



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE *Brahea*
dulcis (*HBK*) *Mart.* EN EL MUNICIPIO DE
XOCHIHUEHUETLÁN, GRO.

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA

LUIS HUMBERTO. VALDERRAMA LANDEROS

Enero de 2007
Chapingo, Texcoco, Estado de México



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



**Potencial de aprovechamiento de *Brahea dulcis* (HBK) Mart. en el
Municipio de Xochihuehuetlán, Gro.**

Tesis realizada por **Luis Humberto Valderrama Landeros** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. HUGO RAMIREZ MALDONADO

ASESOR:



DR. J. CARMEN AYALA SOSA

ASESOR:



M.C. SILVIA TERRAZAS DOMINGUEZ

Chapingo, Texcoco, Estado de México
Enero del 2007

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales por brindarme esta oportunidad de superación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento de mis estudios de Postgrado.

Al H. Ayuntamiento de Xochihuehuetlán, Guerrero (2002-2005) por todas las facilidades prestadas para la realización de este trabajo.

A Rafa muy en especial por su interés y apoyo durante la toma de datos.

A Argelia por su inestimable apoyo para la realización de entrevistas y por sus recomendaciones e información.

Al Dr. Hugo Ramírez Maldonado por sus consejos y guía para la realización de este proyecto.

Al Dr. JCarmen Ayala Sosa por su paciencia, consejos y apoyo irrestricto.

A la M.C. Silvia Terrazas por sus sugerencias, apoyo y conocimientos en la parte de teledetección y sistemas de información geográfica.

Al Ing. Raúl Domínguez, por su comprensión y apoyo para la finalización de este trabajo

DEDICATORIA

Kualtetsin toaltepechan
tlen xochikuali, tlen atshintli
kan otlakat kuikachijki
ika nomemilistsintli

B. P.

A Don Dionisio, memoria viva de esa tierra.

A mis amigos en la Montaña de Guerrero.

A todos mis amigos en la maestría, tanto de Ciencias Forestales como de
Economía, gracias por todos los espacios y momentos.

DATOS BIOGRAFICOS

El autor nació en México DF. el 20 de marzo de 1974, sus estudios de bachillerato los llevó a cabo en el CCH sur perteneciente al sistema de la UNAM en el Distrito Federal. Estudió la licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo en el periodo de 1993 a 1998 obteniendo el título y cédula de Ingeniero en Planeación y Manejo de los Recursos Naturales Renovables con la tesis titulada: Productividad de suelos con Abies religiosa en el Parque Nacional de "El Chico", Hidalgo.

Se desempeñó como enlace en la Dirección de Conservación y Restauración de Suelos de la SEMARNAP apoyando al programa de Sedentarización de la Milpa en el Trópico a cargo de la Subdirección de Proyectos en el Trópico y como Jefe de Departamento en el área de operación de proyectos de la SEMARNAT, posteriormente tuvo a su cargo la planeación y ejecución de proyectos de conservación de suelos en Sierra de Juárez, Baja California trabajando para la Gerencia XIII de la CONAFOR con sede en Mexicali, B.C.

Del 2004 al 2006, cursó los créditos correspondientes a la Maestría en ciencias, en Ciencias Forestales en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo.

INDICE

INDICE	i
INDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	2
III. OBJETIVOS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE.....	5
4.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS PALMAS EN MÉXICO.....	7
4.3 ANTECEDENTES DE MANEJO DE ESPECIE	11
4.4. PERSPECTIVAS DE USO Y DE MERCADO DE <i>Brahea dulcis</i>	15
4.5. TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .	18
4.5.1. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TELEDETECCIÓN.....	18
4.5.2 FUNDAMENTOS DE LAS TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA APLICADAS A LA IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN.....	20
4.5.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	22
4.5.4. SENSORES REMOTOS MULTIESPECTRALES	27
4.5.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	31
V. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	33
5.1.1. UBICACIÓN.....	33
5.1.2. CLIMA	34
5.1.3. HIDROLOGÍA.....	35
5.1.4. GEOLOGÍA	36
5.1.5. EDAFOLOGÍA	37
5.1.6. VEGETACIÓN	39
5.1.7. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL MUNICIPIO.....	40

5.1.7.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS	40
5.1.7.2. ASPECTOS ECONÓMICOS	42
5.2. INFORMACIÓN DE CAMPO.....	43
5.3. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES SPOT EN LA IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN.....	45
5.4. VERIFICACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA	49
5.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE PALMA.....	56
5.6. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE PALMA EN EL MUNICIPIO Y USOS DE LA ESPECIE.....	62
VI. RESULTADOS.....	63
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS EN DONDE CRECE LA ESPECIE	65
61.1. GEOLOGÍA	65
6.1.2 TIPO DE SUELO	68
6.1.3 TIPO DE PENDIENTE.....	70
6.1.4 PRECIPITACIÓN.....	72
6.1.5 TEMPERATURA MEDIA ANUAL.....	74
6.1.6 EXPOSICIÓN	77
6.1.7 ALTITUD	79
6.2. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE PALMA EN EL ÁREA DE ESTUDIO	81
VIII. RECOMENDACIONES	90
IX. BIBLIOGRAFIA	92
ANEXOS	95

INDICE DE CUADROS

Cuadro 5.1. Evolución de la población en el municipio.	40
Cuadro 5.2. Principales poblados en el municipio.....	41
Cuadro 5.3. Distribución por sectores de las actividades económicas.	42
Cuadro 5.4. Esquema de base de datos de información en campo	44
Cuadro 5.5. Clases empleadas para la clasificación de imagen de satélite	47
Cuadro 5.6. Esquema para construir una matriz de confusión.....	51
Cuadro 5.7. Grados de acuerdo para el índice de Kappa	53
Cuadro 6.1. Superficies de Palma por clases de densidad	63
Cuadro 6.2. Frecuencia de sitios de palma por material geológico subyacente	66
Cuadro 6.3. Frecuencia esperada de sitios de palma por material geológico ..	66
Cuadro 6.4. Frecuencias de clases de palma por tipo de suelo	68
Cuadro 6.5. Frecuencias esperadas por tipo de suelos	68
Cuadro 6.6. Frecuencias de clases de palma por clase de pendiente	70
Cuadro 6.7. Frecuencias de sitios de palma esperadas por clase de pendiente	70
Cuadro 6.8. Frecuencia de sitios de palma por clase de precipitación anual ...	72
Cuadro 6.9 Frecuencia esperada de sitios de palma por clase de precipitación anual.....	72
Cuadro 6.10. Frecuencia de sitios de palma por clase de temperatura media anual.....	75
Cuadro 6.11. Frecuencia esperada de sitios de palma por clase de temperatura media anual.....	75
Cuadro 6.12 Frecuencia de sitios de palma por tipo de exposición.	77
Cuadro 6.13 Frecuencias esperadas de sitios de palma por tipo de exposición.	77
Cuadro 6.14 Frecuencias de sitios de palma por clase de altitud (msnm)	79
Cuadro 6.15 Frecuencias esperadas de sitios de palma por clases de altitud (msnm).....	79

Cuadro 6.16 Condiciones predominantes por clase de sitio de palma.....	81
Cuadro 6.17. Resumen de uso máximo de hojas de palma.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 4.1. Descripción de una onda electromagnética	21
Fig. 4.2. Espectro electromagnético (Canada Centre for Remote Sensing, 2006)	23
Fig. 5.1. Ubicación del área de estudio.....	33
Fig. 5.2 Climas en el área de estudio.....	35
Fig. 5.3. Hidrología en el área de estudio	36
Fig. 5.4. Geología en el área de estudio	37
Fig. 5.5. Tipos de suelo presentes en el área de estudio	38
Fig. 5.6 Proceso para la caracterización de las áreas de palma en función de 7 variables.....	59
Figura 6.1. Distribución porcentual de la superficie de palmares por tipo	64
Figura 6.2. Distribución de frecuencias de sitios de palma por tipo de material geológico subyacente	67
Figura 6.3. Frecuencia de sitios con palma con respecto al tipo de suelos.....	69
Figura 6.4. Frecuencia de sitios con palma con respecto al tipo de pendiente	71
Figura 6.5 Frecuencia de sitios con palma con respecto al rango de precipitación	73
Figura 6.6 Frecuencia de sitios con palma con respecto al rango de temperatura media anual.....	76
Figura 6.7. Frecuencia de sitios de palma por tipo de exposición	78
Figura 6.8 Frecuencia de sitios de palma por clase altitudinal (msnm)	80

RESUMEN

Potencial de aprovechamiento de *Brahea dulcis (HBK) Mart.* en el Municipio de Xochihuehuetlán, Gro.

Luis Humberto Valderrama Landeros

Enero del 2007

La región de la Montaña en Guerrero es una de las más pobres del país, la escasez de medios de subsistencia hace que sea relevante una mejor comprensión de los recursos naturales con los que se cuenta y la búsqueda de mejores formas de aprovecharlos para poder contar con ellos como elementos para el desarrollo local. Usando técnicas de teledetección y recorridos de campo se identificaron y caracterizaron 2,499.2 ha en donde se desarrolla *Brahea dulcis (HBK) Mart* dentro del municipio de Xochihuehuetlán, Guerrero, con el fin de estimar la disponibilidad hojas para su uso. Mediante la aplicación de entrevistas entre los recolectores y artesanos se estimó que la demanda local de hojas al mes en el área de estudio es del orden de 1,048,800, se caracterizaron además los usos de la especie y los ingresos por ésta actividad entre los productores.

Palabras clave: Montaña de Guerrero, teledetección, Xochihuehuetlán, ***Brahea dulcis***, palma,soyate

ABSTRACT

The Potential of using *Brahea dulcis (HBK) Mart.* in the Municipality of Xochihuehuetlán, Gro

Luis Humberto Valderrama Landeros

January 2007

The Guerrero Mountain region is one of the poorest in the country. The scarcity of means of subsistence makes it important to have a better understanding of the natural resources there and to search for better ways of taking advantage of them as elements for local development. Using the techniques of remote sensing and field trips, 2,499.2 ha were identified and characterized as areas where *Brahea dulcis (HBK) Mart* grows naturally within the municipality of Xochihuehuetlán, Guerrero, with the purpose of estimating the availability of leaves for usage. By means of interviews with collectors and artisans, it was estimated that the local demand of leaves per month in the study area is on the order of 1,048,800. The uses of the species and income obtained by producers engaged in this activity were also assessed.

Key words: Mountain of Guerrero, remote sensing, Xochihuehuetlán, ***Brahea dulcis***, palm, soyate

I. INTRODUCCIÓN

La región de la Montaña de Guerrero es una de las más atrasadas del país (CONAPO, 2006), en ella se encuentra ubicado el municipio de Xochihuehuetlán, que ocupa una superficie aproximada de 275 Km², de la cual, cerca de 60% presenta una cubierta vegetal consistente en diferentes asociaciones de selva baja caducifolia (CONABIO, 2006).

Entre las diferentes especies forestales que se desarrollan en el municipio, destacan las palmas, que se pueden encontrar en rodales puros o bien asociados con otras especies en las áreas de transición de la selva baja a bosque de encino en las partes más altas del municipio, entre 1300 y 1600 msnm.

Las actividades económicas del municipio giran alrededor de la agricultura, pero existe un porcentaje no determinado de la población que hace un aprovechamiento de diferentes recursos forestales no maderables, entre los que destaca el aprovechamiento de una palma, el soyate, que se utiliza para la elaboración de artesanías que se comercializan en los mercados locales.

No existen en la zona del municipio a la fecha estudios que cuantifiquen la disponibilidad y ubicación del recurso, ni estudios particulares sobre el desarrollo de la especie, lo que facilitaría la elaboración de planes de manejo, además de explorar otras posibilidades de uso de esta especie característica de la cuenca del

río Balsas tan importante desde el punto de vista cultural y económico para algunos pueblos de la región.

Considerando lo anterior, el trabajo de investigación que se desarrolló, pretende ser una contribución para el conocimiento sobre esta especie en el municipio de Xochihuehuetlán, ya que como reconocen algunos investigadores, como la bióloga Catarina Illsley que realiza un estudio patrocinado por CONABIO en la región de Chilapa, "no se cuenta con suficientes estudios de la biología de esta especie que permitan conocer con mayor exactitud su comportamiento" (Illsley, 2004).

II. ANTECEDENTES

Brahea dulcis es una de las especies de palma más comunes en México (Challenger, 1998), principalmente distribuida en la cuenca del río Balsas. Representa un recurso natural utilizado tradicionalmente desde hace unos 500 años por los diferentes grupos humanos asentados a lo largo de dicho territorio, entre los que destacan grupos nahuatlacos, mixtecos y tlapanecos de la Montaña.

Recientemente, ante a sobreexplotación y amenaza de pérdida definitiva de la variabilidad genética de este género, se comenzaron a realizar estudios para comprender la dinámica de las poblaciones, lo cual llevó a la elaboración de la norma oficial mexicana NOM-006-RECNAT-1997, que regula los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y

almacenamiento de hojas de palma; sin embargo, aún se adolece de información sobre estudios particulares sobre áreas concretas que auxilien para un mejor entendimiento y utilización de este recurso.

Las experiencias más desarrolladas se han llevado a cabo en la zona de Chilapa, que corresponde a la misma región de la Montaña de Guerrero, en la vertiente oeste. La CONABIO, con la participación de organizaciones campesinas como Zanzekan Tinemi y grupos no gubernamentales como GEA (Grupo de Estudios Ambientales), ha documentado su experiencia en el manejo de dicho recurso en esa parte de la región y, derivado de esta información, han elaborado el primer plan de manejo para esta especie en nuestro país.

Por otra parte, el uso de herramientas que proporcionan las nuevas tecnologías y la extensa información que generan diferentes instancias internacionales a través de las plataformas espaciales, cada vez tienen mayor uso en la identificación y administración de recursos naturales, ejemplo de esto son las estimaciones de áreas forestales densas auxiliadas con imágenes de satélite que promueve la CONAFOR en su programa de pago por servicios ambientales.

III. OBJETIVOS

- Identificar, cuantificar y caracterizar, mediante el uso de herramientas de SIG y recorridos en campo, las áreas en las que se desarrolla la especie dentro del municipio de Xochihuehuetlán.
- Cuantificar el aprovechamiento actual del recurso por parte de las comunidades.
- Establecer el papel socioeconómico que juega el aprovechamiento y uso de esta especie en el municipio.
- Elaborar recomendaciones que puedan mejorar el aprovechamiento, uso y manejo de la especie.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE

Soyate, palma dulce, rock palm, son algunos de los nombres comunes con los cuales se hace referencia a individuos del género ***Brahea***, de la especie ***dulcis***. En México se distribuye en los estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz, Puebla, Morelos, Querétaro, Hidalgo y San Luis Potosí, no obstante, su distribución llega hasta Honduras. Es una de las especies de palma más comunes en el estado de Guerrero y en general del país. En México existen alrededor de 22 géneros de la familia de las palmáceas que prosperan en las regiones de selva baja caducifolia en áreas de transición con bosques de encino, en donde las condiciones de suelo son más bien pobres con afloramientos calcáreos. En particular, en México se desarrollan las 5 especies del género ***Brahea*** (Quero 1994). Estas especies suelen desarrollarse rápidamente en lugares en donde los incendios, naturales o inducidos, han destruido a la vegetación.

Brahea dulcis suele producir hasta 4 hojas cada dos meses, rendimiento muy alto si se le compara con otras palmas, lo que le hace una especie apreciada por los artesanos que la utilizan para elaborar petates, juguetes y artesanías (Ramírez, 1996). Para su establecimiento se requieren suelos bien drenados y áreas con muy buena exposición al sol.

De acuerdo con la descripción dada por PROCYMAF (Proyecto de Conservación y Manejo Sustentables de Recursos Forestales) se trata de una palma erecta, solitaria, con un tronco sencillo de 3-9 m de alto y 12-20 cm de diámetro. Si no se quema, está cubierto por bases pendientes de hojas muertas. Lámina verde, glauca de 50-75 cm, dividida casi hasta la base en 30-50 segmentos algo rígidos, linear-atenuados, de 1-3 cm. de ancho; pecíolos hasta de 65-75 cm. de largo o más, margen con dientes de 2-4 mm de alto. Hastula adaxial corta y ancha, rígida, 20-23 mm de ancho. Frecuentemente triangular. Inflorescencia, espádice, 2-3 m de largo, con numerosos grupos irregulares de flores solitarias, sésiles y embebidas en el tomento, de 0.5 –1 mm de grueso, su posición indicada sólo por la proyección de las puntas cafés de las brácteas florales pero saliendo hasta la antesis, el cáliz frecuentemente permaneciendo inmerso. Flores alrededor de 2 mm de alto. Cáliz inconspicuo, adpreso hasta la corola, en forma de copa, 2 mm de ancho, 1-1.5 mm de alto, los sépalos suborbiculares o tan anchos como largos, profundamente cóncavo-convexos, imbricados, rígidos, engrosándose en los costados hacia la base. Pétalos gruesos y coriáceos, café-blanquecinos o amarillo-verdosos, no contiguos, ovado-deltoides; pistilo cónico u ovoide y cortamente rostrado, densamente piloso cuando joven, 1.5-2 mm de largo, obscuramente trilobado en la base, los 3 carpelos libres a todo lo largo excepto en el ápice, cada uno con 3-5 quillas puntiagudas dorsales. 2 Carpelos usualmente abortivos, persistentes en la base del fruto y proyectándose desde debajo del pétalo; fruto usualmente sencillo, a veces con más de un carpelo maduro, elipsoide a ovoide, comprimido, delgado, verdoso-gris-tomentoso, 9-12 mm de largo cuando está fresco, pequeño cuando está seco, con un estilo remanente

subapical, una quilla estrecha extendiéndose hacia la base entre los carpelos abortivos, muy delgada, comestible.

4. 2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS PALMAS EN MÉXICO

Existen citas de historiadores en la antigüedad como Herodoto y Estrabon que ya apreciaban la gran cantidad de productos que se obtienen de las palmas. Ellas representan la tercera familia de plantas en importancia por el uso que les da el hombre al obtener numerosos productos derivados (Johnson, 1995).

En el mundo se han reportado aproximadamente 200 géneros y 1500 especies, presentes principalmente en el trópico y subtrópico; de esos 67 géneros y 550 especies se encuentran en América (Henderson, 1995, citado por Ocampo, 1998); lo cual indica que es uno de los recursos bióticos más diversos con que ha contado y cuenta el hombre. En América también se sabe que numerosos grupos humanos han utilizando y utilizan especies locales de palmas obteniendo de ellas alimento, materiales de construcción, fibras y medicinas entre otras cosas (Ocampo, 1998).

En México se cuenta con 22 géneros y 95 especies de palmas silvestres (Quero, 1994). Es difícil encontrar estadísticas específicas sobre los géneros de palmas, actualmente las autoridades forestales recolectan muy poca información sobre los productos forestales no maderables, casi siempre se reduce al contenido de los

avisos de aprovechamiento, en el que se estima un volumen de extracción que posteriormente no suele verificarse en subsecuentes ciclos. En general se les agrupa como recursos forestales no maderables en el trópico y destacan por los volúmenes de aprovechamiento la palma camedor (***Chamaedorea tepejilote***, ***Chamaedorea spp.***), palma real (***Scheelea liebmannu***) y palma de sombrero (***Sabal sp.***, ***Brahea dulcis***) (Zamora, 2006).

El género más importante dentro de las no maderables en el trópico por el volumen y valor de la producción es el ***Chamaedorea*** por sus cualidades para la ornamentación, se sabe que desde el siglo XIX se comercializaba en Europa aunque en México fue hasta la década de los 40's cuando empezó a comercializarse para arreglos y ornato; en 1998 los beneficios para los colectores eran de unos 1.2 dólares americanos por gruesa (unas 144 hojas) y se estima que se produjeron unas 2,265 toneladas de hojas. De las estadísticas registradas por SEMARNAT en 2001 también se observa una gran irregularidad en la producción año con año, que puede deberse a la falta de información o bien a los problemas para la extracción de esta especie (Eccardi, 2003).

La importancia de ***Brahea dulcis*** es mayor en el ámbito de la región de la Montaña de Guerrero, no tanto por los volúmenes de aprovechamiento y los márgenes de ganancias, sino por la disponibilidad de este recurso durante la época en el que el trabajo agrícola es bajo y las familias requieren ingresos para completar su manutención. Se sabe que desde la época prehispánica se extraían las hojas de ***Brahea dulcis*** en la región, para pagar tributo al imperio azteca en

forma de esteras (petates), cestas y otro tipo de productos. En la colonia se diversificaron aún más los productos que se elaboraban con las hojas de esta especie (Casas, 1994).

Actualmente los ingresos por la elaboración de productos en palma son muy bajos. Para hacerlas utilizables una vez cortadas y recolectadas las hojas se hierven en agua y se trenzan, a esta presentación se le denomina "cinta" y se vende en rollos de 20 m de largo o más, se estima que toma unas 6 horas producir un rollo de 20 m y el ingreso promedio es de unos 1.5 pesos. Según un estudio del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), el precio pagado a los recolectores prácticamente no se ha incrementado con la inflación en la última década, sin embargo, si se considera que es una de las opciones para obtener ingresos insitu, especialmente entre las mujeres, niños y ancianos en las comunidades, resulta una actividad que es adoptada por muchas de las familias más pobres en las comunidades de la Montaña, ya que les permite satisfacer sus necesidades básicas vendiendo sus mercancías en sus localidades (Marsall, 2006).

La recolección de hojas o de "velillas" se efectúa principalmente entre los meses de enero y marzo que es cuando es más activa la producción cogollos u hojas, no obstante la extracción se realiza durante todo el año, aunque fuera de época es más difícil y menos redituable. Se estima que un recolector puede obtener entre 300 y 400 cogollos en el lapso de una jornada (9 horas), visitando a unas 200 palmas.

El precio en el mercado varía a lo largo del año conforme a la oferta y demanda, sube durante el estiaje, cuando las actividades agrícolas disminuyen y la gente puede dedicar más tiempo a la elaboración de productos, de esta manera también disminuye la disponibilidad de cogollos. En época de lluvias baja el precio junto con la demanda, los especuladores aprovechan para comprar grandes volúmenes para venderlos a precios elevados en el estiaje (Casas, 1994).

Mención aparte merecen las palmas cultivadas para aceite que representan un valor de producción más alto que otros géneros *Elaeis guineensis* se introdujo a nuestro país en la década de los 50's. Desde entonces se han incrementado notablemente las superficies con plantaciones, además de esta especie, destacan *Cocos nucifera* y *Phoenix dactylifera*, son especies exóticas que, incluso en algunos casos, han desplazado a especies locales, principalmente en los estados de Jalisco, Nayarit y Colima. No obstante desde la década de los 80's las plantaciones de *Cocos nucifera* han enfrentado un problema con una enfermedad denominada "amarillamiento letal", producida por un microplasma que a la fecha ha destruido a buena parte de las plantaciones en el sureste y ha motivado una serie de investigaciones encaminadas al mejoramiento genético para crear variedades resistentes a la enfermedad. Entre los géneros silvestres existentes en México *Acrocomia*, *Bactris*, *Desmuncus*, *Sheelea* y *Obignya* podrían tener algún potencial en este rubro por su alto contenido de aceites (Quero, 1994).

4.3 ANTECEDENTES DE MANEJO DE ESPECIE

Tradicionalmente *Brahea* *dulcis* ha sido aprovechada desde épocas precolombinas y de forma sustentable por los diferentes grupos humanos en la cuenca del río Balsas, entre los que destacan mixtecos, zapotecos, tlapanecos y nahuatlacos, las hojas se utilizan para tejer sombreros, petates y un gran número de artesanías, anteriormente también se utilizaba ampliamente para fabricar los techos de las viviendas, pero este uso ya no es tan difundido en las comunidades desde que se introdujeron a la región otros materiales de construcción. La madera se utiliza para la elaboración de vigas e incluso la zona fibrosa que desarrollan las palmas bajo las hojas (denominado coaxtli) es empleado para cojines para sillas de mulas y caballos. El fruto, que también es comestible, se comercializa en algunos mercados locales, principalmente en comunidades zapotecas de Oaxaca en donde es apreciado.

La importancia de esta especie para la región es tal que en la década de los 70's se formó un fideicomiso para apoyar la comercialización de la especie, el FIDEPAL, en 1976 se convirtió en una empresa paraestatal y en 1977 pasó a formar parte de COPLAMAR, su objetivo fue organizar el trabajo de recolección y comercialización, pero su desempeño fue irregular e ineficaz, por lo que desapareció en 1989, dejando desde entonces la comercialización en manos de especuladores privados (Casas, 1994).

Las experiencias mas recientes en el manejo de la especie que se han desarrollado en la región de la Montaña de Guerrero, llevaron a la elaboración de la norma oficial mexicana NOM-006RECNAT-1997, que regula los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hojas de palma. Apenas en 2004 se dio por concluido un proyecto apoyado por fondos de CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) y North American Fund for Environmental Cooperation de Canadá, con el que el Grupo de Estudios Ambientales (GEA) hizo una extensa revisión de la forma en la que se desarrolla la especie en la región de Chilapa, Guerrero, documentando su experiencia en el manejo de dicho recurso en esa la región y elaborando el primer plan de manejo para esta especie, que en estas fechas se encuentran implementado y sistematizando (CONABIO, 2006).

Los actores económicos involucrados en el uso de la palma son los recolectores, artesanos e intermediarios. Los primeros colectan las hojas y las comercializan en los mercados locales, ya sea en manojos o bien cocidas y trenzadas, los segundos adquieren la palma para elaborar productos que después venden en los mercados locales, no obstante, suelen haber personas que colectan y elaboran artesanías. Los intermediarios operan acaparando los productos en los mercados locales para su venta en la región o, dependiendo de su capacidad, en otras ciudades del país e incluso en Estados Unidos y Europa.

Se ha comprobado que la intervención humana modifica los hábitos de crecimiento de la especie a mediano y largo plazo. Las palmas que no son

intervenidas y se les deja crecer libremente, desarrollan la forma típica de tronco solitario alcanzando con el tiempo hasta 9 metros de alto. El crecimiento de esta especie es muy lento, se estima de 2 cm al año. A este tipo de palmas en la zona de Chilapa que forma de la región de la Montaña se les conoce como “soyacahuiteras”. Cuando las palmas son intervenidas por el hombre cortándole hojas, exponiéndolas al pastoreo y al fuego, no desarrolla un tronco solitario, en cambio nacen un gran número de hijuelos por reproducción vegetativa que pueden formar manchones de hasta 10 m de diámetro (López, 2005).

Las dos formas de palma son aprovechadas, aunque por sus características tienen diferente potencial. Las llamadas soyacahuiteras suelen utilizarse para techos de viviendas, los palmares en manchones en cambio proveen mejores hojas o “cogollos” para la elaboración de artesanías (Illsey, 2004).

Las prácticas de quema y pastoreo favorecen el establecimiento de palmares de porte bajo en detrimento de los encinares u otras especies arbóreas propias del trópico seco, aunque muchas veces no es el fin, el manejo agrícola y pecuario promueven el incremento en las superficies con palmares que llegan a formar extensas áreas casi monoespecíficas en donde la reproducción de la especie es de tipo vegetativo. En cambio, cuando *Brahea dulcis* se desarrolla sin interferencia, suele hacerlo mediante la dispersión de semilla.

Si la corta de tallos o cogollos se hace en forma moderada (2 a 4 por año) y no se corta el tallo principal, los palmares pueden permanecer inalterados por cientos de

años, pero cuando se sobreexplotan, con el paso del tiempo se transforman en manchones y puede disminuir el tamaño de las hojas haciéndolas menos apreciadas para su uso.

La especie tiene una gran plasticidad fenotípica que permite jugar con su forma. Si se evita cortar los tallos principales en los manchones y se limita el corte de hojas, con el paso del tiempo los tallos “descogollan” o comienzan a ganar altura, eventualmente desarrollan un tallo con coaxtli (brácteas foliares) y comienzan a producir un mayor número de hojas mas largas y fuertes. Esto sugiere que si bien se le considera una especie silvestre, es muy probable que los palmares que existen actualmente sean el resultado del manejo humano orientado a la obtención de ciertos productos (Illsey, 2004).

De la experiencia generada en la elaboración del plan de manejo elaborado por GEA, pueden mencionarse las siguientes prácticas en el manejo de los palmares:

Corte de velillas: Es la práctica para la obtención de hojas, si se cortan demasiadas, se promueve la reproducción vegetativa de las palmas y los cogollos tardan más tiempo en alcanzar tamaños aprovechables (50 cm).

Deshije: Es la eliminación de hijuelos en los manchones, ya sea en forma mecánica o bien con fuego, suprime la competencia con los tallos productivos.

Escombrar o limpiar: Consiste en eliminar las hojas secas, dejando sólo las hojas verdes en los tallos. Se supone que esto favorece el desarrollo de la palma. En

muchas ocasiones se deja al pie de los tallos donde se incorpora al suelo como abono.

Quema: A finales de la época seca suelen quemarse los manchones próximos a las áreas de cultivo, esto además de proveer nutrientes al suelo, limita el número de hijuelos.

Arrime de tierra: En algunos casos, cuando se detectan palmas productivas y están cerca de los terrenos de labor, los productores suelen acumular tierra en los tallos, esto favorece su desarrollo.

4.4. PERSPECTIVAS DE USO Y DE MERCADO DE Brahea dulcis

Brahea dulcis es una especie de la cual los habitantes del trópico seco han sabido aprovechar prácticamente todos sus componentes, desde las hojas hasta las raíces en diferentes productos de uso diario y de tipo ornamental. Se han identificado más de 100 productos elaborados que se comercializan, entre los que destacan sombreros, petates, cunas, aventadores, mecapales, bozales, carpetas, bolsas y un gran número de juguetes y artículos decorativos (Illsey, 2004).

Pese a su versatilidad y a la diversificación de productos, los ingresos a lo largo de la última década apenas han cambiado para los recolectores y artesanos, sin embargo, es necesario distinguir que la comercialización se hace en 4 niveles:

local, regional, nacional e internacional. Las cadenas de comercialización a nivel local y regional datan desde la época prehispánica y se enfocan a productos de uso diario, los principales mercados son Chilapa y Tlapa. A nivel nacional e internacional se comercializan productos decorativos suntuarios, principalmente en centros turísticos como Acapulco, Taxco y Cuernavaca, pero también llegan a otras ciudades. Los acaparadores de estos productos han sido los más beneficiados dado que son los que imponen los precios en los centros de producción. Se estima que los ingresos por concepto de recolección reportan al año entre 500 y 3000 pesos anuales; para los intermediarios entre 2000 y 5000 anuales y, aunque no hay una estimación, para los acaparadores de productos finales, los márgenes de ganancias les permiten acumular bienes mayores como vehículos y bodegas (Illsey, 2004).

Otro factor a considerar es la entrada de productos sustitutos baratos, principalmente de China elaborados con plástico que se han infiltrado a los mercados locales y presionan a los precios a la baja. Se observa entonces una declinación del mercado para varios productos, principalmente petates y bolsas aunque en artículos decorativos la demanda se mantiene e incluso se ha incrementado. (Marsall, 2006).

Los esfuerzos actuales están enfocados a la organización de los productores para buscar una integración menos vertical en los mercados y facilitar el acceso a apoyos gubernamentales y a movimientos como el de comercio justo. Los principales obstáculos se derivan del rezago económico y social de la región con

respecto al resto del país, ya que es allí en donde se localizan algunos de los municipios mas pobres y la infraestructura de comunicaciones y transportes aún es muy mala, además de los bajos niveles de integración y organización de los productores.

Por lo que respecta a la competencia de los productos sustitutos, una ventaja que se observa con los artesanos de palma en México es su gran capacidad para producir nuevos diseños y responder a las tendencias en los mercados, lo que ha permitido que algunos esfuerzos de organizaciones sociales como la SSS Sansekan Tinemi, que ha trabajado estrechamente con GEA, haya logrado exportar algunos de sus productos a Holanda, no obstante, a la fecha, sólo canalizan el 5% de la producción de sus socios, aunque la experiencia es apenas reciente (Illsey, 2004).

Aunque no hay experiencias a nivel local en nuestro país, también vale la pena mencionar que algunas empresas trasnacionales de jardinería comercializan especímenes de *Brahea dulcis* que reproducen en sus propios viveros como plantas de ornato entre 25 y 30 dólares de acuerdo a catálogos ofrecidos en sus páginas de Internet, si bien no existen referencias de la preferencia por esta especie con respecto a otras más conocidas.

4.5. TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.5.1. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA TELEDETECCIÓN

Como teledetección podemos entender a la ciencia (algunos opinan que es un arte) de adquirir información sobre la superficie terrestre sin tener que establecer contacto con ella. Esto se realiza a través de sensores que captan energía reflejada o emitida, procesando y analizando la información (Canada Centre for Remote Sensing, 2006).

Para que un sensor remoto pueda funcionar, en primer lugar se requiere una fuente de energía que ilumine el objeto de interés, a menos que el sensor también disponga de un emisor de energía. Esta característica se utiliza para clasificar a estos dispositivos en pasivos y activos, siendo los pasivos aquellos que utilizan fuentes de energía externa (generalmente el sol) y activos aquellos que emiten algún tipo de radiación que puede posteriormente registrarse. Como ejemplo de los primeros tenemos a los satélites de la serie Landsat puestos en órbita por la agencia norteamericana NASA (National Aeronautics and Space Administration) desde la década de los 70's y como ejemplo de los segundos algunas sondas como el proyecto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que en el año 2000 llevó a cabo un reconocimiento topográfico del planeta de alta resolución a través

de un emisor de ondas de radar modificado, (United States Geological Survey, 2003).

Aunque parecen técnicas novísimas, la teledetección tiene antecedentes que remontan a 1859 cuando se obtuvieron las primeras fotografías aéreas por Gaspar Félix de Tournachon a bordo de un globo (Chiuveco, 1996), a partir de allí se apreciaron las ventajas de esta herramienta y se desarrollaron técnicas y dispositivos ópticos que revolucionaron los trabajos cartográficos en su momento.

A mediados del siglo pasado, los viajes espaciales y la posibilidad de colocar satélites en órbita alrededor de la tierra permitieron el desarrollo de nuevas técnicas para obtener y analizar información de la superficie del planeta. Las primeras sondas especializadas en la identificación de recursos naturales fueron los satélites de la serie Landsat, el primero puesto en órbita en 1972 y con el último en 1999, después de los Landsat, otras plataformas les siguieron, entre las más conocidas se encuentran SPOT (Système Pour L'Observation de la Terre), IKONOS, Quick Bird (estos últimos dos, de compañías norteamericanas), IRS (Indian Space Research Organization), NOAA-AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer), RADARSAT (de la Agencia Espacial Canadiense), ERS (European Remote Sensing Satellite), JERS (Japanese Earth Resource Satellite), AVIRIS (NASA), y la Serie TERRA que es un proyecto conjunto entre Canadá, Japón y EE.UU. Todos ellos recolectan información de la tierra cuya precisión y alcance varia dependiendo de los instrumentos con los que cuenta cada plataforma (Eastman, 2004).

Por sus aplicaciones en materia de manejo forestal en nuestro país, son especialmente interesantes los datos proporcionados por los satélites de la serie Landsat y la serie SPOT, debido a que están especializados en la identificación de vegetación y otros recursos naturales; además son más fáciles de obtener, ya que existen convenios con instituciones del país que permiten el acceso a la información (Lira, 1997).

4.5.2 FUNDAMENTOS DE LAS TÉCNICAS DE PERCEPCIÓN REMOTA APLICADAS A LA IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN

Para el caso de los sensores pasivos, el sol resulta la mayor fuente de energía, sin embargo no es la única, existen emisiones naturales de energía en la tierra que están asociadas a los seres vivos (calor) que los sensores modernos de algunos satélites son capaces de captar.

De esta manera, la mayoría de los dispositivos de percepción remota utilizan energía electromagnética, pero el espectro electromagnético es muy amplio y no todas las longitudes de onda son igualmente efectivas para establecer diferencias entre los materiales terrestres, algunas incluso no tienen interacciones con los materiales que normalmente interesan (seres vivos, materiales geológicos, etc.).

Toda radiación electromagnética tiene propiedades fundamentales y un comportamiento predecible acorde a la teoría de ondas. La radiación electromagnética consiste en un campo eléctrico (E) el cual varía en magnitud y en dirección perpendicular a la dirección en la cual viaja y un campo magnético (M) orientado en forma angular al campo eléctrico. Ambos campos viajan a la velocidad de la luz (C), Fig. 1 (Canada Centre for Remote Sensing, 2006)

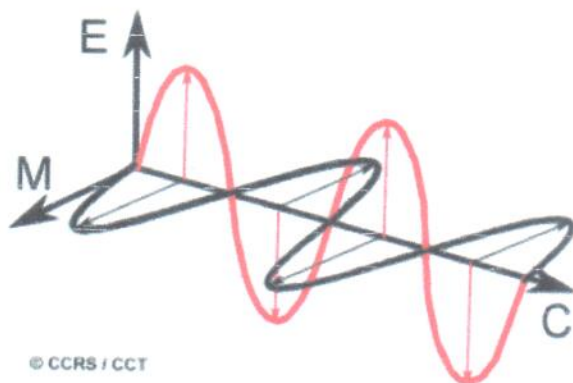


Fig. 4.1. Descripción de una onda electromagnética

Para comprender el funcionamiento de los sensores remotos, es necesario hacer hincapié en dos características de la radiación electromagnética, la longitud de onda y la frecuencia. La longitud de onda es el largo del ciclo de onda, que puede medirse como la distancia entre las crestas de las ondas, usualmente se le representa por la letra griega "lambda" (λ). Las longitudes se miden en metros u otros factores de esta unidad como nanómetros (nm, 10^{-9}) o micrómetros (μm , 10^{-6}). La frecuencia se refiere al número de ciclos que una onda cruza en un punto fijo por unidad de tiempo, se mide normalmente en hertz (Hz), que equivalen a un

ciclo por segundo. La longitud de onda y la frecuencia se relacionan entre si a través de la siguiente fórmula:

$$C=\lambda v$$

Donde:

λ = Longitud de onda (m)

v = Frecuencia (ciclos por segundo, Hz)

C = Velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

Se puede ver que la longitud de onda y la frecuencia están inversamente relacionadas, a longitudes de onda cortas corresponden frecuencias altas y a longitudes de onda largas frecuencias bajas. Sobre esta base física descansa la teoría que permite extraer información de los objetos a través de sensores remotos (Canada Centre for Remote Sensing, 2006).

4.5.3 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El llamado espectro electromagnético es el conjunto de rangos o regiones definidas por las longitudes de onda de diferentes fuentes. Para el caso de la teledetección, existen varias regiones del espectro que resultan útiles. (Fig. 2).

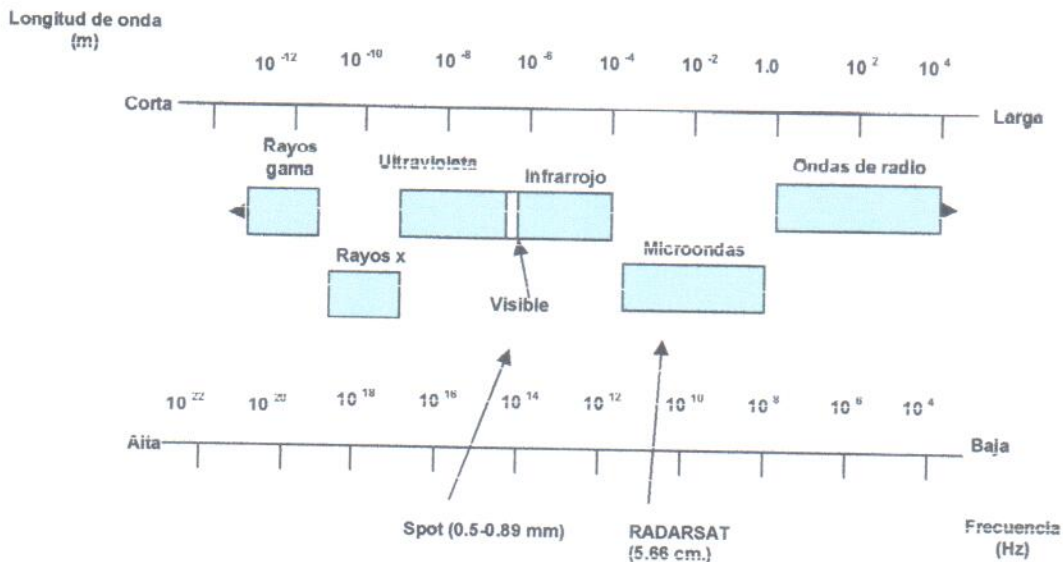


Fig. 4.2. Espectro electromagnético (Canada Centre for Remote Sensing, 2006)

Es importante notar que lo que percibimos a través de la vista es solo una muy pequeña porción del espectro electromagnético (de 0.4 a 0.7 μm), la mayor parte permanece "invisible" a nuestra vista, pero a través de sensores es posible detectar emisiones electromagnéticas en otras regiones del espectro.

Las regiones del espectro más útiles para fines de teledetección son las regiones en el infrarrojo, entre 0.7 y los 100 μm , que es más de 100 veces la porción que podemos "detectar" con nuestra vista. Por sus propiedades pueden identificarse dos subregiones, el infrarrojo reflejado y el infrarrojo emitido. El infrarrojo reflejado cubre la porción entre 0.7 y los 3.0 μm , es similar a la porción visible del espectro. La región infrarroja emitida o termal, es un tanto diferente en su

comportamiento, ya que se trata de energía que emite la superficie de tierra en forma de calor y se encuentra entre los 3 y los 100 μm

Recientemente se ha encontrado gran utilidad en la porción correspondiente a las microondas, entre 1mm a 1 m. Las propiedades de estas longitudes de onda son similares a las usadas por las emisiones de radio comercial, por lo que no son significativamente afectadas a su paso por la atmósfera, son muy útiles en estudios de meteorología, hidrología y oceanografía.

Las interacciones que pueden darse entre los materiales terrestres en los cuales impacta algún tipo de energía electromagnética pueden ser de 5 tipos:

Transmisión: La energía pasa a través de un medio a otro con un cambio en la dirección y velocidad determinada por el índice de refracción entre los dos medios en cuestión.

Absorción: La energía es retenida por el objeto a través de reacciones moleculares o en las capas de electrones.

Reflexión: La energía es reflejada sin cambios con un ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión. La reflectancia es el rango de energía reflejada que incide en un cuerpo. La longitud de onda reflejada (no la absorbida) determina el color de un objeto.

Dispersión: La dirección de la propagación de energía es aleatoriamente modificada al pasar por un medio.

Emisión: Algunos cuerpos absorben energía y después la re emiten, usualmente en longitudes de onda mas bajas, es decir los objetos emiten calor (NASA, 2006).

El tipo de interacción que reviste mayor interés para la teledetección es la porción de energía reflejada, ya que es ésta la que es enviada de vuelta y registrada por el sensor. La cantidad exacta reflejada variará y dependerá de la naturaleza del material y del lugar del espectro electromagnético de donde se esté tomando la medida. Como consecuencia de esto, si se observa la naturaleza de ese componente reflejado sobre un rango de longitudes de onda, es posible caracterizar el resultado como un patrón de respuesta espectral.

Los patrones de respuesta espectral son llamados en algunas ocasiones *firmas*. Esto es una descripción (frecuentemente en forma de gráfica) del grado en el que la energía es reflejada en diferentes regiones del espectro electromagnético. Todos los humanos estamos familiarizados con los patrones de respuesta espectral dado que es equivalente al concepto humano de color (Eastman, 2006).

El ojo humano es capaz de responder a los patrones de respuesta espectral porque es de hecho un sensor multispectral (esto es, es sensible en mas de una región del espectro). Además, el funcionamiento del ojo es muy complejo, esto hace que funcione como tres tipos de detectores diferentes operando con su

máxima capacidad para responder a las regiones roja, azul y verde del espectro electromagnético; estos son los colores aditivos primarios y el ojo responde a la mezcla de los tres para producir la sensación de otros tonos.

En los primeros días de los sensores remotos se esperaba que cada material sobre la superficie de la tierra pudiera tener un patrón de respuesta distintivo que permitiese distinguirlo y detectarlo por medios digitales, sin embargo, no es lo más común en varios casos. Por ejemplo, dos especies de árboles pueden tener colores completamente diferentes en una época del año y completamente similar en otra (Eastman, 2004).

Buscar un patrón de respuesta distintivo es la clave de todos los procedimientos de interpretación asistida por computadora de imágenes provenientes de sensores remotos. El análisis debe buscar la combinación de bandas espectrales y la época del año en la cual el patrón distintivo pueda ser encontrado para cada clase de información de interés.

La fuerte absorción por los pigmentos de las hojas (particularmente clorofila para propósitos de fotosíntesis) en las regiones de luz visible azul y roja del espectro electromagnético permiten el característico color verde de la vegetación saludable, no obstante, mientras que esta firma es distintivamente diferente de superficies sin vegetación, no tiene mucha capacidad para distinguir entre especies de vegetación, que deberán tener un color verde similar cuando están completamente maduras. En el infrarrojo cercano, en cambio, podemos encontrar un retorno mas

alto proveniente de las superficies con vegetación debido a la dispersión dentro de la capa interna pulposa de las hojas. Los pigmentos de las plantas no absorben energía en esta región y de esta manera, la dispersión, combinada con el efecto multiplicador de un dosel cerrado, favorece una alta reflectancia en estas regiones del espectro. Sin embargo, la magnitud de esta reflectancia dependerá fuertemente de la estructura interna de las hojas (por ejemplo, hojas anchas contra agujas de pino). Como resultado, frecuentemente pueden encontrarse diferencias significativas entre especies en esta región del espectro electromagnético. De forma similar, moviéndose dentro de la región del infrarrojo medio podemos ver diferencias significativas entre patrones de respuesta espectral asociadas al contenido humedad de las hojas. Esta es, nuevamente, un área en donde es posible encontrar diferencias significativas entre especies maduras. La búsqueda de aplicaciones óptimas para diferenciar especies deberá involucrar tanto a las regiones cercanas y medias en la región del infrarrojo y usaran imágenes tomadas dentro del ciclo de crecimiento (Eastman, 2004).

4.5.4. SENSORES REMOTOS MULTIESPECTRALES

En la interpretación visual de imágenes de sensores remotos, como fotografías o imágenes de satélite, deben considerarse una variedad de características, color (o tono en el caso de imágenes pancromáticas), textura, tamaño, forma, patrones, contexto y la similaridad. Sin embargo, en la interpretación asistida por computadora, es mas frecuente usar simplemente el color (esto es, los patrones

de respuesta). Esta es la razón por la cual se hace fuerte énfasis en el uso de sensores multiespectrales (sensores que, como el ojo, detectan en más de una región del espectro y hacen posible combinar diferentes patrones de respuesta) y en el número y lugares específicos de estas bandas espectrales (Eastman, 2004).

Un campo instantáneo de visión (CIV) puede definirse como un elemento dentro de una escena o vista de un paisaje cuyo tamaño depende de la distancia del sensor al CIV. La energía reflejada o emitida por el CIV incide sobre el sensor optoelectrónico que generalmente está formado por un sistema óptico (un telescopio) y dispositivos de conducción de luz que la hacen llegar a una serie de filtros o bien a un espectrómetro para seleccionar la energía del haz de luz en las distintas regiones del espectro (azul, verde, rojo, infrarrojo, etc.). Los detectores generan un voltaje a medida que observan un CIV tras otro, se introducen a un convertidor análogo/digital que lo cuantifica empleando una escala que va de 0 a 255, si bien otras escalas pueden ser utilizadas también, la razón de usar 256 niveles es que este número es almacenable en un byte de 8 bits de una computadora digital.

Para cada región del espectro, banda o intervalo de energía y para cada CIV, resultado del proceso de medición de radiación proveniente de este, se genera un número que se almacena en algún medio magnético u óptico, con una posición lógica en función del lugar relativo del CIV en la escena. Esto puede representarse en forma matricial en la forma siguiente:

$$P_{mn} = \{b_1, b_2, \dots, b_g\}_{mn} \quad \text{Ec. 4.2}$$

Ec. 4.2. Representación matricial de una imagen multiespectral

Donde b_i es el valor numérico entero obtenido para un intervalo de energía o banda y $0 \leq b_i \leq 2^k - 1$, con $k=8$ en la mayoría de los casos. La colección de estos números son los elementos lógicos de una imagen digital y se les denomina píxel (P_{mn}), los subíndices indican las coordenadas (enteras) de acuerdo a su posición dentro de la imagen digital. De esta forma un CIV es un elemento físico de una escena y el píxel es su equivalente como elemento lógico de una imagen digital. Las características espectrales de un CIV quedan representados por el píxel correspondiente, estando implícitamente registrada la posición y tamaño relativo de éste en una relación unívoca. El resultado es un juego de imágenes digitales mostrando aspectos diferentes de la misma escena llamado imagen digital multiespectral (Lira, 2002).

En muchas condiciones las regiones del espectro o bandas que poseen gran cantidad de información sobre el ambiente están en el infrarrojo cercano y las bandas de longitudes de onda rojas. El agua absorbe fuertemente longitudes de onda infrarrojas y es de esta forma fácilmente distinguible en esta región (aparece oscura ya que casi no existe reflectancia). Además, las especies vegetales muestran típicamente grandes diferencias aquí. El área roja es también importante debido a que es la región en la cual la clorofila absorbe energía para la

fotosíntesis. De esta forma es en esta banda donde podemos distinguir de forma clara entre áreas con vegetación y sin ella.

Dada la importancia de las bandas roja e infrarroja cercana, no es sorprendente que los sistemas sensores utilizados para el monitoreo de los recursos del planeta incluirán invariablemente a estos en cada sistema multiespectral particular. La inclusión de otras bandas dependerá del rango de aplicaciones previstas. Muchos incluyen la banda del verde visible ya que puede ser usada, además de otras dos, para producir una tradicional imagen compuesta de falso color (una imagen de color completo derivada de las bandas verdes, rojas y azules). Este formato se hizo común con el advenimiento de las fotografías a color infrarrojas y es familiar para muchos especialistas del campo de los sensores remotos; además, la combinación de estas tres bandas viene a ser útil en la interpretación de aspectos culturales del paisaje así como en superficies naturales y con vegetación. Sin embargo, también es común incluir otras bandas cuyo objetivo es más específico en la identificación de superficies o materiales. Por ejemplo, la banda 5 de la plataforma Landsat TM está localizada entre dos bandas que absorben el agua por lo que resultan muy útiles en la identificación de suelos y en la identificación de diferencias en la humedad de follajes. De forma similar, la banda 7 de la plataforma Landsat TM se enfoca en la detección de zonas de alteración hidrotermal en superficies con rocas desnudas. En contraste el sistema AVHRR en la serie de satélites NOAA incluye varios canales termales para la detección de las características en la temperatura de las nubes.

4.5.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los sistemas de información geográfica (SIG's) se definen generalmente como un sistema de hardware, software, datos y estructura organizacional para recolectar, almacenar, manipular y analizar datos geo referenciados (en el marco de un sistema de coordenadas geográficas) y exhibir la información resultante de esos procesos, (Wolf, 1997). Los SIG's al igual que las técnicas de teledetección también se desarrollan después de la primera mitad del siglo pasado y por tanto se nutren en gran medida de la nueva información generada por los satélites, tanto así que muchas de las herramientas de software que se desarrollan responden a necesidades específicas de análisis de información proveniente de estas fuentes.

Entre las compañías que han generado las herramientas de software más difundidas y utilizadas en nuestro país están ESRI TM, Leyca Geosystem TM y Clark Labs TM, aunque en el mercado existen mas compañías y la producción de programas es muy dinámica, lo que propicia que en lapsos muy cortos de tiempo aparezcan nuevas versiones y herramientas disponibles para usuarios finales. También existe cierta especialización por parte de las compañías, aunque la tendencia ha sido la búsqueda de herramientas cada vez más integrales y versátiles.

Los sistemas de información geográfica descansan sobre las bases de datos. Estas son el corazón del conjunto, ya que es a través de ellas que las acciones de

consulta en el SIG adquieren sentido y se vinculan con los objetos en el mundo real. De allí que los sistemas de información geográfica por si mismos no representen más que un conjunto de herramientas cuya utilidad y precisión estará en función de la cantidad y calidad de la información que sea posible obtener e integrar dentro del sistema, en esto también influirá la escala y el nivel de exactitud de la información.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

5.1.1. UBICACIÓN

Xochihuehuetlán se encuentra al noroeste de la capital del estado de Guerrero, en la región de la Montaña, se localiza entre los paralelos $17^{\circ} 45'$ y $17^{\circ} 39'$ de latitud norte y los meridianos $98^{\circ} 01'$ y $98^{\circ} 24'$ de longitud oeste, colinda al norte y al oeste con el estado de Puebla, al sur con el municipio de Huamuxtitlán, Guerrero y al este con el estado de Oaxaca. Su extensión es de 275.6 Km^2 que represente 0.3% de la extensión estatal. La cabecera municipal se ubica en los 1060 msnm.

Fig.5.1

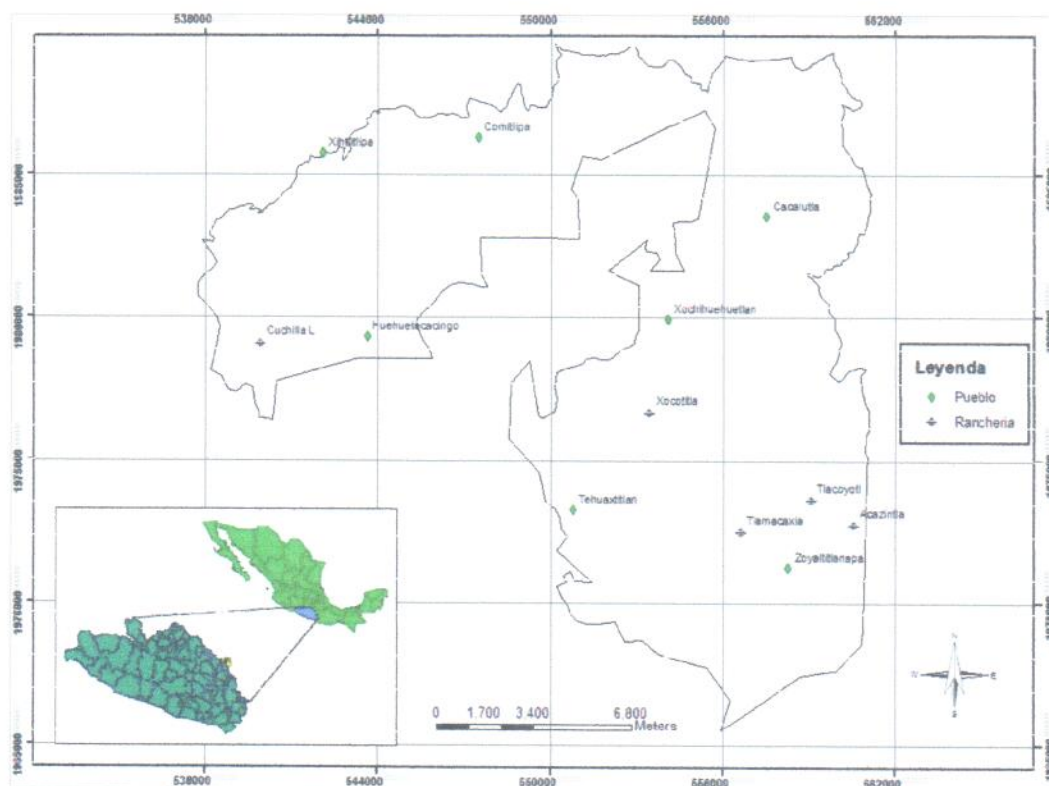


Fig. 5.1. Ubicación del área de estudio

5.1.2. CLIMA

El clima en la zona de estudio se ve influenciado por la topografía. De acuerdo con información de CONABIO, se pueden distinguir tres tipos de clima que son los siguientes:

BS1(h')w: Clima semiárido cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, con una temperatura del mes más frío mayor de 18°C. Lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2% del total.

BS1hw: Clima semiárido, semicálido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes mas caliente mayor de 22°C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2%

(A)C(w1): Clima semicálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. Precipitación del mes mas seco menor de 40mm, lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 %. (Fig. 5.2).

La precipitación varía entre 762 y 993 mm por año, presentando un periodo de canícula a mediados del mes de agosto.

sur del municipio, la conformación topográfica y geológica han propiciado pequeñas depresiones en las que suelen formarse pequeñas lagunas que alcanzan su mayor área en época de lluvias y que se reducen ostensiblemente en temporada de secas (CONABIO, 2000).

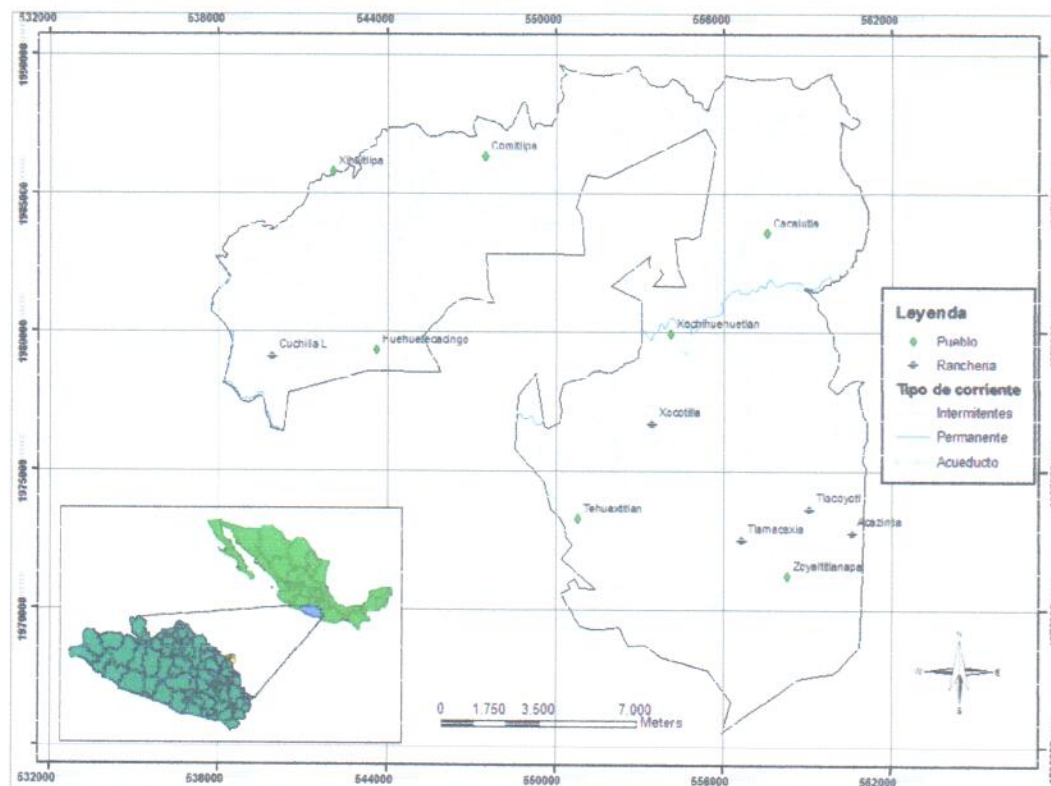


Fig. 5.3. Hidrología en el área de estudio

5.1.4. GEOLOGÍA

La zona de estudio se halla en la parte donde se unen el eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, lo que da por resultado una gran variación en el material geológico que conforma la zona y favorece la presencia de algunos depósitos minerales. De acuerdo a la información del INEGI (carta geológica, 1970) las

formaciones de rocas más antiguas presentes en el municipio son esquistos del paleozoico en la parte norte, también se encuentran presentes conglomerados del jurásico medio, calizas del cretácico inferior, que destacan por la superficie que abarcan en el municipio, limolitas, areniscas y materiales volcanoclasticos del terciario inferior y depósitos aluviales formados durante el cuaternario.

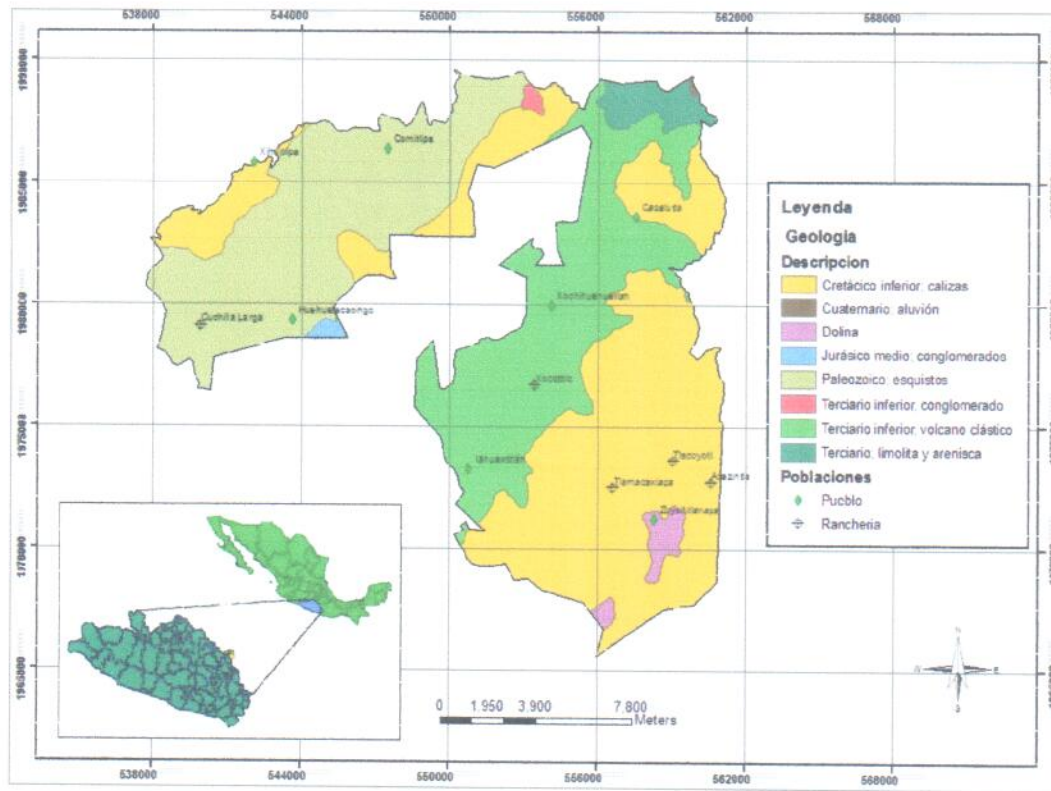


Fig. 5.4. Geología en el área de estudio

5.1.5. EDAFOLOGÍA

La complicada topografía del municipio permite que exista una gran variedad de clases edafológicas, De acuerdo con CONABIO, entre las más notables dentro del área de estudio se encuentran los suelos aluviales de la vega del río (fluvisol

éutrico), formados por los sedimentos de los escurrimientos superficiales, pero en general predominan suelos delgados, pedregosos de textura gruesa en las laderas (regosol éutrico), existen también suelos delgados de color oscuro sobre material calizo (renzinas) y también desarrolados sobre la zona de rocas calizas, se han desarrollado suelos del tipo cambisol calcárico que pueden considerarse como renzinas desarrolladas. En las dolinas al sur del municipio (depresiones formadas sobre material calizo) se han formado zonas con suelos de tipo vertisol pélico, que se distinguen por ser profundos y con altos contenidos de arcilla, aunque de difícil manejo, son muy apreciados por su fertilidad para la agricultura. Fig.5.5

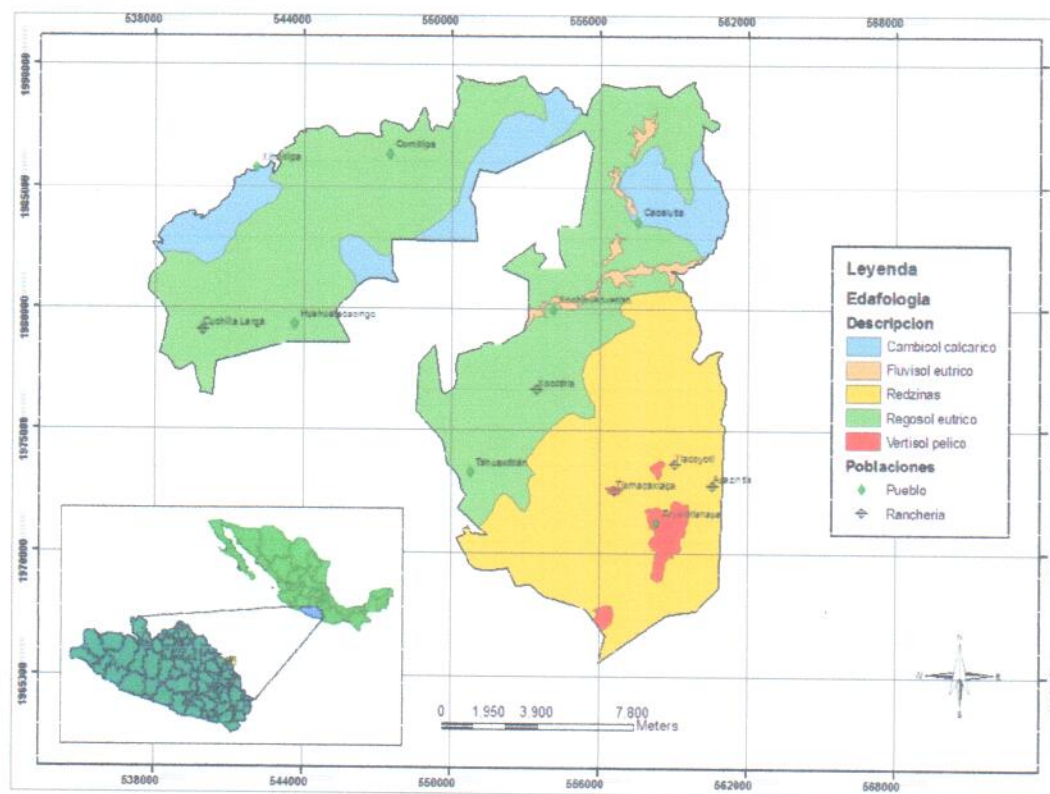


Fig. 5.5. Tipos de suelo presentes en el área de estudio

5.1.6. VEGETACIÓN

En su mayor parte, el área del municipio está cubierto por selva baja caducifolia, destacando en su composición en el estrato superior diferentes especies del género *Bursera*, y cactáceas de los géneros *Pachycereus* y *Stenocereus*. En el estrato arbustivo especies del género *Euphorbia*, *Ipomoea*, *Lysiloma* y *Pereskopsis*. A partir de la cota de 1300 msnm comienzan a dominar especies del género *Quercus*, que llegan a formar rodales puros hacia los 1600 msnm (Challenguer, 1998).

En las partes ribereñas o en las cañadas que guardan mayor humedad, es posible encontrar especies de los géneros *Ficus*, *Taxodium* y *Salix*, entre los más importantes. En las partes bajas y relativamente más secas, se aprecian además especies de los géneros *Prosopis*, *Gliricidia*, *Phitecellobium* (*huamúchil*) y *Leucaena*, *Brahea dulcis* aparece en manchones entre el bosque de *Quercus* y mezclado también con *Burseras* y otras especies de la selva baja, formando en algunos lugares áreas en las que se desarrolla casi sin la presencia de otras especies (Challenguer, 1998).

5.1.7. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DEL MUNICIPIO

5.1.7.1 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

El municipio de Xochihuehuetlán es uno de los más antiguos en la región, se fundó en 1503 y se constituyó legalmente en 1850, siendo reconocido como cabecera en 1856. (Menes, 2001).

De acuerdo con información de CONAPO (1995), se caracteriza por un alto nivel de marginalidad, un tercio de la población, de acuerdo al XII censo del INEGI en el 2000, no sabe leer ni escribir y existe un fuerte rezago en la dotación de servicios básicos.

La población en 2000 de acuerdo al INEGI, es de 7,863 personas de las cuales 3,568 eran hombres y 4,295 mujeres, distribuidos en 10 comunidades. La evolución de la población en el municipio se muestra en el cuadro 5.1 (Menes, 2001):

Cuadro 5.1. Evolución de la población en el municipio.

Año	Población
1960	6,378
1970	6,112
1980	6,056
1990	7,372
1995	7,183
2000	7,863

Las principales comunidades que conforman en municipio y su población en 1995 se muestran en el cuadro 5.2 (CONAPO, 1995).

Cuadro 5.2. Principales poblados en el municipio

Localidad	Población en 1995	Viviendas	Grado de marginación
Xochihuehuetlán	4375	874	Alto
Cacalutla	647	137	Muy Alto
San Miguel Comitlipa	922	171	Muy Alto
Huehuetecacingo	199	45	Muy Alto
Tehuaxtitlán	290	45	Muy Alto
Xihuitlipa	569	84	Muy Alto
Zoyatitlanapa	101	18	Muy Alto
Acazintla	14	3	Muy Alto
Xoxocotitla	20	5	Muy Alto
Tlacoyotl	16	3	Muy Alto

Desde los años 70's el municipio se ha caracterizado por presentar una alta migración hacia Estados Unidos, a tal punto que se estima que el número de familiares trabajando en el extranjero en el año 2000 era de al menos 1589 personas, lo que implica una quinta parte de la población del municipio es migrante (Comunicación Social del H. Ayuntamiento de Xochihuehuetlán, 2004). Eventualmente, la mayor parte de ellos regresa, aunque existe un relevo generacional que ocupa su lugar en el extranjero.

5.1.7.2. ASPECTOS ECONÓMICOS

De acuerdo con la información del XII Censo, la población económicamente activa del municipio se distribuye por sectores de la siguiente manera:

Cuadro 5.3. Distribución por sectores de las actividades económicas.

Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	44.00
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	29.07
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	23.61
Otros	3.32

Los principales cultivos son de subsistencia, maíz y frijol, aunque también se siembra chile y cacahuate. En las partes de vega de río se producen frutales como naranja plátano y mango. Cada vez más los ingresos familiares dependen de las remesas de los migrantes. De acuerdo a una estimación hecha por Comunicación Social del H. Ayuntamiento de Xochihuehuetlán (2004), al año ingresan al municipio unos 9 millones de dólares por este rubro. Lo que ha favorecido el establecimiento de comercios, principalmente en la cabecera municipal.

Un porcentaje indeterminado de la población complementa sus ingresos con la recolección de hojas de palma y la elaboración de artesanías con este producto forestal no maderable, principalmente en la cabecera municipal y en el poblado de Zoyaltitlanapa.

5.2. INFORMACIÓN DE CAMPO

Con el fin de reconocer las áreas en donde crece *Brahea dulcis*, se llevaron a cabo cinco recorridos por la zona de estudio. Tres recorridos se realizaron en camioneta tomando datos generales para referencia posterior utilizando un geoposicionador (GPS) modelo Garmin e-Trex Vista, que cuenta con un altímetro barométrico que le confiere una mayor precisión en las lecturas de altitud del terreno. La información registrada fueron coordenadas y altitud de las principales poblaciones que integran el municipio y de algunos puntos con coberturas de los terrenos fácilmente identificables en las cartas del INEGI, como terrenos de labor, terrenos en vega de río, pastizales, lagunas y áreas con diferentes tipos de vegetación natural.

La información obtenida en los puntos de referencia fue capturada en coordenadas UTM y se les añadieron campos complementarios para identificar si se trataba de pueblos, rancherías o puntos de referencia. En el caso de poblados, se añadieron los campos de número de habitantes y viviendas de acuerdo a la información de CONAPO (1995). Para los puntos de referencia se les añadieron campos con observaciones referentes a la naturaleza del punto (tipo de vegetación, pendiente, exposición y observaciones). El esquema de la base de datos resultante para los puntos de referencia se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.4. Esquema de base de datos de información en campo

Punto	Tipo	Latitud (UTM)	Longitud (UTM)	Altitud	Tipo de vegetación	Pendiente	Exposición	Obs
Xocotitla	Rancho	1975844	554145	1241	Pastizal	5	Cenital	
Palma_1	Ref	1969118	558037	1624	Palma	20	NO	
Encino_1	Ref	1972159	556206	1676	Encino	15	NE	

Los tres primeros recorridos permitieron ubicar en forma general las áreas en donde se podía encontrar la especie. Mediante la intermediación del personal de la presidencia municipal se realizaron entrevistas informales con productores que en alguna forma hacen uso de la especie, convenciéndolos para participar como guías, con lo que fue posible realizar dos recorridos a pie en zonas específicas en donde crece *Brahea dulcis* para tomar información puntual. Dichos recorridos se registraron con la misma unidad GPS además de una brújula tipo Brunton con clisímetro y una cinta de 20 m para efectuar mediciones.

El primer recorrido se efectuó a través del paraje conocido como Palapa, la ruta constó de 5 km (10 de ida y vuelta) y durante el recorrido se tomaron 4 sitios de muestreo en los cuales se encontraba *Brahea dulcis*, se estimó la densidad de individuos contando aquellos en un radio de 17.84 m, al centro del punto y la altura promedio de los especímenes en el sitio.

El segundo recorrido cubrió una ruta de 18 Km, se tomaron datos en los sitios donde el aspecto de la palma variaba en forma evidente, desarrollándose bajo el dosel de encinos y burseras o bien sobre claros en pastizales y áreas donde era la única especie presente. Se tomó la misma información que en los anteriores con el fin de estimar la densidad y la altura de los especímenes presentes.

Con el apoyo del municipio a través del personal que realizaba servicio social, se desarrollaron 38 entrevistas a productores que de alguna forma utilizan a la especie. 18 de ellas se realizaron en el pueblo de Zoyaltitlanapa, que es el más cercano a las áreas de palma ubicadas en los recorridos de campo y el resto en la cabecera municipal, principalmente a amas de casa que son quienes suelen elaborar petates. Con esta información se caracterizó la forma de aprovechamiento de la especie en el municipio y se hicieron las estimaciones de aprovechamiento y beneficios obtenidos por esta actividad. El modelo de entrevista utilizada se muestra en el Anexo 1.

5.3. CLASIFICACIÓN SUPERVISADA DE IMÁGENES SPOT EN LA IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE VEGETACIÓN

Por medio de la presidencia municipal, se obtuvo una imagen multiespectral proveniente de la plataforma SPOT 3 del año 1999 del mes de diciembre. Dicha imagen está compuesta por 4 bandas: una pancromática que tiene como rango los 0.5 a 0.73 μm ; verde de 0.5 a 0.59 μm ; rojo de 0.61 a 0.68 μm e infrarrojo

cercano de 0.78 a 0.89 mm. Con una resolución espacial de 13x13 metros. También se consiguió un juego de 4 ortofotografías digitales escala 1:15,000 que cubren el total del área de estudio, correspondientes al año 1998, así como el modelo de elevación digital del terreno generado por INEGI con las curvas de nivel de la carta topográfica 1:50,000.

Empleando el programa IDRISI en su versión Kilimanjaro se procedió a realizar una clasificación supervisada utilizando la información de los recorridos para delimitar los campos de entrenamiento, principalmente los de palma. En una primera aproximación se utilizó un módulo de clasificación llamado ISOCLUST, que opera en forma similar al módulo MAXLIKE, que fue el empleado para hacer la clasificación supervisada. Dicho módulo permite hacer un estimado de la cantidad de clases distinguibles con la información de las bandas, es decir, permite estimar cuántas clases de “color” son identificables en la imagen.

La aplicación del módulo ISOCLUST permitió establecer que la imagen contenía suficiente información para distinguir al menos 15 clases diferentes de respuestas espectrales en ella. Utilizando esta información y los datos georreferenciados recabados de las observaciones a lo largo del municipio de los recorridos generales, se definieron campos de “entrenamiento” cumpliendo la recomendación de establecer al menos 40 píxel por clase identificada. Este número está en función de 10 veces el número de bandas utilizadas para el análisis de clasificación.

Se establecieron 15 clases para realizar la clasificación supervisada y el módulo utilizado fue el de MAXLIKE o de probabilidad máxima, este módulo del programa emplea la media de los valores de reflectancia de cada píxel así como sus datos de varianza y covarianza para estimar la posibilidad de que un píxel pertenezca a un determinado grupo. En las estimaciones el módulo también considera las interrelaciones entre las diferentes bandas utilizadas para el proceso. Las clases utilizadas para el proceso de clasificación supervisada fueron las siguientes:

Cuadro 5.5. Clases empleadas para la clasificación de imagen de satélite

Clase	Descripción
1. Palma Selva	Zonas con vegetación de selva baja caducifolia (Burseras, principalmente) o encinares en zonas de transición con selva baja en las que se desarrolla <u><i>Brahea dulcis</i></u> en manchones, con porte bajo (menor de 3 m de altura) y densidades medias (507palmas/ha).
2. Palma dispersa	Palmares establecidos en zonas abiertas colindantes a encinares o selva baja mezclados con pastos y/o con especies de selva baja con baja densidad (distancia entre palmas de más de 4m).
3. Agricultura de temporal	Zonas agrícolas establecidas en mesetas o laderas alrededor de las comunidades
4. Encino	Bosques de encinos cerrados en las partes altas (mas de 1700 msnm).
5. Palma	Palmares en donde la dominancia de la especie es casi completa y se presenta con alta densidad sobre el terreno, (hasta 1312 palmas/ha).
6. Cañadas selva	Franjas de terreno limítrofes con barrancas en donde suelen desarrollarse encinos (en las partes altas) u otros tipos de vegetación.

Clase	Descripción
7. Terrenos sin vegetación aparente	Terrenos sin ningún tipo de cubierta vegetal o zonas de roca desnuda.
8. Pastizal	Zonas en donde la cubierta vegetal esta compuesta de diferentes tipos herbaceos, aledaños a zonas pobladas.
9. Selva seca	Selva baja en donde a especie dominante es el llamado localmente "cola de ratón" (<i>Elytraria imbricada</i>), forma amplias áreas en donde se presenta en forma de arbusto, principalmente al norte del municipio.
10. Áreas urbanas	Zonas en donde las áreas con pavimento son suficientemente amplias para ser detectadas en la imagen de satélite.
11. Cuerpos de agua	Áreas con cuerpos de agua de mas de 1 m de profundidad.
12. Terrenos inundables	Zonas pantanosas o con láminas de agua menores a 30 cm.
13. Lecho de Río	Áreas arenosas con agua poco profunda en los arroyos.
14. Cañadas	Vegetación en cañadas o márgenes de terrenos agrícolas con riego.
15. Selva	Zonas con especies de selva baja caducifolia con mayor número de especies que conservan hojas durante la temporada seca.

Una vez realizada la clasificación, la imagen raster obtenida fue sometida a un proceso de vectorización y extracción de las áreas con presencia de palma para obtener un archivo de polígonos y calcular las superficies con la presencia de la especie. Para la elaboración de los mapas de ubicación se utilizó el software Arc Gis 9 y el algoritmo incorporado para medir las superficies de los diferentes polígonos con *Brahea dulcis*.

5.4. VERIFICACIÓN DE LA PRECISIÓN DE LA CLASIFICACIÓN SUPERVISADA

Para verificar la exactitud del trabajo de clasificación y manejar un indicador de certidumbre se procedió a emplear un módulo de IDRISI llamado SAMPLE que permite crear una serie de puntos de muestreo distribuidos de forma sistemática, al azar y al azar estratificado. Con ellos, mediante la información recabada en los recorridos de campo, verificaciones posteriores en puntos accesibles y utilizando las fotografías aéreas, se asignaron los valores verdaderos de cobertura, es decir, coberturas verificadas para contrastarlas con los valores de cobertura obtenidos en la clasificación.

Para establecer el número mínimo de puntos de muestreo, considerando que la variable a medir es de tipo acierto/error (binomial), se utilizó la siguiente fórmula (Chiuveco, 1996):

$$n = \frac{z^2 pq}{E^2} \quad \text{Ec. (5.1)}$$

Donde:

n= número de puntos de muestreo

z= abscisa de la curva normal para un nivel determinado de probabilidad

p= proporción de aciertos estimados

q= proporción estimado de errores (q=1-p)

E= nivel permitido de error, como proporción

Para este estudio se utilizaron los siguientes valores:

z= 1.96 (95% de probabilidad)

p= 0.7

q= 0.3

E= 0.05 (error permitido de 5%)

Con lo cual se establecieron un mínimo de 323 puntos para el área de la imagen que se distribuyeron en forma estratificada al azar, pero considerando que el área del municipio no abarca toda la superficie de la imagen spot, se siguió la recomendación dada en el manual de IDRISI (Eastman, 2004) de dividir el área de la zona de estudio entre el área total para estimar un factor para dividir el número de puntos y obtener un nuevo número estimado del cual se tomaron solo aquellos que cayeron dentro del área de interés, quedando establecidos de la siguiente forma:

$$Nm = \frac{n}{Ae / At} \quad \text{Ec. (5.2)}$$

Donde:

Nm= número de puntos de muestreo modificado

n= número de puntos de muestreo original

At= área total de la imagen

Ae= área de estudio dentro de la imagen

Para el caso, el área total de la imagen es de 34,043.39 ha, y el área de la zona de estudio de 27,563.49 ha. El nuevo número de puntos de muestreo resultó de 399 puntos, de los cuales 207 cayeron dentro de los límites del municipio. Dichos puntos y sus valores de cobertura real y obtenida en la clasificación de la imagen se muestran en el Anexo 2.

Con los datos del valor de cobertura verificado y obtenido en el proceso de clasificación supervisada se generó una matriz de confusión, dicha matriz se compone en la siguiente forma:

Cuadro 5.6. Esquema para construir una matriz de confusión

Valores de cobertura clasificadas por la imagen						
Valores de cobertura verificadas		1	2	...	n	Total
	1					
	2					
	...					
	n					
	Total					

La matriz de confusión es un tipo de tabla de contingencia en cuya diagonal principal aparecen el número de sitios cuya cobertura coincide tanto con la establecida por el proceso de clasificación de la imagen como con la cobertura real en el terreno, mientras que los valores fuera de la diagonal representan errores del proceso de clasificación al asignar en forma equivocada un valor de cobertura (Chiuveco, 1996).

Mediante la matriz de confusión es posible calcular diferentes índices que expresan la fiabilidad de la clasificación o su exactitud, para este estudio se calcularon los índices de fiabilidad global del mapa y el índice de kappa.

El índice de fiabilidad global consiste en estimar la proporción de aciertos en la clasificación, es decir:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ii}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n X_{ij}} \quad \text{Ec. (5.3)}$$

Donde:

F= Fiabilidad global

$\sum X_{ii}$ = sumatoria de los elementos en la diagonal

$\sum \sum X_{ij}$ = sumatoria de todos los elementos de la matriz

Este índice es muy general ya que no considera que pueda haber diferencias importantes entre las categorías.

El índice de kappa intenta determinar hasta que punto la concordancia observada es superior a la que es esperada por el puro azar, el valor máximo que adopta es 1, siendo los valores cercanos a 0 indicadores de una pobre concordancia y 1 una concordancia completa. Fue desarrollado para aplicarse en campo de la psicología por Cohen en 1960 y adaptado para usarse con más de dos evaluadores o categorías por Fleiss (Molinero, 2001). Posteriormente Congalton y Mead en 1983 lo introdujeron al campo de los sensores remotos.

Landis y Kotch (citados por Molinero, 2001) propusieron los siguientes márgenes para valorar el grado de concordancia del índice kappa:

Cuadro 5.7. Grados de acuerdo para el índice de Kappa

Kappa	Grado de acuerdo
0	Sin acuerdo
0 - 0.2	Insignificante
0.2 - 0.4	Bajo
0.4 - 0.6	Moderado
0.6 - 0.8	Bueno
0.8 - 1	Muy bueno

El índice de kappa en su forma más simple se define de la siguiente forma:

$$k = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \quad \text{Ec. (5.4)}$$

Donde:

K= índice kappa

P_o= proporción de concordancia observada

P_e= proporción de concordancia esperada por puro azar

Cuando se tienen más de 2 categorías la fórmula se transforma en:

$$k = \frac{\sum a - \sum ef}{N - \sum ef} \quad \text{Ec. (5.5)}$$

Donde:

Σ_a= sumatoria de elementos concordantes en categoría, es decir, elementos sobre la diagonal.

Σ_{ef}= sumatoria de frecuencias esperadas para cada valor en la diagonal principal.

N= suma total de la matriz.

Finalmente la forma más común de la fórmula del índice es la siguiente:

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_{i.} X_{.i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n X_{i.} X_{.i}} \quad \text{Ec. (5.6)}$$

Donde:

K= índice kappa

N= suma total de los elementos de la matriz de confusión

$\sum X_{ii}$ = sumatoria de los elementos en la diagonal

$\sum X_{i.} X_{.i}$ = sumatoria del producto de los totales de hilera y columna para cada categoría.

Rosenfield y Fitzpatrick introdujeron en el campo de los sensores remotos en 1986 otra forma del índice para estimarlo por categorías y que es el que ha adoptado por el programa IDRISI en sus algoritmos (Estman, 2004):

$$k_c = \frac{P_{ii} - P_{i.} \times P_{.j}}{P_{i.} - P_{i.} \times P_{.j}} \quad \text{Ec. (5.7)}$$

Donde:

K_c = índice kappa por categoría

P_{ii} = Proporción de unidades que concuerdan por categoría

$P_{i.}$ = Proporción de unidades que se esperan concuerden por la hilera i

$P_{.j}$ = Proporción de unidades que se esperan concuerden por columna j

5.5 CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE PALMA

Con el fin de caracterizar las zonas en donde crece la especie aprovechando las ventajas de contar con información en formato digital, se escaneó y georreferenció la carta 1:250,000 de geología y se obtuvieron recortes de las cartas de clima y de suelos para el municipio de los mapas a escala 1:250,000 proporcionados por la CONABIO. El mapa de suelos se actualizó con información de un mapa escala 1:50,000 de una síntesis municipal. Tomando en cuenta que también se tenía a disposición el modelo de elevación digital y acceso a una base de datos de estaciones climatológicas en el estado (ERIC II, extractor rápido de información climatológica desarrollado por el IMTA), se elaboró un modelo para estimar la temperatura media anual en función de la altitud, se eligieron 260 estaciones del estado que cuentan con información de altitud y temperatura media (las estaciones y sus datos se muestran en el Anexo 4) y se ajustó un modelo de regresión lineal del tipo $y=ax+b$ Ec. (5.8), con el fin de aplicarlo al modelo de elevación y así obtener un mapa mas detallado de la variación de temperatura a lo largo del área de estudio.

Donde:

y= temperatura estimada

a=constante de regresión

x= altitud

b= constante de regresión

Empleando nuevamente los datos de la base del ERIC II, se identificaron 4 estaciones que rodean al área de estudio con datos de precipitación media anual y se realizó en el programa Arc Map una interpolación utilizando el método de Krigging ordinario para definir un mapa regional de lluvia media anual. El método de Krigging asume que el parámetro a ser interpolado puede ser tratado como una variable regionalizada, esto es como si fuera una variable intermedia entre una completamente aleatoria y otra completamente determinista, la cual varía en forma continua de acuerdo a la localización de los puntos de control, entre mas cerca esté de ellos, mayor grado de correlación.

El primer paso consiste en construir variograma de la dispersión de los puntos a ser interpolados. Un variograma consiste en dos partes, un variograma experimental y un modelo de variograma. El variograma experimental se obtiene calculando la varianza de cada punto con respecto a los otros y dibujando las varianzas contra las distancias entre los puntos.

Una vez obtenido el variograma experimental se define un modelo para el variograma, es decir, una función matemática que refleje su comportamiento y con esta función se calculan ponderadores para cada uno de los puntos que servirán para realizar la interpolación al resto de la superficie.

Este método de interpolación ha mostrado ser un método geoestadístico muy útil en gran variedad de casos, incluyendo la distribución espacial de variables como la lluvia (Burgués y Webster citados por Obando, 2001)

Mediante la manipulación del modelo de elevación digital, se obtuvieron utilizando el programa Arc Map, los mapas de pendientes y de exposición para el área de estudio, cabe mencionar que dado que el modelo se basa en las curvas de nivel de las cartas topográficas 1:50,000, la equidistancia de las curvas es de 20 m, por lo cual los mapas de pendientes y exposiciones tienen esta resolución, es decir, distinguen variaciones de nivel y exposiciones en donde hay una variación vertical del terreno de al menos 20 m

Una vez que se contó con todas las capas de información recortadas para la zona de estudio, se procedió a realizar una sobreposición y una operación en el programa Arc Map llamada intersección que permite crear nuevos polígonos en donde las diferentes capas de información se intersecan, lo cual es equivalente a realizar una concatenación de las bases de datos asociadas a las diferentes capas de información sobrepuestas a los polígonos de palma, permitiendo caracterizar a cada uno de los polígonos en donde se identificó la presencia de *Brahea dulcis*.

Los polígonos obtenidos contienen una base de datos con el registro sobre la presencia de palma y las características en función de las bases de datos concatenadas, es decir, cada registro de palma corresponde además con sus respectivos datos de pendiente, exposición, altitud, geología, tipo de suelos, temperatura media y precipitación. De esta forma se obtuvieron 9,401 registros de tres diferentes calidades de palma con sus correspondientes características para utilizarlas en un análisis posterior. Esquemáticamente la serie de procedimientos realizados se muestran en la figura 5.6.

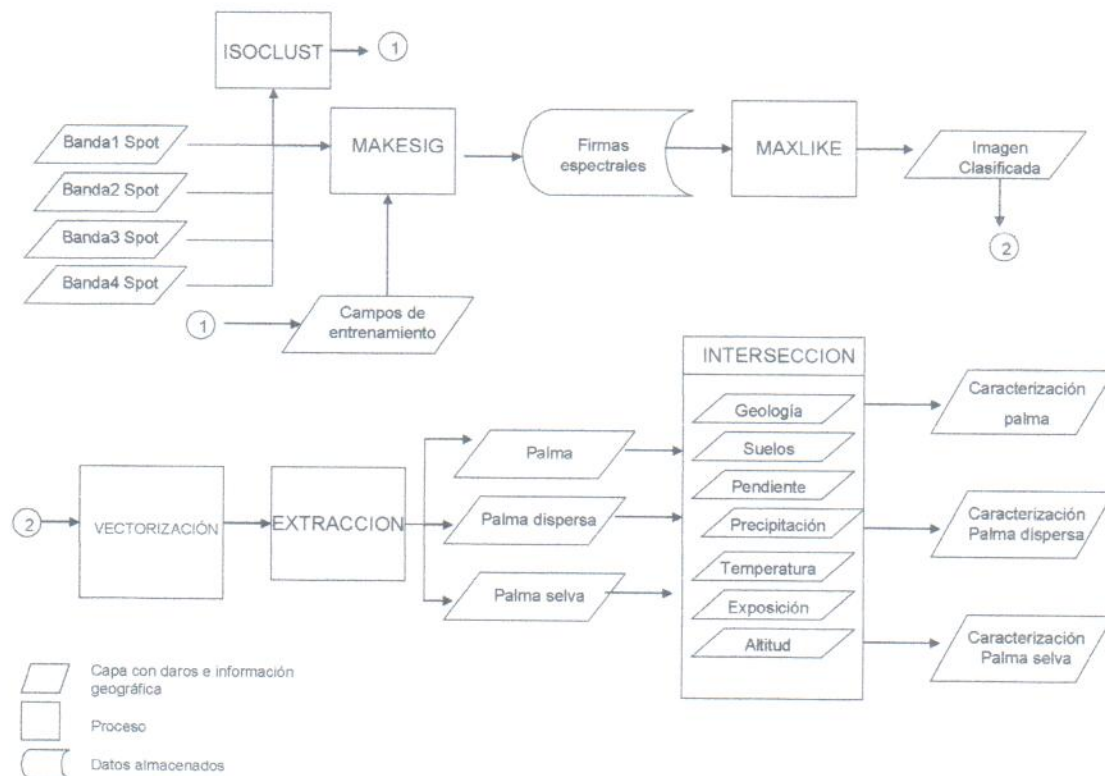


Fig. 5.6 Proceso para la caracterización de las áreas de palma en función de 7 variables.

Para probar si los factores tenían influencia sobre la presencia de palma y su calidad, se manipuló la base de datos para establecer comparaciones entre tres condiciones de presencia de palma y cada uno de los factores utilizando tablas de contingencia.

Las tablas de contingencia son una prueba estadística para probar la independencia entre dos variables de clasificación (Walpole, 1999) y consiste en calcular un estadístico de prueba ji cuadrada utilizando las frecuencias marginales para obtener las frecuencias esperadas en cada evento dados los dos niveles de clasificación.

Una vez con los datos de frecuencia esperada, el estadístico ji cuadrada se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad \text{Ec. (5.9)}$$

Donde:

y_{ij} : Valor de frecuencia observada dado el factor de clasificación i y la segunda condición j

e_{ij} : Valor de frecuencia esperado dadas las frecuencias marginales dado el factor de clasificación i y la segunda condición j

Si $\chi^2 > \chi^2_a$ con v grados de libertad igual a $(r-1)*(c-1)$, en donde r es el número de hileras de la tabla de contingencia y c el número de columnas, se rechaza la hipótesis nula de independencia al nivel de significancia α , en cualquier otro caso, se acepta la hipótesis nula.

La densidad en los manchones de palma fue uno de los criterios para clasificar en tres condiciones distintas a las superficies con presencia de la especie, además de las respectivas condiciones de acuerdo a las variables mencionadas, esto fue así debido a que al planear hacer la delimitación de las superficies analizando imágenes de satélite, la presencia de palma en distintas densidades da por resultado características distintas de color al presentar valores distintos de reflectancia, lo que facilita su identificación mediante una clasificación supervisada.

Las entradas en las pruebas por tablas de contingencia consistieron en probar si las tres diferentes condiciones de densidad observadas en campo y ubicadas en la imagen de satélite, poseían evidencia estadística para afirmar que están determinadas por el factor elegido, es decir, si las variables de exposición, pendiente, altitud, tipo de suelo, etc., propician condiciones diferentes para la presencia de la especie en diferentes calidades, entendida la calidad como la densidad de la especie en los manchones.

5.6. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE PALMA EN EL MUNICIPIO Y USOS DE LA ESPECIE.

Para estimar el consumo de hojas de palma por los productores del municipio se utilizaron los datos obtenidos de las entrevistas a productores. 18 de ellas se realizaron en el poblado de Zoyaltitlanapa que es la comunidad mas cercana a los terrenos en los cuales se desarrolla la especie y quienes la cortan para su venta o consumo local. Las otras 20 entrevistas se realizaron en la cabecera municipal, pues es en esta localidad en donde se ubican los artesanos que trabajan con esta especie.

Se obtuvo también información a través de la presidencia municipal que otorgó facilidades para establecer contactos con algunos de los artesanos y colectores de hojas de palma en el municipio, lo cual facilitó el acopio de la información, que fue organizada en una base de datos en Excel para su análisis.

VI. RESULTADOS

De acuerdo al análisis de clasificación efectuado en la imagen de satélite Spot sobre el territorio que conforma el municipio existen 2,499.2 ha de palmares, que representan menos del 10% de la superficie total del municipio. El índice fiabilidad global para la clasificación es de 73.4 % y el índice de kappa global fue de 0.68, lo que indica que los resultados de la clasificación y por tanto los datos de superficie, son aceptables. La matriz de confusión y los cálculos de los índices se muestran en el Anexo 3. El Cuadro 6.1 muestra las superficies identificadas con presencia de la especie, sus valores de densidad estimados y el índice de kappa obtenido para cada categoría.

Cuadro 6.1. Superficies de Palma por clases de densidad

Clase	Superficie (ha)	Densidad estimada (palmas/ha)	Índice de Kappa
Palma	330.5	1312.5	0.704
Palma dispersa	1820.7	995	0.821
Palma entre selva	348.9	507.5	0.745

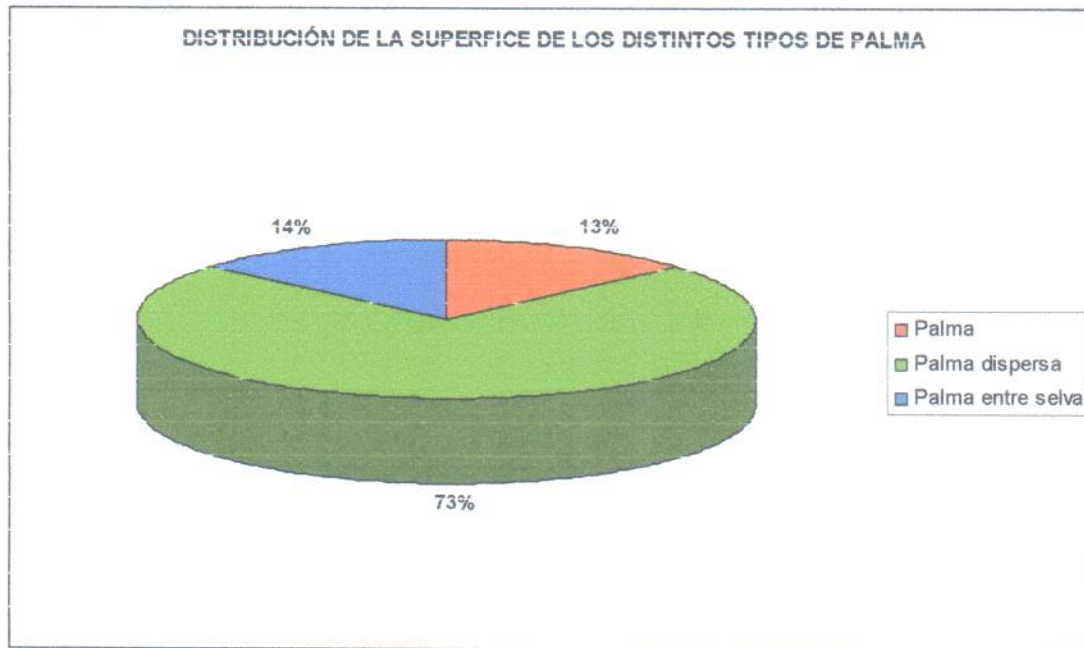


Figura 6.1. Distribución porcentual de la superficie de palmares por tipo

Considerando los datos de densidad se estima que el número de palmas presente es del orden de los 2,422,444 individuos. Si consideramos que la producción máxima de esta especie es de 2 velillas u hojas por mes de acuerdo a otros estudios (Ramírez, 1996), la producción total máxima de cogollos de palma aprovechables al mes para el mercado local es de unos 4,800,000.

Esta cifra hay que tomarla con reserva ya que no fue posible hacer estimaciones de productividad en sitios de muestreo permanente, por lo que el estimado de 2 hojas al mes es el dato de producción máximo que han estimado otros investigadores y que apoyan las opiniones de los productores en la región. El mapa de distribución de la especie con sus tres categorías se muestra en el Anexo

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS EN DONDE CRECE LA ESPECIE

Se probó mediante el uso de tablas de contingencia la relación entre las tres condiciones de palma considerando la frecuencia de polígonos o sitios y su incidencia con los siguientes factores individuales:

- 1) Geología
- 2) Tipo de Suelo
- 3) Pendiente
- 4) Precipitación
- 5) Temperatura
- 6) Exposición
- 7) Altitud

Los resultados se muestran a continuación:

61.1. GEOLOGÍA

La conformación geológica en el municipio es variada, esto se debe a la transición que se lleva a cabo entre el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, la primera con formaciones rocosas de naturaleza ígnea y la segunda con materiales de tipo sedimentario, principalmente calizas, aunque también existen rocas sedimentarias de formación química como el yeso en algunas zonas. La frecuencia de sitios de

palma por material geológico subyacente se muestra a continuación en el Cuadro 6.2, las frecuencias esperadas se muestran en el Cuadro 6.3. El valor de Ji cuadrada para la prueba de hipótesis se muestra en la ecuación 6.1

Cuadro 6.2. Frecuencia de sitios de palma por material geológico subyacente

Tipo	Dolina	Terciario inferior, volcano clástico	Cretácico inferior, calizas	Total general
Palma	24	89	2939	3052
Palma dispersa	109	47	4881	5037
Palma selva	41	5	1356	1402
Total general	174	136	9176	9491

Cuadro 6.3. Frecuencia esperada de sitios de palma por material geológico

Tipo	Dolina	Terciario inferior, volcano clástico	Cretácico inferior, calizas
Palma	55.95	43.73	2950.71
Palma dispersa	92.34	72.18	4869.83
Palma selva	25.70	20.09	1355.47

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 97.4 \quad \text{Ec. (6.1)}$$

Donde:

y_{ij} = valor de frecuencia en la i-ésima hilera y j-ésima columna de la tabla de contingencia

e_{ij} = valor de frecuencia esperada en la i-ésima hilera y j-ésima columna de la tabla de contingencia

χ^2 = valor estimado de ji cuadrada

El valor en tablas con 4 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 9.49$, por lo que existe evidencia que sugiere que el material geológico influye frecuencia de los sitios de palma como se ilustra en la Figura 6.2

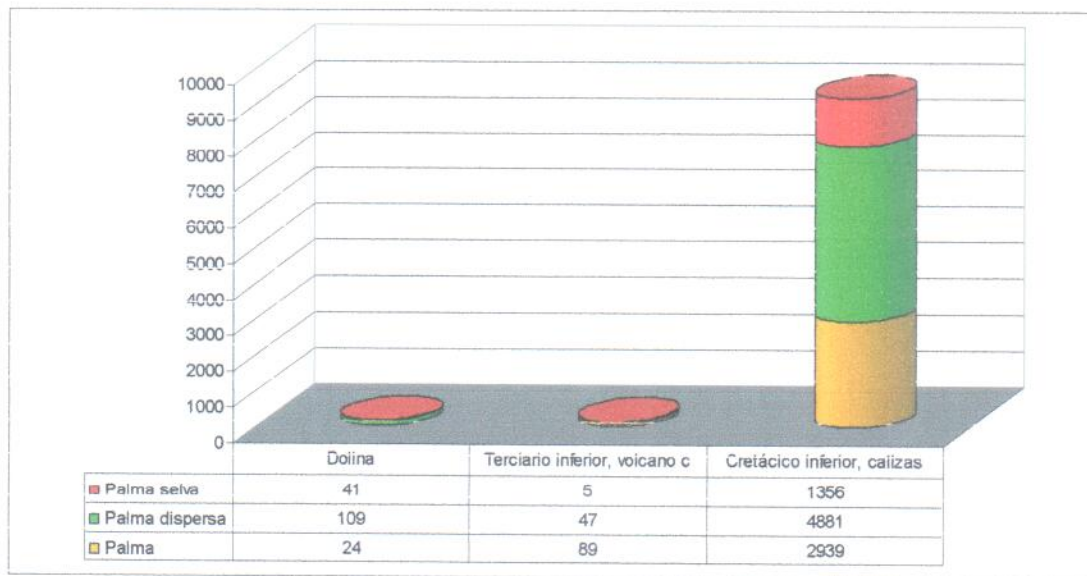


Figura 6.2. Distribución de frecuencias de sitios de palma por tipo de material geológico subyacente

Como puede apreciarse en la figura 6.2, *Brahea dulcis* se establece casi exclusivamente en áreas en donde existen rocas calizas, las dolinas son depresiones formadas en áreas con este tipo de material geológico, por lo que en las orillas no es raro apreciar afloramientos rocosos o incluso en algunas áreas dentro de ellas.

6.1.2 TIPO DE SUELO

Para el tipo de suelo se tomó de acuerdo a las cartas edafológicas de INEGI que está basado en la clasificación de FAO (Ortiz, 1985). El Cuadro VI.4 muestra la frecuencia de los sitios de palma y el Cuadro VI.5 las frecuencias esperadas dadas las frecuencias marginales.

Cuadro 6.4. Frecuencias de clases de palma por tipo de suelo

Tipo	Redzinas (n° de sitios)	Regosol eutríco (n° de sitios)	Vertisol pelíco (n° de sitios)	Total general
Palma	2943	109		3052
Palma dispersa	4933	67	37	5037
Palma selva	1395	5	2	1402
Total general	9271	181	39	9491

Cuadro 6.5. Frecuencias esperadas por tipo de suelos

Tipo	Redzinas (n° de sitios)	Regosol eutríco (n° de sitios)	Vertisol pelíco (n° de sitios)
Palma	2981.26	58.20	12.54
Palma dispersa	4920.24	96.06	20.70
Palma selva	1369.50	26.74	5.76

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 99.63$$

Ec. 6.2

El valor de tablas para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 9.49$, con 4 grados de libertad, por lo que existe evidencia que sugiere que el tipo de suelo influye en la calidad de los sitios de palma como se ilustra en la Figura 6.3.

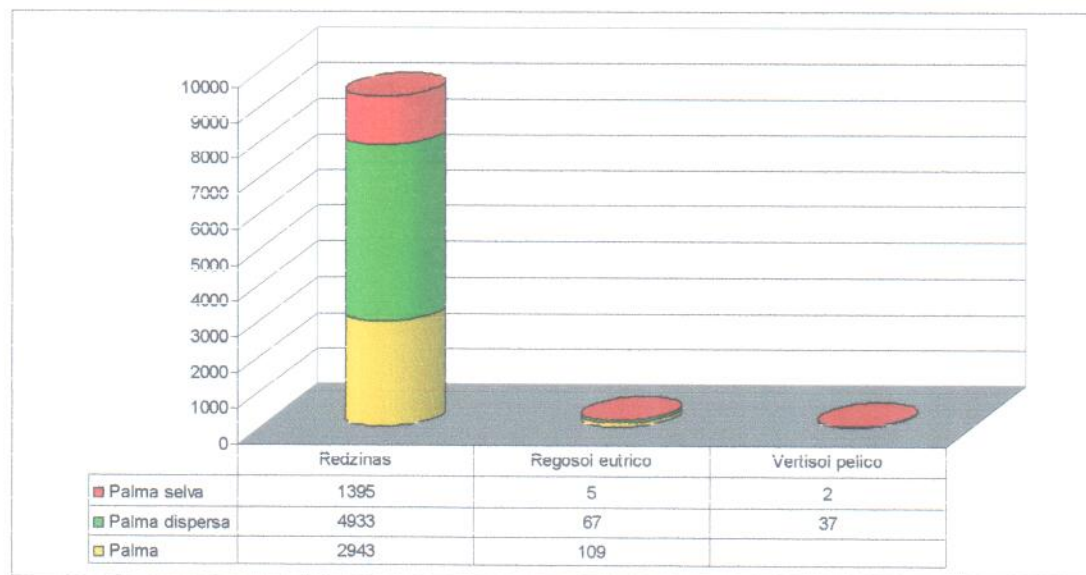


Figura 6.3. Frecuencia de sitios con palma con respecto al tipo de suelos

Como puede observarse en la Figura 6.3, la palma se desarrolla exclusivamente en suelos derivados de material calizo, principalmente del tipo redzinas, que son suelos delgados que yacen directamente sobre roca caliza. Dichos suelos no son aptos para la agricultura y se concentran en la parte sur del municipio, sobre terrenos escapados que forman pequeños valles y cañadas, a veces de difícil acceso.

6.1.3 TIPO DE PENDIENTE

La parte sur del municipio se encuentra sobre un complejo de profundas cañadas y elevaciones, aunque la naturaleza del material geológico permite la formación de pequeñas depresiones que dan lugar a sitios relativamente planos o con escasa pendiente llamados dolinas. Las clases de pendiente y el tipo de sitio de palmas se muestra en el Cuadro 6.6. Las frecuencias esperadas para cada combinación se muestran en el Cuadro VI.7

Cuadro 6.6. Frecuencias de clases de palma por clase de pendiente

Tipo	0-10 %	10-40%	40-60%	60-80%	mas de 80 %	Total general
Palma	300	1737	754	219	42	3052
Palma dispersa	867	2405	1247	400	118	5037
Palma selva	138	734	428	96	6	1402
Total general	1305	4876	2429	715	166	9491

Cuadro 6.7. Frecuencias de sitios de palma esperadas por clase de pendiente

Tipo	0-10 %	10-40%	40-60%	60-80%	mas de 80 %
Palma	419.65	1567.96	781.09	229.92	53.38
Palma dispersa	692.58	2587.76	1289.10	379.46	88.10
Palma selva	192.77	720.28	358.81	105.62	24.52

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 169.72$$

Ec 6.3

El valor de tablas con 8 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 15.51$, lo que sugiere que el tipo de pendiente en el terreno también influye en la presencia y el tipo de palmar que se desarrolla en ellas. La composición proporcional de sitios por tipo de clase de pendiente para las tres condiciones de palma se muestra en Figura 6.4.

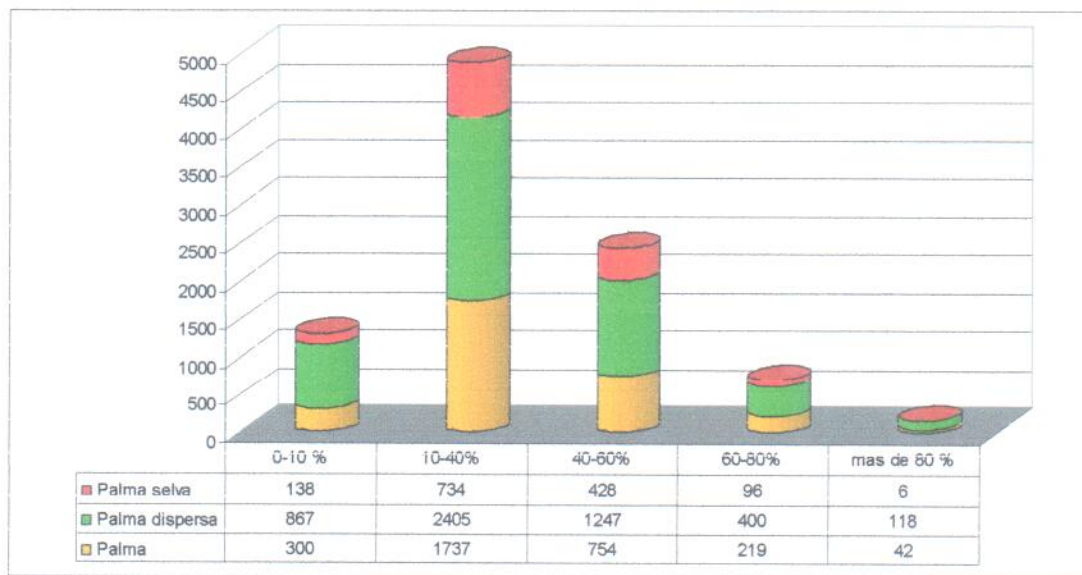


Figura 6.4. Frecuencia de sitios con palma con respecto al tipo de pendiente

La Figura 6.4 permite apreciar que la especie se encuentra ampliamente distribuida en sitios con pendientes de moderadas a fuertes. Los sitios en donde se desarrolla *Brahea dulcis* en condiciones de mayor densidad se ubican en pendientes moderadas, entre 10 y 40%, en condiciones de pendiente mas

pronunciadas los la frecuencia de los sitios de palma se reducen de manera considerable.

6.1.4 PRECIPITACIÓN

Los valores de precipitación en las zonas en donde se desarrolla la especie varían entre 763 a 893 mm, se trata de zonas no muy secas, aunque con 5 meses de estiaje a lo largo del año. Los datos de frecuencia de sitios por rango de precipitación se muestran en el Cuadro 6.8 y las frecuencias relativas esperadas en el Cuadro 6.9.

Cuadro 6.8. Frecuencia de sitios de palma por clase de precipitación anual

Tipo	762-793 mm	793-823 mm	823-858 mm	858-898 mm	898-933 mm	Total general
Palma	106	751	1430	763	2	3052
Palma dispersa	197	1013	2114	1707	6	5037
Palma selva	1	405	708	288		1402
Total general	304	2169	4252	2758	8	9491

Cuadro 6.9 Frecuencia esperada de sitios de palma por clase de precipitación anual

Tipo	762-793 mm	793-823 mm	823-858 mm	858-898 mm	898-933 mm
Palma	97.76	697.48	1367.31	886.88	2.57
Palma dispersa	161.34	1151.12	2256.59	1463.71	4.25
Palma selva	44.91	320.40	628.10	407.41	1.18

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 211.35 \quad \text{Ec. (6.4)}$$

El valor de tablas con 8 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 15.51$ por lo que existe evidencia estadística que apoya la no independencia entre factores, estando por ende condicionado el establecimiento de los distintos tipos sitios de palma por la precipitación.

La Figura 6.5 muestra las frecuencias de los sitios de palma respecto al rango de precipitación.

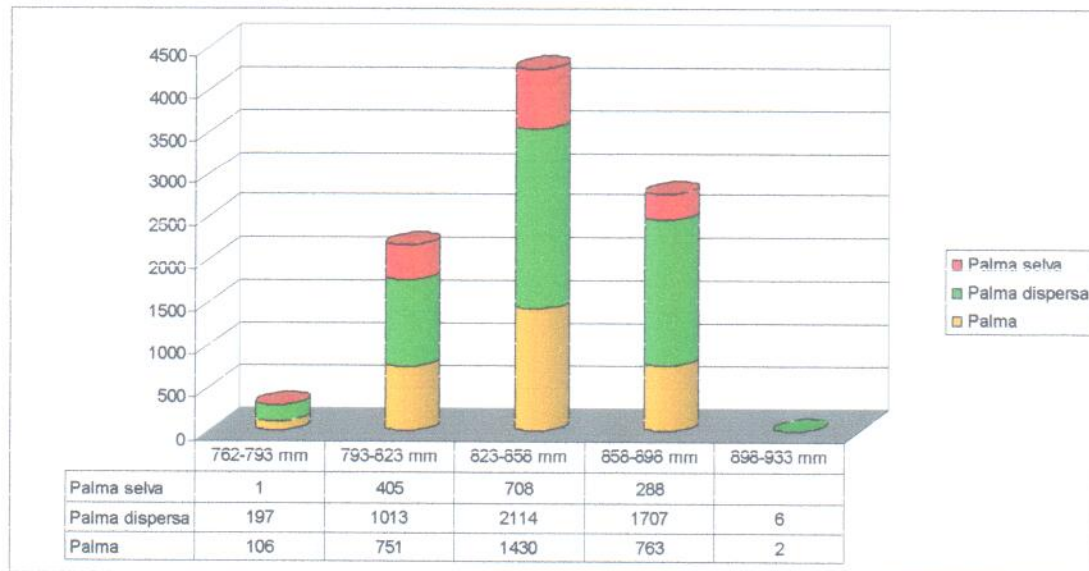


Figura 6.5 Frecuencia de sitios con palma con respecto al rango de precipitación

La diferencia en precipitación entre el rango inferior y el superior es de 171 mm, las partes más lluviosas se encuentran en el extremo sur del municipio, en donde

casi no hay palmares, estos, como puede verse se concentran en las partes con precipitaciones que van de 828 a 853 mm., bajo condiciones de precipitaciones mayores a 898 mm la especie prácticamente no se desarrolla. La frecuencia de los sitios con *Brahea dulcis* también disminuyen de manera ostensible bajo condiciones de lluvia media anual inferiores a 793 mm.

6.1.5 TEMPERATURA MEDIA ANUAL

Este dato, como se mencionó en la metodología, se obtuvo ajustando un modelo lineal del tipo $y=ax + b$ (Ec. 6.5), en donde:

y = temperatura media anual (°C)

a = constante de regresión

x = altitud (msnm)

b = constante de regresión.

El modelo obtenido para la región es el siguiente:

$$y=0.0058x + 26.085 \quad \text{Ec (6.5)}$$

Con una r^2 de 0. 865

Los datos de las estaciones utilizadas y los resultados de la regresión se muestran en el Anexo 4.

Los datos de altitud se tomaron del modelo de elevación digital, lo que dio como resultado un mapa de temperaturas. Posteriormente se eligieron rangos para manejarlo como archivo vector y concatenarlo con las demás bases de datos.

Los rangos y la frecuencia de sitios de palma por clase se muestran en el Cuadro 6.10 y las frecuencias esperadas en el Cuadro 6.11.

Cuadro 6.10. Frecuencia de sitios de palma por clase de temperatura media anual.

Tipo	17-19 °C	15-17 °C	19-22 °C	Total general
Palma	1667	1321	64	3052
Palma dispersa	2096	2896	45	5037
Palma selva	434	968		1402
Total general	4197	5185	109	9491

Cuadro 6.11. Frecuencia esperada de sitios de palma por clase de temperatura media anual.

Tipo	17-19 °C	15-17 °C	19-22 °C
Palma	1349.62	1667.33	35.05
Palma dispersa	2227.40	2751.75	57.85
Palma selva	619.98	765.92	16.10

$$\chi^2 = \sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 313.85$$

Ec (6.6)

El valor de tablas con 4 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 9.49$ por lo que existe evidencia estadística que apoya la no independencia entre factores de clasificación, sugiriendo que el establecimiento de los distintos tipos sitios de palma se encuentra condicionado por la temperatura. Esta relación se ilustra en la Figura 6.6.

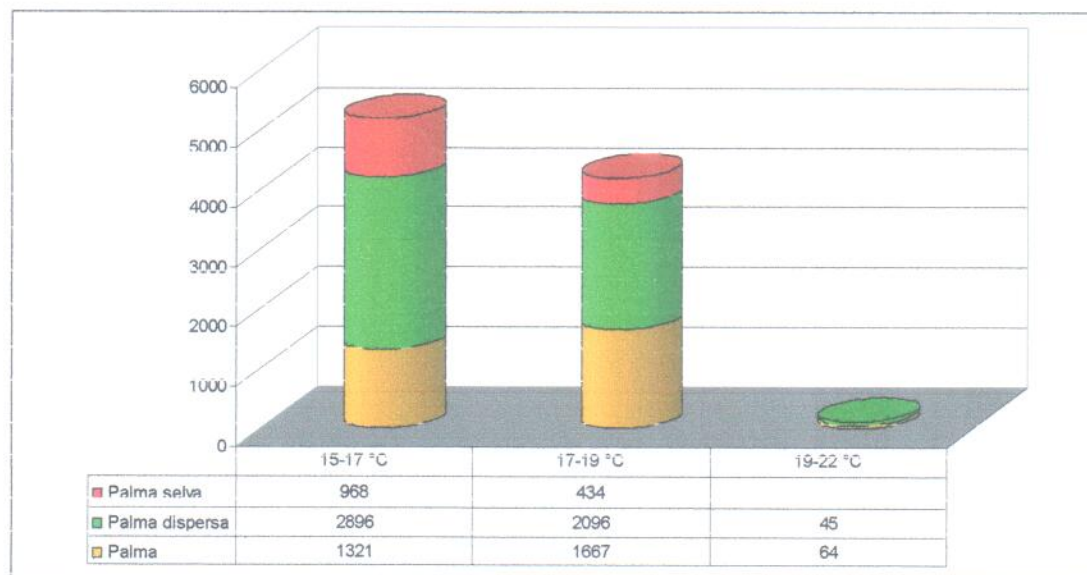


Figura 6.6 Frecuencia de sitios con palma con respecto al rango de temperatura media anual

La Figura 6.6 permite apreciar que *Brahea dulcis* se establece en las zonas con temperatura media anual templada, la frecuencia de sitios baja de forma drástica en las áreas en donde la temperatura media supera los 19° C, en cambio se concentran en las zonas en donde las temperaturas son más frescas durante el año en la zona del municipio.

6.1.6 EXPOSICIÓN

La variada configuración topográfica de la zona de estudio se refleja en la orientación de las diferentes áreas. El Cuadro 6.12 muestra la frecuencia de sitios de palma por tipo de exposición y el Cuadro 6.13 las frecuencias esperadas.

Cuadro 6.12 Frecuencia de sitios de palma por tipo de exposición.

Tipo	Cenital	Este	Noreste	Noroeste	Norte	Oeste	Sur	Sureste	Suroeste	Total general
Palma	68	47	766	918	64	111	35	272	771	3052
Palma dispersa	141	201	837	937	137	235	158	922	1469	5037
Palma selva	23	26	465	559	64	39	13	77	136	1402
Total general	232	274	2068	2414	265	385	206	1271	2376	9491

Cuadro 6.13 Frecuencias esperadas de sitios de palma por tipo de exposición.

Tipo	Cenital	Este	Noreste	Noroeste	Norte	Oeste	Sur	Sureste	Suroeste
Palma	74.60	88.11	665.00	776.26	85.22	123.80	66.24	408.71	764.05
Palma dispersa	123.13	145.42	1097.52	1281.14	140.64	204.32	109.33	674.54	1260.97
Palma selva	34.27	40.47	305.48	356.59	39.15	56.87	30.43	187.75	350.98

$$\sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 893.17 \quad \text{Ec (6.7)}$$

El valor de tablas con 16 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 26.3$, lo que sugiere que el tipo de exposición en el terreno también influye en la presencia y el tipo de palmar que se desarrolla en ellas. La frecuencia de sitios por tipo de exposición para las tres condiciones de palma se muestra en la Figura 6.7

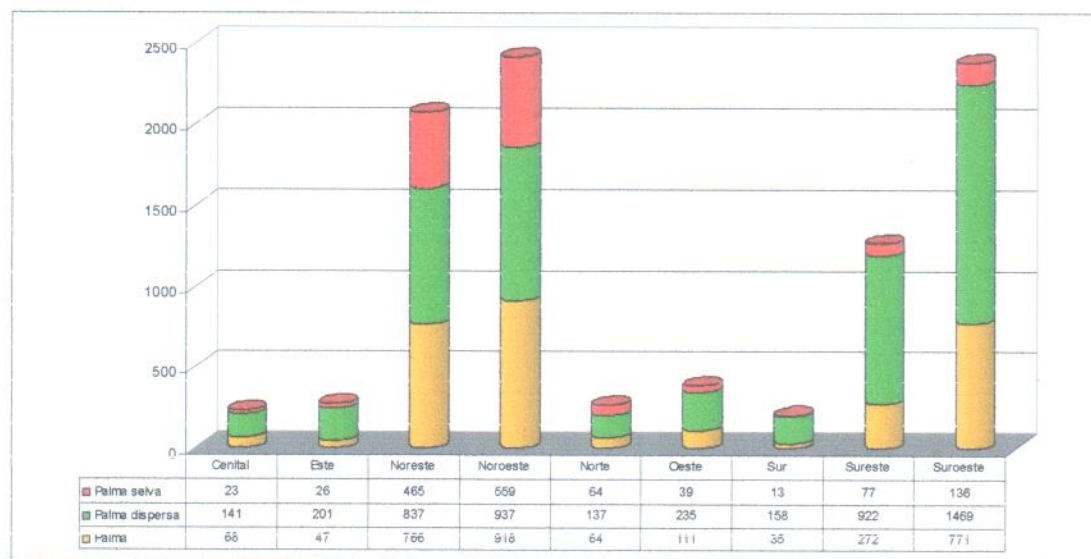


Figura 6.7. Frecuencia de sitios de palma por tipo de exposición

Como puede apreciarse en la figura 6.7, las exposiciones noroeste, suroeste y noreste son las que albergan la mayor parte de los sitios de palma, por el contrario, las exposiciones sur, cenital y este son las que contienen el menor número de sitios, los sitios de palma se concentran principalmente en las exposiciones de tipo noroeste, las de palma dispersa en la suroeste y la palma con selva en exposición noroeste.

6.1.7 ALTITUD

La variación altitudinal del área de estudio es de amplia, 850 m, esto es un reflejo de la accidentada topografía de la región, en donde sólo es posible encontrar pequeños valles intermontanos o mesetas altas, para su análisis se establecieron clases de altitud. La frecuencia por clase se muestra en el Cuadro 6.14 y las frecuencias esperadas en el Cuadro 6.15

Cuadro 6.14 Frecuencias de sitios de palma por clase de altitud (msnm)

Tipo	1070-1120	1120-1170	1170-1220	1220-1270	1270-1320	1320-1370	1370-1420	1420-1470	1470-1520	1520-1570	1570-1620	1620-1670	1670-1720	1720-1770	1770-1820	1820-1870	1870-1920	Total general
Palma	1	10	13	29	37	68	74	141	210	308	395	654	530	345	192	40	5	3052
Palma dispersa	1	1	11	20	40	63	83	154	207	288	514	1165	982	909	456	130	13	5037
Palma selva								2	16	44	158	363	379	288	121	30	1	1402
Total general	2	11	24	49	77	131	157	297	433	640	1067	2182	1891	1542	769	200	19	9491

Cuadro 6.15 Frecuencias esperadas de sitios de palma por clases de altitud (msnm)

Tipo	1070-1120	1120-1170	1170-1220	1220-1270	1270-1320	1320-1370	1370-1420	1420-1470	1470-1520	1520-1570	1570-1620	1620-1670	1670-1720	1720-1770	1770-1820	1820-1870	1870-1920
Palma	0.64	3.54	7.72	15.76	24.76	42.13	50.49	95.51	139.24	205.80	343.11	701.66	608.08	495.86	247.29	64.31	6.11
Palma dispersa	1.06	5.84	12.74	26.00	40.86	69.52	83.32	157.62	229.80	339.66	566.27	1158.02	1003.58	818.36	408.12	106.14	10.08
Palma selva	0.30	1.62	3.55	7.24	11.37	19.35	23.19	43.87	63.96	94.54	157.62	322.32	279.34	227.78	113.60	29.54	2.81

$$\sum_i \sum_j \frac{(y_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} = 528.28 \quad \text{Ec. (6.8)}$$

El valor de tablas con 30 grados de libertad para la prueba es: $\chi^2_{0.05} = 43.8$ por lo que existe evidencia estadística que apoya la no independencia entre factores de clasificación, sugiriendo que el establecimiento de los distintos tipos sitios de

palma se encuentra condicionado por la altitud. Esta relación se ilustra en la Figura 6.8

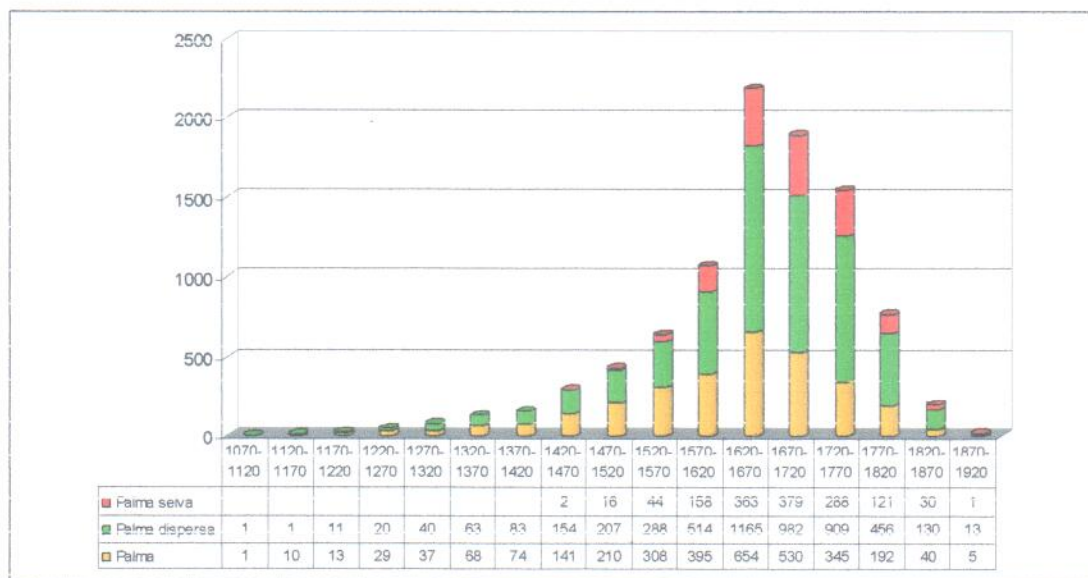


Figura 6.8 Frecuencia de sitios de palma por clase altitudinal (msnm)

De la Figura 6.8 podemos apreciar que la mayor parte de los sitios de palma se ubican entre 1620 y 1720 msnm, esta variable tiene que ver mucho con la temperatura, ya que esta última se encuentra íntimamente ligada a la altitud debido al gradiente altitudinal (Elias y Casteivi, 1996).

Resumiendo los resultados presentados con anterioridad, en el Cuadro 6.16 se muestran las condiciones predominantes para los sitios de palma en el área de estudio.

Cuadro 6.16 Condiciones predominantes por clase de sitio de palma.

Condición	Geología	Suelos	Pendiente (%)	Precipitación (mm)	Temperatura Media anual (°C)	Exposición	Altitud (msnm)
Palma	Calizas	Redzinas	10-40	823-858	17-19	Noroeste	1620-1670
Palma-Selva	Calizas	Redzinas	10-40	823-858	15-17	Noroeste	1670-1720
Palma dispersa	Calizas	Redzinas	10-40	823-858	15-17	Suroeste	1620-1670

Es posible apreciar que las condiciones que favorecen el desarrollo de la palma son similares para las tres condiciones de densidad, pero es la condición de palma dispersa la que presenta una distribución en una mayor variedad de condiciones, lo cual a su vez se refleja en la mayor superficie con respecto a los otros dos tipos que se encuentran más restringidos.

6.2. CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE PALMA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

De las 38 entrevistas y de la presidencia municipal se averiguó que los productores que utilizan de algún modo a la especie se concentran en dos localidades, la cabecera municipal, Xochihuehuetlán y el poblado de Zoyaltitlanapa al sur del municipio.

En Zoyaltitlanapa habitan unas 100 personas en 18 viviendas de acuerdo a la información del INEGI en el año 2000, prácticamente en todas las familias al menos una persona se dedica a la recolección de palma, si bien es una actividad complementaria a sus labores normales que son la agricultura y la ganadería, dada la cercanía del pueblo a los sitios donde crece la especie, esta actividad es muy importante sobre todo para quienes no tienen familiares trabajando en Estados Unidos debido a los escasos ingresos que se perciben en la comunidad.

La recolección de las velillas se realiza casi exclusivamente en terrenos comunales, sólo en un caso en terrenos bajo el régimen de pequeña propiedad. Los tiempos de traslado entre los parajes de corta y la comunidad es en promedio de 8 horas y media, aunque es muy variable, hay recolectores que hacen desde 4 horas hasta quienes hacen 14.

Los parajes mas visitados por los recolectores de Zoyaltitlanapa son Palapa, Loreto, Cacintla, Tlmacaxiapa y La Poza, en ese orden, aunque suelen visitar al menos otros seis, Almogotito, Cañada Aguacate, Chiquilecho, Pajaritos, Potrero y Quebrado. El paraje de Palapa dista del centro del pueblo 5 kilómetros, la cercanía y la calidad de palma en este sitio son los que hacen de este lugar el sitio más estimado para los recolectores.

Los periodos de corta también son muy variables y dependen casi siempre de las necesidades económicas familiares al ser la palma un recurso disponible en los terrenos comunales. Hay productores que recolectan cada 3 días hasta quienes

solo lo hacen una vez cada 90, la mayoría de los entrevistados recolectan palma al menos una vez a la semana, las escogen atendiendo en primer lugar a la característica de tamaño, eligiendo aquellas cuyo longitud sea superior a 50 cm, también consideran el color como indicador de calidad, las velillas rojas o manchadas no son consideradas para su uso.

La intensidad de corta varía entre 200 y 600 velillas, la media de recolección por cada salida es de 421 velillas y realizan esta actividad durante todo el año, aunque consideran que existen periodos en los cuales es posible encontrar palma de mejor calidad, esto es en temporada de secas, de diciembre a mayo, aunque también algunos productores aseguran que es posible encontrar velillas de muy buena calidad en los meses de septiembre y octubre.

Para la recolección de palma no suelen utilizar herramienta especializada, normalmente les basta con el machete, algunos utilizan ganchos para las velillas en las palmas mas altas, aunque la corta la realizan preferentemente en palmas de porte pequeño (50 cm a 1 m de alto), sin embargo también cortan de las palmas mas altas (hasta de 6 m).

La forma de venderla en el mercado difiere de la región de Chilapa, los recolectores en este caso no cocen las velillas ni la trenzan para elaborar cinta, la comercializan en manojos de 50 pares (1 ciento), los precios van de 20 a 35 pesos por ciento, dependiendo de la calidad, en el mercado de Xochihuehuetlán. Sin embargo, no suelen venderla toda, comúnmente la utilizan ellos mismos para

elaborar artesanías y petates que comercializan en el mismo lugar. En promedio los ingresos que obtienen por la venta de sus productos al mes la estiman ellos mismos en unos 550 pesos.

En Xochihuehuetlán la gente que utiliza palma son generalmente amas de casa y personas de edad avanzada. De las entrevistas se infiere que prácticamente todos ellos la compran como materia prima en el mercado local en vez de ir a recolectar en los terrenos comunales. Esto se debe principalmente a la distancia y al complicado traslado por la accidentada topografía de la zona sur del municipio.

Elaboran primordialmente petates por los cuales son conocidos en otros municipios de la región, pero en los últimos años también han comenzado elaborar aventadores, escobetillas, sombreros y tanates. Los trabajos que realizan los artesanos no suelen ser tan complejos como los que se realizan en la zona de Chilapa, sin embargo tienen buena demanda en los mercados locales.

La elaboración de petates tiene ya varias generaciones arraigada en la población, la técnica de tejido es transmitida de padres a hijos en el caso de todos los entrevistados, pero los artesanos de mayor edad cuentan que fueron gente del vecino estado de Oaxaca quienes enseñaron a los Xochehños a elaborar artesanías con esta especie.

La cantidad de palma que utilizan para la elaboración de un petate varía dependiendo de la calidad y del tamaño del petate que decida hacer el artesano,

se usan entre 30 y 50 pares normalmente, es decir, se llega a utilizar hasta un ciento de hojas por cada petate que se elabora. Los artesanos mas diestros pueden tejerlo hasta en 1 día, pero quienes no pueden dedicarle tiempo completo sino solo unos pocos ratos, suelen emplear hasta una semana, la variabilidad del tiempo se debe a que muchos lo consideran como una actividad complementaria y otros, al no tener otras fuentes de ingreso, dedican mayores esfuerzos en esta actividad, además de la diferencia normal entre las habilidades de los artesanos.

El costo del ciento de la palma en Xochihuehuetlán varía entre 25 y 30 pesos, pero algunos prefieren adquirirla directamente en Zoyaltitlanapa o bien en Vista Hermosa, que es un poblado de Oaxaca limítrofe con el mismo pueblo de Zoyaltitlanapa en la parte sur del municipio. La mayoría de los artesanos prefiere aquella que colectan en Zoyaltitlanapa, pero también hay quienes opinan que la que obtienen en Vista Hermosa, Oaxaca es mejor.

El precio de venta de los petates individualmente varía en función del sitio de venta y del tamaño, aquellos que son comercializados en el mercado de Xochihuehuetlán se venden entre 30 y 40 pesos, pero hay artesanos que se desplazan a otros pueblos para vender sus productos. Los mercados regionales con mas actividad y en donde los artesanos suelen vender sus productos son los de Tlapa y el de Tulcingo.

El mercado en Tlapa se ubica en el municipio del mismo nombre, es conocido entre los habitantes de la región como “el corazón de la montaña”,

tradicionalmente ese lugar ha sido un espacio de actividad comercial desde la época prehispánica, se encuentra a 30 km de Xochihuehuetlán. Tulcingo es un municipio de población predominantemente mixteca o Ñu Savi como ellos mismos se nombran, se encuentra a unos 10 kilómetros del municipio en el estado de Puebla y es una de las ciudades que presenta mayor actividad comercial en la región. También hay artesanos que se desplazan a otras ciudades, principalmente del estado de Puebla para comercializar sus productos, como Piaxtla, Tecamatlán e Izúcar de Matamoros, además de ferias en poblados cercanos, en estos sitios el precio de sus petates puede alcanzar hasta 50 pesos, pero deben cubrir generalmente sus costos de traslado.

La cantidad de petates que elaboran es muy variable, hay quienes hacen desde 2 al mes hasta 24, el promedio es de 8, los ingresos familiares por esta actividad por consiguiente también varían, pero en ningún caso van mas allá de 840 pesos al mes.

Considerado los valores máximos de recolección y de uso de velillas para la elaboración de petates en el municipio y tomando en cuenta que de las entrevistas se desprende que al menos una persona por hogar en ambos poblados podría dedicarse a estas actividades, recolección y elaboración de petates en Zoyaltitlanapa y elaboración de petates en Xochihuehuetlán, el consumo máximo o demanda máxima de hojas de *Brahea dulcis* al mes en el municipio se resumiría en el Cuadro 6.17.

Cuadro 6.17. Resumen de uso máximo de hojas de palma.

Poblado	Colector	Artesano	Demanda máxima de hojas al mes
Zoyaltitlanapa	x	x	259,200
Xochihuehuetlán		x	1,048,800

Se deben considerar estas cifras como aproximadas, la dinámica regional es compleja, algunos de los artesanos de Xochihuehuetlán suelen comprar su materia prima en Vista Hermosa, en el estado de Oaxaca y algunos de los que la comercializan en la plaza de la cabecera también proceden de allí. De aquí desprende que parte de la palma no procede de la región del municipio, sin embargo, también comentan los recolectores de Zoyaltitlanapa que al lindar con el poblado de Vista Hermosa, Oaxaca y dado el carácter comunal y de libre tránsito en la zona montañosa, ellos también suelen pasar a los terrenos del estado de Guerrero, el nivel de aprovechamiento de los recolectores de Vista Hermosa debe ser pequeño, pero difícil de cuantificar.

También es necesario comentar que aunque la mayor demanda de hojas de palma proviene de Xochihuehuetlán, las hojas de palma que se comercializan en los mercados locales no provienen necesariamente de la zona, algunos de los oferentes provienen del vecino estado de Oaxaca, lo que hace que la cifra que mejor refleja la extracción en la región sea la demanda máxima del poblado de Zoyaltitlanapa, ellos la cortan para tener materia prima para elaborar sus trabajos

VII. CONCLUSIONES

- La huella espectral funciona para la identificación de áreas con palma.
- Se identificaron y localizaron 2,499.2 ha de palmares en el área que comprende el municipio de Xochihuehuetlán. Estas zonas en donde se desarrolla *Brahea dulcis* poseen características diversas, pero las preferentes se distinguen por tener suelos derivados de material calcáreo en laderas cuya pendiente varía entre 10 y 40 % localizados en la franja de los 823 a los 858 mm de precipitación anual y de 15 a 19 °C de temperatura media anual, con exposición noroeste y suroeste entre los 1620 a los 1720 msnm.
- La producción máxima de hojas de palma en el área del municipio es del orden de los 2, 000,000 de hojas al mes.
- La demanda máxima mensual de hojas de palma en el municipio de Xochihuehuetlán es de 1,048,800 hojas, sin embargo, solo 259,000 se cortan mensualmente como máximo en el área del municipio.
- Las actividades de recolección y de utilización de la especie para realizar trabajos artesanales tiene gran importancia para la gente en el municipio de Xochihuehuetlán desde el punto de vista cultural y como complemento en el ingreso familiar, sobre todo para las familias que no tienen miembros en los Estados Unidos y cuyos ingresos dependen únicamente de las actividades que realizan dentro del municipio.

VIII. RECOMENDACIONES

Las características del mercado de palma a nivel regional hacen difícil pensar que en el corto plazo puedan existir condiciones para buscar mejorar la forma de aprovechamiento actual que se realiza para esta especie, los bajos precios de ésta como materia prima y como artículos, principalmente petates, desincentivan la búsqueda de mejores métodos de aprovechamiento, por una parte, y por otra, la presión sobre el recurso en la región es baja, por lo que los productores aún no han tenido que enfrentarse a los problemas que se derivan de la pérdida en la calidad de las hojas.

Existen nichos de mercado no explorados para esta especie que deben investigarse y probarse, específicamente su potencial como palma de ornato y los esfuerzos que se realizan en otras regiones para buscar mercados en el extranjero donde los beneficios por ésta actividad serían mayores.

La siguiente tarea después de la ubicación y caracterización de las áreas en donde se le encuentra la especie sería reforzar el trabajo en el aspecto de organización con los colectores-artesanos de Zoyaltitlanapa y con los artesanos en Xochihuehuetlán. Esto facilitaría la búsqueda de recursos para financiar proyectos de investigación referentes a la propagación, por una parte y de mercado por otra, posteriormente si funciona un esquema de cooperación, se podrían emular las funciones que desarrolló en su momento el FIDEPAL para

mejorar las condiciones de venta de sus productos ampliando la capacidad de traslado de sus mercancías a otras ciudades o incluso aprovechando la condición del municipio con sus miembros que radican en Estados Unidos, esto exigiría además la diversificación y refinamiento de sus trabajos con el fin de alcanzar a un mayor público.

En la medida en la que pueda impulsarse este tipo de trabajos, podrán ampliarse y mejorarse las opciones de ingresos que permitan a la población del municipio acceder a mejores condiciones de vida utilizando en forma adecuada sus propios recursos naturales.

IX. BIBLIOGRAFIA

Canada Centre for Remote Sensing, 2006. Fundamentals of Remote Sensing.
http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php#tutor

Casas, A. J. L. Viveros y J. Caballero. 1994. Etnobotánica Mixteca, sociedad, cultura y recursos naturales en la Montaña de Guerrero. Instituto Nacional Indigenista. CONACULTA México

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. CONABIO. México

Chiuveco, E. 1996. Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp, S.A. Madrid.

Comunicación Social del H. Ayuntamiento de Xochihuehuetlán, 2004. Suplemento especial dedicado a los emigrantes de Xochihuehuetlán que se encuentran en los Estados Unidos de Norteamérica de la revista Tlalcosa, abril 2004.

CONABIO, 2006. Geoinformación, obtención de metadatos y cartografía en línea.
<http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl>

CONABIO, 2006. Proyectos apoyados. Conservación, restauración, manejo y uso.
http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-in/proy_apoyados.cgi?ComiteEval=6

CONAPO. 2006. Índices de marginación. 03/2006.
<http://www.conapo.gob.mx/00cifras/2000.htm>

Eastman, J, R., 2004. Guía para SIG y Procesamiento de Imágenes. Clark Labs 2004. EUA.

Eccardi, F. 2003. La palma camedora, Biodiversitas año 8, num. 50, septiembre de 2003. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para la Biodiversidad. México.

Elias, C, F. y Castellvi, S, F. 1996. Agrometeorología. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. España

Illsey, C, G, Et Al 2004. Proyecto de comercialización de productos forestales no maderables: Factores de éxito y fracaso. Palma Soyate, *Brahea dulcis*. UNEP, WCMC, GEA. México.

Jonson, V, D. 1995. Tropicals palms. FAO. Roma 1995

Lira, J. 1997. La Percepción Remota, Nuestros Ojos Desde el Espacio. La ciencia para todos Núm 33. Fondo de Cultura Económica. México

Lira, J. 2002. Introducción al tratamiento digital de imágenes. IPN, UNAM, FCE. México.

López, C., Susana, K., Warnholtz G., (eds) 2005. La riqueza de los bosques mexicanos más allá de la madera, experiencias de las comunidades rurales. SEMARNAT, CECADESU, CONAFOR, PROCYMAF, CIFOR. México.

Marshall, E., Schreckenberg, K. and Newton, A.C. (eds) 2006. Commercialization of Non-timber Forest Products: Factors Influencing Success. Lessons Learned from Mexico and Bolivia and Policy Implications for Decision-makers. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.

Menes, Z, A. 2001. Enciclopedia de los municipios de México, estado de Guerrero. <http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/guerrero/municipios/12070a.htm>

Molinero, L, M. 2001. Medidas de concordancia para variables cualitativas. SHA. España. <http://www.seh-lilha.org/concor2.htm>

NASA, 2006. An Introductory Landsat Tutorial. <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>

Obando, G. 2001. El Uso de Computadoras, Programas e Instrumentos Electrónicos en la Planificación y Seguimiento de Planes de Manejo del Bosque

Húmedo Tropical - Un Caso en Costa Rica, Departamento de Montes. FAO. Roma.

Ocampo, D, A. Las Palmas, una Estrategia de Vida Tropical. 1998.

<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/Ocampo5.htm>

Ortiz, S, C.A. 1985. Edafología. Chapingo. Mexico

PROCYMAF. 2006. Especies con usos no maderables en bosques tropicales y subtropicales en los estados de Chihuahua, Durango, Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. http://www.semarnat.gob.mx/pfnm2/fichas/brahea_dulcis.htm

Quero, H. 1994. Las Palmas de México: Presente y futuro. Boletín de la Sociedad Botánica de México núm 55. México.

Ramírez, J. La palma, hacia un manejo campesino. 1996. Biodiversitas año 2, num. 7, junio de 1996. Boletín bimestral de la Comisión Nacional para la Biodiversidad. México

United States Geological Survey, 2003. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). <http://erg.usgs.gov/isb/pubs/factsheets/fs07103.html>

Walpole y Meyer, Estadística para ingenieros, Prentice Hall, 1999. México

Wolf, P,R. 1997. Topografía. Alfaomega S.A. México

Zamora, M. y Torres, M, J. 2006. Estado actual de la información sobre productos no madereros. <http://www.fao.org/DOCREP/006/AD398S/AD398s11.htm>

ANEXOS

ANEXO 1. MODELO DE ENTREVISTA APLICADA PARA RECABAR INFORMACIÓN SOBRE EL APROVECHAMIENTO Y USO DE LA PALMA EN EL MUNICIPIO



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
MAESTRIA EN CIENCIAS FORESTALES**

Cuestionario sobre el aprovechamiento y uso de la palma en el municipio de
Xochihuehuetlán, Guerrero.

Nombre del encuestado

¿Trabaja usted la palma para hacer petates o la corta para vender?

¿Para que más cree que sirve la palma?

En caso de recolectarla

¿Desde cuando corta usted palma?

¿Quién le enseñó a cortar la palma o como aprendió usted

¿En que parajes la corta?

Donde corta ¿es terreno de usted o de quien?, ¿pide permiso o le cobran para cortar?

¿Cuánto tiempo invierte en ir y regresar de los sitios donde corta la palma?

¿Cuáles parajes son los más rendidores?

¿Cada cuanto va a cortar?

¿Cuántas velillas o cogollos corta aproximadamente en cada paraje?

¿En que meses va a cada paraje?

¿Cómo sabe que la palma está buena para cortar?

¿De que tamaño son las palmas donde corta los cogollos?

¿Con que los corta?

¿Cuál es el tamaño de las velillas que corta y cuales son las mejores?

¿En donde las vende?

¿En cuanto las vende?

¿A quien se las vende?

Además de las velillas ¿Utiliza usted alguna otra parte de la planta, tales como capulines, madera, coaxtlis?, ¿Se come el cogollo?

¿En que parajes se da la mejor palma y por que?

¿En cuanto estima sus ingresos por la venta de palma al mes?

¿A que otra actividad se dedica además de cortar palma?

¿Conoce a alguien además de usted que corte palma? ¿Quién?

En caso de hacer petates

¿Quién le enseñó a hacer petates?

¿Cuánta palma utiliza para un petate?

¿Cuánto tiempo tarda en hacer un petate?

¿En que precio compra la palma?

¿Dónde compra la palma y de donde viene la mejor?

¿En que época del año se encuentra la mejor palma?

¿Cuáles son las características de las mejores velillas, cuanto miden, de que color son, como deben ser al tacto?

¿Qué tipo de trabajos hace además de petates?

¿Hasta cuantos petates hace al mes?

¿Hace petates todo el año o solo en algunas temporadas? ¿Cuales?

¿En cuanto vende sus petates o sus trabajos?

¿En cuanto estima sus ingresos mensuales por concepto de la venta de sus productos de palma?

Además de usted ¿Conoce usted a alguien más que haga petates?

¿A que se dedica además de hacer petates?

**ANEXO 2.LISTA DE PUNTOS Y COORDENADAS UTILIZADAS PARA LA
CORROBORACIÓN DE RESULTADOS Y LA ELABORACIÓN DE LA MATRIZ
DE CONFUSIÓN**

Punto	Longitud (UTM Z14)	Latitud (UTM Z14)	Cobertura en el terreno	Cobertura en la clasificación
1	557478.51853000000	1970766.33789999000	1	1
2	557701.31859100000	1970946.39476999000	1	1
3	557275.79916099900	1973226.98766999000	4	1
4	556510.82041000000	1973819.84620000000	1	1
5	557232.76910599900	1973188.73873000000	1	1
6	557318.82921600000	1976057.40904999000	1	1
7	558365.89387999900	1974493.98373000000	1	1
8	558229.83157699900	1967485.19390000000	4	1
9	556835.64818500000	1967887.26175999000	1	9
10	559033.96731600000	1971009.81483000000	8	9
11	558689.33771300000	1971411.88270000000	8	9
12	558501.35793000000	1973328.23215000000	1	9
13	558047.07345400000	1974320.34767999000	1	9
14	557598.01063899900	1973615.42349000000	8	9
15	557462.24746200000	1973474.43864999000	8	9
16	559634.45828999900	1975443.00471000000	1	9
17	559540.46839800000	1975312.46320000000	8	9
18	555461.34977500000	1974722.47319999000	5	5
19	555846.47375700000	1974198.52545999000	5	5
20	555520.96562399900	1974028.56431000000	4	5
21	556668.50074499900	1973930.60400000000	4	5
22	556110.68672200000	1974581.41035000000	5	5
23	556874.18531700000	1974871.69199000000	1	1
24	555983.56645599900	1970534.57994000000	1	1
25	556283.19333299900	1971020.24964999000	1	1
26	556741.44620400000	1970863.58199999000	4	1
27	556884.40543299900	1970558.08008000000	1	1
28	556889.06250000000	1966839.50000000000	4	4
29	557933.62500000000	1967212.87500000000	2	2
30	553967.12500000000	1969076.87500000000	4	4
31	555256.12500000000	1968594.75000000000	6	6
32	556101.62500000000	1968208.25000000000	15	15
33	557555.31250000000	1968938.62500000000	15	2
34	559477.18750000000	1968946.87500000000	15	15
35	560744.31250000000	1968812.00000000000	8	8
36	551402.81250000000	1969929.75000000000	2	2
37	552457.75000000000	1970284.12500000000	6	6
38	554150.62500000000	1970032.50000000000	2	2
39	555208.50000000000	1970036.12500000000	15	15
40	556781.68750000000	1969844.87500000000	4	6
41	557372.81250000000	1969418.75000000000	4	4
42	559074.06250000000	1969859.12500000000	1	1

Punto	Longitud (UTM Z14)	Latitud (UTM Z14)	Cobertura en el terreno	Cobertura en la clasificación
43	560423.375000000000	1969303.500000000000	8	8
44	552709.250000000000	1970354.125000000000	6	6
45	553999.937500000000	1970380.375000000000	4	4
46	555656.500000000000	1971535.500000000000	4	4
47	556898.562500000000	1970988.125000000000	2	6
48	557106.875000000000	1971239.000000000000	2	2
49	559343.562500000000	1970444.375000000000	8	8
50	560574.250000000000	1971282.625000000000	15	15
51	560860.437500000000	1970358.500000000000	4	4
52	551134.000000000000	1972609.750000000000	7	7
53	552214.062500000000	1972781.875000000000	2	2
54	553977.125000000000	1971779.250000000000	15	15
55	555427.250000000000	1972025.250000000000	1	1
56	556481.750000000000	1972568.875000000000	12	12
57	557881.062500000000	1972287.250000000000	2	2
58	559477.375000000000	1971982.125000000000	15	15
59	560687.312500000000	1972422.000000000000	8	8
60	551380.437500000000	1973319.500000000000	9	9
61	552829.250000000000	1973228.250000000000	8	8
62	553617.187500000000	1973811.625000000000	4	4
63	555767.500000000000	1973306.000000000000	4	4
64	556019.187500000000	1972922.750000000000	2	2
65	558157.000000000000	1973973.625000000000	2	2
66	558668.562500000000	1973353.250000000000	1	1
67	559819.687500000000	1973890.125000000000	2	2
68	560981.187500000000	1973935.000000000000	2	9
69	550706.500000000000	1974406.000000000000	7	7
70	552134.812500000000	1975173.750000000000	6	6
71	552887.062500000000	1975248.375000000000	9	9
72	554463.437500000000	1975010.125000000000	6	6
73	555542.000000000000	1974653.375000000000	5	5
74	556793.750000000000	1974438.250000000000	5	4
75	557193.125000000000	1974944.125000000000	7	2
76	559434.562500000000	1975246.375000000000	8	8
77	560248.187500000000	1975036.125000000000	2	2
78	549495.125000000000	1976342.750000000000	4	9
79	549726.500000000000	1975591.500000000000	8	8
80	551848.125000000000	1975398.250000000000	9	9
81	552205.000000000000	1975629.875000000000	9	9
82	553772.625000000000	1976131.375000000000	9	9
83	555196.625000000000	1976500.625000000000	9	9
84	556954.375000000000	1976321.625000000000	5	5
85	557340.500000000000	1976353.750000000000	4	4
86	559228.250000000000	1975443.000000000000	6	8
87	560030.250000000000	1975908.625000000000	5	4
88	538830.187500000000	1977530.625000000000	13	13
89	540339.500000000000	1977527.750000000000	9	9
90	549296.750000000000	1976936.500000000000	4	4

Punto	Longitud (UTM Z14)	Latitud (UTM Z14)	Cobertura en el terreno	Cobertura en la clasificación
91	550721.562500000000	1977038.250000000000	9	9
92	552032.625000000000	1976675.750000000000	9	9
93	552209.687500000000	1977420.750000000000	9	9
94	553810.562500000000	1976993.125000000000	6	6
95	555834.750000000000	1977061.500000000000	9	9
96	556972.062500000000	1977057.375000000000	4	4
97	557728.000000000000	1977597.250000000000	4	4
98	558880.250000000000	1977521.625000000000	9	9
99	560535.125000000000	1977679.125000000000	8	8
100	539420.750000000000	1978245.375000000000	14	8
101	540117.750000000000	1978285.125000000000	9	9
102	541766.125000000000	1978559.875000000000	9	9
103	543276.937500000000	1978784.375000000000	9	9
104	544004.562500000000	1978664.500000000000	8	8
105	552414.562500000000	1978525.625000000000	9	9
106	554471.250000000000	1978042.625000000000	3	3
107	554648.250000000000	1978029.000000000000	8	8
108	555866.125000000000	1977876.625000000000	9	9
109	557954.437500000000	1978634.125000000000	4	4
110	559329.062500000000	1978232.000000000000	6	4
111	539636.437500000000	1979933.000000000000	9	9
112	539840.187500000000	1979988.625000000000	9	8
113	540966.625000000000	1979089.250000000000	9	9
114	542406.375000000000	1979978.750000000000	9	9
115	544443.750000000000	1979218.125000000000	14	8
116	553180.875000000000	1979304.125000000000	9	9
117	554040.625000000000	1979210.000000000000	8	9
118	555318.562500000000	1979492.375000000000	9	9
119	556815.250000000000	1979787.750000000000	9	9
120	558134.187500000000	1980218.375000000000	9	9
121	559049.437500000000	1979456.625000000000	9	9
122	539505.375000000000	1980841.750000000000	14	9
123	539897.187500000000	1980700.250000000000	8	9
124	541816.687500000000	1980346.000000000000	9	9
125	543017.062500000000	1981288.000000000000	8	9
126	543829.062500000000	1980399.625000000000	9	8
127	545783.750000000000	1981148.875000000000	9	9
128	546955.125000000000	1981470.375000000000	9	8
129	554381.125000000000	1981011.125000000000	4	3
130	554915.187500000000	1981447.750000000000	9	9
131	556092.562500000000	1980374.625000000000	3	3
132	557780.187500000000	1980794.125000000000	8	8
133	558383.750000000000	1981324.875000000000	9	8
134	539292.312500000000	1981720.250000000000	8	9
135	539918.875000000000	1981583.125000000000	4	9
136	541616.812500000000	1982103.000000000000	9	9
137	543311.125000000000	1981584.125000000000	8	8
138	543556.937500000000	1982178.250000000000	9	8

Punto	Longitud (UTM Z14)	Latitud (UTM Z14)	Cobertura en el terreno	Cobertura en la clasificación
139	545501.875000000000	1982009.375000000000	9	9
140	546441.375000000000	1981964.875000000000	9	8
141	553128.812500000000	1982334.625000000000	9	9
142	555693.312500000000	1981972.125000000000	9	9
143	556278.250000000000	1981531.125000000000	7	7
144	557245.812500000000	1982465.125000000000	8	8
145	558366.625000000000	1982539.875000000000	8	8
146	560526.000000000000	1982508.625000000000	8	8
147	538710.375000000000	1983119.875000000000	4	4
148	540178.312500000000	1982749.250000000000	8	8
149	542108.000000000000	1982834.250000000000	9	8
150	542830.750000000000	1983413.500000000000	9	9
151	544547.500000000000	1983461.125000000000	4	8
152	545382.937500000000	1983009.250000000000	8	8
153	547050.312500000000	1983143.625000000000	9	8
154	548097.000000000000	1983108.875000000000	8	15
155	548547.625000000000	1983695.125000000000	9	9
156	550839.250000000000	1983892.000000000000	9	9
157	554629.375000000000	1983232.625000000000	9	9
158	556590.562500000000	1983312.000000000000	3	3
159	558003.687500000000	1983701.750000000000	3	8
160	559006.125000000000	1982955.500000000000	8	8
161	560434.187500000000	1982737.000000000000	8	8
162	560924.625000000000	1983320.625000000000	7	7
163	541819.750000000000	1984890.000000000000	4	4
164	542271.375000000000	1984617.625000000000	8	8
165	543819.750000000000	1984824.500000000000	9	9
166	545047.750000000000	1984567.750000000000	9	9
167	546318.750000000000	1984642.250000000000	8	8
168	547232.437500000000	1984717.375000000000	8	8
169	549333.312500000000	1985194.500000000000	4	3
170	550405.500000000000	1984245.125000000000	9	9
171	555373.500000000000	1984231.875000000000	9	9
172	556325.500000000000	1984996.375000000000	9	9
173	558038.000000000000	1984845.000000000000	8	2
174	559504.312500000000	1984678.625000000000	15	15
175	560272.812500000000	1984095.000000000000	8	8
176	543372.500000000000	1985233.375000000000	8	8
177	544174.812500000000	1986048.500000000000	9	9
178	545489.750000000000	1985978.000000000000	8	8
179	547089.187500000000	1985400.875000000000	9	8
180	548032.812500000000	1985253.125000000000	9	8
181	548728.750000000000	1986344.625000000000	9	9
182	549667.875000000000	1986332.750000000000	8	9
183	551572.562500000000	1986117.875000000000	9	9
184	556512.125000000000	1985919.875000000000	8	8
185	557242.500000000000	1985312.375000000000	14	14
186	559176.312500000000	1985494.000000000000	9	9

Punto	Longitud (UTM Z14)	Latitud (UTM Z14)	Cobertura en el terreno	Cobertura en la clasificación
187	559976.062500000000	1985466.000000000000	8	2
188	546677.875000000000	1986590.000000000000	8	8
189	549647.687500000000	1987333.625000000000	3	3
190	550882.562500000000	1986919.375000000000	9	9
191	551938.812500000000	1986515.625000000000	9	3
192	553264.187500000000	1986899.125000000000	9	9
193	553722.375000000000	1987340.250000000000	8	8
194	556061.125000000000	1987313.500000000000	6	8
195	557931.687500000000	1987396.125000000000	3	3
196	559066.625000000000	1986947.000000000000	9	9
197	560055.625000000000	1986836.625000000000	9	9
198	551871.812500000000	1987698.000000000000	9	6
199	552477.500000000000	1988505.625000000000	4	4
200	553782.000000000000	1987833.375000000000	8	8
201	554893.250000000000	1987776.375000000000	9	8
202	556057.562500000000	1987706.625000000000	9	9
203	557984.062500000000	1988038.250000000000	9	9
204	559299.937500000000	1988543.750000000000	8	8
205	559901.812500000000	1988248.250000000000	7	7
206	550633.250000000000	1989341.375000000000	3	3
207	552874.625000000000	1989076.875000000000	6	9

ANEXO 3. MATRIZ DE CONFUSIÓN PARA EL ÁREA DE ESTUDIO

		Cobertura en la clasificación													Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14	15	
Cobertura en el terreno	1	13								4					17
	2		10				1			1					12
	3			6					1						7
	4	3		2	16	2	1		1	2					27
	5				2	5									7
	6				1		6		2	1					10
	7		1					5							6
	8		2						30	10				1	43
	9			1			1		11	51					64
	12										1				1
	13											1			1
	14								2	1			1		4
	15		1											7	8
	Total	16	14	9	19	7	9	5	47	70	1	1	1	8	207

Nomenclatura:

Clase

1. Palma Selva
2. Palma dispersa
3. Agricultura de temporal
4. Encino
5. Palma
6. Cañadas selva
7. Terrenos sin vegetación aparente
8. Pastizal
9. Selva seca
10. Áreas urbanas
11. Cuerpos de agua
12. Terrenos inundables
13. Lecho de Río
14. Cañadas
15. Selva

Calculo del índice de kappa:

Índice de kappa global

$$k = \frac{N \sum_{i=1}^n X_{ii} - \sum_{i=1}^n X_{i.} X_{.i}}{N^2 - \sum_{i=1}^n X_{i.} X_{.i}} = \frac{(207 * 152) - 7756}{207^2 - 7756} = 0.68$$

Índice de kappa por categoría

Palma selva

$$k_1 = \frac{P_{11} - P_{1.} \times P_{.1}}{P_{1.} - P_{1.} \times P_{.1}} = \frac{\left(\frac{13}{207}\right) - \left(\frac{17}{207} \times \frac{16}{207}\right)}{\frac{17}{207} - \left(\frac{17}{207} \times \frac{16}{207}\right)} = \frac{0.0628 - (0.0821 \times 0.0772)}{0.0821 - (0.0821 \times 0.0772)} = 0.745$$

Palma dispersa

$$k_2 = \frac{P_{22} - P_{2.} \times P_{.2}}{P_{2.} - P_{2.} \times P_{.2}} = \frac{0.0483 - (0.0579 \times 0.0676)}{0.0579 - (0.0579 \times 0.0676)} = 0.821$$

Palma

$$k_5 = \frac{P_{55} - P_{5.} \times P_{.5}}{P_{5.} - P_{5.} \times P_{.5}} = \frac{0.0241 - (0.0338 \times 0.0338)}{0.0338 - (0.0338 \times 0.0338)} = 0.704$$

ANEXO 4. ESTACIONES Y DATOS CLIMATOLÓGICOS

Estaciones utilizadas en el modelo de temperatura media anual

Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanual (°C)
12073	99.77	16.3	20	28.16
12022	98.95	16.62	30	26.09
12016	100.12	17.05	30	25.52
12208	98.47	16.48	40	26.12
12040	98.47	16.5	40	26.00
12112	100.02	17.27	40	25.53
12142	99.83	16.83	50	28.53
12066	98.52	16.67	50	26.02
12217	99.12	16.73	51	29.70
12013	98.58	16.72	60	27.10
12071	99.42	16.8	60	25.86
16161	100	18.02	60	23.86
12070	100.4	17.3	70	26.59
12191	100.3	17.1	76	27.40
12121	99.6	17.52	80	26.65
12068	98.75	16.82	100	23.97
20349	98.1	16.47	130	24.16
20205	98.13	16.5	130	22.67
12183	99.78	17.45	161	26.98
12050	99.67	16.92	161	23.65
12051	99.35	17.12	170	25.23
12164	99.62	18.23	190	23.21
20088	98.05	16.37	202	23.77
12095	99.72	17.1	205	21.79
12003	99.63	17.18	233	24.13
12011	100.45	17.22	240	26.47
12161	100.43	17.2	240	25.94
12029	99.47	17.03	250	24.15
12215	99.5	18.65	265	23.20
12214	98.93	16.78	270	24.09
12138	100.48	18.12	290	24.62
21166	98.3	18.02	300	23.05
12039	99.35	17.12	313	23.39
12086	100.12	17.23	320	24.37
12048	98.52	17.63	334	22.19
12187	98.42	16.68	345	25.58
12061	98.42	16.68	345	25.00
12166	100.38	18.13	350	25.46
12080	100.3	18.05	354	25.12
12012	99.1	16.95	360	26.04
12107	99.1	16.97	360	25.16
12225	100.5	18.08	360	23.29
12205	98.52	16.08	360	21.95
12100	100.43	18.18	381	25.94

Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanal (°C)
12120	99.93	17.27	381	22.52
12090	100.45	18.4	398	24.02
20010	98.07	16.58	430	22.19
12053	99.48	17	440	24.68
12172	99.78	16.93	460	25.71
12063	100.28	18.4	465	24.83
12067	99.52	17.93	510	25.78
20038	97.67	16.57	510	20.81
12058	99.6	17.93	516	24.06
12118	99.62	17.8	516	23.06
12211	100.23	17.72	516	22.35
12008	100.27	18.28	530	24.28
12020	99.63	17.33	530	22.64
12069	100.4	17.3	540	24.11
12130	99.1	18.1	626	21.18
20002	97.15	17.65	637	21.29
20187	99.7	18.58	653	22.18
12193	98.9	18.02	658	22.83
12092	99.53	18.12	700	23.11
20182	97.17	18.03	707	20.00
20077	97.67	17.57	715	21.24
12216	99.58	18.38	730	21.61
12047	99.53	18.35	731	21.77
12148	98.27	16.72	740	24.20
12222	99.48	18.35	740	23.81
20094	97.93	17.12	740	18.91
12159	99.48	18.33	744	22.69
12212	99.17	18.2	744	22.57
12116	99.52	18.42	751	23.72
20011	97.18	18.12	751	20.07
12049	99.85	17.4	766	21.80
12046	99.35	18.33	768	20.75
12004	99.63	18.42	769	22.73
12158	100.43	17.22	780	24.03
12231	98.23	17.03	780	23.06
12227	98.6	17.47	800	22.96
15200	100.42	18.58	800	20.21
15329	100.05	18.5	800	20.00
21048	98.7	18.03	806	21.80
17023	99.18	18.53	806	19.36
21050	98.82	18.32	820	22.21
12030	99.12	18.28	830	23.48
12096	99.15	17.42	840	21.41
12093	99.5	18.42	842	22.17
20122	97.08	16.37	875	19.84
21092	97.1	18.15	890	20.80
17031	99.18	18.6	891	17.59
12151	98.52	16.97	900	22.27
12177	99.83	18.13	904	20.81

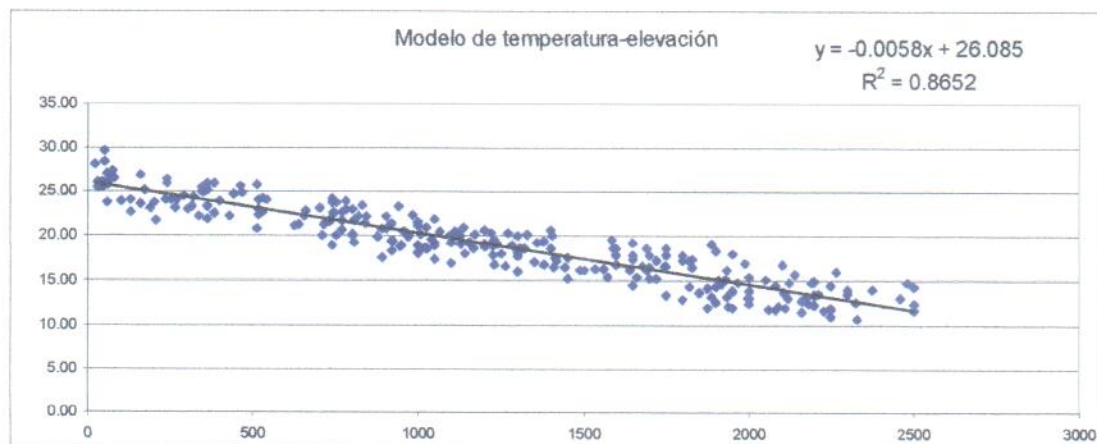
Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanual (°C)
20259	97.78	16.75	920	21.43
17076	99.32	18.62	920	19.42
20135	97.22	16.43	920	18.37
21015	98.38	18.17	921	19.51
12115	99.33	18.3	940	23.37
17073	99.37	18.7	946	18.82
12167	99.43	18.55	950	19.02
21013	97.2	18.23	955	20.52
20126	97.52	17.1	970	20.24
17016	99.25	18.6	970	19.96
17008	99.03	18.43	971	20.21
12059	99.12	17.33	980	22.41
12031	99.03	17.77	1000	21.57
12204	99.92	17.58	1000	21.19
12101	99.63	17.87	1000	21.09
17033	99.2	18.58	1000	19.02
20301	97.98	17.03	1000	18.23
12178	98.82	17.62	1000	18.20
17013	99.1	18.7	1000	18.02
17032	99.35	18.62	1008	20.16
17077	99.25	18.68	1020	18.61
21116	98.6	18.28	1025	21.06
17062	99.47	18.72	1025	18.62
17059	99.42	18.73	1025	18.44
12076	99.95	17.33	1040	19.56
17007	99.45	18.58	1049	19.33
17072	99.27	18.73	1050	21.91
20156	97.08	18.12	1050	18.92
20155	97.07	18.13	1050	17.35
12006	99.32	17.73	1065	20.58
12105	99.52	17.63	1096	20.01
17044	99.37	18.05	1100	19.27
17036	98.72	18.48	1100	17.00
21018	97.18	18.3	1110	20.51
21198	98.48	18.12	1122	20.40
20067	98.12	17.85	1130	20.09
20110	98.08	17.63	1130	19.12
21113	97.25	18.33	1139	20.97
17061	99.47	18.68	1140	18.11
21063	98.25	18.2	1155	19.32
12056	98.92	17.15	1160	19.28
17028	98.8	18.68	1165	18.63
12081	99.62	18.37	1171	20.20
17019	99.27	18.5	1200	20.66
20130	97.75	17.02	1200	19.20
17015	98.85	18.6	1200	18.86
21024	98.57	18.52	1222	20.34
17042	99.18	18.65	1226	18.91
17026	99.18	18.65	1226	17.87

Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanual (°C)
17038	99.13	18.52	1230	19.54
17054	98.98	18.72	1230	19.50
20322	98.27	17.52	1230	16.79
21010	97.28	18.43	1238	19.08
20125	97.95	17.67	1250	18.00
20047	97.3	16.23	1265	16.67
12091	98.55	17.55	1270	20.38
21049	98.47	18.62	1285	18.98
12005	98.45	17.47	1300	20.04
20153	97.22	16.6	1300	18.15
21045	98.17	18.73	1300	17.74
20190	97.82	17.9	1300	15.95
17020	98.75	18.75	1302	18.15
20033	98.07	17.82	1310	18.63
12088	98.75	17.27	1320	18.69
12134	99.5	17.55	1329	20.30
12102	98.78	17.42	1350	17.06
12229	99.5	17.55	1360	19.32
12111	99.5	17.58	1379	19.45
20316	98.42	17.65	1380	16.84
12119	98.75	17.77	1400	20.64
12135	98.75	17.77	1400	18.63
21110	97.47	18.33	1407	20.06
20108	99.78	17.72	1410	16.51
12060	98.75	17.78	1415	17.59
12035	99.68	17.48	1420	17.33
12087	99.3	17.55	1445	16.49
12110	99.18	17.6	1450	17.50
21216	97.85	18.38	1450	15.26
20083	97.02	17.42	1491	16.13
12075	99.68	17.52	1500	16.12
20163	97.82	17.33	1535	16.35
20285	97.68	18.2	1560	16.35
20248	97.68	18.2	1560	16.34
20275	97.77	17.8	1575	15.47
12123	99.87	18.37	1588	19.57
20337	97.47	16.37	1590	18.71
12106	98.3	17.47	1600	18.70
20323	97.78	17.8	1600	17.94
21070	97.28	18.5	1600	16.85
20208	97.97	17.18	1640	16.22
21083	97.4	18.48	1648	14.49
17057	98.93	18.52	1650	19.34
12089	99.97	17.78	1650	17.91
12104	98.57	17.22	1650	17.48
30004	97.3	18.72	1660	15.39
20146	98.18	17.65	1680	16.65
12057	98.65	17.25	1689	18.67
12195	98.57	17.3	1689	16.25

Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanal (°C)
12126	99.97	17.78	1700	17.91
15349	100.2	18.62	1700	16.54
20311	97.65	18	1700	15.22
20142	98.15	17.5	1720	17.31
20141	98.15	17.5	1720	15.18
21087	97.93	18.58	1746	16.60
12117	99.75	17.52	1750	18.59
12010	98.6	17.33	1750	17.84
12194	98.78	17.42	1750	16.69
20339	97.83	17.3	1750	13.44
17069	99.3	18.67	1800	17.85
20013	97.68	17.9	1800	17.30
20278	97.57	17.67	1800	12.88
15006	100.17	18.63	1820	17.34
20115	98.07	17.3	1820	14.38
20207	97.78	17.97	1830	17.39
20133	97.9	17.83	1830	16.50
20129	97.18	17.85	1850	13.64
20144	97.35	17.73	1875	14.18
20212	97.63	16.88	1875	12.02
20167	97.68	17.27	1888	13.17
16107	100.3	18.48	1890	19.07
20306	98	17.95	1900	18.43
20131	97.12	17.65	1900	14.27
20265	97.28	17.42	1900	12.65
21203	97.9	18.73	1911	15.10
21102	97.78	18.72	1919	14.56
15166	100.35	18.72	1930	15.15
20147	97.57	17.67	1933	13.30
20386	97.27	16.22	1935	16.25
20159	97.5	17.52	1940	12.09
21206	98.08	18.62	1950	18.07
21093	97.67	18.68	1950	13.83
20245	97.25	17.3	1950	11.96
21033	97.57	18.6	1966	14.79
20102	97.57	17.23	1990	16.98
20168	97.68	17.27	1998	13.10
20376	98.93	17.45	2000	15.37
20137	97.55	17.72	2000	13.84
20270	97.53	17.73	2000	13.12
20186	97.6	16.9	2000	12.50
20315	97.88	17	2050	15.06
20157	97.37	17.87	2060	11.75
20373	98.25	17.37	2080	14.54
20019	97.32	17.73	2080	11.76
20352	97.23	17.47	2090	12.14
21002	97.58	18.25	2100	16.79
21009	97.05	18.43	2105	13.73
20076	97.22	17.47	2111	11.93

Clave	Longitud	Latitud	Altitud	Tpromanal (°C)
20143	97.42	17.67	2120	13.09
20104	97.45	17.9	2125	14.83
21114	97.02	18.35	2140	15.70
20166	97.45	17.85	2160	12.83
12192	99.68	17.48	2160	11.57
15323	100.1	18.68	2175	13.11
20116	97.43	17.75	2180	12.52
15136	99.78	18.72	2190	14.75
20003	97.42	17.97	2200	14.89
12150	99.65	17.55	2200	13.31
17060	98.88	18.72	2200	12.34
20065	97.47	17.8	2210	13.54
21020	97.42	18.75	2230	11.70
20365	97.53	17.23	2250	14.53
20103	97.53	17.58	2250	11.95
20026	97.58	17.03	2250	11.75
20221	97.33	17.53	2250	11.03
15248	99.57	18.6	2265	15.95
21157	97.45	18.73	2300	14.01
20121	97.1	17.52	2300	13.47
20105	97.67	17.07	2325	12.52
20178	97.58	17.03	2327	10.69
20384	97.13	16.92	2375	13.97
21084	97.13	18.52	2460	13.14
20310	98	17.45	2480	14.78
20150	97.07	17.25	2500	14.35
20302	97.85	17.15	2500	12.43
21053	97.27	18.63	2500	11.67

Gráfico de dispersión de temperatura por altitud.



Resumen

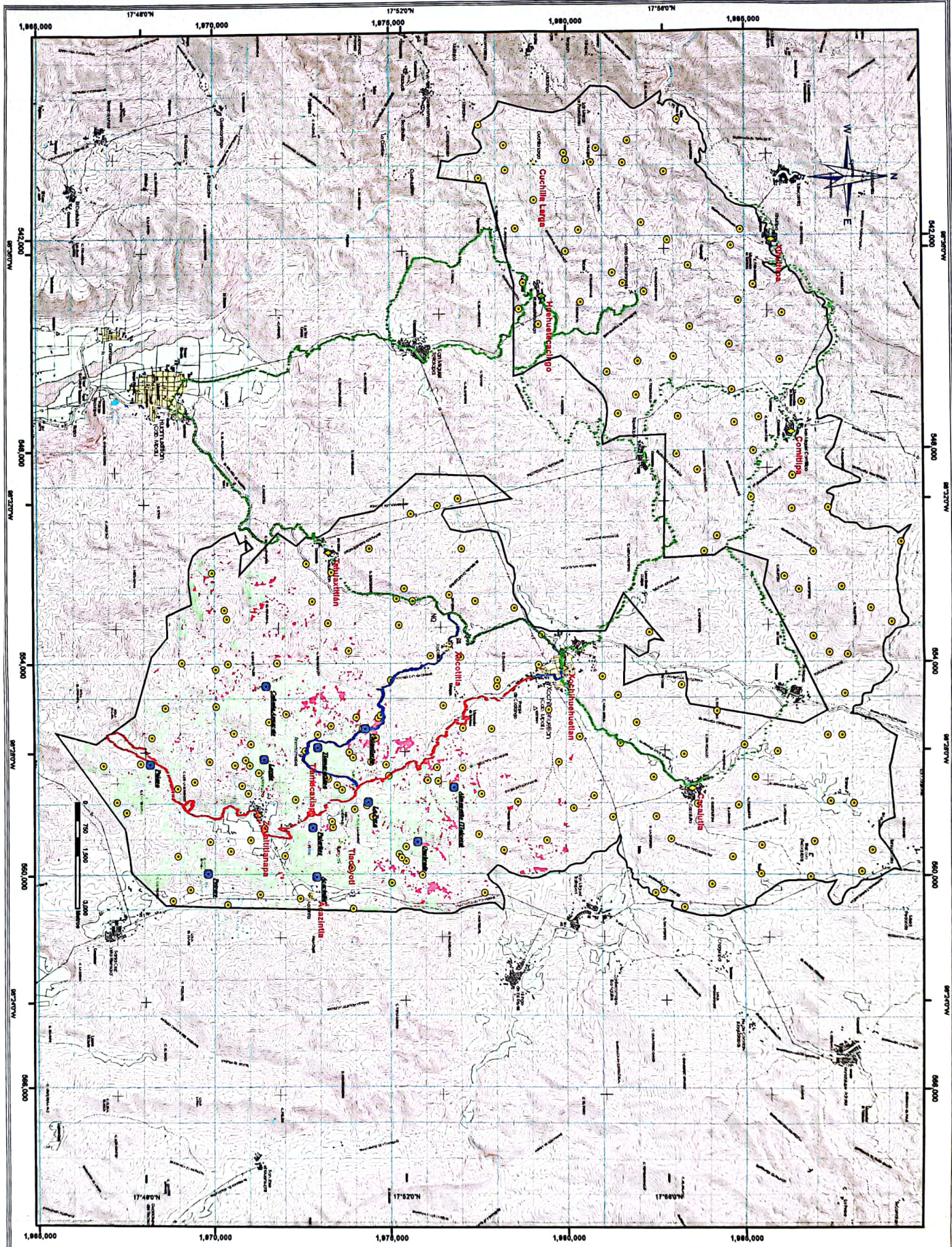
<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.930139344
Coefficiente de determinación R^2	0.865159199
R^2 ajustado	0.864652279
Error típico	1.544938712
Observaciones	268

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	4073.604436	4073.604436	1706.696681	9.6945E-118
Residuos	266	634.8982757	2.386835623		
Total	267	4708.502711			

ANEXO 5. LISTADO DE ESTACIONES UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE PRECIPITACIÓN

Clave	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)	Precipitación (mm)												
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
12114	HUAMUXTITLAN (DGE)	17.78333333	-98.56666667	1025	5.4	5.1	4.4	18.9	64.2	135.2	109.2	141.2	167.7	40.3	8.1	1.4	701.3
12130	ATENANGO DEL RIO	18.10000000	-99.00100000	626	7.3	2.5	4.4	8.2	41.0	175.0	144.8	157.6	141.3	58.6	8.1	1.1	749.9
12091	TLAPA, TLAPA (CFE)	17.55000000	-98.55000000	1270	8.2	3.5	10.1	20.6	77.8	156.6	135.4	142.2	135.6	54.5	11.3	5.5	761.2
12044	HUAMUXTITLAN (SMN)	17.08333333	-98.60000000	1125	5.8	3.0	5.6	25.0	70.8	143.3	138.1	152.9	156.7	53.7	14.5	5.5	774.8
21048	IXCAMILPA,IXCAMILPA GRO	18.00033333	-98.70000000	806	5.2	3.3	5.5	18.8	66.9	169.0	150.0	147.4	144.3	58.4	10.9	1.6	781.4
12048	IXCATEOPAN (ALPOYECA)	17.63333333	-98.51666667	334	7.0	2.9	6.3	26.2	77.8	154.2	142.8	149.0	160.5	54.7	7.5	2.8	791.7
12005	ALCOZAUCA, ALCOZAUCA	17.46666667	-98.45000000	1300	7.3	3.7	9.2	28.6	73.3	159.4	157.1	177.6	144.1	65.4	11.2	3.9	840.7
21015	AXUTLA, AXUTLA (CFE)	18.01666667	-98.38333333	921	5.4	3.4	5.8	26.4	106.2	224.0	129.9	155.4	164.0	57.3	14.9	2.1	894.9
12060	OLINALA, OLINALA (SMN)	17.78333333	-98.75000000	1415	6.3	2.4	6.4	11.5	65.7	185.6	176.3	199.0	179.8	65.3	10.8	1.6	910.6
12119	OLINALA, OLINALA (DGE)	17.76666667	-98.75000000	1400	5.8	2.6	6.0	13.8	95.2	196.9	201.4	190.7	171.2	65.5	6.4	5.8	961.4
21063	PIAXTLA, PIAXTLA	18.20000000	-98.25000000	1155	6.3	8.8	12.4	25.1	99.6	235.7	224.3	187.8	205.7	98.6	16.8	6.2	1127.4
20188	STA. MARIA ZACATEPEC,CFE	17.78333333	-98.00133333	290	7.2	5.4	2.8	8.3	123.0	418.8	384.3	435.6	413.8	162.6	17.0	7.5	1986.3



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO
MAESTRIA EN CIENCIAS
FORESTALES

Distribución de transectos y puntos
de verificación para el estudio de
distribución de *Brachylaena* dist.
en Xochihuetlán Gro.

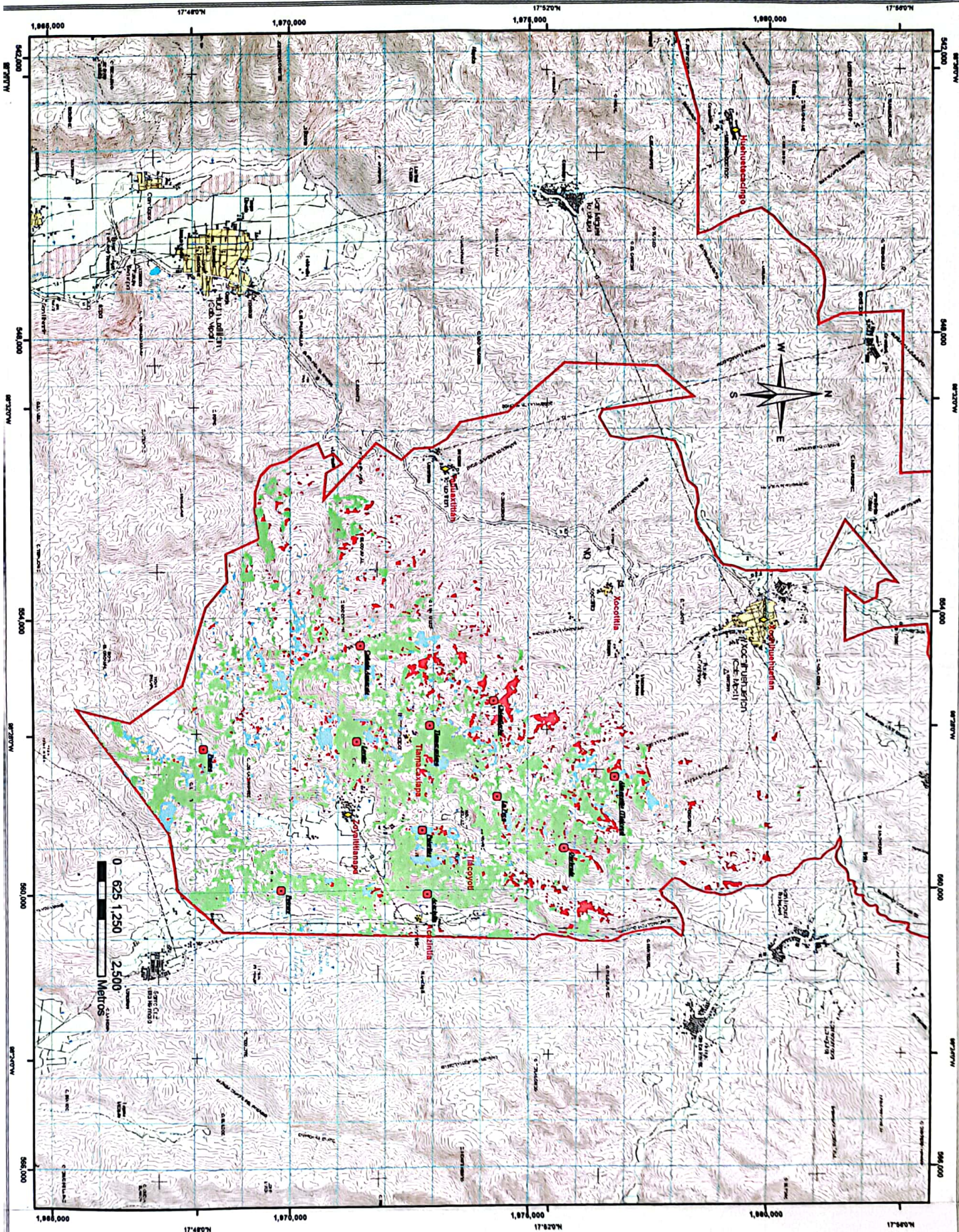
LEYENDA

- Parajes
- Rutas de reconocimiento
- Ruta 1 (Zoya-Palapa)
- Ruta 2 (Chiquilecho)
- Puntos de verificación
- Pueblo
- Ranchería
- Límite municipal
- Palma
- Palma dispersa
- Palma selva

UBICACIÓN:
Estado de Guerrero,
México,
Mpio de Xochihuetlán



Proyección UTM
Zona 14
Datum NAD 27
Escala: 1:100,000



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
CHAPINGO
MAESTRÍA EN CIENCIAS
FORESTALES

Distribución de áreas con
presencia de *Brachylaena* distachya
en Xochitlhuatlán Gro.

LEYENDA

- Límite municipal
- Parajes
- ◆ Pueblo
- + Ranchería
- Palma
- Palma dispersa
- Palma selva

UBICACIÓN:
Estado de Guerrero,
México,
Mpio de Xochitlhuatlán



Proyección UTM
Zona 14
Datum NAD 83
Escala: 1:75,000