



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRIA
EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

FACULTAD DE BIOLOGÍA

TESIS

**USO DEL SUELO Y TRANSFORMACIÓN DE LAS SELVAS DEL SISTEMA
HIDROLÓGICO DE LOS RÍOS AGUILA Y CHILA, MICHOACÁN, MÉXICO**

QUE PRESENTA

CARLOS ALBERTO RAMIREZ SOSA

ASESOR

DR. JUAN MANUEL ORTEGA RODRÍGUEZ

Morelia Michoacán
Marzo 2012



ÍNDICE	
RESUMEN	1
SUMMARY	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA Y MATERIALES	
2.1 ÁREA DE ESTUDIO	8
2.1.1 Ubicación geográfica	8
2.1.2 Fisiografía	8
2.1.3 Geología	9
2.1.4 Edafología	9
2.1.5 Hidrología	9
2.1.6 Clima	10
2.1.7 Vegetación	10
2.2 DEFINICIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS	11
2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS SUBCUENCAS	14
2.3.1 Aspecto	14
2.3.2 Geología y suelos	16
2.4 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍSTICA DE LA VEGETACIÓN	17
2.5 ANÁLISIS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO	22
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS SUBCUENCAS	24
3.1.1 Aspecto	24
3.1.2 Pendiente	24
3.1.3 Geología	26
3.1.4 Suelos	26
3.2 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA	33
3.3 ESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN	34
3.3.1 Selva mediana subperennifolia	35
3.3.2 Selva baja caducifolia	36
3.3.3 Encinar tropical	38
3.4 COBERTURA Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	46
3.5 CAMBIO EN LA COBERTURA DE LA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO	55
4. CONCLUSIONES	61
5. LITERATURA CITADA	63
ANEXO	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de orientación de laderas en las subcuencas del área de estudio	24
Cuadro 2. Cálculo del área y la pendiente por subcuenca	27
Cuadro 3. Características físicas del terreno y variables ambientales de las subcuencas	28
Cuadro 4. Características físicas del terreno y variables ambientales identificadas en la distribución de los principales tipos de vegetación	31
Cuadro 5. Coeficientes de los componentes principales que determinan la distribución de los principales tipos de vegetación	31
Cuadro 6. Familias mejor representadas por el número de especies y porcentaje del total registrado	34
Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies en los principales tipos de vegetación	35
Cuadro 8. Resumen de datos sinecológico de las especies mas importantes	43
Cuadro 9. Índice de Similitud de Sorensen (ISs) entre las localidades de estudio registradas en el Pacífico Mexicano	44
Cuadro 10. Área y porcentaje ocupados por los tipos de vegetación y uso de suelo en cada fecha de estudio	47
Cuadro 11. Cobertura de los tipos de vegetación y uso del suelo de las subcuencas del sistema hidrológico de los ríos Aquila y Chila en el año 1990	49
Cuadro 12. Cobertura de los tipos de vegetación y uso del suelo de las subcuencas del Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila en el año 2000	51
Cuadro 13. Matriz de probabilidades de transición de la cobertura y uso del suelo	56
Cuadro 14. Matriz de transición de la cobertura de los tipos de vegetación y uso del suelo (ha)	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio	8
Figura 2. Posibles defectos encontrados en los Modelos Digitales de Elevación	11
Figura 3. Mapa de dirección de flujo del agua	13
Figura 4. Obtención del mapa de cuencas del área de estudio	13
Figura 5. Corrección del área planimétrica a partir del Modelo Digital de Elevación	15
Figura 6. Modelo del diseño de muestreo	19
Figura 7. Histogramas de distribución de los ángulos de orientación de laderas por subcuenca	25
Figura 8. Análisis de componentes principales y agrupamiento de las subcuencas	29
Figura 9. Dendrograma de asociación de similitud de las subcuencas	30
Figura 10. Análisis de componentes principales que determinan la distribución de los tipos de vegetación	32
Figura 11. Dendrograma del agrupamiento de los sitios de muestreo	40
Figura 12. Frecuencia de alturas de la Selva mediana subperennifolia	41
Figura 13. Frecuencia de alturas de la Selva baja caducifolia	41
Figura 14. Frecuencia de alturas del Encinar tropical	42
Figura 15. Transformación de los tipos de vegetación y usos del suelo en el periodo 1990 – 2000	48
Figura 16. Distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo en el año 1990	53
Figura 17. Distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo en el año 2000	54
Figura 18. Cambio de cobertura y uso de suelo en el periodo 1990 – 2000	58

RESUMEN

Se evaluó la transformación de las selvas del Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila en el periodo 1990 - 2000 a través de un análisis geográfico utilizando un Sistema de Información Geográfico (SIG). La estructura arbórea se cuantificó mediante el método de puntos al centro de un cuadrante, en tres comunidades vegetales: selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y encinar tropical. Se reconoció una superficie del sistema hidrológico de 31 743.92 ha, de las que el 69 % corresponde a la cobertura de los tipos de vegetación (21 883.56 ha). La selva baja caducifolia ocupa la mayor distribución (11 718. 3 ha), seguido por la selva mediana subperennifolia (7 897 ha) y el encinar tropical (2 268.3 ha). La principal tendencia de cambio estructural y espacial de las selvas se reconoció a pastizal; donde la mayor transformación ocurre en la selva baja caducifolia, ya que perdió 2 474.4 ha de 1990 al 2000. La selva mediana subperennifolia y el encinar tropical registran menor cambio en su superficie debido a las restricciones topográficas y edáficas que presentan para las actividades antrópicas.

Las principales especies que se registraron para la región fueron: *Brosimum alicastrum*, *Oxandra lanceolata*, y *Licania arborea* en la selva mediana subperennifolia; *Gliricidia sepium*, *Bursera citronella* y *Heliocarpus occidentalis* en la selva baja caducifolia y *Quercus magnoliifolia* y *Quercus salicifolia* en el encinar tropical.

SUMMARY

The transformation of the tropical forests of the hydrologic system of the Aquila and Chila rivers was evaluated for the period between 1990-2000, using a Geographic Information System (GIS). The structure and the floristic composition of the tree stratus were quantified with the Point-Quarter Sampling method in three forests types: tropical semi evergreen forest, tropical deciduous forest and tropical oak forest. The surface area recognized of the hydrologic system is 31 743.92 ha, 69% of which corresponds of forests cover (2 268.3 ha). The largest surface area was occupied by tropical deciduous forest (11 718. 3 ha), followed by tropical semi evergreen forest (7 897 ha) and tropical oak forest (2 268.3 ha). The forest to pastureland conversion was the principal spatial and structural transformation; the largest forest transformation occurred in the tropical deciduous forest type which has lost 2 474.4 ha from 1990 to 2000. The little spatial transformations occur on the tropical semi evergreen forest and the tropical oak forest due to the topographic and edaphic restrictions for agriculture use.

The most dominant tree species registered in the tropical semi evergreen forest were *Brosimum alicastrum*, *Oxandra lanceolata*, and *Licania arborea*; in the tropical deciduous forest were *Gliricidia sepium*, *Bursera citronella* and *Heliocarpus occidentalis* and in the tropical oak forest were *Quercus magnoliifolia* and *Quercus salicifolia*.

1. INTRODUCCION

Las comunidades vegetales o unidades florístico - estructurales son el resultado de la acción integrada de los factores del ambiente; es decir, la vegetación es el reflejo del conjunto interactuante de factores ambientales (condiciones edáficas, fisiográficas y climáticas de una localidad) y en tal sentido actúa como indicadora (Miranda y Hernández X. 1963, Mateucci y Colma 1982).

El conocimiento de la vegetación es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo, por su importancia como subsistema fundamental del sistema ecológico (Mateucci y Colma 1982). De acuerdo con Causten (1988), existen dos propósitos básicos para estudiar y analizar la vegetación; uno de estos, de enfoque académico para la descripción, clasificación y cartografía, el cual consiste en definir los factores bióticos y abióticos que determinan la ocurrencia y distribución de las especies vegetales; y el otro con una finalidad utilitaria y denominado como propósitos ecológicos, es el uso del análisis de la vegetación para investigar las relaciones entre especies y especie-ambiente.

Existen motivos importantes para el estudio la distribución espacial y estructura de la vegetación; como el generar información para resolver problemas ecológicos de manejo y conservación, conocer el impacto ambiental, evaluar el cambio de la estructura, composición y distribución en el tiempo y evaluar la capacidad productiva de los bosques (Mateucci y Colma 1982, Causten 1988).

Los tipos de vegetación tropical particularmente las selvas húmedas y semihúmedas son ecosistemas que albergan una alta diversidad de especies que brindan productos de valor económico y cultural, además de una variedad de servicios ambientales. Estos sistemas son formaciones naturales compuestas de un mosaico de parches de formas y tamaños heterogéneos y en distintas fases de regeneración natural (Martínez-Ramos 1994, Godínez y López-Mata 2002, Basáñez *et al.* 2008). En los últimos años han recibido una mayor atención no sólo por la alarmante reducción del área que ocupan, sino también por el papel que juegan en la estabilización del suelo y regulación del clima (Macario *et al.* 1995). La mayor problemática de

estas comunidades vegetales es el ritmo acelerado de destrucción de que son objeto por estrategias y programas gubernamentales de desarrollo socioeconómico (Lambin *et al.* 2001, Velázquez *et al.* 2000).

En México, la vegetación tropical ha sido transformada y sustituida por sistemas agropecuarios como consecuencia de los cambios en el uso del suelo, las prácticas antrópicas más comunes son: el establecimiento de cultivos anuales, la expansión de pastizales para la ganadería extensiva, el crecimiento de las áreas urbanas y la expansión de la infraestructura de vías de comunicación, además de un aprovechamiento inadecuado de los recursos forestales, que repercuten finalmente en la conservación y alteración de las selvas en diversas magnitudes, ya sea en su estructura y/o en su composición (Forman 1994, Díaz-Gallegos *et al.* 2001, Williams-Linera 2002, Zamora-Crescencio *et al.* 2008).

Tomando en cuenta la tasa de deforestación que se produce por la constante modificación del uso del suelo, es urgente realizar estudios florísticos para conocer la composición florística de estas comunidades, dónde se encuentra, bajo que condiciones, que recursos provee y con que otras especies conviven en un territorio determinado (Ramírez-Delgadillo *et al.* 2011). Por tal razón, en los bosques tropicales es importante realizar el inventario de plantas leñosas, así como el estudio de su arreglo espacial y vertical, lo que permite conocer la composición del hábitat y el reconocimiento de la fisonomía como un factor de gran importancia a escala de paisaje en la determinación de la distribución y en la caracterización general de la vegetación (Beck *et al.* 1993, Richards 1996, Rivera *et al.* 1996, Beck 1998, Huang *et al.* 2003, Quintana *et al.* 2005, Macia y Fuertes 2008).

La distribución en México de las selvas tropicales húmedas (selva perennifolia) y semihúmedas (selva subperennifolia), se presenta principalmente a lo largo de la vertiente del Golfo de México desde la porción sureste de San Luis Potosí y el norte de Veracruz hasta los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, extendiéndose a las porciones norte de Oaxaca y Chiapas. En la vertiente del Pacífico las selvas subperennifolias se encuentran en declives bajos y en barrancas, en lugares de menor precipitación, desde la región del Soconusco en la costa de Chiapas y hasta el Sur de Sinaloa. En esta región del país, las selvas secas se desarrollan de

manera más amplia y casi ininterrumpida, en la zona más caliente; de manera intermedia entre la selva caducifolia y la subperennifolia se desarrolla la selva subcaducifolia, la que se distribuye de manera discontinua en la angosta planicie costera que va desde la Planicie Costera del Estado de Oaxaca hasta el centro de Sinaloa. Se ha observado que tanto la selva subperennifolia como la subcaducifolia no forman grandes masas continuas, sino que forma un mosaico complejo con el bosque tropical caducifolio y otros tipos de vegetación, lo que dificulta su cartografía y conocimiento. (Miranda y Hernández X. 1963, Sarukhán 1968, Flores-Mata *et al.* 1971, Rzedowski 1978, 1979 y 2006, SEMARNAP-UNAM 2000, Pennington y Sarukhán 2005).

Cabe destacar que a pesar de que los estudios realizados sobre la estructura de las selvas son escasos, una buena parte de ellos corresponden a la selva alta perennifolia en la vertiente del Golfo de México. Particularmente en el Estado de Veracruz, los trabajos realizados para la selva mediana subperennifolia comprenden estudios botánicos y de ecología de algunas especies arbóreas, entre los que destacan los de Gómez-Pompa (1966), Dirzo y Sinaca (1997), Godínez-Ibarra y López-Mata (2002) y Basáñez, *et al.* (2008). En la Península de Yucatán, con un enfoque en aspectos estructurales y florísticos destacan principalmente los de Lundell (1934) y Zamora-Crescencio *et al.* (2008) al sur del Estado de Yucatán. Para el estado de Quintana Roo destacan los estudios estructurales y de asociaciones vegetales de las selvas subperennifolias y subcaducifolias, realizados por Sánchez (2000) y Sánchez e Islebe (2002). Con un enfoque dirigido hacia la evaluación de la transformación estructural y espacial de la vegetación destacan los trabajos de Díaz-Gallegos *et al.* (2001 y 2002), en la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche.

Aunque existen pocos estudios de flora y vegetación publicados para los bosques tropicales subcaducifolios y caducifolios de la región costera del Pacífico, se han tomado como principales referencia el de Rzedowski y McVaugh (1966), y los aportes de Lott (1985 y 2002) en Chamela-Cuixmala, Hernández-Toro (2003) y Ramírez-Delgadillo *et al.* (2011) en la costa del Estado de Jalisco; los de Salas-Morales *et al.* (2007) en el Parque Nacional Huatulco, Pérez *et al.* (2001) en la Región de Nizanda, Oaxaca y el de Tejero-Díez *et al.* (2008) en Bahía Banderas, Nayarit.

Para el estado de Michoacán destacan los trabajos descriptivos de la selva mediana subcaducifolia realizados por Leavenworth (1946) para la región del Río Tepalcatepec; Duellman (1965) en la Sierra de Coalcomán y en riberas cercanas a la costa, citando las especies registradas por Rzedowski y McVaugh (1966), quienes deducen que este tipo de vegetación puede alcanzar el litoral cercano a la Bahía de Tizupan y el de Madrigal Sánchez (1997) donde se describen las características de esta vegetación, se mencionan las especies más distintivas y sus usos en las Regiones Fisiográficas de la Costa y Sierra Madre del Sur. Particularmente para la región de los Ríos Aquila y Chila destacan la descripción florística realizada por Turner (1960) en las localidades de La Placita y La Ticla y el reconocimiento botánico de la cobertura vegetal realizado por Guerrero-Campanur (1985).

El proceso de estudiar la vegetación como componente del paisaje de alguna región en particular, nos exige conocer también las características físicas y geográficas de la misma, por lo que se considera pertinente el enfoque de cuencas hidrológicas como unidades de estudio, fundamentalmente porque cada cuenca es una unidad geográfica natural, cuyos componentes están definidos por el relieve (laderas, pendientes canales o cursos principales y tributarios), lo que hace un factor principal para delimitar un paisaje (Bocco 2004, González-Piedra 2004, Mendoza *et al.* 2008). Las cuencas se proyectan un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos del suelo, agua y vegetación (Cotler y Priego 2004, Nájera González *et al.* 2010).

Por otro lado, caracterizar la cubierta vegetal y los cambios espaciotemporales en las cuencas hidrológicas es esencial para entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje y del uso del suelo, particularmente por la constante presión que ejerce el hombre sobre la vegetación.

Hay que considerar que el área de estudio (el sistema hidrológico) forma parte de los Bienes Comunales de la Comunidad indígena San Miguel Aquila, y que las dinámicas de ocupación responden a las políticas internas de acceso y uso de los recursos naturales. Los cambios en el uso de suelo, bien pueden responder a las actividades económicas de los usufructuarios de la tierra, (comuneros) pero también a factores externos como las políticas de desarrollo agropecuario.

El análisis del cambio de uso del suelo ayuda a documentar la dinámica de la cobertura boscosa y contribuye a identificar las causas que desencadenan los procesos de cambio, las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Ojima *et al.* 1994, Lambin *et al.* 2001, Dupuy *et al.* 2007, Díaz-Gallegos *et al.* 2008).

Considerando la escasa información de estos tipos de vegetación tropical en el Estado y como un recurso con alta probabilidad de desaparecer, es de suma importancia contribuir al análisis y entendimiento de la estructura, la diversidad florística, la abundancia, la distribución y la transformación en el tiempo y espacio de las comunidades vegetales en el Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila. Por lo anterior en este trabajo se plantearon los siguientes objetivos:

- Analizar las características físicas de la cuenca hidrológica y determinar las variables ambientales que influyen en la distribución de los tipos de vegetación
- Caracterizar la composición florística y la estructura del estrato arbóreo de los tipos de vegetación.
- Evaluar la distribución y la transformación espacio-temporal de la cobertura vegetal y los usos de suelo en el periodo 1990 – 2000.

2. METODOLOGÍA Y MATERIALES

2.1 ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 Ubicación geográfica

La zona de estudio se localiza al noroeste del municipio de Aquila y suroeste del municipio de Chinicuil, entre las coordenadas extremas 18° 43' 57" y 18° 31' 41" de latitud Norte y 103° 25' 26" y 103° 38' 35" de longitud Oeste. Tiene una superficie de 31 743.92 ha y presenta elevaciones que van desde el nivel del mar y hasta los 1 805 m s.n.m.

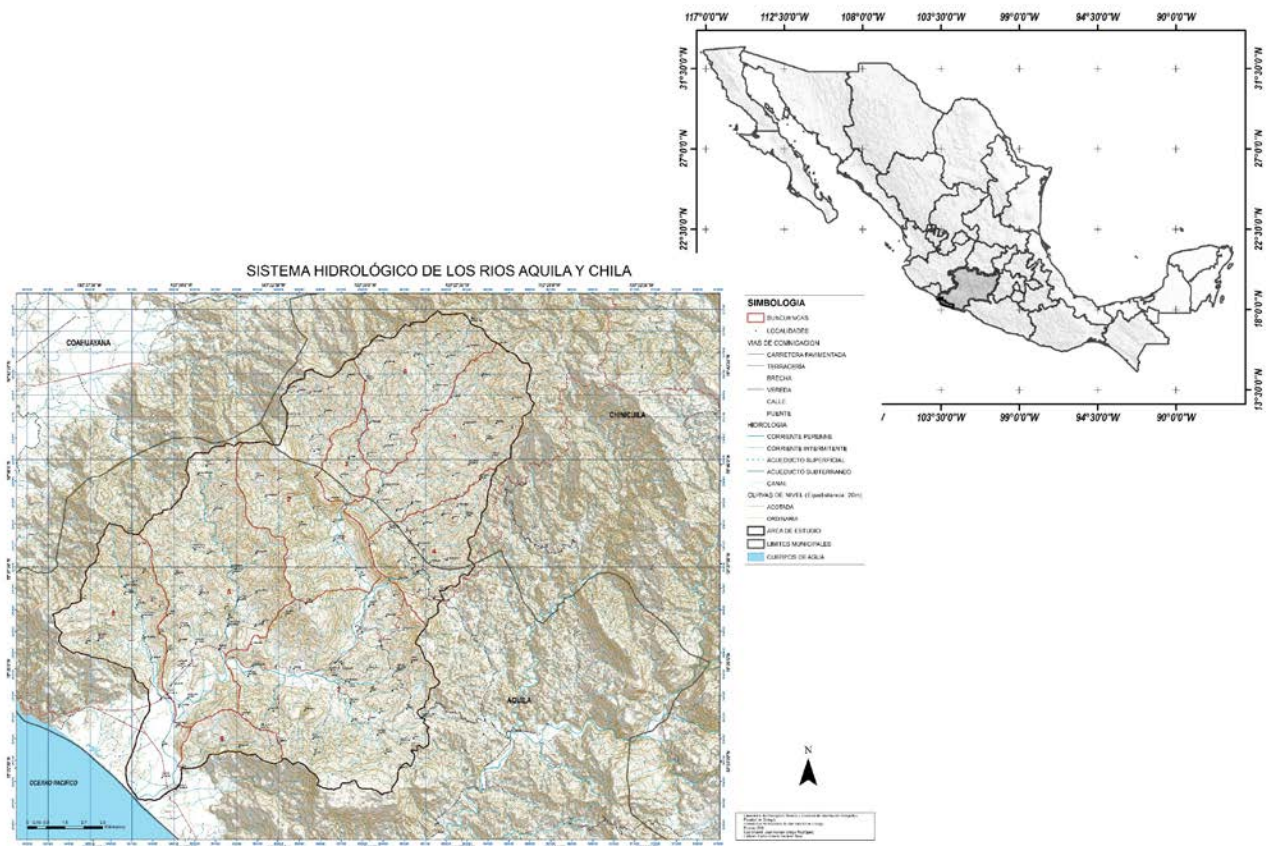


Figura 1. Ubicación del área de estudio

2.1.2 Fisiografía

El Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila se localiza en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, que se caracteriza por la presencia de montañas formadas por rocas de diversos tipos, con predominancia de rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias.

La Sierra Madre del Sur tiene como basamento rocas cristalinas y metamórficas, calizas plegadas y otros sedimentos así como lavas e intrusiones.

El paisaje montañoso se encuentra fuertemente disectado por profundos cañones originados a partir del fallamiento del terreno y la diferente constitución litológica, resultantes de procesos tectónicos y magmáticos ocurridos desde el Mesozoico hasta el reciente, ambos asociados con el proceso de subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa Norteamericana.

Las pendientes en esta zona, presenta una disminución gradual en dirección suroeste, hasta llegar al Océano pacífico, donde se forma una estrecha planicie costera que llega a desaparecer en las porciones donde las montañas se aproximan a la Costa (González-Medrano 2003, Ortega-Rodríguez 2005).

2.1.3 Geología

En el área se reconocen básicamente cuatro clases de rocas. Esencialmente hay una dominancia de rocas ígneas intrusivas, originadas durante el periodo cretácico de la era mesozoica; en segundo lugar están las rocas sedimentarias representadas por calizas del Cretácico y conglomerados del Neógeno. Los sedimentos del cuaternario están constituidos por cantos rodados, arenas y arcillas de color amarillo y rojizo. En las zonas de planicie se constituye por depósitos aluviales (Ortega-Rodríguez 2005).

2.1.4 Edafología

Se distinguen ocho diferentes unidades de suelo dominantes que son: cambisol, fozem, fluvisol, geysol, litosol, rendzina, regosol y vertisol, siendo dominantes regosoles, feozems y litosoles (Ortega-Rodríguez 2005).

2.1.5 Hidrología

El área de estudio se encuentra en la cuenca del Río Aquila, perteneciente a la Región Hidrológica No. 17, denominada "Costa de Michoacán", está constituida por una serie de cauces de trayecto corto que descienden de la Sierra Madre del Sur hacia la costa del Pacífico (Ortega-Rodríguez 2005).

2.1.6 Clima

El clima dominante en el área de estudio es el cálido subhúmedo con lluvias en verano o A_{w1} , se extiende a lo largo de la costa hasta una altitud de 1200 msnm, presenta temperatura media anual mayor a 22°C y precipitación mayor a 1000 mm anuales. Dependiendo del grado de humedad se divide en los siguientes climas (Ortega-Rodríguez 2005):

- A_{w1} (w). Clima cálido subhúmedo, en relación al grado de humedad es intermedio al A_{w0} y A_{w2} , presenta régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. La precipitación varía de 1 000 a más de 1 200 mm anuales y temperatura media anual mayor a 26°C, este clima se ubica en altitudes de 0 a 1200 m s.n.m.
- A_{w0} (w). Clima cálido, el más seco de los subhúmedos con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor a 5%. Presenta precipitación anual de 1 000 mm y temperatura media anual mayor a 24°C. Este clima se ubica en altitudes de 0 a 800 m s.n.m.

2.1.7 Vegetación

En el área de estudio se registran varios tipos de vegetación con afinidades florísticas neotropicales; de acuerdo con el sistema de clasificación de Miranda y Hernández X. (1963) se presentan: selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y encinar tropical.

Para su estudio, el Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila, se dividió en nueve subcuencas principales y se realizó un ajuste y corrección de la superficie con base en el relieve para estimar la superficie más cercana a la realidad.

2.2 DEFINICIÓN DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

La delimitación de las cuencas dentro del sistema hidrológico de los Ríos Chila y Aquila, se desarrolló de manera automatizada, utilizando el conjunto de herramientas hidrológicas con que cuenta el sistema de información geográfica ArcGis. El insumo básico para realizar este proceso es un modelo digital de elevación (MDE), el que fue obtenido del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) y representa las elevaciones del territorio mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno cuya ubicación geográfica se encuentra definida por coordenadas (X,Y) a las que se le integran valores que representan las elevaciones (Z). Los puntos se encuentran espaciados y distribuidos de modo regular a cada segundo de arco. Sin embargo, es común encontrar errores en los MDE, los que se clasifican en dos clases, los sumideros (sinks) o los picos (peaks). Un sumidero es un área rodeada por valores de elevación más altos, por lo que también se puede definir como una depresión que corresponde a un área de drenaje interno (Figura 2a). Algunos de estos pueden ser de origen natural, pero en la mayoría de los casos, estos son imperfecciones del modelo. Por otro lado, un pico es un área rodeada por valores bajos de elevación (Figura 2b). Estas, comúnmente son rasgos más naturales y tienen un efecto menor para el cálculo de la dirección del flujo superficial del agua.

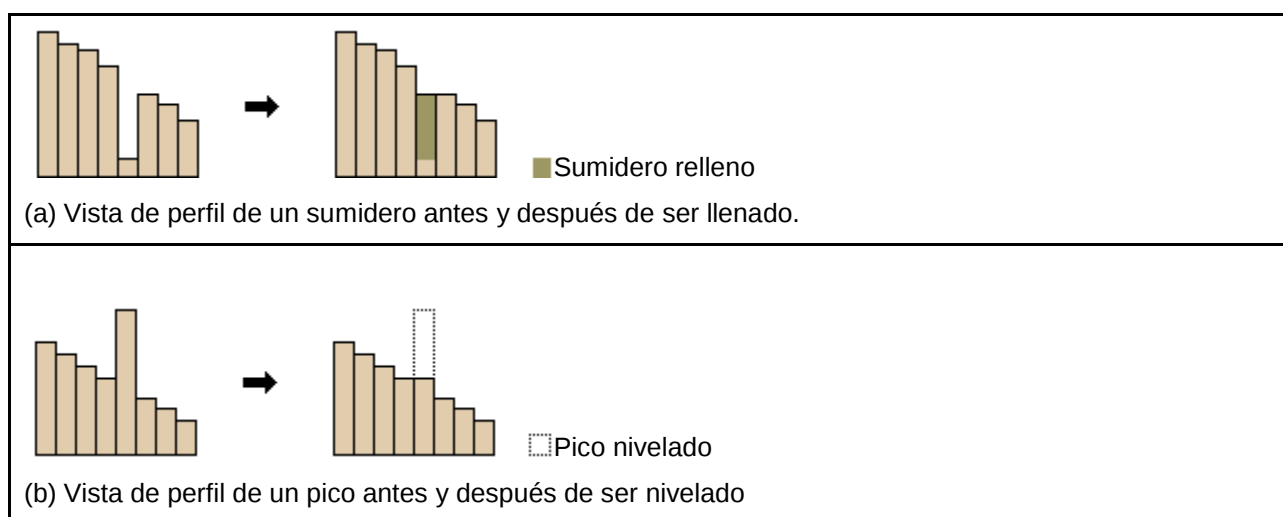


Figura 2. Posibles defectos encontrados en los MDE: (a) sumideros y (b) picos. (Modificado de ArcGis 10 Help).

Ambos tipos de errores deben ser eliminados, especialmente los sumideros, antes de intentar la delimitación automatizada de las cuencas (Figura 2).

El análisis hidrológico utilizado en este trabajo parte de la consideración de que el MDE contiene suficiente relieve vertical para permitir que se pueda definir una ruta de flujo del agua en la zona de estudio. Las herramientas utilizadas operan bajo la premisa de que para una celda dada del MDE, el agua puede fluir hacia ella a partir de muchas celdas adyacentes, pero salir solo a través de una.

Considerando lo anterior, el análisis que llevó a la obtención de las cuencas hidrológicas utilizadas en este estudio siguió las siguientes etapas, las que fueron realizadas mediante el conjunto de herramientas de análisis hidrológico contenidas en el módulo de análisis espacial del sistema de información geográfica ArcGis 10®:

1. Se identificaron todos los sumideros o áreas de drenaje interno (Figura 2).
2. Los sumideros identificados fueron removidos, creando un nuevo MDE libre de imperfecciones.
3. A partir del MDE obtenido después de la eliminación de los sumideros, se generó un mapa raster que determina la dirección de flujo de agua en las celdas que lo componen (Figura 3).
4. A partir del mapa de dirección de flujo del agua y mediante el MDE corregido obtenido en el paso 2, se obtiene un mapa en el que se delinean las cuencas del área de estudio.

Se realizó un post-procesamiento del mapa de cuencas (Figura 4), que incluyó dos aspectos: (a) se hizo la conversión raster – vector del mapa y (b) se ajustaron los parteaguas mediante la superposición del mapa vectorial sobre un mapa de sombreado analítico de laderas, que también contenía las curvas de nivel.

32	64	128
16		1
8	4	2

(a) Los valores de la dirección de flujo a partir del centro:
1 = derecha, 16 = izquierda, 4 = abajo, etc.



Mapa de dirección
de flujos

MDE

(b) Ejemplo de un mapa de dirección de flujo (izquierda) obtenido apartide del MDE (derecha). Los valores del MDE representan elevaciones

Figura 3. Mapa de dirección de flujo del agua (modificado de ArcGis 10 Help).

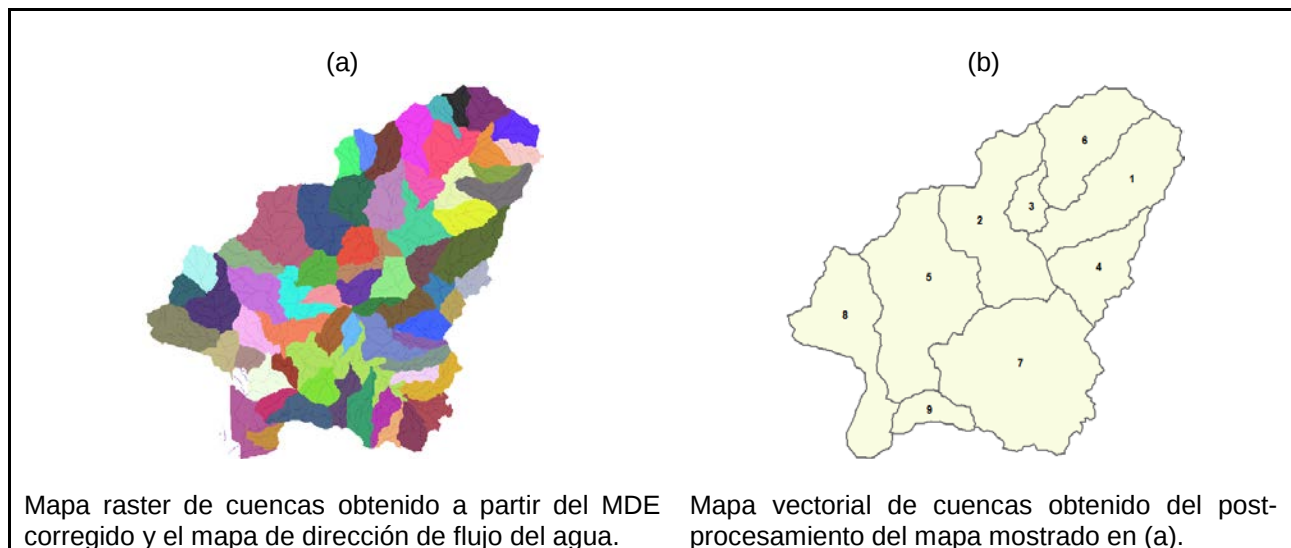


Figura 4. Obtención del mapa de cuencas del área de estudio

2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS SUBCUENCAS

Para la caracterización de las subcuencas, mediante el sistema de información geográfica se evaluaron el área, la pendiente del terreno, el aspecto y las geoformas a través de la extensión DEM Surface Tools (Jenness, 2011). Un aspecto relevante a considerar, es que cuando en un SIG se calcula el área de un objeto en el espacio geográfico, ésta casi siempre es presentada en términos de área planimétrica, como si una cierta unidad de área, por ejemplo un kilómetro cuadrado, representara la misma cantidad de terreno en un planicie que en un terreno montañoso. Tal es el caso de las áreas calculadas para los distintos tipos de vegetación presentados, por ejemplo, en los inventarios nacionales forestales. Dada la importancia ecológica que tienen las comunidades vegetales estudiadas en este trabajo, se decidió buscar un método que permitiera hacer un cálculo más preciso del área que estos ocupan en la región de estudio. Se evaluó el área superficial mediante la siguiente lógica (Jenness, 2004):

- a. Para cada celda central de una ventana móvil (kernel) de 3x3 del modelo digital de elevaciones (figura 5a), las áreas superficiales se derivan a partir de ocho triángulos.
- b. Cada triángulo conecta el punto central de la celda central del kernel con los centros de dos celdas adyacentes. Tales triángulos se localizan en un espacio tridimensional (figura 5b), de tal forma que el área del triángulo representa la superficie verdadera del espacio delimitado por los tres puntos (figura 5c).
- c. El área de los triángulos se ajusta de tal manera que estas solo representan aquella porción de cada triángulo que se sobrepone a la celda central del kernel.
- d. Se suman las áreas totales de los ocho triángulos para producir el área total de la celda central (figura 5d).
- e. Se calcula la razón de superficie para la celda central del kernel, mediante la división del área superficial de la celda sobre el área planimétrica de la misma.

2.3.1 Aspecto

Con los resultados del análisis del Aspecto, los cuales presentan el azimut hacia el cual las laderas del área de estudio están orientadas, se realizó un análisis estadístico para datos circulares, con la finalidad de determinar si las laderas, dentro de los límites de cada subcuenca, presentan una orientación preferencial, que pudiera darnos una indicación de las condiciones de

humedad prevalecientes en cada una de ellas, bajo el supuesto de que en el hemisferio norte, las laderas que miran al hacia el sur reciben más radiación solar, lo que determinaría que fueran más secas que aquellas que miran preferencialmente hacia el norte.

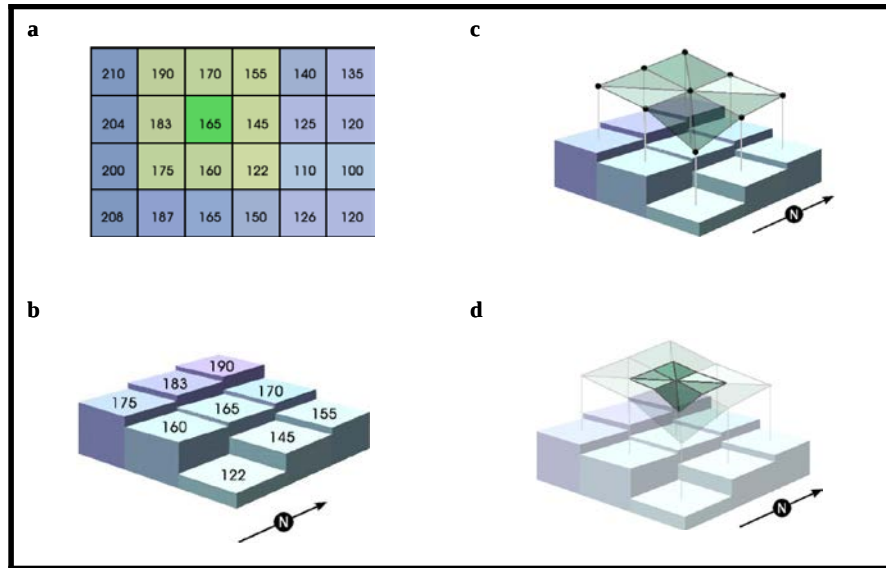


Figura 5. (a) Ventana móvil (kernel) de 3x3. (b) Espacio tridimensional definido por el kernel, sobre el modelo digital de elevaciones. (c) los ocho triángulos definidos por las celdas adyacentes a la celda central. (d) Ajuste del área de los triángulos a la porción que se sobrepone solo a la celda central del kernel (tomado de Jenness, 2011).

Mediante un software especializado (Kovach, 2009), se calcularon una serie de estadísticos que se basan en el concepto del vector medio, el cual se calcula combinando los vectores individuales de las observaciones (en nuestro estudio esto se refiere a los valores angulares evaluados para cada celda del modelo digital de elevaciones en una escala circular de 0° a 360°). El vector medio tiene dos propiedades: 1) su dirección (ángulo medio, μ) y 2) su longitud (r), cuyo valor varía entre 0 y 1; valores grandes de r indican que las observaciones se agrupan más estrechamente alrededor de la media. Adicionalmente, se hicieron pruebas para determinar si existe uniformidad en la distribución de los datos de orientación de las laderas. Es de especial interés las prueba V (Kovach, 2009), la que prueba la hipótesis nula de uniformidad, contra la hipótesis alternativa de que las laderas tienen, en todas las subcuencas, una orientación preferencial hacia el sur (media hipotética de 180°), lo que indicaría que reciben mayor insolación y por lo tanto se esperaría que

fueran más secas. La lista que se presenta a continuación muestra la serie de estadísticos calculados por subcuenca.

ESTADÍSTICOS

- Tipo de Datos
- Número de Observaciones
- Vector medio (μ) (grados)
- Longitud del Vector Medio (r)
- Concentración (k)
- Varianza Circular
- Desviación Estándar Circular

PRUEBAS DE UNIFORMIDAD

- Prueba de Rayleigh (Z)
- Prueba de Rayleigh (p)
- Prueba de espaciado de Rao (U)
- Prueba de espaciado de Rao (p)
- Prueba U^2 de Watson (Uniforme, U^2)
- Prueba U^2 de Watson (p)
- Prueba de Kuiper (Uniforme, V)
- Prueba de Kuiper (p)
- Prueba de Kuiper (Von Mises V)
- Prueba de Kuiper (p)
- Prueba V (V; media hipotética 180°)
- Prueba V (u)
- Prueba V (t)

2.3.2 Geología y Suelos

La caracterización de la geología del área de estudio se generó a partir de la digitalización de la carta geológica escala 1:50,000 E13B65 de INEGI y la información de los tipos de suelo se obtuvo de la base cartográfica de la CONABIO.

Para conocer la relación de similitud de las subcuencas del área de estudio tomando en cuenta como variables las características físicas del terreno; las subcuencas, los sitios de muestreo mencionados anteriormente y los tipos de vegetación fueron agrupados por medio del método de análisis multivariado conocido como Análisis de Componentes Principales, el que determina los componentes más importantes (combinaciones lineales de variables aleatorias) y las variables que generan la mayor variación dentro de las subunidades de estudio.

2.4 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN FLORÍTICA DE LA VEGETACIÓN

El análisis de la estructura de la vegetación permite conocer la distribución tanto horizontal como vertical de las especies que componen una comunidad vegetal. Consiste en medir algunos atributos poblacionales de las especies en la comunidad, como son: densidad, frecuencia y dominancia combinados en un índice de valor de importancia (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974, Cox 2002).

Los sitios de muestreo se seleccionaron de manera preferencial (Mateucci y Colma 1982) a partir de la caracterización de unidades vegetales lo mejor conservadas posibles o que no presentaban algún indicador de alteración.

Se aplicó la técnica de cuadrantes centrados a un punto (Figura 6), que consiste en trazar líneas base de 100 m de longitud, siguiendo el gradiente de la pendiente dependiendo de la topografía del terreno y cada 10 m se ubicó un punto. El área que rodea a cada punto se dividió en cuatro cuadrantes, localizando al individuo más cercano al punto y se midió la distancia. Se tomó una segunda distancia, del individuo más cercano al punto del cuadrante a su vecino más cercano, con el objetivo de conocer las distancias naturales entre árboles, para cada árbol se midió su altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP), lo que significa que se está midiendo el Área Basal (A.B.), datos que permiten conocer la dominancia espacial del individuo en la comunidad. Lo anterior permitió que por cada punto se muestrearan ocho individuos. Se tomaron las coordenadas geográficas del inicio y final del transecto, los puntos de muestreo y los individuos censados. En la aplicación de esta técnica se muestrearon los individuos ≥ 2.5 cm de diámetro.

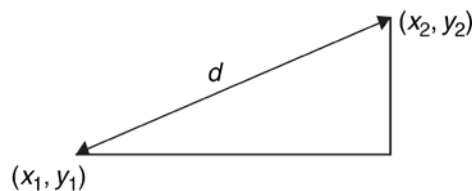
El Área Basal se usa como índice del grado de desarrollo de un bosque y como indicador de competencia (Finegan 1997). La distribución del área basal por clase diamétrica es un instrumento útil para calcular el potencial de un bosque para recuperarse de intervenciones, y se usa a menudo cuando no existen datos precisos sobre la dinámica del bosque (regeneración, mortalidad y crecimiento; al igual se puede usar como indicador de la aproximación de la vegetación actual a la capacidad de carga de un sitio; para determinar el estado del desarrollo y la

estructura del bosque se necesita complementar los datos del área basal con información de la composición florística (Louman 2001, Ramírez-Segura 2012 *com. pers.*).

Se realizó la colecta de material botánico por duplicados de cada especie muestreada, procurando tener todas las características necesarias para la identificación de las especies (flores, frutos, hojas y corteza), y fue procesado y conservado de acuerdo con los criterios de Lot y Chiang (1986).

La determinación de las especies se realizó con los manuales de Pennington y Sarukhán (2005), Flora Novogaliciana, Flora Neotrópica y Flora del Bajío y Regiones Adyacentes editada por el Instituto de Ecología A.C. El material botánico se depositará en los herbarios de EBUM y IEB.

Para calcular la distancia entre el individuo más cercano al punto y su vecino más cercano se aplicó el Teorema de Pitágoras. La distancia entre dos individuos (o punto-individuo) con coordenadas geográficas (x_1, y_1) y (x_2, y_2) es d :



Donde el cuadrado de la hipotenusa (d^2) es la suma de los cuadrados de dos lados adyacentes: $(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$, la distancia d es dada por

$$d = \sqrt{(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2}.$$

Los cálculos de las distancias se generaron con un sistema de información geográfica utilizando la extensión Hawth's Tools.

La distancia promedio del punto a la planta al cuadrado es el resultado del área que ocupa la planta. (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974, Mateucci y Colma 1982, Cox 2002).

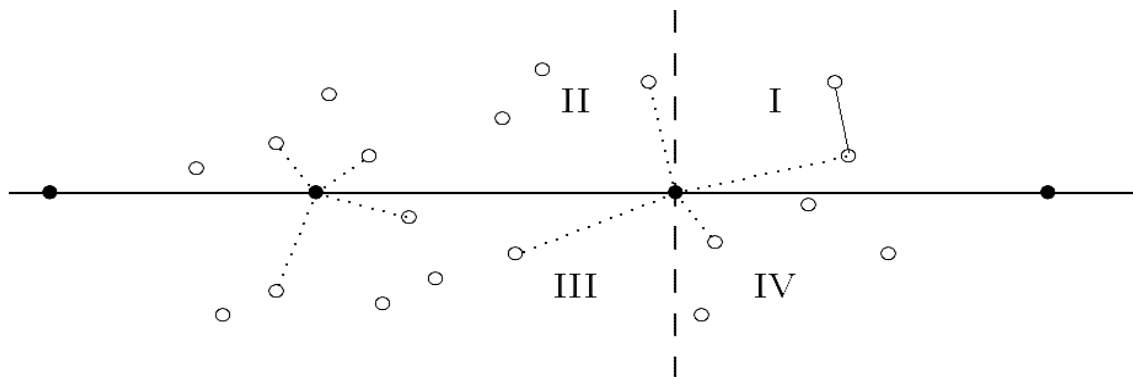


Figura 6. Modelo del diseño de muestreo: El transecto o línea base es la línea negra horizontal, los puntos de muestreo están representados por los círculos negros, la línea punteada vertical es la perpendicular que divide el área que rodea al punto en cuatro cuadrantes (números romanos), los círculos claros indican los árboles individuales, las líneas punteadas diagonales son las distancias del punto a la planta y la línea vertical más delgada es la distancia entre la planta mas cercana al punto y su individuo mas cercano.

Para obtener el Índice de Valor de Importancia (IVI) por especie en cada sitio, se suman los valores relativos de densidad, frecuencia y área basal; obteniendo de esta manera información de la influencia de una especie sobre la comunidad.

Con los valores de distancias, DAP y altura se pueden calcular los siguientes los parámetros cuantitativos de las especies.

- $$\text{Densidad } (\lambda_t) = \frac{\text{Unidad de área}}{\text{Área media}}$$

- $$\text{Densidad relativa } (\lambda_r) = \frac{\text{Individuos de una especie}}{\text{Total de individuos}} \times 100$$

- $$\text{Frecuencia } (F) = \frac{\text{Número de puntos de ocurrencia de una especie}}{\text{Número total de puntos observados}}$$

- Frecuencia relativa (Fr) =
$$\frac{\text{Frecuencia de una especie}}{\text{Frecuencia total de todas las especies}} \times 100$$

- Dominancia relativa =
$$\frac{\text{Área Basal de cada especie}}{\text{Área Basal total de todas las especies}} \times 100$$

- Índice de Valor de Importancia (I.V.I.) = Influencia de una especie dentro de la comunidad

$$\text{I.V.I.} = \text{Densidad relativa} + \text{Frecuencia relativa} + \text{Dominancia relativa}$$

Para la clasificación de las agrupaciones vegetales se aplicó un análisis cluster, utilizando como técnica el “ligamiento promedio no ponderado”, conocida por sus siglas en inglés como UPGMA y como medida de similitud el índice de Morisita modificado.

Debido a que este índice está fuertemente influenciado por la abundancia de la especie más común, el análisis cluster se realizó mediante datos cualitativos de presencia y ausencia de especies, generando una matriz que proporciona la similitud entre cada uno de los pares de localidades de muestreo. Las dos localidades más similares en la matriz se combinan para formar un grupo único; el análisis procede mediante sucesivas agrupaciones de las localidades más similares hasta que se combinan en un dendrograma (Magurran 1987). Los cálculos y el dendrograma se hicieron con el programa NTSYS pc 2.0.

Para evaluar la riqueza arbórea de los tipos de vegetación del Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila, se realizaron comparaciones con otros estudios florísticos efectuados en la vertiente del Pacífico. Para evaluar la similitud se utilizó el Índice de Similitud de Sorensen (ISs), basado en los datos de ausencia-presencia de las especies de la comunidad (Krebs 1989).

$$ISs = \frac{2a}{2a + b + c}$$

Donde:

a = número de especies que ocurren en la muestra A y B

b = número de especies en la muestra B pero no en A

c = número de especies en la muestra A pero no en B

2.5 ANÁLISIS DE CAMBIO DE COBERTURA Y USO DEL SUELO

Los mapas de los tipos de vegetación y usos del suelo se generaron a través del análisis de ortofotos digitales de INEGI (2000) a escala 1:20,000 (e13b65a, 13b65b, 13b65c, e13b65d y e13b65e) y de las fotografías aéreas de INEGI a escala 1:25,000 (E13B65 líneas de vuelo 3, 4, 5, 6 y 7, noviembre 1990 a febrero 1991). Estas últimas se digitalizaron y corrigieron geométricamente para su interpretación mediante la técnica de monoploteo, que consiste en editar segmentos o puntos de la fotografía aérea escaneada, desplegada sobre el modelo digital de terreno del área de estudio; en la fotografía se deben distinguir las cuatro marcas fiduciales, conocer la distancia focal de la cámara y la altura del vuelo.

La restitución requiere de coordenadas arbitrarias y coordenadas métricas de al menos cinco puntos de control en cada fotografía, así como la altitud (obtenida del modelo digital de elevación). El monoploteo se realizó mediante el Sistema de Información Geográfica ILWIS 3.3 Academic (disponible para descarga gratuita en <http://www.itc.nl/ilwis/downloads/ilwis33.asp>).

La fotointerpretación y la creación de la base de datos de los usos de suelo y cobertura vegetal se procesó en el Sistema CartaLinx 1.2 Copyright © 1998-99 Clarck Labs; utilizando como leyenda del mapa el sistema de Clasificación de Vegetación de Miranda y Hernández X. (1963).

El mapa de vegetación se respaldó con recorridos de campo que incluyen la verificación de sitios seleccionados, la obtención de puntos de control (útiles para corregir las fotos aéreas) y la georeferenciación de sitios fotoidentificables utilizando un receptor GPS.

La transformación y cambio de la superficie cubierta por la vegetación se evaluó mediante la superposición de los polígonos obtenidos en la fotointerpretación en un Sistema de Información Geográfica. Se calculó la tasa de deforestación anual con la formula propuesta por Bocco (2001).

$$r = 100 \cdot 1 - (N/N_0)^{1/t}$$

Donde: N_0 = Superficie en el tiempo 1

N = Superficie en el tiempo

t = Diferencia del tiempo en año

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS SUBCUENCAS

Como resultado de la aplicación de la metodología para la delimitación de las cuencas, el área de estudio quedó dividida en nueve subcuencas (Figura 1), de las que se evaluaron las siguientes características descriptivas.

3.1.2 Aspecto

Los resultados del análisis de orientación de laderas se muestran en el cuadro 1. Las subcuencas 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 9, presentan una distribución aproximada a la media hipotética (180°), es decir que la exposición de las laderas presentan una tendencia hacia la orientación Sur, que correspondería a zonas más secas, lo que se asocia a la presencia de tipos de vegetación menos húmedos como la selva baja caducifolia. En las subcuencas 1 y 7 la distribución de las laderas difiere de la hipótesis de la orientación preferencial de las laderas hacia el sur (180°), presentando una orientación Oeste-Noroeste, lo que nos permite inferir condiciones de humedad mayores, lo que se asocia a la presencia de comunidades vegetales favorecidas por esta condición, como son la selva mediana subperennifolia y el encinar tropical.

Como se indicó en la metodología, el área de cada subcuenca fue calculada con un método que toma en cuenta el relieve. En todas las subcuencas, la relación entre el área corregida sobre la planimétrica es mayor de uno, lo que nos da una idea de la rugosidad del terreno en la región de estudio (Cuadro 2).

3.1.2 Pendiente

La pendiente del terreno indica la complejidad topográfica de la cuenca, en las que se puede observar desde 0° (la planicie costera y los playones de los ríos presentes en las 9 subcuencas) hasta laderas con inclinaciones mayores a 60° y en general una media que oscila entre 17° y 20° de inclinación (Cuadro 2).

En la topografía de la subcuenca 1 se observa como la máxima inclinación del terreno 53.87° , y presenta una media de 20.30° . La pendiente máxima calculada en el área de estudio se observa en la subcuenca 2, con una inclinación de 62.44° , estas laderas presentan una orientación hacia el Sur; la media registrada es de 21.78° . La subcuenca 3 presenta laderas con inclinación máxima de 55.48° , con una media de 17.01° ; dentro de la subcuenca 4 se registra la segunda pendiente máxima con 61.71° , con una media de 20.52° .

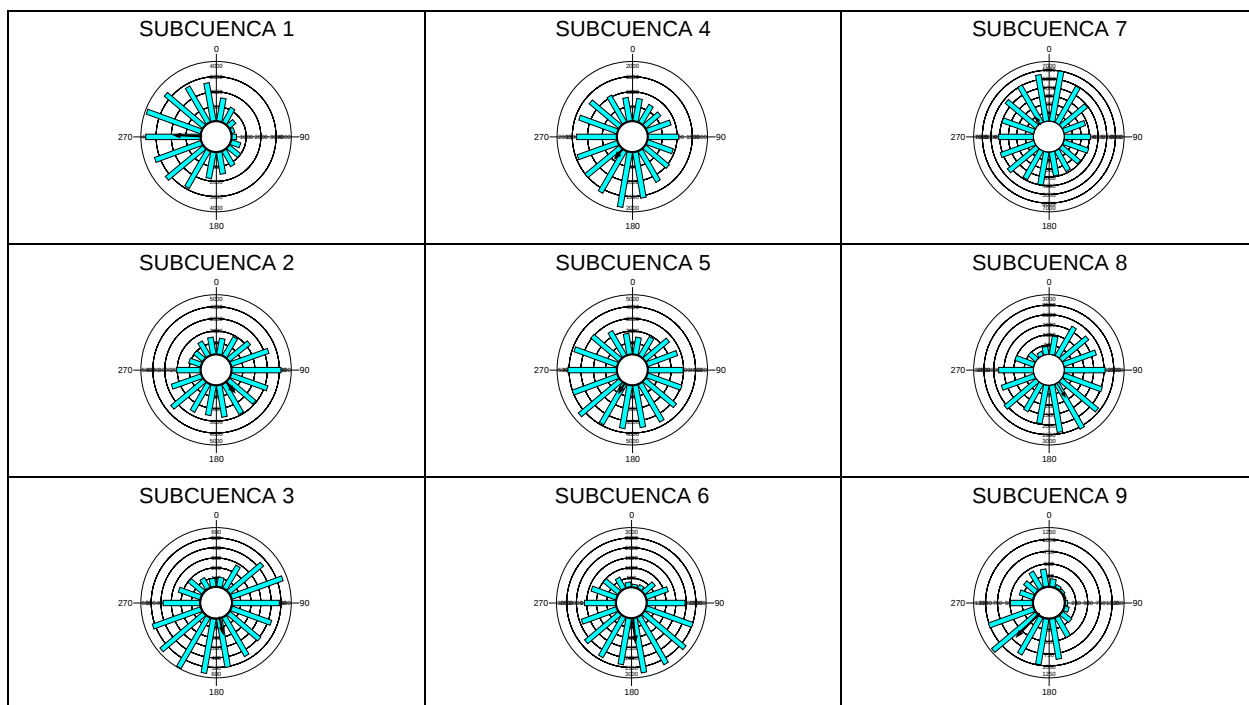


Figura 7. Histogramas de distribución de los ángulos de orientación de laderas por subcuenca. La flecha negra indica el vector medio (μ), su tamaño es proporcional a su longitud (r).

Con una pendiente media de 18.52° y una máxima inclinación de laderas de 50.6° , se registra en la subcuenca 5; en la subcuenca 6 se presentan pendientes máximas hasta de 55° y una media de 19.23° . Las subcuencas 7 y 8 presentan pendientes máximas de 58° , la pendiente media de la subcuenca 7 es de 17.83° ; para la subcuenca 8 se observa la pendiente media del terreno menor, con un valor de 15.3° , que representa laderas cercanas a los ríos y arroyos del sistema hidrológico. En la subcuenca 9 se registran pendientes con una media de 19.74° y con una máxima de 54.78° .

SUBCUENCAS	SC1*	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9
Tipo de Datos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos	Ángulos
Observaciones	35803	43206	6928	20982	56386	28617	71453	28779	8286
Vector medio (μ) (grados)	272.336	140.296	167.198	219.169	210.539	174.53	324.946	149.904	223.982
Longitud del Vector Medio (r)	0.424	0.203	0.245	0.194	0.17	0.383	0.143	0.263	0.497
Concentración (k)	0.934	0.415	0.505	0.396	0.344	0.83	0.289	0.546	1.141
Varianza Circular	0.576	0.797	0.755	0.806	0.83	0.617	0.857	0.737	0.503
Desviación Estándar Circular	75.104	102.302	96.095	103.756	107.909	79.333	112.964	93.588	67.791
Rayleigh Test (Z)	6422.596	1782.346	415.888	790.07	1624.447	4207.282	1465.014	1996.934	2043.531
Rayleigh Test (p)	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12
Rao's Spacing Test (U)	356.38	357	341.397	353.823	357.702	355.484	358.186	355.509	344.62
Rao's Spacing Test (p)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Watson's U ² Test (Uniform, U ²)	326.416	99.148	23.469	40.684	86.476	216.88	81.202	105.479	108.776
Watson's U ² Test (p)	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005
Kuiper's Test (Uniform, V)	53.045	32.598	15.811	19.239	27.547	42.992	28.466	29.521	31.286
Kuiper's Test (p)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Kuiper's Test (von Mises V)	6.848	13.044	6.038	3.974	8.086	9.133	10.515	9.822	6.489
Kuiper's Test (p)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
V Test (V; media hipotética 180.00°)	-0.017	0.156	0.239	0.15	0.146	0.382	-0.117	0.228	0.357
V Test (u)	-4.62	45.934	28.124	30.818	49.093	91.313	-44.311	54.678	46.002
V Test (p)	1	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	< 1E-12	1	< 1E-12	< 1E-12

*SC1...SC9: indican subcuencas 1 hasta la 9.

Cuadro 1. Análisis de orientación de laderas en las subcuencas del área de estudio

3.1.3 Geología

Se reconocieron siete tipos de roca; siendo los de mayor presencia en el área de estudio las rocas ígneas intrusivas ácidas (Igea), andesitas (A) y calizas (cz), las otras clases de rocas presentes son: calizas-lutitas (cz-lu), lutitas-areniscas (lu-ar), conglomerados (cg) y aluviones (al).

3.1.4 Suelos

Los tipos de suelo dominantes en el área de estudio son litosol (Li), regosol eutrico (Re e) y rendzina (E); aunque también se registró el feozem háplico (Fh) y el regosol dístrico (Re d).

SUBCUENCA	AREA (Ha)			PENDIENTE (GRADOS)				
	Planimétrica	Corregida	Corregida/Planimétrica (promedio)	MIN	MAX	MEDIA	MEDIANA	D.E.
1	3362.10	3668.57	1.09	0	53.87	20.30	20.11	8.34
2	4094.44	4547.23	1.11	0	62.44	21.78	21.32	10.68
3	676.89	722.29	1.07	0	55.48	17.01	16.34	8.58
4	1982.21	2090.07	1.09	0	61.71	20.52	19.71	9.40
5	5426.13	5853.83	1.08	0	50.60	18.52	18.55	10.15
6	2679.05	2857.35	1.08	0	55.15	19.23	18.85	7.93
7	6788.07	7311.30	1.08	0	58.08	17.83	17.30	10.10
8	3504.07	3732.50	1.07	0	58.38	15.31	15.98	12.03
9	801.04	881.00	1.09	0	54.78	19.74	19.05	9.30

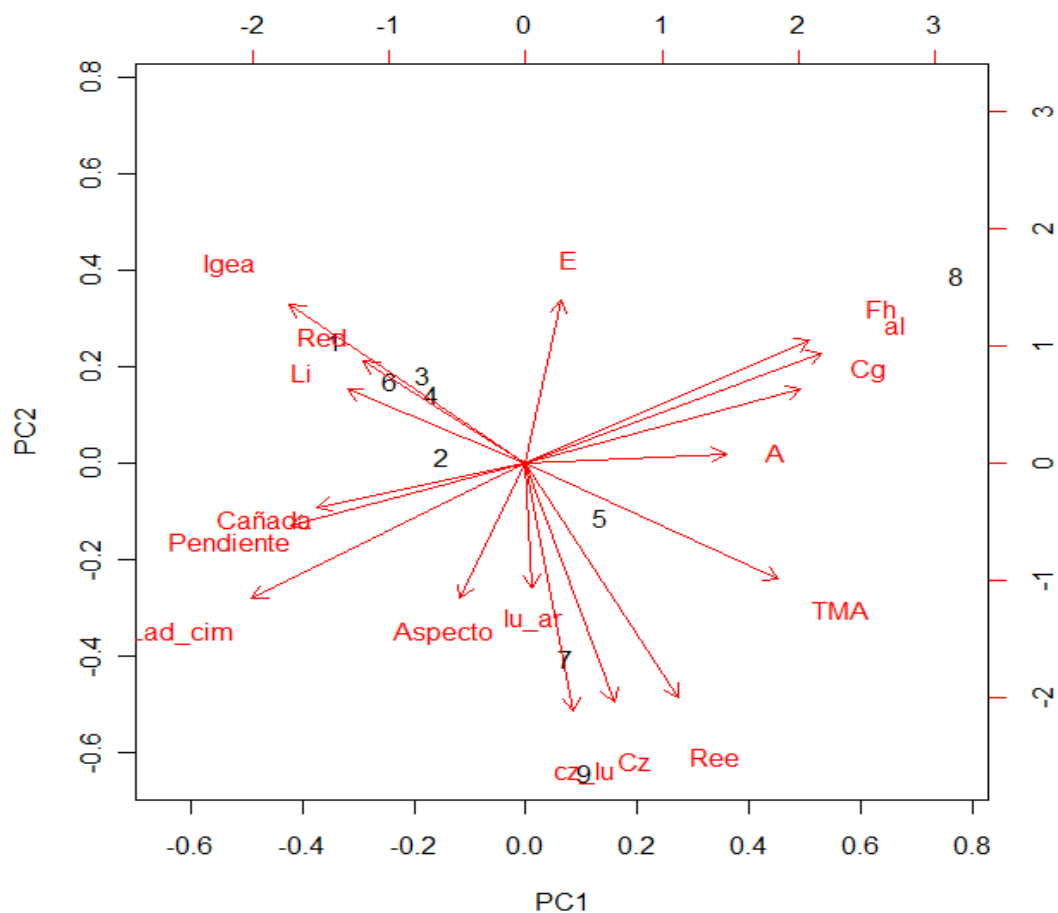
Cuadro 2. Cálculo del área y la pendiente por subcuencas

Mediante el análisis de componentes principales se permitió conocer la similitud y establecer una agrupación entre las subcuencas (Figura 9), así como determinar los factores que influyen en la distribución de los tipos de vegetación. Se reconoció en el diagrama de dispersión de componentes una asociación de las subcuencas en tres grupos principales (Figura 8); en el que con cinco componentes explican el 94.92% de la variabilidad de las subcuencas; los coeficientes correspondientes a los tipos de geología y de suelo dominantes contribuyen en mayor medida.

Para la determinación de las variables ambientales que influyen en la distribución de los tipos de vegetación, se reconoció que cuatro componentes principales explican el 92.42% de la variabilidad. Los coeficientes de Aspecto, suelos y rocas dominantes y la pendiente del terreno son los que contribuyen en mayor medida (Cuadros 4 y 5 y Figura 10).

SUBCUENCA	TMA	Aspecto	Pendiente	Suelo	Geología	Cañada	Ladera-Cima
1	24 °C	272.3°	20.3°	Rendzina	Ígnea intrusiva	47.8	41.0
2	24.5 °C	140.3°	21.32°	Litosol	Caliza	49.4	39.4
3	25 °C	167.2°	17.01°	Litosol	Ígnea intrusiva	48.4	38.5
4	24.5 °C	219.2°	20.52°	Rendzina	Ígnea intrusiva	45.7	42.3
5	25.5 °C	210.5°	18.52°	Regosol eutrico	Andesita	49.6	37.9
6	24.5 °C	174.5°	19.23°	Litosol	Ígnea intrusiva	46.6	40.3
7	25 °C	324.9°	17.83°	Regosol eutrico	Caliza	47.7	40.5
8	25.5 °C	149.9°	15.31°	Rendzina	Andesita	42.4	28.7
9	25.5 °C	224.0°	19.74°	Regosol eutrico	Caliza	45.2	41.9

Cuadro 3. Características físicas del terreno y variables ambientales de las subcuencas. Los valores de temperatura y pendiente corresponden a la media calculada para cada subcuenca y el aspecto corresponde al vector medio de la orientación de ladera. Para los suelos y geología se tomaron en cuenta para el análisis de componentes principales el porcentaje que ocupan las categorías en las subcuencas, al igual que las geoformas de mayor presencia en el área de estudio, las cañadas, laderas expuestas y cimas.



Componentes principales									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Desviación estándar	2.147	1.694	1.376	1.0406	0.5868	0.9682	0.4422	0.26408	8.83e-16
Proporción acumulada	0.384	0.623	0.781	0.8711	0.9492	0.9779	0.9942	1.00000	1.00e+00

Figura 8. Análisis de componentes principales y agrupamiento de las subcuencas de acuerdo a las características físicas y ambientales presentes en el área de estudio

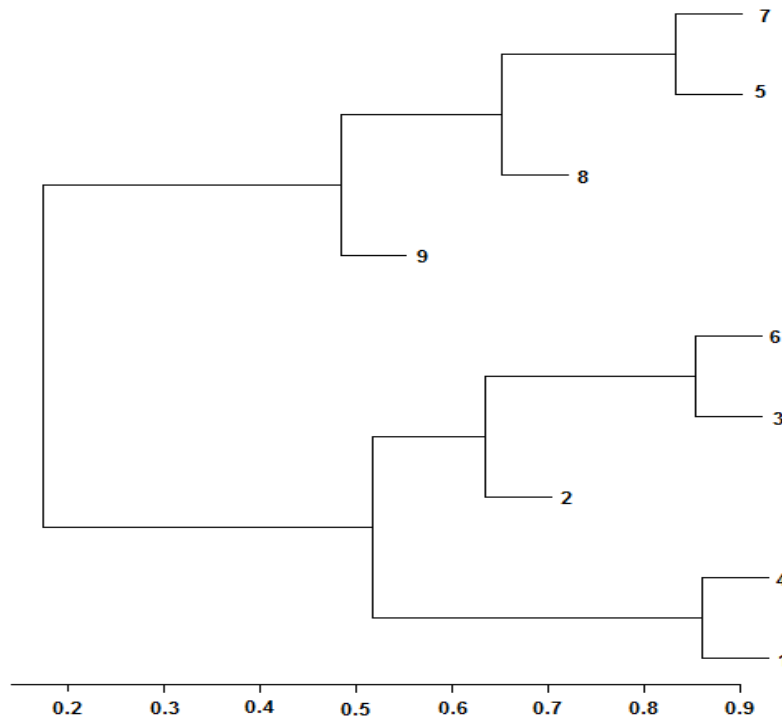


Figura 9. Dendrograma de asociación de similitud de las subcuencas, generado mediante análisis de agrupamiento jerárquico a partir de los coeficientes de los componentes principales.

Para la selva mediana subperennifolia se observa que el coeficiente de la orientación de ladera es la variable con mayor influencia en su distribución, con una orientación preferencial hacia el Norte, lo que sería un indicador de condiciones de mayor humedad que pudiera explicar la presencia de este tipo de vegetación. En estas selvas, los sitios que presentan asociaciones en donde *Brosimum allicastrum* es la especie dominante, reflejan alta humedad ambiental y, de acuerdo con Flores-Mata *et al.* (1971) y Vega *et al.* (2008), corresponden a barrancas protegidas o zonas expuestas a la brisa marina y proporcionan condiciones edáficas que ofrecen a las plantas una mayor disponibilidad de agua. Además de la fisiografía, los factores geológicos y edafológicos de origen calizo influyen particularmente al desarrollo de este tipo de vegetación.

La distribución del encinar tropical en el área de estudio se asocia particularmente a la afinidad climática que tiene con las selvas medianas subperennifolias. De acuerdo a Pennington y Sarukhán (2005) son los factores edáfico y geológico los que determinan el cambio de la fisonomía y la composición florística de este tipo de vegetación.

Para el área de estudio el análisis muestra que estos encinares se presentan en suelos muy delgados o poco desarrollados (litosoles y rendzinas) con evidentes afloramientos rocosos de origen calizo.

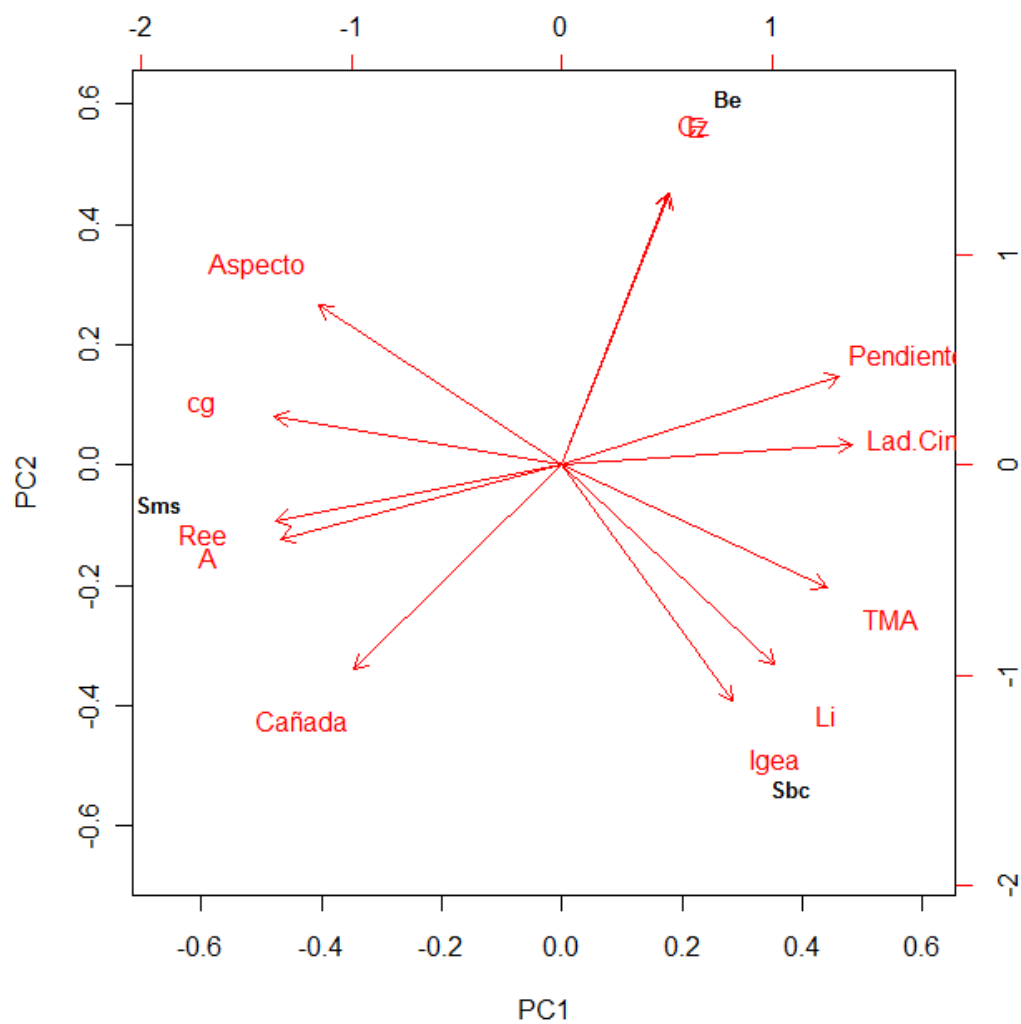
VEGETACIÓN	TMA	Aspecto	Pendiente	Suelo	Geología	Cañada	Ladera-Cima
Sms	24 °C	90.3	7.6	Regosol eutrico	Conglomerado	52	19.4
Sbc	25 °C	51.0	18.0	Rendzina	Ígnea intrusiva	44.5	55.5
Be	24.5 °C	75.7	21.1	Rendzina	Caliza	31.3	54.7

Cuadro 4. Características físicas del terreno y variables ambientales identificadas en la distribución de los principales tipos de vegetación. Los valores de temperatura y pendiente corresponden a la media calculada, para el aspecto los valores se tomaron a partir del porcentaje con respecto a una media hipotética de la orientación de ladera (360°). Para los suelos y geología el porcentaje que ocupan las categorías con respecto a la cubierta vegetal, al igual que las geoformas

Para la selva baja caducifolia, se observó que la temperatura es importante para permitir su presencia, con una media anual de 25°C, además de las condiciones de humedad, factor que en el análisis está estrechamente relacionado con la orientación de ladera, las cuales corresponden a la dirección Sur-Suroeste, mencionada anteriormente. Estas selvas se desarrollan de manera restringida a suelos someros y pedregosos en laderas de cerros derivados de rocas ígneas y con mayor exposición orientada al sur; aparentemente están ausentes de las planicies o llanuras aluviales (Rzedowski 1979 y 2006, Rzedowski y McVaugh 1966).

	TMA	Aspecto	Pendiente	Litosol	Rendzina	Andesita	Caliza
Sms		0.949	-0.547	0.142	-0.755	0.345	0.392
Sbc	0.996	0.225	0.248	0.752		-0.311	
Be		-0.210	-0.179	0.291	-0.216	-0.620	0.917

Cuadro 5. Coeficientes de los componentes principales que determinan la distribución de los principales tipos de vegetación



Componentes principales							
	1	2	3	4	5	6	7
Desviación estándar	1.562	1.410	1.179	0.8081	0.58723	0.4178	0.16792
Proporción acumulada	0.349	0.633	0.831	0.9242	0.9710	0.9960	1.0000

Figura 10. Análisis de los componentes principales que determinan la distribución de los tipos de vegetación

3.2 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

Se registraron 120 especies de árboles: 82 (68.3 %) han sido identificadas a nivel específico, 3 (2.5 %) se asignaron como afines, 16 (13.3 %) se determinaron a nivel genérico, 12 (10 %) a nivel de familia y 6 (5 %) individuos permanecen sin identificar. Las 120 especies se distribuyen en 69 géneros y 33 familias. El valor mínimo de familias (5) se registró en el encinar tropical y el máximo en la selva mediana subperennifolia (27). La familia con mayor número de especies es Leguminosae con 22 especies, seguida por Burseraceae (11), Anacardiaceae (7) y Moraceae (6), las cuales concentran 38.3 % de las especies encontradas en el área de estudio (Cuadro 6). El mayor número de géneros se registraron para las familias Leguminosae (14), Anacardiaceae (6) y Euphorbiaceae (5). Los géneros con mayor número de especies registradas son *Bursera* con 11 especies y *Ficus* con 4.

El número total de especies registradas en los sitios de muestreo (líneas y sus alrededores) como en otras localidades (120), representan 74.5 % de la flora arbórea estimada por Guerrero-Campanur (1985), quien registra 161 especies. Para ambos estudios la familia Leguminosae es la que aporta el mayor número de especies (38 de acuerdo con Guerrero-Campanur 1985).

En el presente trabajo se citan como especies no registradas con anterioridad para la selva mediana subperennifolia de la costa de Michoacán: *Aspidosperma megalocarpon*, *Oxandra lanceolata*, *Licaria cervantesii* y *Platymiscium trifoliolatum*. Para la selva baja caducifolia se mencionan: *Bursera macvaughiana*, *Bursera denticulata*, *Cyrtocarpa kruseana*, *Platymiscium lasiocarpum* y *Ficus pringlei*.

3.3 ESTRUCTURA Y CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN

El análisis de agrupamiento permitió distinguir tres diferentes tipos de vegetación de acuerdo con los sitios de muestreo: selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia y encinar tropical. De las 120 especies registradas, 104 se distribuyen en once sitios de muestreo ubicados en dos subcuencas del área de estudio. En la subcuenca 1, un sitio corresponde a la selva mediana subperennifolia y dos al encinar tropical, y en la subcuenca 2, cuatro sitios corresponden a la selva mediana subperennifolia y cuatro a la selva baja caducifolia.

FAMILIA	Nº de Especies	%
Leguminosae	22	18.3
Burseraceae	11	9.2
Anacardiaceae	7	5.8
Moraceae	6	5
Subtotal	46	38.3
Resto de las familias	74	61.7
Total de especies	120	100

Cuadro 6. Familias mejor representadas por el número de especies y porcentaje del total registrado

Para la selva mediana subperennifolia se ha registrado 286 individuos correspondientes a 56 especies arbóreas, distribuidas en 40 géneros y 27 familias. En la selva baja caducifolia se tiene registrados 225 individuos distribuidos en 66 especies de árboles, 41 géneros y 21 familias. Y en el encinar tropical 91 individuos registrados corresponden a 6 especies distribuidas en 5 géneros y 5 familias (Cuadro 7).

3.3.1 Selva mediana subperennifolia

El grupo constituido por los sitios de muestreo 2, 5, 6, 8 y 11 (Figura 11) corresponde a la selva mediana subperennifolia. En este tipo de vegetación se registra como especies dominantes de acuerdo al I.V.I. *Brosimum alicastrum* (18.8%), *Oxandra lanceolata* (14.75%), *Enterolobium cyclocarpum* (4.6 %), *Astronium graveolens* (4.3 %) y *Licania arborea* (4.3 %); la dominancia de estas especies es similar a la encontrada en las localidades estudiadas por Duellman (1965) y Leavenworth (1946). Se estimó una densidad total de árboles de 61.3 individuos/ha para el sitio 2, 229.3 individuos/ha para el sitio 5, 129.6 individuos/ha en el sitio 6, 459.4 individuos/ha para el octavo sitio y 405.8 individuos/ha en el sitio once. La distancia promedio entre individuos calculada es de 7.6 m. Las alturas de los árboles registrados en este tipo de vegetación oscilan entre los 2 m hasta los 40 m, con un promedio de 15 m; se observa en la distribución de las alturas que la frecuencia de individuos tiende a disminuir en las clases superiores a la altura media (Figura 12).

Se reconocieron 3 estratos arbóreos: el estrato superior, el estrato medio y el estrato inferior. En el estrato superior los individuos presentan alturas superiores a 15 m y llegan a alcanzar hasta los 40 m, la altura promedio estimada fue de 22 m. En este estrato las especies representativas son *Enterolobium cyclocarpum* (altura promedio 30 m), *Brosimum alicastrum* (27 m), *Licania arborea*, *Calophyllum brasiliense* y *Aspidosperma megalocarpon* (25 m), *Astronium graveolens* (24 m) y *Andira inermis* (21 m).

VEGETACIÓN	FAMILIA	GENERO	ESPECIES
Selva mediana subperennifolia	27	40	56
Selva baja caducifolia	21	41	66
Encinar tropical	5	5	6

Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies en los principales tipos de vegetación

El estrato medio esta representado por individuos mayores a 5 m hasta los 15 m, la altura media de los individuos en este estrato es de 11 m; los individuos representativos son *Oxandra lanceolata* (11 m), *Tabebuia rosea* (11 m), *Poeppigia procera* (10 m), *Stemmadenia donnell-smithii* (12 m) y *Annona purpurea* (13 m).

El estrato inferior se representa por individuos menores a 5 m, representado por *Casearia nitida*, *Casearia corymbosa*, *Ardisia compressa* y *Randia armata*; Rzedowski y McVaugh (1966) señalan que algunas de estas especies son pertenecientes a vegetación secundaria inducida por la tala (Hernández-Toro 2003).

La dominancia y las asociaciones de *Brosimum alicastrum*, (llamadas localmente “mojoterías”) caracteriza este tipo de vegetación de manera muy particular en la vertiente del Pacífico Mexicano; las cuales su distribución se restringe a barrancas, que son lugares generalmente más húmedos (Flores-Mata *et al.* 1971, Pennington y Sarukhán 2005, Rzedowski y Mcaugh 1966, Rzedowski 2006), en el área de estudio se sitúan a altitudes entre 300 a 600 m s.n.m. A pesar de la dominancia de esta especie se observó que existe muy poco reclutamiento de plántulas e individuos jóvenes debido al pastoreo (“ramoneo”) de ganado en los sitios donde se desarrolla.

De acuerdo a Hernández-Toro (2003) *Guazuma ulmifolia* y *Cecropia obtusifolia* son especies que indican cierto disturbio o impacto, a pesar de que no se registraron individuos de estas especies en los sitios de muestreo, se observó muy poca incidencia en las áreas donde se desarrolla la selva mediana subperennifolia (cañadas protegidas), por lo que es de suponer que ese tipo de vegetación se encuentra de cierto modo conservada.

3.3.2 Selva baja caducifolia

Los sitios de muestreo 1, 3, 4 y 7 (Figura 11) constituyen el agrupamiento correspondiente a la selva baja caducifolia, que se desarrolla principalmente en laderas con orientación SO a partir de los 400 m s.n.m. Para este tipo de vegetación se registraron 66 especies correspondientes a 41 géneros y 21 familias. Las especies dominantes de acuerdo al I.V.I.

son *Gliricidia sepium* (12.6 %), *Oxandra lanceolata* (10.7 %), *Cordia elaeagnoides* (4.7 %), *Bahinia* sp. (4 %), *Bursera citronella* (3.9 %) y *Bursera* sp. (3.5 %). Se reconoció una alta incidencia de especies del género *Bursera* (11), las que influyen tanto en la composición florística como en la fisonomía de esta comunidad vegetal, peculiarmente por la presencia de individuos con troncos de corteza exterior exfoliante (Rzedowski 1979), característica que también se observó en algunas especies de las familias Anacardiaceae y Euphorbiaceae. Sin embargo la dominancia de *Gliricidia sepium* y *Cordia elaeagnoides* indican la ocurrencia en el pasado de algún proceso de perturbación en los sitios 3 y 4, tales como la tala selectiva, quema o pastoreo. Se encontró una densidad promedio de 361 individuos/ha, con mínima de 182.6 individuos/ha y máxima de 1 023.3 individuos/ha. En este tipo de vegetación se estimó una distancia promedio entre individuos de 5.3 m. La altura de los árboles se registra desde los 1.8 m hasta 20 m, con un promedio de 8 m; se observa que la estructura vertical tiende a una distribución normal, la frecuencia de individuos es mayor cercana a la altura promedio y disminuye en los estratos superiores. (Figura 13).

Guerrero-Campanur (1985) reconoce otra variante de este tipo de vegetación, la que se distribuye desde el nivel del mar hasta los 300 o 400 msnm, donde se desarrollan cactáceas columnares y especies arbóreas no mayores a 7 m sobre suelos muy pedregosos y afloramientos rocosos de origen volcánico.

En esta comunidad se reconocieron 3 estratos arbóreos. El estrato superior en donde los individuos presentan alturas superiores a 8 m, y las eminencias alcanzan hasta 15 m, la altura promedio calculada es de 12 m; las especies representativas en este estrato son *Astronium graveolens* (14 m), *Cordia elaeagnoides* (11 m), *Bursera macvaughiana* (11 m), *Oxandra lanceolata* (10 m), *Lysiloma microphyllum* (10 m) y *Bursera denticulata* (10 m). Para este estrato se reconocieron árboles emergentes por encima de los 15 m correspondientes a las especies de *Bursera simaruba* y *Ceiba* sp. las que alcanzan hasta 20 m. Se observa una afinidad florística con la selva mediana subperennifolia, debido principalmente a que el sitio de muestreo donde se observaron dichas especies (sitio 7), se encuentra cercano a las zonas más húmedas y menos expuestas a la insolación (barrancas).

El estrato medio se caracteriza por árboles de 5 a 8 m de altura; teniendo un promedio de 7 m; las especies representativas son *Gliricidia sepium* (8 m), *Bursera citronella* (7.5 m), *Heliocarpus occidentalis*, *Pseudobombax ellipticum*, *Bahuinia* sp. y *Bursera* sp. (alturas promedio 6 m). En el estrato inferior los individuos son menores a los 5 m de altura, y se encuentran las especies *Casearia corymbosa*, *Cyrtocarpa kruseana* y *Senna atomaria*.

3.3.3 Encinar tropical

El encinar tropical corresponde al agrupamiento los sitios 9 y 10 (Figura 11). Esta comunidad vegetal se desarrolla desde 600 hasta 1 800 m s.n.m. principalmente en la parte alta del sistema hidrológico. Se estimó una densidad promedio de 400 individuos/ha. El estrato arbóreo está dominado principalmente por *Quercus magnoliifolia* (45.3 %) y *Quercus salicifolia* (40.1 %) de acuerdo al I.V.I. estimado. La distancia promedio entre individuos es de 5 m. La altura promedio registrada en este tipo de vegetación es de 14 m; donde se observa que la mayor frecuencia de alturas de los individuos es cercana a la altura media y disminuye principalmente en los rangos menores a 2 m y mayores a 25 m (Figura 14). En este tipo de vegetación se reconocieron tres estratos; el estrato superior caracterizado particularmente por *Quercus salicifolia* presenta individuos entre 15 y 25 m. El estrato medio esta caracterizado por *Quercus magnoliifolia* y algunos individuos presentes de *Lysiloma* sp., este estrato presenta una altura promedio de 11 m alcanzando hasta los 15 m. El estrato inferior tiene una altura máxima de 5 m y está formado por individuos de *Byrsonima crassifolia*, *Conostegia xalapensis*, *Orbignya guacuyule* y *Cryosophila nana*; las dos últimas especies pertenecientes a la familia Arecaceae.

La abundancia de individuos de tallas jóvenes de *Quercus magnoliifolia* ($\leq 2m$), indican que este tipo de vegetación ha sido sometido a incendios (Peña-Ramírez y Bonfil 2003). No obstante se observó que la perturbación de esta comunidad vegetal es propiciada principalmente por la extracción de leña para consumo doméstico, y en laderas con pendientes poco pronunciadas con fines agrícolas; aunque la mayor cobertura de esta comunidad vegetal se desarrolla en suelos muy delgados o poco desarrollados con evidentes afloramientos rocosos.

Otro tipo de vegetación que se reconoció, es la selva mediana subcaducifolia, actualmente se encuentra escasamente representado, y ocupaba las planicies cercanas al nivel del mar o las vegas de los ríos perennes (Guerreo-Campanur 1985). Sólo se observó de manera restringida en la transición entre la selva mediana subperennifolia y la selva baja caducifolia, a una altitud cercana a 350 m s.n.m.; este tipo de vegetación tiene una composición florística similar a la selva mediana subperennifolia, pero debido a que se desarrolla en laderas expuestas muy cercanas a las cañadas su fenología es más caducifolia. El estrato arbóreo superior se encuentra representado por: *Astronium graveolens*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Hura polyandra*, *Swietenia humilis* y *Tabebuia rosea*, y por lo general no rebasan los 20 m de altura.

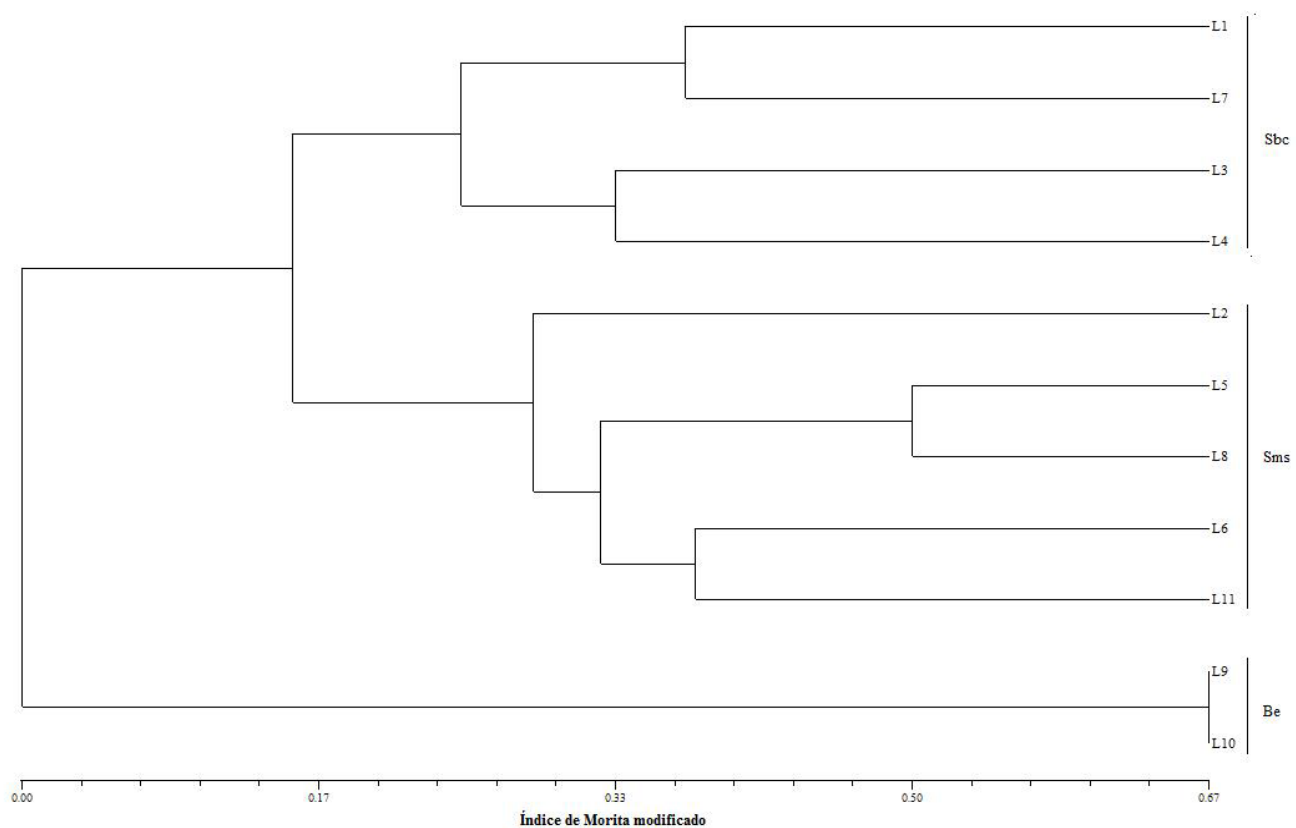


Figura 11. Dendrograma que muestra las relaciones jerárquicas entre los sitios de muestreo, generado mediante la técnica de agrupamiento conocida como UPGMA y el índice de similitud de Morisita modificado.

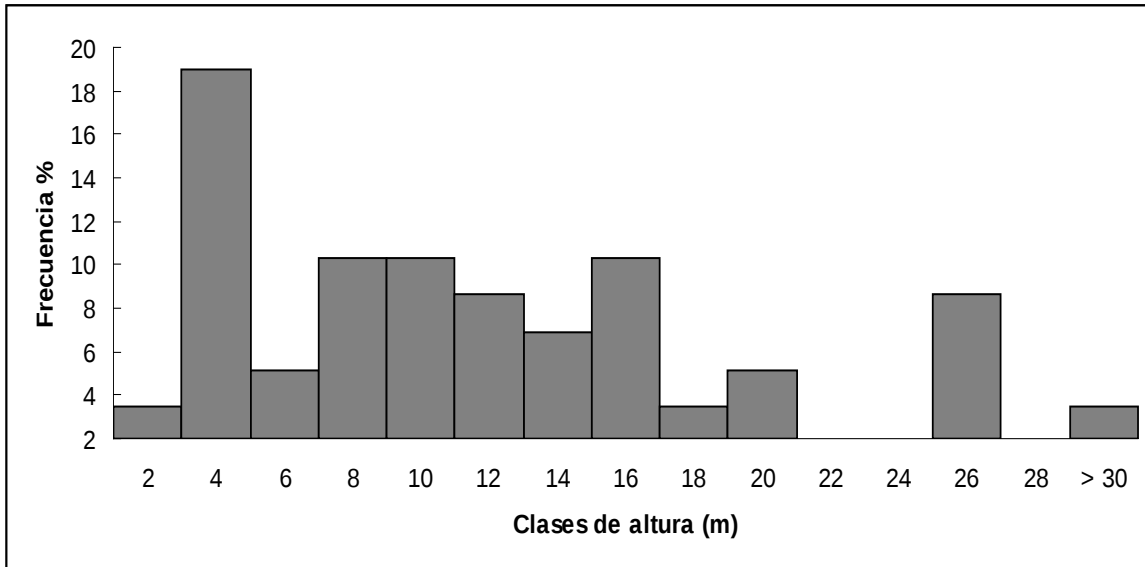


Figura 12. Frecuencia de alturas de la Selva mediana subperennifolia

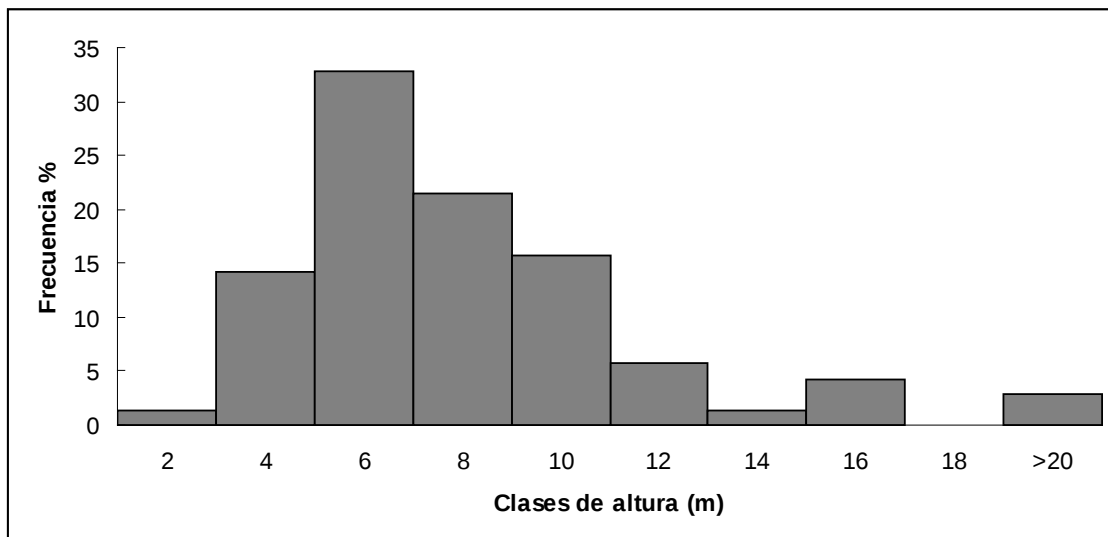


Figura 13. Frecuencia de alturas de la Selva baja caducifolia

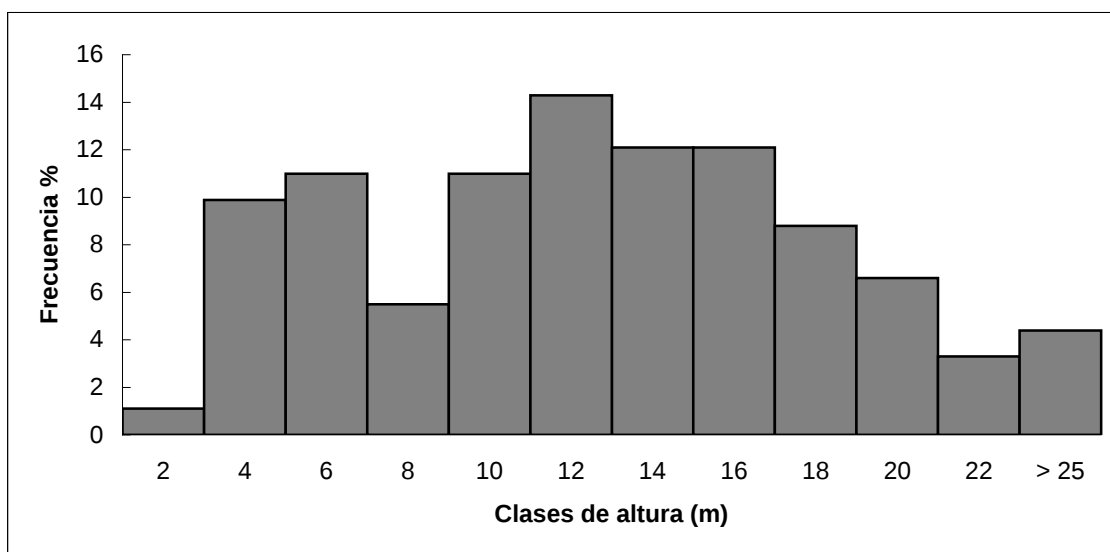


Figura 14. Frecuencia de alturas del Encinar tropical

ESPECIE	FAMILIA	NI	A.B. CM ²	D.R. %	F.R. %	A.B.R. %	I.V.I %	I.V.I %/3	ALTURA PROMEDIO (m)
<i>Oxandra lanceolata</i>	ANNONACEAE	77	46 467.0	12.8	6.7	13.8	33.3	11.1	11
<i>Brosimum alicastrum</i>	MORACEAE	35	70 126.6	5.8	5.6	20.9	32.3	10.8	21
<i>Gliricidia sepium</i>	LEGUMINOSAE	28	13 263.8	4.7	3.2	4.0	11.8	3.9	8
<i>Astronium graveolens</i>	ANACARDIACEAE	18	9 190.5	3.00	4.0	2.7	9.7	3.2	10
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	LEGUMINOSAE	4	21 278.2	0.7	1.1	6.3	8.1	2.7	30
<i>Licania arborea</i>	CHRYSOBALANACEAE	16	6 911.0	2.7	1.9	2.1	6.6	2.2	27
<i>Poeppigia procera</i>	LEGUMINOSAE	13	3 456.2	2.2	2.4	1.0	5.6	1.9	13
<i>Tabebuia rosea</i>	BIGNONIACEAE	16	2 205.5	2.7	1.6	0.7	4.9	1.7	11
<i>Quercus magnoliifolia</i>	FAGACEAE	48	23 594.0	8.0	3.2	7.0	18.2	6.1	15.5
<i>Quercus salicifolia</i>	FAGACEAE	33	29 956.6	5.5	2.4	8.9	16.8	5.6	11.3
SUB TOTAL		288	226 449.3	47.92	32	67.4	147.4	49.1	

Cuadro 8. Resumen de datos sinecológico de las especies más importantes.

La comparación numérica para conocer la similitud de la riqueza de especies arbóreas, se realizó en los dos tipos de vegetación con mayor número de especies, la selva mediana subperennifolia y la selva baja caducifolia (Cuadro 9).

Localidad	Superficie ha	Altitud (msnm)	Vegetación	N° de especies	N° de especies compartidas	ISs
Chamela-Cuixmala, Jal. (Lott 2002)	13 142	0 - 500	Sms	98	28	0.37
			Sbc	126	36	0.38
Ríos Tecolotlán y María García, Jal. (Hernández- Toro 2003)	85 000	0 - 920	Sms	51	19	0.36
			Sbc	58	19	0.31
La Manzanilla, Jal. (Ramírez-Delgadillo <i>et al.</i> 2011)	4	30 - 90	Sms	54	21	0.39
			Sbc	62	21	0.33
Bahía Banderas, Nay. (Tejero-Díez <i>et al.</i> 2008)	145	0 - 140	Sms	44	17	0.34
			Sbc	53	15	0.25
Parque Nacional Huatulco, Oax. (Salas- Morales <i>et al.</i> 2007)	6 375	0 - 200	Sms	38	17	0.37
			Sbc	150	30	0.28
Nizanda, Oax. (Pérez <i>et al.</i> 2001)	8 500	100 - 700	Sms	74	15	0.23
			Sbc	71	17	0.25

Cuadro 9. Índice de Similitud de Sorensen (ISs) entre las localidades de estudio registradas en el Pacífico Mexicano calculado a partir de la ocurrencia de especies.

Se observa que existe una baja similitud de la riqueza florística de los tipos de vegetación entre las 6 localidades citadas y el área de estudio del presente trabajo. El índice de similitud entre las localidades de selva mediana subperennifolia, muestra el mayor parecido con La Manzanilla, en la costa de Jalisco (Ramírez-Delgadillo *et al.* 2011), con un valor de .39, y el menor (.23) con la región de la Nizanda en el Istmo de Tehantepec, Oaxaca (Pérez-García *et al.* 2001). En este tipo de vegetación se registraron como especies comunes a las siete localidades *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera arborea*, *Jacaratia mexicana* y *Guazuma ulmifolia*.

La diversidad florística de la selva baja caducifolia del Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila, presenta un índice de similitud mayor (.38) con la Reserva de la Biósfera de Chamela-Cuixmala (Lott 2002); al igual que ocurre con la selva mediana subperennifolia el menor índice de similitud (0.25) para la selva baja caducifolia se refleja con la localidad de la región de la Nizanda en el Istmo de Tehantepec, Oaxaca (Pérez-García *et al.* 2001). Las especies comunes registradas en este tipo de vegetación entre las diferentes localidades de estudio fueron *Plumeria rubra*, *Jacaratia mexicana* y *Ficus cotinifolia*.

La baja similitud de los índices se deben particularmente a las distancias entre las localidades, las superficies de cada área de estudio, los factores ambientales y características topográficas particulares de cada región y la intensidad y frecuencia con la que se llevaron a cabo los muestreos y/o colectas. Es importante señalar también los factores y condiciones sociales y productivas que influyen en los datos alcanzados en campo, como son la propiedad y la tenencia de la tierra, si tomamos en cuenta que en los trabajos citados se ha registrado un mayor número de especies en áreas de reserva o predios particulares. Para el caso del Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila, la propiedad de la tierra es comunal, por lo que las condiciones que se manifiestan en la Comunidad Indígena de San Miguel Aquila están relacionados con los usos y costumbres, tanto políticos como de organización social y en materia de seguridad que no es exclusiva de la región de estudio.

3.4 COBERTURA Y DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y USO DE SUELO

Los tipos de vegetación se reconocieron mediante las características de las ortofotos como son el tono, textura, tamaño y forma del relieve. Los principales tipos de vegetación son: Selva mediana subperennifolia (Sms), Selva baja caducifolia (Sbc), Encinar tropical (Be), Vegetación secundaria (Vs) y cinco usos del suelo: pastizal inducido (Pi), áreas sin vegetación aparente (Nv), agricultura (A), asentamientos humanos (Pob) y áreas de extracción mineral (Min) (Figuras 16 y 17).

El área total del Sistema Hidrológico de los Ríos Aquila y Chila es de 31 743.9 ha; los tipos de vegetación y uso del suelo que cubrían la mayor superficie en 1990, corresponden a la selva baja caducifolia (14 192.7 ha), la selva mediana subperennifolia (8 070.4 ha), el encinar tropical (2 333 ha) y el pastizal inducido (2 978.2 ha), que en conjunto ocupaban 27 574.3 ha (86.8 %). En la superficie restante (13.2 %), los tipos de vegetación y uso del suelo son, la vegetación secundaria (257.0 ha), la agricultura (2 992.2 ha), las áreas sin vegetación aparente (799.9 ha), los asentamientos humanos (65.2 ha) y las áreas de extracción mineral (55.2 ha) (Cuadro 10 y Figura 15).

Para el año 2000 la superficie calculada para los mismos tipos de vegetación y uso del suelo corresponden a la selva baja caducifolia (11 718.3 ha), la selva mediana subperennifolia (7 897 ha), el encinar tropical (2 268.3 ha) y el pastizal inducido (4 170.6 ha), las cuales cubren en conjunto 26 054.2 ha (82 % del total del área de estudio). La superficie restante (18 %), es representada por la vegetación secundaria (532.7 ha), la agricultura (3 799.65 ha), las áreas sin vegetación aparente (1 222.8 ha), los asentamientos humanos (68.7 ha) y las áreas de extracción mineral (66.0 ha) (Cuadro 10 y Figura 15).

De las nueve subcuencas en las que se divide el área de estudio, la de mayor superficie es la subcuenca 7, con 7 293.4 ha. El área ocupada por los principales tipos de vegetación en 1990 era de 5 567.5 ha (76 %), la selva baja caducifolia cubría 3 745.3 ha, la selva mediana subperennifolia cubría 1 814.8 ha y el encinar tropical 7.4 ha. El área ocupada por los usos de suelo era de 1726.0 ha (Cuadro 11).

Para el año 2000 se estimó una cobertura vegetal de 4 770.4 ha; la selva baja caducifolia cubría 2 974.3 ha, la selva mediana subperennifolia 1 788.7 ha y el encinar tropical 7.4 ha, que en conjunto representan el 65.4%. La superficie que ocupan los usos del suelo es de 2,523.05 ha (Cuadro 12).

Tipos de vegetación y usos del suelo	1990		2000		Cambio de superficie en ha
	Ha	%	Ha	%	
Sms	8 070.4	25.4	7 897.0	24.9	173.4
Sbc	14 192.7	44.7	11 718.3	36.9	2 474.4
Be	2 336.2	7.4	2 268.3	7.2	67.9
Vs	257.0	0.8	532.7	1.7	275.6
Pi	2 978.2	9.4	4 170.6	13.1	1 192.4
Nv	799.9	2.5	1 222.8	3.9	422.8
A	2 992.2	9.4	3 799.7	12.0	807.4
Pob	62.0	0.2	68.7	0.2	6.7
Min	55.2	0.2	66.0	0.2	10.8

Cuadro 10. Área y porcentaje ocupados por los tipos de vegetación y uso de suelo en cada fecha de estudio

Seguido por la subcuenca 5 con una superficie de 5 870 ha, el área ocupada por los tres principales tipos de vegetación en el año 1990 es de 4 437.6 ha, la selva baja caducifolia cubría 2 444.6, la selva mediana subperennifolia 1 963.5 ha y el encinar tropical con 29.5 ha que en proporción cubrían el 76% de la subcuenca; La superficie ocupada por los usos del suelo era 1 432.4 ha, representados por pastizal inducido y las áreas sin vegetación aparente (Cuadro 11).

El área ocupada por los principales tipos de vegetación en el año 2000 es de 4 103.3 ha, la selva mediana subperennifolia cubría 1 944.4 ha, la selva baja caducifolia 2 129.1 ha y 29.7 ha de encinar tropical, representando el 69.9 % de la subcuenca. La superficie de los usos del suelo es de 1 776.7 ha (Cuadro 12).

Para la subcuenca 2, con un área de 4 547.05 ha, la cobertura de los tipos de vegetación para 1990 era de 3 737.8 ha (82 %); la selva mediana cubría 1 239.6 ha, la selva baja 2 327.3 ha y el encinar tropical 170.9 ha. La superficie ocupada por los usos del suelo era de 809.2 ha (18 %) (Cuadro 11).

Para el año 2000 el área ocupada por los tipos de vegetación era de 3 376.8 ha (74.3 %); la selva mediana subperennifolia se desarrolla en una superficie de 1 185.7 ha, la selva baja caducifolia en 2 020.8 ha y el encinar tropical en 170.4 ha. La superficie ocupada por los usos de suelo es de 1 170.2 ha (Cuadro 12)

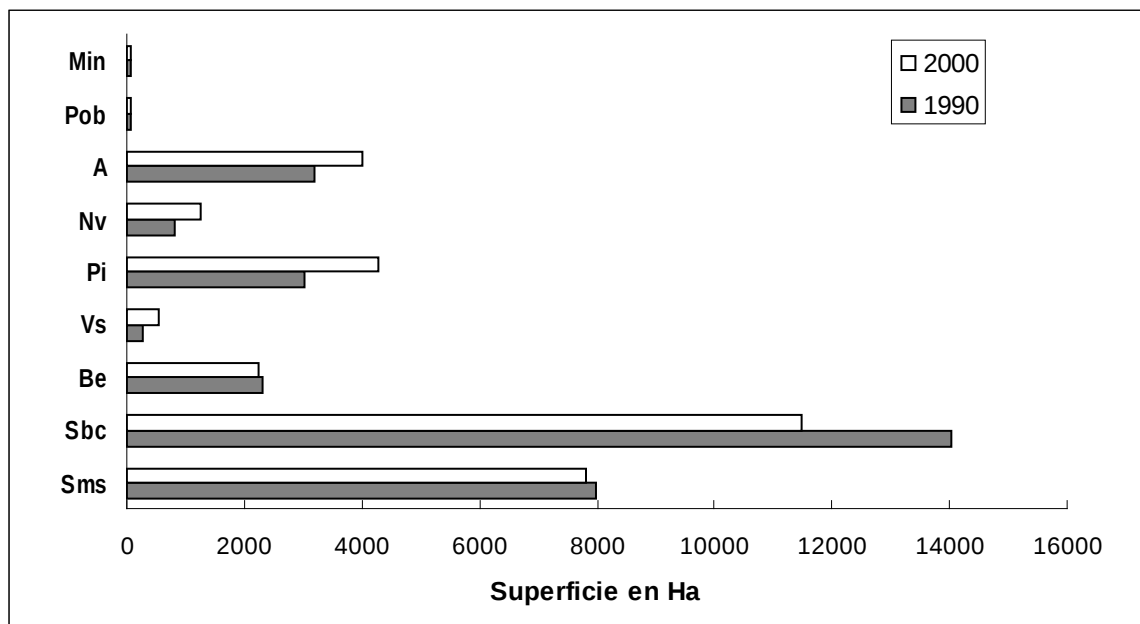


Figura 15. Transformación de los tipos de vegetación y usos del suelo en el periodo 1990 - 2000

En la subcuenca 8 con una área de 3 746.3 ha, se calculó para 1990 una superficie ocupada por los tipos de vegetación de 2 518.7 ha (67 %); en esta subcuenca sólo se desarrolla la selva mediana subperennifolia (811.05 ha) y la selva baja caducifolia (1 707.7 ha). Se reconocieron cinco usos de suelo, pastizal inducido, vegetación secundaria, áreas sin vegetación, asentamientos humanos y la agricultura; los cuales cubrían 1 227.6 ha (Cuadro 11).

Para el año 2000, en esta subcuenca se presenta la menor cobertura de vegetación con respecto a las demás subcuencas en proporción a su superficie, con un área de 2 223.6 ha (59.4 %); la selva mediana subperennifolia cubría una área de 746.4 ha y la selva baja caducifolia 1 477.3 ha. Los usos de suelo ocupan un total de 1 522. 7 ha. Siendo la agricultura la de mayor superficie ocupada con 1 062.2 ha (Cuadro 12).

	Cobertura en Ha de los tipos de vegetación y usos del suelo 1990									
SUBCUENCA	Sms	Sbc	Be	Vs	Pi	Nv	A	Pob	Min	Total
1	438.3	1 169.4	1 435.6	33.8	376.2	199.5				3 651.8
2	1 239.7	2 327.3	170.6	16.4	481.5	57.4	253.7			4 547.1
3	177.6	343	24.1		146.3	30.4				721.4
4	844.8	771.2	19.3	37.4	247.0	186.0	7.6		5	2 163.8
5	1 963.5	2 444.6	32.7	59.8	682.6	75.5	614.9			5 870.0
6	553.1	1 063.6	646.2	34.8	428.3	153.5				2 879.0
7	1 814.8	3 745.3	7.4	81.4	413.2	52.1	1 142.8	44.2	5.2	7 293.4
8	811.1	1 707.7		7.6	183.4	45.5	973.2	17.8		3 746.3
9	227.6	620.7			19.7		3.2			871.1
TOTAL	8 070.4	14 192.7	2 336.2	257.0	2 978.2	799.9	2 992.2	62.0	55.2	31 743.9

Cuadro 11. Cobertura de los tipos de vegetación y uso del suelo de las subcuencas del Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila en el año 1990

Para la subcuenca 1, la superficie es de 3 651.8 ha, en 1990 los tres tipos de vegetación cubrían un total de 3 043.3 ha (82.8 %), en esta subcuenca se presenta la mayor cobertura del encinar tropical en el área de estudio con 1 453.6 ha, la selva baja caducifolia cubría 1 169.4 ha y la selva mediana subperennifolia 438.3 ha. La superficie restante (608.5 ha) esta ocupada por tres usos de suelo, pastizal inducido, vegetación secundaria y áreas sin vegetación aparente (Cuadro 11).

Para el año 2000, la superficie ocupada por los tipos de vegetación es 2 706.4 ha (74.1 %), el área ocupada por el encinar tropical es de 1 381.8 ha; la selva baja caducifolia cubría 888.5 ha y la selva mediana subperennifolia 436.1 ha. Los usos del suelo registrados en esta subcuenca ocupan una superficie 945.4 ha (Cuadro 12).

En la subcuenca 6 con una superficie de 2 879 ha, se calculó el área ocupada por los tipos de vegetación para el año de 1990 en 2 262.9 ha (78.6 %); la selva mediana subperennifolia cubría 553.1 ha, la selva baja caducifolia 1 063.6 ha y el encinar tropical 646.2 ha. Se reconocieron como usos de suelo el pastizal inducido, la vegetación secundaria y las áreas sin vegetación aparente, los cuales cubrían 616.1 ha (Cuadro 11).

Para el año 2000 la cobertura de los tipos de vegetación era de 1 950.2 ha, la selva baja caducifolia cubría 764.5 ha, el encinar tropical 636.0 ha y la selva mediana subperennifolia 549.7 ha; en conjunto representan al 67.75% de la subcuenca. La superficie restante ocupada por los usos de suelo era de 928.8 ha (Cuadro 12).

La superficie de la subcuenca 4 es de 2 163.8 ha, que en 1990, 1 634.3 ha corresponden a la cobertura de los tipos de vegetación, en esta subcuenca la selva mediana subperennifolia es el tipo de vegetación con mayor superficie calculada, 844.8 ha, la selva baja caducifolia cubría en esa misma fecha 771.2 ha y el encinar tropical 19.3 ha, en conjunto estas categorías cubrían el 75.6 %. Los usos de suelo están representados por vegetación secundaria, el pastizal inducido, la agricultura, las áreas sin vegetación aparente y las áreas de extracción mineral; los cuales cubrían 527.2 ha (Cuadro 11).

La superficie ocupada por los tipos de vegetación en el año 2000 es de 1 419.4 ha; la selva mediana subperennifolia ocupa una superficie de 849.4 ha, la selva baja caducifolia 550.8 ha y el encinar tropical 19.2 ha. Los usos del suelo ocupan una superficie de 744.5 ha (Cuadro 12).

Las subcuencas con menor superficie están representadas por la 3 y 9. La superficie de la subcuenca 9 es de 871.1 ha, para 1990 se registró una cobertura de vegetación de 848.3 ha (97.4 %), la selva baja caducifolia ocupaba 620.7 ha y la selva mediana subperennifolia 227.6 ha. El área ocupada por los usos del suelos era de 22.9 ha (Cuadro 11). En el año 2000, la cobertura de la selva mediana subperennifolia es de 218. 8 ha y 577.9 ha de la selva baja caducifolia, siendo un total de 796.7 ha (91.5 %). La cobertura de los usos de suelo ocupan un área de 74.4 ha (Cuadro 12).

	Cobertura en Ha de los tipos de vegetación y uso del suelo en 2000									
SUBCUENCA	Sms	Sbc	Be	Vs	Pi	Nv	A	Pob	Min	Total
1	436.1	888.5	1381.8	73.2	610.8	261.4				3 651.8
2	1185.7	2020.8	170.4	94.3	616.4	101.9	357.6			4 547.1
3	177.8	335.2	23.8		153.2	31.5				721.4
4	849.4	550.8	19.2	62.4	362.2	197.9	61.5		60.5	2 163.8
5	1944.4	2129.1	29.7	87.4	918.0	88.1	673.2			5 870.0
6	549.7	764.5	636.0	54.7	547.6	326.5				28 789.0
7	1788.7	2974.3	7.4	153.0	557.3	114.4	1641.9	50.9	5.5	7 293.4
8	746.4	1477.3		7.7	334.0	101.1	1062.2	17.8		3 746.3
9	218.8	577.9			71.1		3.3			871.1
Total	7 896.9	11 718.3	2 268.3	532.7	4 170.6	1 222.8	3 799.6	68.7	66.0	31 743.9

Cuadro 12. Cobertura de los tipos de vegetación y uso del suelo de las subcuencas del Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila en el año 2000

La superficie de la subcuenca 3 es de 721.4 ha, para el año de 1990 la superficie ocupada por los principales tipos de vegetación era de 544.7 ha (75.5 %), de los cuales la selva baja caducifolia ocupaba 343 ha, la selva mediana subperennifolia 177.6 ha y el encinar tropical 24.1 ha. Los usos del suelo presentes en la subcuenca son el pastizal inducido y las áreas sin vegetación aparente con una superficie de 176.7 ha (Cuadro 11).

Para el año 2000 se registra una cobertura de los tipos de vegetación de 536.8 (74.4 %), representada por los principales tipos de vegetación, la selva baja caducifolia con un área de 335.2 ha, la selva mediana subperennifolia con 177.8 ha y el encinar tropical con 23.8 ha. Como usos del suelo se reconocieron el pastizal inducido y las áreas sin vegetación aparente, las cuales ocupaban 184.6 ha (Cuadro 12).

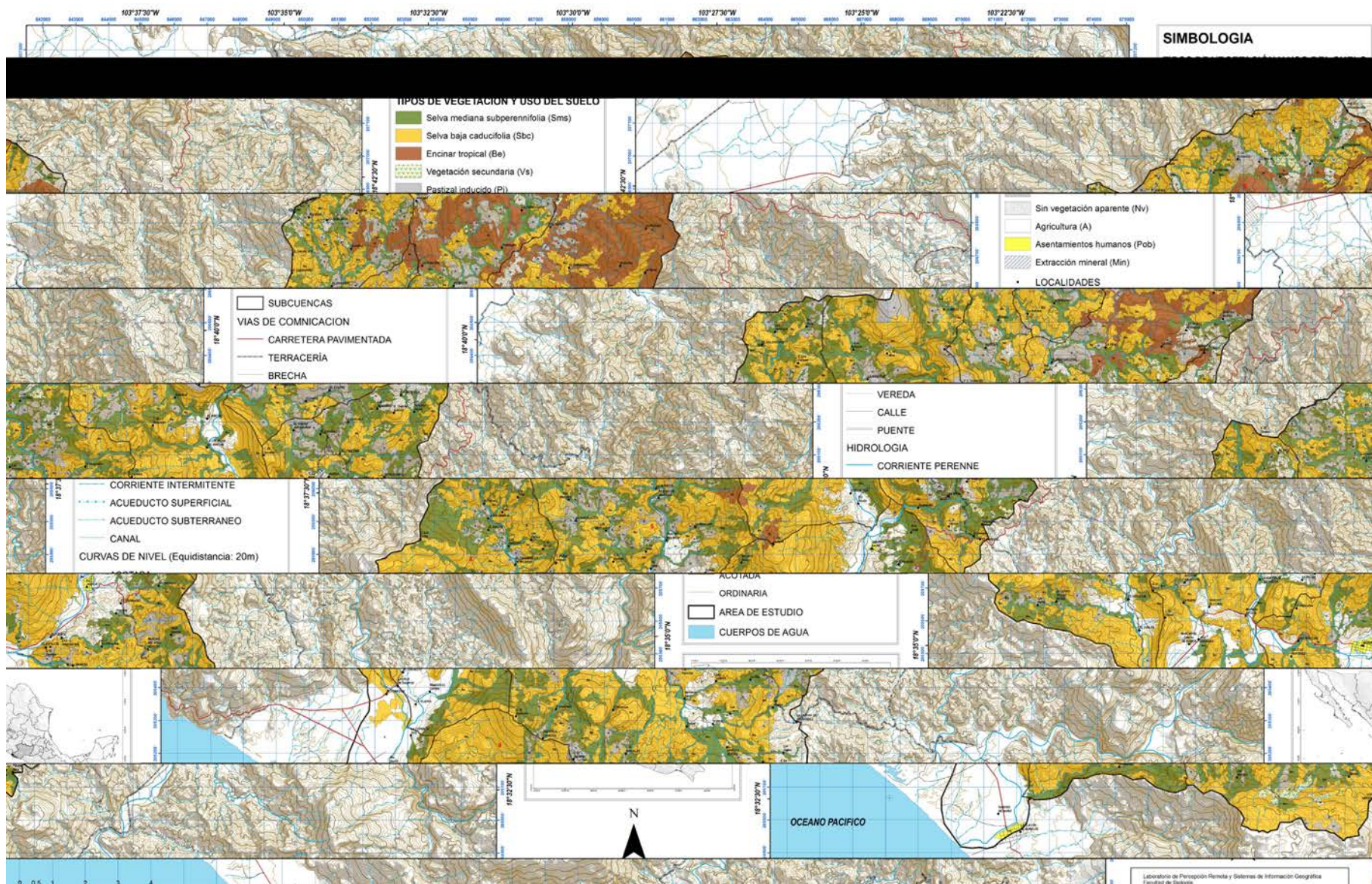


Figura 16. Distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo en el año 1990

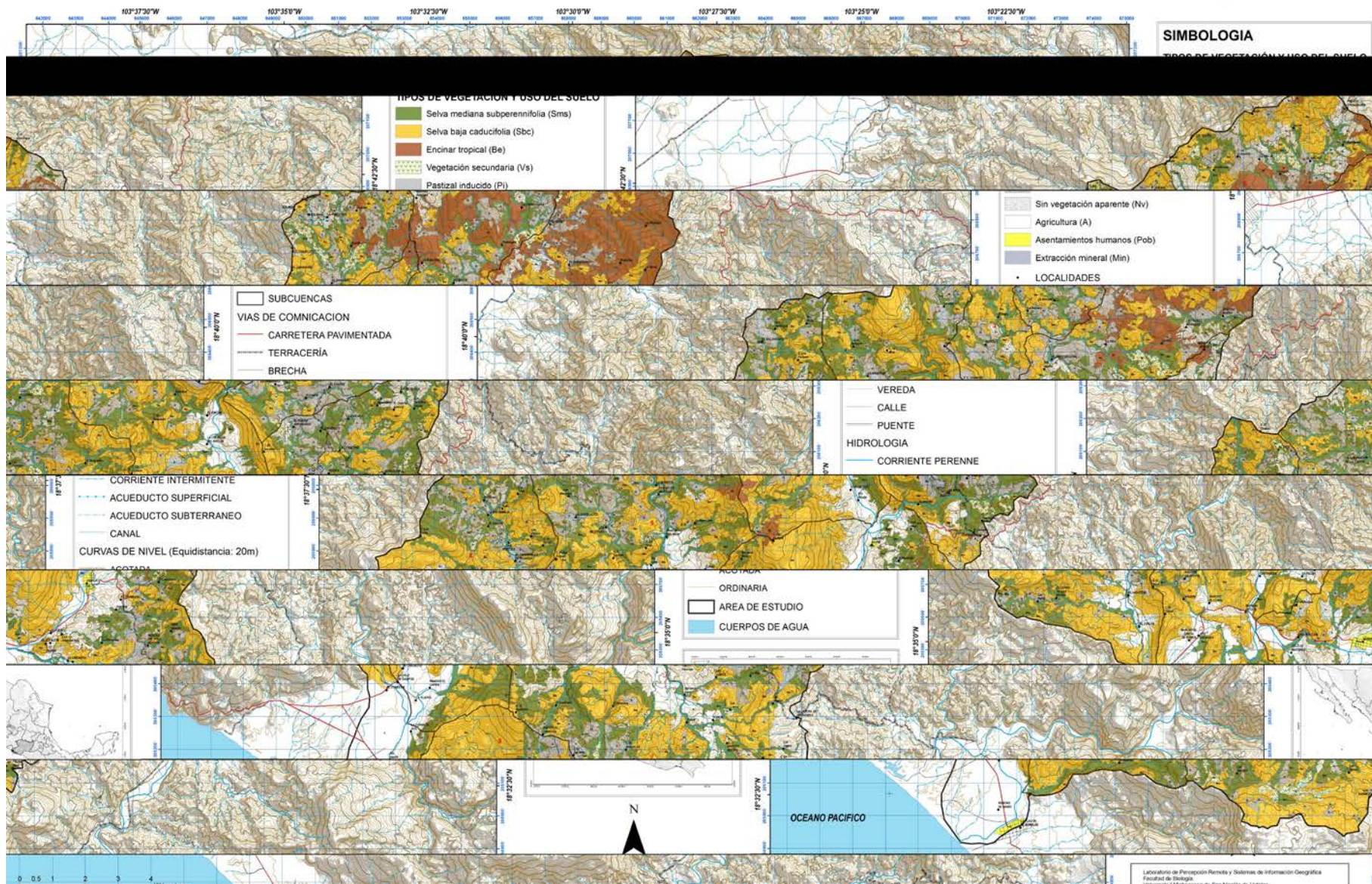


Figura 17. Distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo en el año 2000

3.5 CAMBIO EN LA COBERTURA DE LA VEGETACIÓN Y USO DEL SUELO

El cambio de cobertura y uso del suelo se analizó a partir de la sobreposición cartográfica, cuantificando la intersección de cada clase de los años 1990 y 2000 (Figura 18), obteniendo también una matriz de probabilidad de transición (Cuadro 13).

El cambio de la cobertura de la selva mediana subperennifolia en el periodo 1990 – 2000 se calculó en -173.4 ha, en 1990 cubría una superficie de 25.4% y para el año 2000 representaba el 24.9%; la transformación se dio principalmente hacia pastizal inducido (107.2 ha), y áreas sin vegetación aparente (25.4 ha); en este tipo de vegetación se calculó que la tasa de deforestación anual es de 0.2 %, la que es menor comparada con las reportadas en la cuenca del río Mololoa, Nayarit (0.36%, Nájera González *et al.* 2010), el Ejido La Guadalupe en Calakmul, Campeche (5% Díaz-Gallegos *et al.* 2001), la Reserva de la Biosfera de Centla, Tabasco (6% Guerra-Martínez y Ochoa-Gaona 2006); pero mayor en comparación con la tasa reportada para Bahía de Banderas en Nayarit (0.15%, Márquez-González 2008).

Para la selva baja caducifolia se cuantificó el cambio en -2 474.4 ha; para 1990 se estimó que cubría una superficie de 44.7 % y en el año 2000 se reportó el 36.9 %; los cambio se dieron principalmente hacia pastizal (207.5 ha) y áreas agrícolas (41.2 ha). La tasa de deforestación anual registrada para este tipo de vegetación es de 2.0 %, que es mayor en comparación a la reportada a nivel estatal (1%, Bocco *et al.* 2001), donde los cambios se detectaron en zonas escarpadas (laderas y serranías); caso contrario la mayor deforestación de esta vegetación en la cuenca de los ríos Aquila y Chila se observó que en las partes planas son las impactadas por el cambio de uso del suelo para actividades agrícolas y pastoriles.

El cambio del encinar tropical en este mismo periodo se cuantificó en -67.9 ha, de las cuales 20.8 ha y 5.2 ha corresponden a pastizal y áreas sin vegetación aparente respectivamente. En 1990 la superficie ocupada por esta comunidad vegetal era del 7.4 % y para el 2000 correspondía al 7.2 %; la tasa de deforestación anual registrada es de 0.27 %, muy similar a la reportada para los bosques de latifoliadas del Corredor Biológico Montes Azules-El Triunfo, Chiapas (0.3% Díaz-Gallegos *et al.* 2008)

En este periodo de 10 años se registro una extensión de la superficie del pastizal inducido en 2 528 ha, en 1990 ocupaba el 9.1 % y para el año 2000 el 13.1 % (Cuadro 10 y 14); por lo que se observa en los análisis de cambio, que de acuerdo a Díaz-Gallegos *et al.* (2008) es que el proceso de cambio predominante es la deforestación de selvas y bosques por su conversión a pastizales.

La matriz de transición indica que la selva mediana tiene una probabilidad de mantenerse de 95% y con una probabilidad de cambiar hacia agricultura y pastizal del 1.5 % y 2.2 % respectivamente. Esta probabilidad de mantenerse la selva mediana podría explicarse en razón de que este tipo de vegetación se desarrolla en barrancas protegidas donde las actividades agropecuarias son poco propicias debido a las condiciones del suelo y la pendiente del terreno.

Para el encinar tropical se cuantificó la probabilidad de mantenerse en un 96 %, si bien se registra que no existe posibilidad de transformación al uso agrícola, debido a que las condiciones topográficas y edafológicas donde se desarrollan estos bosques no son propicias para este uso, pero es mayor la probabilidad de cambiar a pastizal o áreas sin vegetación (2.2 % y 1.7 % respectivamente) son mayores, por el impacto de los incendios y la extracción de madera y leña.

1990									
2000	Sms	Sbc	Be	Vs	Pi	Nv	A	Pob	Min
Sms	0.9493	0.0064	0.0001	0.0022	0.022	0.0053	0.0146	0	0
Sbc	0.0063	0.7969	0.0003	0.0165	0.1029	0.0293	0.0473	0	0.0007
Be	0.0014	0	0.9599	0	0.0217	0.0169	0	0	0
Vs	0.046	0.022	0	0.8707	0.0613	0	0	0	0
Pi	0.0353	0.0683	0.0069	0.0133	0.8323	0.0077	0.0362	0	0
Nv	0.0305	0.0154	0.0062	0.008	0.0654	0.8715	0.003	0	0
A	0.0028	0.013	0	0	0	0	0.9817	0.0025	0
Pob	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Cuadro 13. Matriz de probabilidades de transición de la cobertura y uso de suelo

Por otra parte la selva baja caducifolia tiene probabilidades de cambio mayores, hacia agricultura de 4.7 % y a pastizal en 10.3 %, esto es debido a que este tipo de vegetación se desarrolla en algunas planicies o laderas con pendientes menores a 5°, lo que facilita el impacto de las actividades antropogénicas. La probabilidad estimada para la selva baja de mantenerse es del 79.7%.

A pesar de que hay una alta probabilidad de permanencia de la influencia antrópica (del 100%); también se observa que el pastizal y las áreas sin vegetación son ocupados por el algún tipo de vegetación (10.6 % y 5.2 % respectivamente) (Cuadro 13).

	1990									
2000	Sms	Sbc	Be	Vs	Pi	Nv	A	Pob	Min	Total
Sms	7 576.1	87.8	3.3	12.7	107.2	25.4	8.8			7 821.3
Sbc	51.1	11 173.5	0.0	6.1	207.5	12.8	41.2			11 492.2
Be	0.9	3.7	2 204.2		20.8	5.2				2 234.7
Vs	17.7	230.7		240	40.5	6.6				535.5
Pi	175.7	1 443	48.9	17.0	2 528.0	54.4				4 268.0
Nv	42.6	410.4	38.9		23.5	724.8				1 240.2
A	116.7	663			110.0	2.5	3 120.7			4 012.8
Pob							8.1	66.6		75.0
Min		9.5							55.16	65.0
Total	7 980.8	14 021.6	2 296.2	275.7	3 037.4	831.7	3 178.7	66.6	55.16	31 743.9

Cuadro 14. Matriz de transición de la cobertura de los tipos de vegetación y uso de suelo (ha)

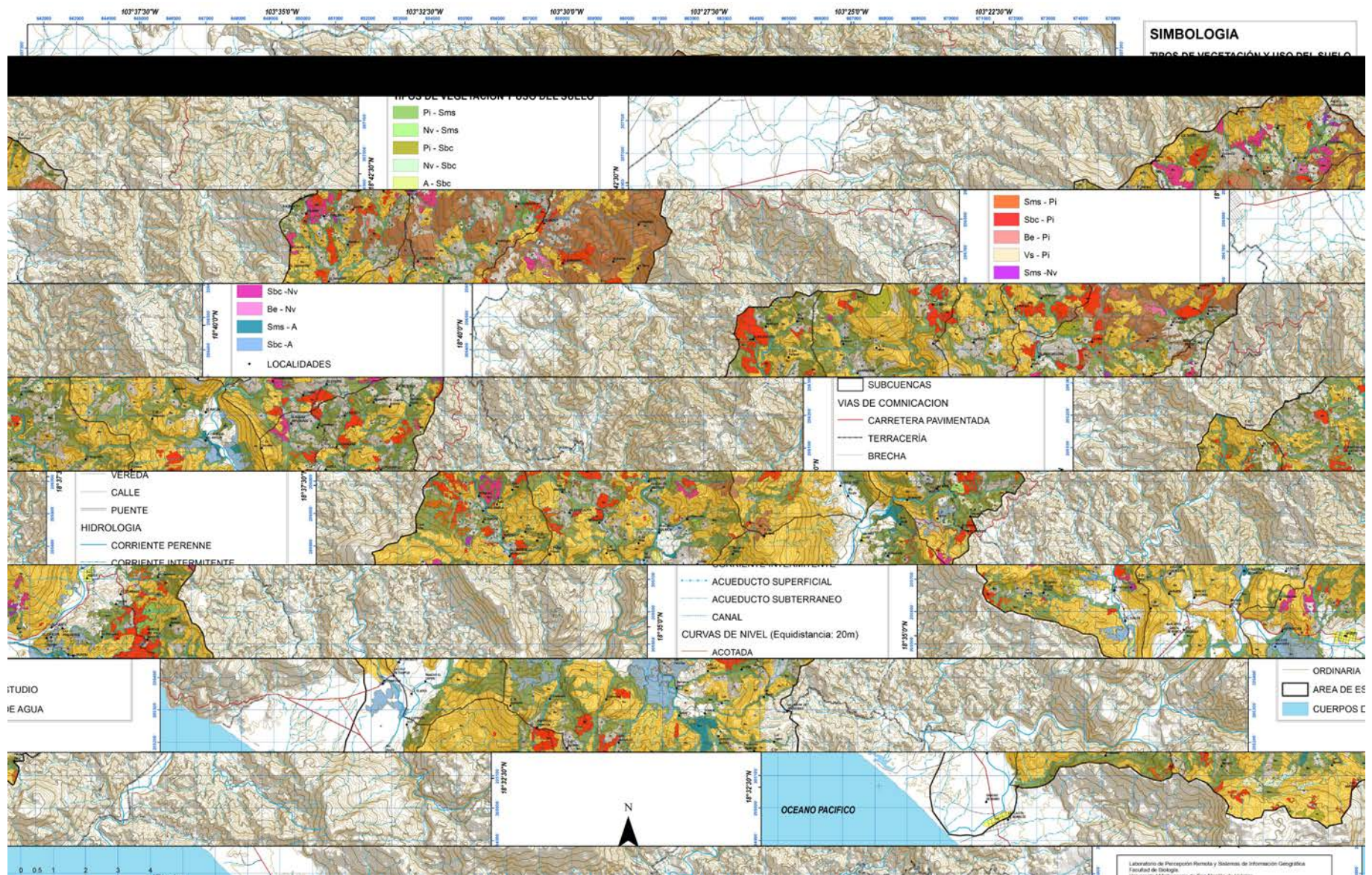


Figura 18. Cambio de cobertura y uso de suelo en el periodo 1990 – 2000.

Los cambios de cobertura y uso de suelo además de relacionarse con la deforestación, la fragmentación del ecosistema, el deterioro y degradación de los suelos, implica alteraciones del ciclo hidrológico e incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos. La falta de la cobertura de vegetación, tiene como consecuencia a nivel regional, cambios en los ciclos hídricos de la cuenca; disminuyendo la capacidad de intercepción de lluvia e infiltración del agua, lo que a su vez incrementa la escorrentía superficial, provocando mayor erosión del suelo por impacto directo de la lluvia; alteraciones en los regímenes de temperatura y precipitación, en la cantidad y calidad de agua, y la calidad del aire y posibles implicaciones climáticas (Cheng *et al.* 2002, Reyes *et al.* 2006, Rosete *et al.* 2009, Nájera González *et al.* 2010).

Con el fin de revertir las tendencias hasta ahora identificadas (cambio de uso de suelo para el desarrollo de actividades agropecuarias, principalmente ganaderas, extracción de leña, madera para construcción y extracción de minerales) se requieren acciones de gestión del territorio con fines de su planificación para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de la cuenca, en la que la participación comunitaria debe ser el elemento central.

La planificación del territorio de la cuenca debe partir de la zonificación espacial de la misma, para facilitar la atención a los diferentes problemas de cambio de uso de suelo identificados, hay que hacer énfasis en recomendar acciones prioritarias para el ordenamiento territorial de la cuenca, en donde la atención debe iniciar en el área que ocupan las selvas bajas caducifolias, éstas por presentar una mayor presión de cambio de uso del suelo.

Las acciones que se sugieren deben orientarse a mejorar los sistemas de producción agropecuaria, mediante la introducción de sistemas agroforestales y conservación de suelos a través de cultivos de cobertura, y de la aplicación de técnicas de cultivos en terrazas y curvas de nivel, mientras que para mejorar los sistemas de producción pecuaria se recomienda como medida inicial la introducción de sistemas silvopastoriles, y paulatinamente transitar hacia el mejoramiento genético del hato ganadero. La lógica es hacer un uso más intensivo del suelo como estrategia para reducir la presión de las áreas arboladas por la práctica de actividades agropecuarias extensivas tradicionales.

Para la reconversión y restauración de las áreas de pastizales ubicados particularmente en la parte baja del sistema hidrológico; se propone la plantación de especies forrajeras, que se desarrollan en la selva mediana subperennifolia y la selva baja caducifolia, como el mojo (*Brosimum alicastrum*), el guaje (*Leucaena leucocephala*), el canahuanze (*Gliricida sepium*) y cabezo (*Annona purpurea*).

En la parte alta del sistema hidrológico, se sugiere un aprovechamiento forestal del encinar tropical mediante un modelo silvícola de manejo de bajo impacto, orientado principalmente a la regulación y capacitación de aprovechamiento extractivo de madera para leña, carbón, postes y elaboración de herramientas.

En la parte media de la cuenca en donde vegetan las selvas medianas perennifolias, aún en buen estado de conservación, se recomienda la gestión para su definición de conservación activa a través del programa Pago por Servicios Ambientales (PSA), el propósito de la gestión es incentivar a los comuneros de San Miguel Aquila en la conservación de sus selvas medianas como primer pasos al manejo sustentable.

Como recomendación, es importante realizar una actualización de la carta de los tipos de vegetación y uso del suelo, ya que se consideró hasta el año 2000, lo que permitiría obtener un panorama actualizado del estado en el que se encuentra las selvas del Sistema Hidrológico.

También se recomienda, orientar acciones para el desarrollo de capacidades locales y fortalecimiento de las instituciones comunitarias, del primero para la implementación de las propuestas de mejora de los sistemas de producción agropecuaria y para iniciar la gestión de territorios forestales en sus diversas modalidades (conservación, restauración y aprovechamiento sustentable) y del segundo para orientar un mejor uso del suelo, planificación de territorios y transitar hacia la gobernabilidad.

4. CONCLUSIONES

En el Sistema Hidrológico de los ríos Aquila y Chila se reconoció que las características fisiográficas, geológicas y edáficas influyen en la distribución, composición florística y en los cambios de la cobertura de los tipos de vegetación.

El tipo de vegetación con mayor número de especies registradas fue la selva baja caducifolia con 66, distribuidas en 41 géneros y 21 familias; las especies con el mayor valor de importancia son: *Gliricidia sepium*, *Oxandra lanceolata*, *Cordia elaeagnoides* y *Bursera citronella*. En esta misma comunidad vegetal se reportó el mayor cambio en su cobertura en el periodo 1990 – 2000, con una pérdida de 2 474.44 ha; donde la tendencia de cambio fue principalmente hacia el pastizal.

En la selva mediana subperennifolia se registraron 56 especies distribuidas en 40 géneros y 27 familias. Este tipo de vegetación se desarrolla principalmente en barrancas protegidas donde las actividades antrópicas no son completamente favorecidas, el cambio de la cobertura se reportó en una pérdida de 173.43 ha. Las principales especies de acuerdo al índice de valor de importancia son: *Brosimum alicastrum*, *Oxandra lanceolata*, *Licania arborea*, *Astronium graveolens* y *Enteolobium cyclocarpum*.

El encinar tropical es el tipo de vegetación con el menor número de especies registradas, con 5, constituido principalmente por *Quercus magnoliifolia* y *Quercus salicifolia*. Se registró una pérdida de la cobertura vegetal de 67.9 ha.

El área de estudio ocupa una superficie de 31, 743.9 ha, de las cuales en 1990 se calculó la cobertura de la vegetación de 24 599.3 ha (77.5 %) y para el año 2000 21, 883.6 ha (69 %). La cobertura de la selva baja caducifolia registrada en 1990 fue de 14, 192.7 ha y de 11, 718.3 ha en el 2000; para la selva mediana se registró una cobertura de 8, 070 ha en 1990 y de 7, 897 ha en el 2000. Se reconoció que la principal tendencia de cambio de la cobertura vegetal es hacia pastizal, con un aumento de 1, 192.4 ha.

A pesar de no tener un muestreo intensivo en ambos tipos de vegetación, se dio a conocer la estructura de las comunidades vegetales y nuevos reportes de géneros y especies no registrados en los estudios anteriores a la región de la cuenca de Aquila; para la selva mediana subperennifolia se reportó *Oxanadra lanceolata*, *Aspidosperma megalocarpon*, y *Licaria cervantesii* y en la selva baja caducifolia *Cyrtocarpa kruseana*, *Bursera macvaughiana*, *Platymiscium lasiocarpum* y *Ficus pringlei*.

5. LITERATURA CITADA

- BASÁÑEZ, A. J.; J.L. ALANÍS y E. BADILLO. 2008. Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido "El Remolino", Papantla, Veracruz. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 12(2): 3-21
- BECK, S.G. 1998. Floristic Inventory of Bolivia: an indispensable contribution to sustainable development. En BARTHLOTT, W. y M. WINGIER (Eds): *Biodiversity: a challenge for development research and policy*. Springer-Verlag, Berlin. pp 243-267.
- BECK, S.G., T.J. KILLEEN y E. GARCÍA. 1993. Vegetación de Bolivia. En: KILLEEN T.J., E. GARCÍA y S.G. BECK (Eds.) *Guía de árboles de Bolivia*. Herbario Nacional de Bolivia y Missouri Botanical Garden, La Paz. pp. 6-24.
- BOCCO, G., M. MENDOZA y O. MASERA. 2001. La dinámica del cambio del uso del suelo en Michoacán. Una propuesta metodológica para el estudio de los procesos de deforestación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 44: 18-38.
- BOCCO, G. 2004. Cartografía y Sistemas de Información Geográfica en el Manejo Integrado de Cuencas. En: COTLER, H. (Compiladora). *El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para integrar la política ambiental*. SEMARNAT-INE. pp. 41-43
- CAUSTEN, D.R. 1988. *Introduction to Vegetation Analysis*. Unwin Hyman Ltd. London, UK. 342 pp.
- CHENG, J.D., L.L. LIN, and H.S. LU. 2002. Influences of forests on water flows from headwater watersheds in Taiwan. *Forest Ecology and Management*. 165: 11-28.
- COTLER, H. Y A. PRIEGO. 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala. En: COTLER, H. (Compiladora). *El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y reflexiones para integrar la política ambiental*. SEMARNAT-INE. pp 63 – 64
- COX W, G. 2002. *General Ecology Laboratory Manual*. 8ª ed. Mc Graw Hill Higher Education. N.Y. E.U. A.

- DÍAZ-GALLEGOS, J. R., G. GARCÍA-GIL, O. CASTILLO E, e I. MARCH. 2001. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 44: 39-53.
- DÍAZ-GALLEGOS, J. R., O. CASTILLO E y G. GARCÍA-GIL. 2002. Distribución espacial y estructura de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche, México. *Universidad y Ciencia. UJAT*. 18(35):11-28
- DÍAZ-GALLEGOS, J. R., J. F. MAS y A. VELÁZQUEZ-MONTES. 2008. Monitoreo de los patrones de deforestación en el Corredor Biológico Mesoamericano, México. *Interciencia*. 33 (12): 882-890
- DIRZO, R. y SINACA, S. 1997. *Bursera simaruba (mulato, palo mulato)*. In: González-Soriano E., R. Dirzo y C. R. Voggt. (Eds.). *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Instituto de Biología e Instituto de Ecología de la UNAM y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. pp. 101-102.
- DUELLMAN, W.E. 1965. A biogeographical account of the herpetofauna of Michoacán, México. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History*. 15(14): 627-709.
- DUPUY R., J.M., J.A. GONZÁLEZ I, S. IRIARTE V., L.M. CALVO I., C. ESPADAS M., F. TUN D., y A. DORANTES E. 2007. Cambios de cobertura y uso del suelo (1979-200) en dos comunidades rurales en el noreste de Quintana Roo. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 62:104-124
- FINEGAN, B. 1997. Bases para la silvicultura. X Curso Intensivo Internacional de Manejo Diversificado de Bosques Naturales Tropicales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- FLORES-MATA, G., J. JIMENEZ-LOPEZ., X. MADRIGAL-SÁNCHEZ., F. MONCAYO-RUÍZ. y F. TAKAKI-TAKAKI. 1971. Tipos de vegetación de la República Mexicana. Dirección de Agrología; SRH. México. 59 pp.
- FORMAN, R.T.T. 1994. *Land mosaic, the ecology of land scapes and regions*. Cambridge University Press. 632 pp.

- GODÍNEZ-IBARRA, O y L. LÓPEZ-MATA. 2002. Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73(2): 283-314. 2002
- GÓMEZ-POMPA, A. 1966. Estudios botánicos en la región de Misanla. IMERNAR, México, D. F. 173 pp.
- GONZÁLEZ-MEDRANO, F. 2003. Las Comunidades Vegetales de México. INE-SEMARNAT. México D.F. 77 pp.
- GONZÁLEZ-MEDRANO, F. 2003. La geología y las Provincias Fisiográficas de México. In: Las Comunidades Vegetales de México. INE-SEMARNAT. México D.F. pp. 21-24.
- GONZÁLEZ-PIEDRA, J.I. 2004. El manejo de cuencas en Cuba: actualidades y retos. En: COTLER, H. (Compiladora). El Manejo Integral de Cuencas en México. Estudios y Reflexiones para integrar la política ambiental. SEMARNAT-INE. pp. 30
- GUERRERO-CAMPANUR, B. 1985. Reconocimiento Botánico de Aquila, Michoacán (México). Tesis. Escuela de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 104 pp.
- HÉRNANDEZ-TORO, I.M. 2003. Flora y Vegetación de entre los ríos Tecolotlan y María García, municipios de Cabo Corrientes y Tomatlán, Jalisco, México. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Salamanca. 521 pp.
- HUANG, W., V. POHJONEN, S. JOHANSSON, M. NASHANDA, M.I.L. KATIGULA, O. LUUKKANEN. 2003. Species Diversity, forest structure and species composition in Tanzanian tropical forests. *Forest Ecology Management*. 173: 11-44.
- INEGI-SEMARNAP. 2000. Estadísticas del Medio Ambiente. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.
- JENNESS, J. 2004. Calculating landscape surface area from digital elevation models. *Wildlife Society Bulletin*. 32(3):829-839
- JENNESS, J. 2011. DEM Surface Tools v. 2.1.292. Jenness Enterprises. Available at: http://www.jennessent.com/arcgis/surface_area.htm.

- KOVACH, W.L., 2009. Oriana – Circular Statistics for Windows, ver. 3. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K.
- KREBS, J.C. 1989. Ecological methodology. University of Columbia & Row Publishers. New York. 647 pp.
- LAMBIN E.F., B.L. TURNER, H.J. GEIST, S.B. AGBOLA, A. ANGELSEN, J.W. BRUCE, O.T. COOMES, R. DIRZO, G. FISCHER, C. FOLKE, P.S. GEORGE, K. HOMEWOOD, J. IMBERNON, R. LEEMANS, X. LI, E.F. MORAN, M. MORTIMORE, P.S. RAMAKRISHNAN, J.F. RICHARDS, H. SKANES, W. STEFFEN, G.D. STONE, U, SVEDIN, T.A. VELDKAMP, C. VOGEL, J. XU. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change* 11: 261-269.
- LEAVENWORTH, W.C. 1946. A preliminary study of the vegetation of the region between cerro Tancítaro and the río Tepalcatepec, Michoacán, México. *Am. Mid. Nat.* 36:173-206.
- LOT, A. y F. CHIANG. 1986. Manual de herbario, administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México. 143 pp.
- LOTT, E.J., 1985. Listados Florísticos de México III. La estación de Biología Chamela, Jal. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Biología. 47 pp.
- LOTT, E.J. 2002. Lista anotada de las plantas vasculares de Chamela-Cuixmala. En: NOGUERA, F.A., J.H. VEGA R, A.N. GARCÍA A. y M. QUESADA A. (Editores). *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México. pp. 99-136.
- LOUMAN, B. 2001. Silvicultura de bosque latifoliados con énfasis en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- LUNDELL, C. 1934. Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatán Peninsula. *Contributions to American Archaeology*. 12: 257-321.
- MACARIO M., P. A., E. GARCIA M., J. R. AGUIRRE R. Y E. HERNÁNDEZ X. 1995. Regeneración natural de especies arbóreas en una selva mediana subperennifolia perturbada por extracción forestal. *Acta Botánica Mexicana*. 32:11-23

- MACIA, M.J. y J. FUERTES. 2008. Composición florística y estructura de un bosque tropical montano de la Cordillera Mosestenses, Bolivia. *Rev. Bol. Ecol. y Cons. Amb.* 23: 1-14
- MADRIGAL-SÁNCHEZ, X. 1997. Ubicación fisiográfica de la vegetación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 15: 65-75.
- MAGURRAN, A.E. 1987. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedral. Barcelona. 200 p.
- MÁRQUEZ-GONZÁLEZ, A.R. 2008. Cambio de uso del suelo y el desarrollo turístico en Bahía Banderas, Nayarit. *CIENCIA UANL*. 11(2):161-167.
- MARTÍNEZ-RAMOS, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 54: 179-224.
- MATTEUCCI, S. D. y A. COLMA. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación, Serie Biología, Monografía 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. 168 pp.
- MENDOZA, M., A. TOLEDO, A. VELÁZQUEZ, V. GARDUÑO y H. PLASCENCIA. 2008. La Regionalización Fisicogeográfica. En: MENDOZA, M., A. VELÁZQUEZ, A. LARRAZÁBAL y A. TOLEDO. *Atlas Físicogeográfico de la Cuenca del Tepalcatepec*. SEMARNAT – UNAM – INE. pp.15- 27.
- MIRANDA, F. y E. HERNÁNDEZ X. 1963. Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29-179
- MUELLER-DOMBOIS, D. y H. ELLENBERG. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, New York. 547 pp.
- NÁJAERA-GONZÁLEZ, O., J.I. BOJÓRQUZ-SERRANO, J.L. CIFUENTES-LEMUS y S. MARCELEÑO-FLORES. 2010. Cambio de cobertura y uso del suelo de la cuenca del Río Mololoa, Nayarit. *Revista Biociencias* 1(1):19-29.
- OJIMA, D.S., K.A. GALVIN and B.L. Turner II. 1994. The global impact of land-use change. *BioScience*. 44:300-304

- ORTEGA-RODRIGUEZ, J.M. 2005. Características del Área. En: Huacuz E. D. y J. Ponce S. (Eds.) Recursos Naturales en la región Norte de la Costa del Estado de Michoacán. Editorial Morevallado. Morelia, Michoacán, México. pp. 17 -37.
- PENNINGTON, T. D. y J. SARUKHAN K. 2005. Árboles Tropicales de México. 3ª Ed. Fondo de Cultura Económica y Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.
- PEÑA-RAMÍREZ, V.M. y C. BONFIL. 2003. Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Née) en la Región de la Montaña (Guerrero), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 72: 5-20.
- PEREZ, E.A., J. MEAVE y C. GALLARDO. 2001. Vegetación y flora de la región de Nizanda, Istmo de Tehantepec, Oaxaca, México. Acta Botanica Mexicana 56:19-88.
- QUINTANA, R. D, N. MADANES, A. I. MALVÁREZ, F. A. KALESNIK y M. CAGNONI. 2005. Análisis de la vegetación en tres tipos de hábitat de Carpinchos en la baja cuenca del Río Paraná, Argentina. Temas de la Biodiversidad del Litoral fluvial argentino II. INSUGEO, Miscelánea, 14: 183-200.
- RAMÍREZ-DELGADILLO, R., M. HARKER-SHUMWAY y L. HERNÁNDEZ-LÓPEZ. 2011. Vegetación y flora del predio Las Joyas, La Manzanilla, municipio de La Huerta, Jalisco, México. Ibugana 16: 3 -15.
- REYES, H. H., R.M. AGUILAR, R.J. AGUIRRE, y V.I. TREJO. 2006. Cambio en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis potosí, México, 1973-2000. Investigaciones Geográficas. 59: 26-42.
- RICHARDS, P.W. 1996. The tropical rainforest: an ecological study, 2nd edition. Cambridge University Press. Cambridge.
- RIVERA, M.O., M. LIBERMANN, S. BECK y M. MORAES. 1996. Vegetación de Bolivia. En: MIHOTEK, K. (Ed): Comunidades, territorios indígenas y biodiversidad en Bolivia. Centro de Investigaciones y Manejo de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz.

- ROSETE F.A., J.L. PÉREZ, y G. BOCCO. 2009. Contribución al análisis del cambio de uso del suelo y vegetación (1978- 2000) en la Península de Baja California, México. *Investigación Ambiental*. 1: 70-82.
- RZEDOWSKI, J. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- RZEDOWSKI, J. 1979. Los bosques secos y semihúmedos de México con afinidades Neotropicales. In: Rabinovich, J y G. Halffter (Eds.) *Tópicos de Ecología Contemporánea*. Fondo de Cultura Económica. México D.F. pp. 37-46
- RZEDOWSKI, J. 2006. *Vegetación de México*, 1ra. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 504 pp.
- RZEDOWSKI, J. y R. McVAUGH. 1966. La Vegetación de Nueva Galicia. *Cont. Univ. Mich. Herb.* 9(1):1-123
- SALAS-MORALES, S.H., L. SCHIBLI, A. NAVA-ZAFRA y A. SAYNES-VÁZQUEZ, 2007. Flora de la costa de Oaxaca, México (2): Lista florística comentada del Parque Nacional Huatulco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 81: 101-130.
- SÁNCHEZ, S. O. 2000. Análisis estructural de la selva del jardín botánico. En: Sánchez, S. O. e Islebe, G A. (Eds.). *El Jardín Botánico Dr. Alfredo Barrera Marín: fundamentos y estudios particulares*. Conabio-Ecosur. 59-74
- SÁNCHEZ, S. O., e ISLEBE, G. 2002. Tropical forest communities in southeastern Mexico. *Plant Ecology* 158: 183-200.
- SARUKHÁN, J. 1968. Los tipos de vegetación arbórea de la zona cálido-húmeda de México. En: PENNINGTON, T.D. y J. SARUKHÁN. (Eds.). *Manual para la identificación de los árboles tropicales de México*. Inst. Nal. de Inv. Forestales-FAO. México, D. F. pp. 3-46.
- SEMARNAP-UNAM. 2000. Resultados del inventario forestal nacional 2000. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca - Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., México.
- TEJERO-DÍEZ, J.D., J.C. LEDESMA-CORRAL Y A.N. TORRES-DÍAZ. 2008. El palmar de *Orbignya guacuyule* al sur de Nayarit, México. *Polibotánica*. 26:67-100.

- TURNER, B.L. 1960. Phytogeographic reconnaissance; the western segment of the Michoacán Coast. En: Brand, D.D. Coalcomán and Motines de Oro and “Ex distrito” of Michoacán, México. Inst. Lat. Am. Studies Univ. Of Texas. pp.278-286.
- VEGA L., A.; J.I. VALDEZ H y V.M. CETINA A. 2003. Zonas ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la costa del Pacífico mexicano. Madera y Bosques 9(1):25-53.
- VELÁZQUEZ, A., J.F. MAS, J.R. DÍAZ G., S.R. MAYORGA, P.C. ALCÁNTARA, R. CASTRO, T. FERNÁNDEZ, G. BOCCO y J.L. PALACIO. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta Ecológica. 62:21-37.
- WILLIAM-LINERA, G., R.H. MANSON y E. ISUNZA V., 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región Xalapa, Veracruz, México. Madera y Bosques, 8(1): 73-89.
- ZAMORA-CRESCENCIO, P., G. GARCÍA-GIL, J. S. FLORES G. y J. J. ORTIZ. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el Sur del Estado de Yucatán, México. Polibotánica. Num. 26. pp. 39-66.

ANEXO

LISTA DE ESPECIES ARBÓREAS REGISTRADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ESPECIE	NOMBRE COMÚN	VEGETACIÓN	N° COLECTA
ANACARDIACEAE			
<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	Cuacahalalate	Sbc	867
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Culebro	Sms, Sbc	845
<i>Comocladia engleriana</i> Loes.	Mala mujer	Sms, Sbc	
<i>Cyrtocarpa kruseana</i> R.M. Fonseca	Cuajiotillo zicua	Sbc	862, 878
<i>Pseudosmodium perniciosum</i> (Kunth) Engl.	Hincha huevos	Sbc	
<i>Spondias mombin</i> L.	Ciruelo guineo	Sms	
<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	Sbc	
ANNONACEAE			
<i>Annona cherimola</i> Mill.	Chirimoya	Sms	
<i>Annona pupurea</i> Moc. & Sessé ex Dunal	Cabezo	Sms, Sbc	833
<i>Oxandra lanceolata</i> (Sw.) Baill.	Chilcahuite	Sms, Sbc	817
APOCYNACEAE			
<i>Aspidosperma megalocarpon</i> Müll. Arg.	Mangle	Sms	851
<i>Plumeria rubra</i> L.	Plumero	Sbc	
<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Chichi de burra	Sms, Sbc	824
ARECACEAE			
<i>Orbignya guacuyule</i> (Liebm. ex Mart.) Hern.-Xol.	Cayaco	Sms, Vs	
<i>Cryosophila nana</i> (Kunth) Blume ex Salomon	Palmillo	Be	
BIGNONIACEAE			
<i>Astianthus viminalis</i> (Kunth) Baill.		V rip	
<i>Crescentia alata</i> Kunth	Cirián	Sbc	
<i>Tabebuia chrysantha</i> G. Nicholson	Primavera	Sms, Sbc	
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Rosa morada		
BOMBACACEAE			
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Sms	
<i>Ceiba</i> sp.	Ceiba	Sms, Sbc	
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Clavellina	Sms, Sbc	831
BORAGINACEAE			
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Cham.	Cueramo		886
<i>Cordia dentata</i> Poir.	Cueramo		881
<i>Cordia elaeagnoides</i> DC.	Cueramo		
BURSERACEAE			
<i>Bursera arborea</i> (Rose) L. Riley	Papelillo	Sms, Sbc	901
<i>Bursera aff. arborea</i> (Rose) L. Riley	Papelillo		910, 911

<i>Bursera citronella</i> McVaugh & Rzed.		Sbc	854, 856, 875, 876
<i>Bursera denticulata</i> McVaugh & Rzed.		Sbc	877, 873
<i>Bursera fragilis</i> S. Watson		Sbc	865
<i>Bursera grandifolia</i> (Schltdl.) Engl.	Papelillo	Sbc	825, 904
<i>Bursera macvaughiana</i> Cuevas & Rzed.	Copal blanco	Sbc	864, 868, 872
<i>Bursera ovalifolia</i> (Schltdl.) Engl.		Sbc	863
<i>Bursera sarcopoda</i> Paul G. Wilson		Sbc	882
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Cuajote	Sms, Sbc	889
<i>Bursera</i> sp. 1		Sbc	821, 874, 900
<i>Bursera</i> sp. 2		Sbc	860, 861
CALOPHYLLACEAE			
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Marial	Sms	840
CARICACEAE			
<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Bonete	Sms, Sbc	
CHRYSOBALANACEAE			
<i>Licania arborea</i> Seem.	Cuirindo	Sms	849
COCHLOSPERMACEAE			
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng.	Pnicua	Sms, Sbc	
CONVOLVULACEAE			
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Rose	Palo bobo	Sbc	879
<i>Ipomoea</i> sp.	Palo de agua	Sms, Sbc	828
EUPHORBIACEAE			
<i>Bernardia</i> sp.		Sbc	827
<i>Croton</i> sp.	Jarilla	Sbc	859
<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	Pastora	Sbc	826
<i>Jatropha</i> aff. <i>curcas</i> L.	Llorasangre	Sbc	903
<i>Hura polyandra</i> Baill.	Habillo	Smsc	
FAGACEAE			
<i>Quercus magnoliifolia</i> Née	Roble orejón	Be	
<i>Quercus salicifolia</i> Née	Roble saucillo	Be	
LAMIACEAE			
<i>Vitex mollis</i> Kunth	Uvalán	Sms	
LAURACEAE			
<i>Licaria cervantesii</i> (Kunth) Kosterm.	Aguacatillo	Sms, Sbc	818
LEGUMINOSAE			
<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.	Garapato	Sms	839
<i>Bahuinia</i> sp.		Sbc	871
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Parota	Sms	
<i>Erythrina</i> sp.	Colorín	Sbc	832
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Canahuanze	Sbc	853

<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Brasil	Sbc	
<i>Inga vera</i> Willd.		Sms	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Guaje	Sbc, Vs	
<i>Lysiloma microphyllum</i> Benth.	Tepemezquite	Sms, Sbc	858
<i>Lysiloma</i> sp.		Be	
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.		Sms	
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guamúchil	Sms, Sbc	
<i>Platymiscium lasiocarpum</i> Sandwith	Granadillo	Sms, Sbc	830, 909
<i>Platymiscium trifoliolatum</i> Benth	Bejuco	Sms, Sbc	907
<i>Platymiscium</i> sp.	Bálsamo	Sms, Sbc	829
<i>Poeppigia procera</i> C. Presl.	Parotilla	Sms, Sbc	883
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Vainillo	Sbc	836
MALVACEAE			
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Guásima	Sms, Sbc, Vs	
<i>Heliocarpus occidentalis</i> Rose	Algodoncillo	Sbc	816
<i>Heliocarpus pallidus</i> Rose	Algodoncillo	Sbc	
<i>Heliocarpus</i> sp.	Algodoncillo	Sbc	880
MALPIGHIACEAE			
<i>Bunchosia palmeri</i> S. Waston		Sms, Sbc	869
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Nanche	Be	
MELASTOMATACEAE			
<i>Conostegia xalapensis</i> (Bonpl.) D. Don ex DC.		Be	
MELIACEAE			
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Sms	841
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Cobano	Sms	
<i>Trichilia hirta</i> L.		Sms, Sbc	
MORACEAE			
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Mojo	Sms	834
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Higuera	Sms, Sbc	
<i>Ficus membaranacea</i> C. Wright	Tizcalama	Sms, Sbc	857
<i>Ficus pringlei</i> S. Watson	Tizcalamilla	Sms, Sbc	893
<i>Ficus</i> sp.	Higuera	Sms	
<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	Higuerilla	Sms, Sbc	820, 884, 887
MYRTACEAE			
<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Be, Vs	
PIPERACEAE			
<i>Piper aduncum</i> L.	Achoque	Sms	857
PRIMULACEAE			
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Chicocorrioso	Sms, Sbc	843, 870
<i>Ardisia revoluta</i> Kunth	Arryán	Sms, Sbc	835

RUBIACEAE*Randia armata* (Sw.) DC.

Crucillo

Sms, Sbc

850

Randia aff. *aculeata* L.

Llorasangre

Sbc

819

Randia sp.

Crucillo

Sbc

912

RUTACEAE*Ptelea trifoliata* L.

Sbc

844

SALICACEAE*Casearia corymbosa* Kunth

Chamizo

Sms, Sbc

822

Casearia nitida (L.) Jacq.

Hongo

Sms

842

SAPINDACEAE*Sapindus saponaria* L.

Sms

SAPOTACEAE*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni

Minguel

Sms

885

Sideroxylon capiri (A. DC.) Pittier

Capire

Sms, Sbc

895

URTICACEAE*Cecropia obtusifolia* Bertol.

Guarumo

Sms

Urera sp.

Ortiga

Sms, Sbc

838



Selva mediana subperennifolia



Selva baja caducifolia



Encinar tropical