelationship of moths and *Yucca whipplei* Lepidoptera: Gelechiidae, Blastobasidae, Prodoxidae. University of California Press. Berkeley, Cal.
- Ridaura, S. V. E. 1980. *Yucca* Primera Parte. Revista Desierto y Ciencia 3:5-9. Saltillo, Coahuila.
- Roberts, N. C. 1989. Baja California plant field guide. Natural History Publishing Co. La Jolla, California. 309 p.
- Rubluo I., A., V. Chávez, A., P. Martinez y O. Martinez-Vázquez. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through *in vitro* culture. *Biological Conservation* 63:163-169.
- Ruiz A., M., M. Enríquez y R. G. Oliva. 1982. Ensayo de cinco esquemas de muestreo aplicado al inventario de datilillo "*Yucca valida* y cardón *Pachycereus pringlei*". *Ciencia Forestal*. INIF. México, D. F. 7(39): 23-27.
- Rzedowsky, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa. México, D.F. pp. 237-282.
- Sandoval Ch., G. 1980. Algunas consideraciones sobre *Yucca schidigera* y su aprovechamiento. Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto.

- Publicación Especial N°31 INIF. Monterrey, N. L. México. pp. 129-153.
- SEMARNAT. 2000. Dirección General Forestal. Delegación Baja California.
 Datos de producción no maderable. 14 de Agosto 2000. Mexicali,
 Baja California. México.
- Sepúlveda B., J. I. 1993. Relación estacional del peso, rendimiento de jugo y grados
 Brix en palmilla (*Yucca schidigera*). Folleto de Investigación Num. 1
 SARH-INIFAP-CIRN Campo Experimental Todos Santos.
 La Paz, Baja California Sur. pp. 30-38.
- Sepúlveda, B., J. I. 1994. La palmilla (*Yucca schidigera*) en Baja California. Folleto Técnico
 Num. 8 SARH-INIFAP-CIRN-CAECE. 43 p.
- Sepúlveda, B. J. I. 1996. Informe de investigaciones realizadas en palmilla (*Yucca schidigera*)
 en el Estado de Baja California. SARH-INIFAP-CAECE. 80 p.
- Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carnegie Institute of Washington
 Publications. 591:1-192.
- Shreve, F. and I. L. Wiggins, 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Stanford
 University Press. Stanford. vol. I and II. 1740 p.
- Suárez, F. 1989. Comunicación Personal.
- Theunissen, J. D. 1995. Biomass production of different ecotypes of three grass species of
 the semi-arid grasslands of Southern Africa. Journal of Arid
 Environments 29:439-445.
- Thompson, P.A. 1979. The Genebank of the Royal Botanic Gardens, Kew and Waterhurst
 Place. In IBPGR (1979) Seed Technology for Genebanks, IBPGR 179/41,
 Rome, Italy.

- Thompson, A.E. 1985. New native crops for the arid southwest. *Economic Botany* 39(4):436-457.
- Toledo V., M. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 8:7-16.
- Toledo C., A. Bartra, R. Cedillo, A. Guevara, A. Yúnez y J. Arriaga 2000. Del círculo vicioso al círculo virtuoso. Cinco miradas al desarrollo sustentable de las regiones marginadas. Plaza y Valdés Editores. México, D.F. 294 p.
- Tuxtill, J., G. Nabham, B. Drexler and D. Norman. 1995. *In situ* conservation of threatened plant resources: Their management in protected areas. Native seeds/SEARCH. Tucson, Arizona, U.S.A. 59 p.
- Udovic, D. 1981. Determinants of fruit set in *Yucca whipplei*: Reproductive expenditure vs. pollinator availability. *Oecologia* 48:389-399.
- Valiente-Banuet A., P. Dávila, M. Arizmendi, A. Rojas y A. Casas 1995. Bases ecológicas del desarrollo sustentable en zonas áridas: El caso de los bosques de cactáceas columnares en el Valle de Tehuacan y Baja California Sur, México. En: IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe. PNUMA. F.A.O. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. México, D.F. pp. 20-36.
- Vasek, F.K. 1973. On the growth rate of the Joshua Tree. *Madroño* 22:30
- Webber, J. M. 1953. *Yuccas of the Southwest*. Agric. Monograph (U.S.A.). 17:6-91.
- Wettstein, R. 1935. *Handbuch der Systematischen Botanik*. 4ª Ed. Leipzig. pp.
- Wiggins, I. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Stanford. 1025 p.
- Wittaker, R. and G. Woodwell. 1968. Dimension and production relations of trees and

- shrubs in Brookhaven forest. New York. *Journal of Ecology* 56(1):1-25.
- Wu, Z., M. Zadik, F. T. Sleiman, J. M. Simas, M. Pessaraki, and J. T. Hubert. 1994. Influence of yucca extract on ruminal metabolism in cows. *Journal of Animal Science* 72:1038-1042.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical analysis*. Second edition. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 718 p.
- Zimmerman W., E. 1951. *Recursos de industrias del mundo*. Fondo de Cultura Económica. México. pp 13.

9. Apéndice

Los criterios biológicos utilizados se describen a continuación, así como su valor de acuerdo al nivel de conocimiento alcanzado:

Taxonomía

Valor

Descripción

- 1: Desconocimiento total de la familia, género y especie a que pertenece y no hay información complementaria.
- 2: Se conoce la familia a que pertenece, pero no existe seguridad respecto al género y especie y no existen colectas de herbario.
- 3: Se tiene ubicada la familia, género y especie pero existe confusión por la presencia de caracteres morfológicos intermedios. Existe poca información y colectas de herbario.
- 4: No existe ningún problema en su identificación a nivel de especie o variedades, existe suficiente información y colectas recientes de herbario.

Distribución y abundancia

- 1: Poblaciones muy pequeñas restringidas a hábitats muy específicos.
- 2: Poblaciones pequeñas muy dispersas y ubicadas en hábitats específicos.
- 3: Poblaciones de regular tamaño ubicadas en varios ambientes.
- 4: Poblaciones extensas ubicadas en varias regiones y ambientes.

Fenología

- 1:** Se desconoce totalmente el ciclo fenológico de la especie.
- 2:** Se ubica vagamente el periodo de floración y existe nulo conocimiento del resto de fenofases.
- 3:** Se conocen parcialmente las fenofases y existe confusión respecto a la duración de ellas.
- 4:** Se tienen perfectamente identificadas todas las fenofases, sus variantes y la duración de cada una de ellas.

Relaciones bióticas

- 1:** Desconocimiento total de organismos vegetales y animales asociados a la especie de interés.
- 2:** Se conoce vagamente la incidencia de polinizadores, pero no los depredadores, competidores y dispersores.
- 3:** Se tienen identificados todos los organismos asociados, pero existen dudas respecto a sus periodos de ocurrencia.
- 4:** Se conocen perfectamente los organismos asociados y las épocas de acción de cada uno de ellos.

Regeneración sexual

- 1:** Especie que ha perdido su capacidad para formar semilla o que requiere de organismos y condiciones especiales para establecerse.
- 2:** Especie que produce muy pocas semillas viables y su establecimiento depende de condiciones ambientales específicas.
- 3:** Producción suficiente de semillas, con buena dispersión pero limitado establecimiento por factores bióticos y abióticos.

4: Presenta alta producción de semillas viables y buenos mecanismos de dispersión y no requiere de condiciones ambientales específicas para su establecimiento.

Regeneración asexual

1: No presenta producción de hijuelos u otro tipo de propágulos.

2: Producción limitada de hijuelos de porte débil.

3: Buena producción de hijuelos con porte de regular a bueno.

4: Abundante producción de hijuelos vigorosos.

Producción de biomasa

1: Pobre y de mala presentación.

2: Regular y de mala presentación.

3: Buena y de mediana presentación.

4: Excelente en producción y presentación.

Variabilidad

1: Poblaciones uniformes con poca variación y adaptadas a una condición ambiental muy específica.

2: De regular variación y adaptadas a dos condiciones ambientales.

3: Buena variación entre poblaciones con tres o más razas ecológicas definidas.

4: Alta variabilidad entre y dentro de poblaciones y adaptación a varias condiciones ambientales.

Accesibilidad a poblaciones

- 1: Población casi inaccesible o individuos difíciles de localizar; zonas con riesgo de vida para el colector y se requiere de equipo especial.
- 2: Poblaciones solo accesibles con equipo y técnica especial de colecta.
- 3: Accesibles por medios convencionales de transporte; no se requiere equipo sofisticado de colecta.
- 4: Poblaciones fácilmente accesibles en tiempo y distancia; no se requiere técnica especial de colecta y tienen maduración sincrónica.

Usos potenciales

- 1: Con uso potencial directo (local).
- 2: Uso tradicional limitado y bien definido por las comunidades rurales.
- 3: Uso directo (Etnobotánico) e indirecto (Fitogenético e industrial) (Tuxtill *et al.*, 1995) limitado.
- 4: Con múltiples usos directos e indirectos, limitado solo por la capacidad de producción de la población.

Beneficio económico

- 1: Muy bajo, restringido a períodos muy cortos y pocos beneficiarios.
- 2: Regular, con período estacional bien definido y beneficio limitado a pocos beneficiarios.
- 3: Bueno, con duración de casi todo el año y beneficio a varias comunidades y empresas.
- 4: Alto, con duración de todo el año y beneficio a las comunidades poseedoras del recurso, a empresarios y generador de mano de obra e infraestructura social.

Beneficio social

- 1: Casi nulo y dirigido a pocas personas con mejor posición económica (empresarios).

- 2: Escaso beneficio y esporádico dirigido a pocos integrantes de la comunidad.
- 3: Regular, genera mano de obra y pocos servicios complementarios a la comunidad.
- 4: Excelente beneficio económico que llega a las clases mas marginadas, dotando de mano de obra y servicios a la gran mayoría de la comunidad.

Tecnología de aprovechamiento

- 1: No existe una tecnología específica ni unidad de manejo.
- 2: Tecnología tradicional, accesible y de bajo costo sin unidad de manejo.
- 3: Tecnología intermedia, combina conocimiento tradicional y moderno, es accesible y tiene una unidad definida de manejo.
- 4: Tecnología moderna, con altos costos, necesidad de capacitación y con una unidad definida de manejo.

Estudio de mercado

- 1: Existe conocimiento incompleto del producto y de la competencia.
- 2: Se tiene conocimiento vago sobre el potencial de mercado que tiene el producto (Conjunto de personas o empresas con mismas necesidades y capacidad económica para adquirirla).
- 3: Se tiene conocimiento completo del perfil del comprador especialmente si es para exportación.
- 4: Se dispone del informe completo y equipo necesario que permita el análisis, interpretación y presentación de la información fiel y clara.

Factores de deterioro

Identificar los factores de deterioro en campo, la intensidad con que se presenta cada impacto calificada con un valor de 1-5, posteriormente elaborar una matriz de impacto ambiental en donde de acuerdo a cada tipo de población, se concentre toda esa información, se sumen los valores de cada factor de impacto y se establezcan claramente las medidas de mitigación que se tienen que aplicar.

Valores encontrados a nivel general para su integración al modelo:

1. - Se impacta fuertemente la estructura y dinámica poblacional y las relaciones bióticas.
- 2.- Afecta el equilibrio poblacional y la capacidad de regeneración.
- 3.- Tiene impacto leve sobre la regeneración y el equilibrio poblacional.
- 4.- No existe ningún impacto negativo y se presentan condiciones para una buena regeneración poblacional.

Acrónimos empleados.

AGROIN. Agroindustrias El Alamo.

ASAMSI. Asesores Ambientales y de Seguridad Industrial.

BCMEX. Clave del herbario de la Facultad de Ciencias. Baja California, México.

CAECOEN. Campo Agrícola Experimental Costa de Ensenada.

CAECE. Campo Agrícola Experimental Costa de Ensenada.

CIRN. Centro de Investigaciones Regionales del Noroeste.

CONAGUA. Comisión Nacional del Agua.

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

IBUNAM. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

IBPGR. International Board for Plant Genetic Resources.

INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

NAS. National Academy of Sciences.

NOM. Norma Oficial Mexicana.

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

SAGAR. Secretaría de Agricultura y Ganadería.

SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SARH. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

SD. Clave del herbario del Museo de Historia Natural de San Diego, California.

SEDESOL. Secretaría de Desarrollo Social.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

UNAM. Universidad Nacional Autónoma de México.