



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---



FILOSOFÍA  
Y LETRAS  
UNAM

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

**TIPOS DE CAMBIO EN EL USO DEL SUELO EN  
LAS FRANJAS LÍMITROFES ESTATALES DE  
LA PENÍNSULA DE YUCATÁN**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA

**JESÚS ABRAHAM NAVARRO MORENO**

TUTOR:

**DR. JORGE CAIRE LOMELÍ**



México, D.F.

Ciudad Universitaria, Abril 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

*Porque no tengo palabras para agradecer todo su apoyo, dedico este trabajo...*



*A mis padres, cómplices de esta aventura*

*A mi hermana y mi abuelita*

### *Agradecimientos*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México, cuyo espíritu llevo desde pequeño y a la cual estoy muy orgulloso de pertenecer.*

*A mi tutor, Dr. Jorge Caire Lomelí, con quien siempre he contado y cuyos consejos llevaré por siempre.*

*A mis muy queridos profesores y sinodales de esta investigación: Dr. Enrique Propin Frejomil, Dra. Laura Elena Maderey Rascón, Dr. José Ramón Hernández Santana y Dr. Raúl Aguirre Gómez, por sus opiniones enriquecedoras y su interés en la revisión de la tesis.*

*A mis familiares, amigos y profesores de toda la vida, pero sobre todo a Dios que hizo posible alcanzar esta meta tan anhelada.*

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	6
--------------------	---

## **CAPÍTULO 1. CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICO–GEOGRÁFICA DE LAS FRANJAS LIMÍTROFES ESTATALES DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.....11**

1.1. Contexto histórico para la delimitación de las franjas limítrofes estatales .....	12
1.1.1. <i>Conformación del Estado de Yucatán</i> .....	13
1.1.2. <i>La Guerra de Castas</i> .....	19
1.1.3. <i>Creación del estado de Campeche</i> .....	22
1.1.4. <i>La creación del Estado de Quintana Roo y los orígenes de la disputa territorial</i> .....	26
1.2. Características del medio físico-geográfico.....	36
1.2.1. <i>Fisiografía y topografía</i> .....	37
1.2.2. <i>Geología</i> .....	39
1.2.3. <i>Geomorfología</i> .....	42
1.2.4. <i>Clima</i> .....	45
1.2.5. <i>Hidrología superficial</i> .....	48
1.2.6. <i>Hidrología subterránea</i> .....	49
1.2.7. <i>Edafología</i> .....	50
1.2.8. <i>Vegetación</i> .....	55

## **CAPÍTULO 2. EL USO DEL SUELO EN LAS FRANJAS LIMÍTROFES ESTATALES DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.....62**

2.1. Delimitación de unidades territoriales de paisaje .....	63
2.1.1. <i>Concepto de unidades territoriales de paisaje</i> .....	64
2.1.2. <i>Elementos considerados para la delimitación de unidades de paisaje</i> .....	69
2.1.3. <i>Delimitación de las unidades territoriales de paisaje en las franjas limítrofes estatales</i> .....	72
2.2. <b>El uso del suelo en las franjas limítrofes estatales</b> .....	76
2.2.1. <i>Bases para la clasificación de las imágenes</i> .....	77
2.2.2. <i>Definición de la leyenda</i> .....	79
2.2.3. <i>Análisis de firmas espectrales</i> .....	81
2.2.4. <i>Fiabilidad de los resultados</i> .....	85

<b>CAPÍTULO 3. CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE 1978 Y 2000 POR UNIDADES DE PAISAJE.....</b>	<b>98</b>
3.1. Cambios en la relación entre la cobertura natural y la cobertura antrópica.....	98
3.2. Extensión de la frontera agropecuaria.....	102
3.3. Tasa de deforestación.....	107
3.4. Grado de avance de la vegetación no potencial.....	110
3.5. Tipología del cambio de uso del suelo y vegetación.....	115
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. División Territorial según la Constitución de 1824.....	15
Figura 1.2. Proceso de la división territorial de la Península de Yucatán .....	34
Figura 1.3. Conflictividad territorial en la Península de Yucatán.....	35
Figura 1.4. Fisiografía y Topografía de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán...38	
Figura 1.5. Geología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	40
Figura 1.6. Geomorfología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	44
Figura 1.7. Clima de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	47
Figura 1.8. Edafología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	52
Figura 1.9. Vegetación de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán .....	56
Figura 2.1. Modelos de la integración natural de los componentes del sistema territorial.....	71
Figura 2.2. Unidades de paisaje en el área de las franjas limítrofes estatales.....	75
Figura 2.3. Firmas espectrales de los elementos de la leyenda en las imágenes Landsat MSS.....	83
Figura 2.4. Firmas espectrales de los elementos de la leyenda en las imágenes Landsat ETM+.....	85
Figura 2.5. Vegetación y uso del suelo en las franjas limítrofes estatales, 1978. ....	90
Figura 2.6. Vegetación y uso del suelo en las franjas limítrofes estatales, 2000. ....	93
Figura 3.1. Antropización de las franjas limítrofes estatales.....	102
Figura 3.2. Localización espacial de las áreas agropecuarias en las franjas limítrofes estatales.....	106
Figura 3.3. Extensión de la frontera agropecuaria en las franjas limítrofes.....	107
Figura 3.4. Deforestación en las franjas limítrofes estatales .....	110
Figura 3.5. Avance de la vegetación no potencial.....	114
Figura 3.6. Tipología del cambio de uso del suelo por Unidades de Paisaje .....	122

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Unidades litológicas de las franjas limítrofes de la Península de Yucatán .....	41
Cuadro 1.2. Unidades de suelo presentes en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	51
Cuadro 1.3. Correspondencia entre la clasificación FAO-UNESCO y la clasificación maya de los suelos.....	54
Cuadro 1.4. Superficie de los tipos de vegetación en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.....	57
Cuadro 2.1. Diagrama metodológico para el reconocimiento de cambios de uso del suelo por Unidades de Paisaje en las franjas limítrofes estatales .....	63
Cuadro 2.2. Unidades espaciales de paisaje y su correspondencia con unidades territoriales consideradas en otras disciplinas.....	72
Cuadro 2.3. Características de las bandas del sensor Landsat MSS.....	78
Cuadro 2.4. Características de las bandas del sensor Landsat ETM+ .....	79
Cuadro 2.5. Conformación de la leyenda para la clasificación de las imágenes Landsat .....	81
Cuadro 2.6. Matriz de confusión de las imágenes Landsat MSS .....	87
Cuadro 2.7. Matriz de confusión de las imágenes Landsat ETM+.....	88
Cuadro 2.8. Superficie de los elementos interpretados en las imágenes Landsat MSS por Unidad de Paisaje.....	91
Cuadro 2.9. Superficie de los elementos interpretados en las imágenes Landsat ETM+ por Unidad de Paisaje.....	94
Cuadro 3.1. Índice de antropización y su crecimiento en las Franjas Limítrofes Estatales entre los años 1978 y 2000.....	101
Cuadro 3.2. Expansión de la frontera agrícola en las unidades de paisaje de las franjas limítrofes estatales entre los años de 1978 y 2000.....	105
Cuadro 3.3. Tasa de deforestación en los años en las franjas limítrofes estatales entre los años 1978 y 2000. ....	109
Cuadro 3.4. Grado de avance de la vegetación no potencial en las franjas limítrofes estatales.....	113
Cuadro 3.5. Relación de existencia de las categorías seleccionadas en el año 2000 con respecto al año 1978. ....	118
Cuadro 3.6. Criterios para otorgar los valores cualitativos, según comportamiento de las categorías seleccionadas .....	119
Cuadro 3.7. Tipología de Unidades de Paisaje, según los valores cualitativos asignados de acuerdo con el comportamiento de las categorías .....	119

## INTRODUCCIÓN

Las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán, como toda la región peninsular, se caracterizan por la presencia de numerosos recursos naturales y ecosistemas definidos por una gran diversidad, riqueza y fragilidad, como son las selvas altas, medianas y bajas subperennifolias, y la vegetación hidrófita de las aguadas. Además, en el área se encuentran varias zonas arqueológicas de la cultura maya entre las que sobresalen: Calakmul, X-Pujil y El Ramonal, lo que le confiere una gran importancia desde el punto de vista histórico-cultural; asimismo, una gran parte de la zona de estudio se encuentra en la Reserva de la Biosfera de Calakmul.

Los estados que se reparten el territorio de la península, Yucatán, Campeche y Quintana Roo, están inmersos en una disputa territorial, en la que, a pesar de que cada estado recurre a numerosos argumentos para la defensa de ubicación de la coordenada, el punto trino denominado “Put” no tiene una ubicación con la que estén de acuerdo las tres entidades. Esta coordenada se ha sometido a numerosos estudios desde distintos ámbitos disciplinarios (historia, geografía y antropología), con los cuales se llegó a la conclusión de que debía ser modificada del punto “Put” que tiene coordenadas: Lat. 19° 38' 57.74”, Long. 89° 24' 44.92”, al punto “Cerca de Put”, cuyas coordenadas fueron calculadas y resultaron las siguientes: Lat. 19° 18' 29.42”, Long. 89° 08' 52.34”. Este movimiento de la coordenada genera un territorio muy importante a nivel regional e incluso de importancia nacional, ya que abarca



más de 10,000 km<sup>2</sup>, lo cual significa que supera, en extensión, a estados como Aguascalientes, Colima, Morelos, Tlaxcala o el Distrito Federal.

Sin embargo, a pesar de los grandes recursos que ahí se encuentran, existe un patrón muy importante de antropización debido a que los espacios agropecuarios han ido avanzando sobre los espacios naturales, fragmentando así, las selvas y dejando huellas de vegetación secundaria y transformación de la vegetación potencial. Estos patrones de antropización se acentúan, dado que la zona de estudio se encuentra en la periferia de cada estado y relativamente lejos de las grandes ciudades de la región; se trata, entonces, de un área en donde los programas y planes de cada estado tienen escasa aplicabilidad, dando como resultado una expansión desordenada de la frontera agropecuaria, a la que se suma la susceptibilidad a la tala clandestina y a la cacería furtiva; hechos que se separan, en gran medida, de los ideales de sustentabilidad y respeto al medio ambiente y se traducen en una mala organización del territorio.

La presente investigación aporta una compilación conceptual acerca del término paisaje, el cual ha sido abordado desde numerosos ámbitos disciplinarios; en este sentido, también busca una agrupación de autores por postura conceptual semejante. Asimismo, se aborda el término uso del suelo, buscando apego en las definiciones originales de las escuelas del pensamiento geográfico donde se introdujo el concepto.

La investigación también contribuye con una nueva ruta metodológica para la exploración y la consecución de una tipología de cambio de uso del suelo por unidades de paisaje constreñidas a un territorio, que para este caso específico surge

por el traslape de la división política administrativa en la Península de Yucatán, y que en este estudio está codificado como *franja limítrofes estatales*.

Esta tesis se enmarca dentro de los planes de estudio del posgrado en Geografía, y busca servir especialmente a la comunidad orientada al Ordenamiento Territorial; asimismo, dados los temas que trata, puede servir a los geógrafos interesados en la metodología de la percepción remota enfocada a la obtención de clasificación de imágenes de satélite por uso del suelo y vegetación; además, la investigación aporta una serie de mapas temáticos que deben ser vistos como resultado de la investigación y la expresión del lenguaje geográfico.

Por último, la presente investigación sienta las bases para un posterior desarrollo de investigaciones de aptitud de uso del suelo para la agricultura o las actividades primarias en general, que puede ser incorporada en los Programas de Ordenamiento Territorial o de Ordenamiento Ecológico desde una perspectiva estatal; pero sobre todo, es importante tratar esta zona de manera especial, como parte de una transición entre los tres estados de la península. La investigación también puede ser tomada en cuenta por otros planes estatales como el Plan Estatal de Desarrollo de Campeche 2003-2009, el Plan Estratégico de Desarrollo Integral del Estado de Quintana Roo y la Ley de Protección al Ambiente de Yucatán.

En este sentido, la presente tesis se orienta al estudio del cambio de uso del suelo y se sustenta en la **hipótesis** siguiente:

*Los tipos de cambio en el uso de suelo en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán presentan una variabilidad causada por diversas intensidades de acción antrópica, que se manifiesta a través de la expansión de los espacios agrícolas y pecuarios,*

*en el crecimiento de los espacios dedicados a la infraestructura urbana, y en el avance de las selvas medianas sub-caducifolias, que no constituyen la vegetación potencial de la zona en general.*

De este modo, el **objetivo fundamental** es: “Revelar los distintos tipos de cambio de uso de suelo en unidades de paisaje situadas en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán”, y para conseguirlo se guiará en los **objetivos particulares** siguientes:

- Realizar un recuento histórico de la evolución de la disputa territorial entre los estados de la Península de Yucatán.
- Analizar las características físicas y biológicas de la zona de estudio
- Definir grupos de autores y tendencias conceptuales acerca del concepto de paisaje
- Realizar una delimitación por unidades de paisaje.
- Clasificar la zona de estudio por diversos tipos de vegetación con un uso de suelo asociado para conocer su estado en 1978 y 2000.
- Conocer la dinámica que ha tenido el territorio bajo estudio, a través de la aplicación de indicadores sobre las unidades de paisaje delimitadas.

Para la elaboración de este trabajo se combinó la investigación en gabinete con una salida de campo. En lo referente a la primera, se procedió con investigación documental y cartográfica; asimismo, se procedió a la clasificación de las imágenes de satélite. El trabajo de campo consistió en la inspección de la zona de estudio, para examinar los puntos clave para el desarrollo de la investigación y también los

sitios en los cuales pudiera existir duda o error de la interpretación realizada en gabinete.

La tesis se integra por tres capítulos. En el primero se aborda un marco contextual histórico para delimitar las franjas limítrofes estatales; posteriormente, se analiza dicho espacio por medio de las características físico-geográficas. En el segundo, se aborda el marco teórico del término paisaje con el cual configuran las unidades de paisaje de la zona de estudio; asimismo se aborda la metodología para clasificar imágenes de satélite con técnicas de percepción remota. Finalmente, en el tercer capítulo, se formulan los indicadores que evalúan los cambios y se aplican en las unidades de paisaje que fueron distinguidas.

# CAPÍTULO 1

## CONTEXTUALIZACIÓN HISTÓRICO–GEOGRÁFICA DE LAS FRANJAS LÍMITROFES ESTATALES DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Este capítulo se presenta en dos partes, las cuales, en una primera impresión parecerían no tener concatenación, ya que la primera hace referencia a cuestiones históricas y la segunda a los elementos de naturaleza física-geográfica. La necesidad de empezar por un recuento histórico obedece a que la zona bajo estudio no tiene una delimitación natural sino perteneciente a procesos políticos e históricos, los cuales constituyen la clave para definir los polígonos de la zona de estudio identificados en esta investigación como franjas limítrofes estatales.

En la segunda parte del capítulo se realiza una contextualización del medio físico-geográfico del área que constituye el insumo para conocer las características físicas y estructurales del territorio y los procesos que actualmente se llevan a cabo. Todo ello ofrece diversos elementos que constituyen la base para la posterior subdivisión del territorio bajo estudio en unidades de paisaje.

## 1.1. Contexto histórico para la delimitación de las franjas limítrofes estatales

Este subcapítulo hace mención del surgimiento de la Provincia de Yucatán y el origen de las diferencias entre Campeche y Mérida, que eran las dos ciudades más importantes de la provincia y que condujeron a una segmentación territorial.

En la división de territorios de la península, la “Guerra de Castas” tuvo un papel importante; las primeras etapas de esta rebelión son claves en la evolución territorial por la polarización territorial del área que ocupaban los mayas rebeldes y que derivaría, posteriormente, en la separación de la parte oriental de la península que se consolidó como el territorio de Quintana Roo.

Cuando la guerra de castas entró en un punto muerto, en la década de 1850, tuvo lugar la separación del Distrito de Campeche, derivado de la insurrección campechana a las elecciones para gobernador; en este contexto, se presenta el análisis de la conformación interna de los partidos que constituían a Campeche y que se separaron formalmente de Yucatán.

A partir del 4 de noviembre de 1901, el territorio de Quintan Roo fue suprimido y anexado de Yucatán en varias ocasiones, hasta convertirse en Estado Libre y Soberano. Sin embargo, en 1939 surge el problema de límites estatales entre las entidades de la península, lo que constituye la problemática de la ubicación de la coordenada del punto Put, cuya distinta concepción da origen al área de estudio de la presente investigación.

### *1.1.1. Conformación del Estado de Yucatán*

El sistema de división territorial que predominó durante la época colonial, dividía el territorio en alcaldías, corregimientos, gobiernos y provincias. Esta división abarcó los siglos XVI, XVII y poco más de la primera mitad del siglo XVIII, lapso en el cual, la Península de Yucatán era reconocida como la Provincia de Yucatán y la Laguna de Términos<sup>1</sup>.

En la segunda mitad del siglo XVIII, los borbones franceses ocuparon el trono español, por lo que iniciaron una serie de modificaciones conocidas como las reformas borbónicas. Una de ellas consistió en modificar la división territorial del virreinato que quedó repartido en doce circunscripciones conocidas como intendencias; cada una estaba dividida en subdelegaciones que tenían un conjunto de pueblos, donde el más importante era llamado cabecera. La Intendencia de Yucatán se dividió en trece subdelegaciones, que fueron: Bacalar, Beneficios Altos, Beneficios Bajos, Bolonchencauich, Camino Real Alto, Camino Real Bajo, Campeche, Costa, Mérida, Sahcabchén, Sierra, Tizimín y Valladolid (Quezada, 2001).

En 1814, la Intendencia de Yucatán constituyó su propio reglamento<sup>2</sup> de comercio, abriendo así sus puertas al comercio extranjero y rompiendo con un monopolio hispano de cerca de 300 años. Con dicho reglamento, establecieron sus propios aranceles aduanales, situación que agudizaría, durante los años siguientes, las diferencias entre Mérida y Campeche, que eran las dos ciudades más importantes de la Península; Mérida era el centro político-administrativo y Campeche era el centro de comercio peninsular.

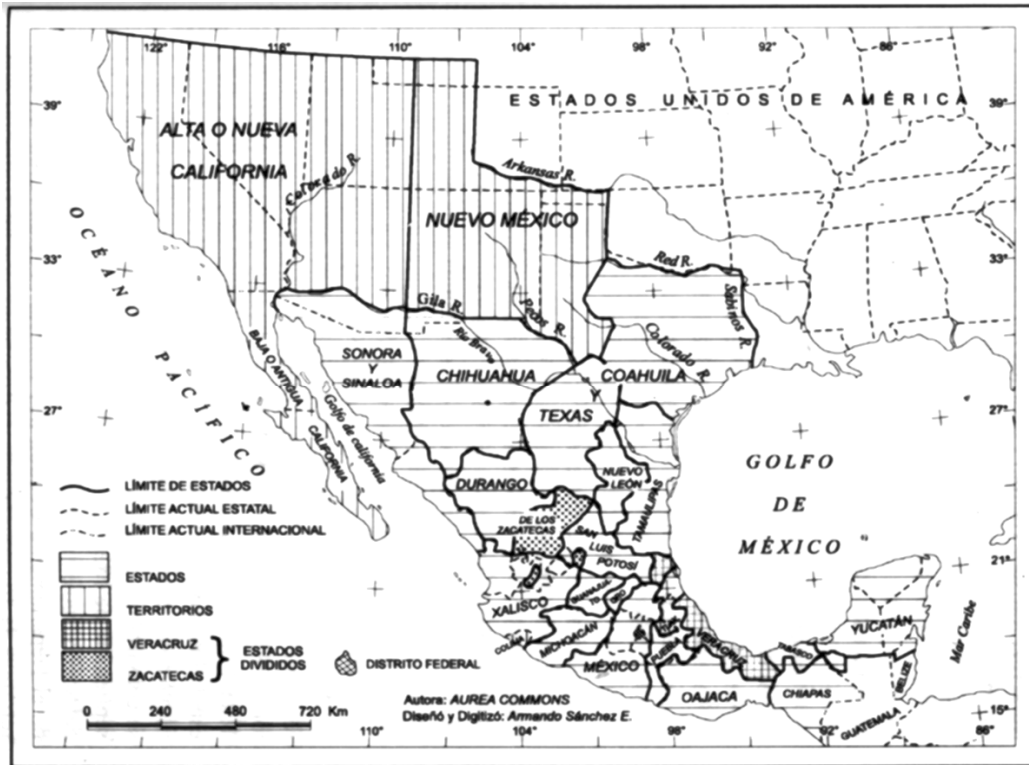
El 15 de septiembre de 1821, durante la época de México como país independiente, las fuerzas independentistas estaban ya en Tabasco, y el Capitán General Don Juan María Echeverri, quien fungía como jefe superior político, convocó a una sesión a la que acudieron la burocracia colonial, los jefes militares, las autoridades eclesiásticas, representantes de la fuerza liberal, constitucionalistas y rutineros y entre todos ellos, proclamaron la independencia de Yucatán de una manera pacífica (Quezada, 2001).

Durante el período del primer imperio, la Provincia de Yucatán puede considerarse como independiente de México, y fue hasta la eliminación de Agustín de Iturbide del poder el 29 de mayo de 1823, la diputación yucateca proclamó condicionalmente su anexión a México siempre y cuando se guiara bajo las bases de una república federal y aceptara que Yucatán formulara su constitución propia. Esta misma actitud se propagó por las demás provincias que pertenecían a México y en el Acta Constitutiva del 31 de enero de 1824 se proclamó el sistema federal (Quezada, 2001); asimismo, no se llamarían provincias a las distintas jurisdicciones, sino estados<sup>3</sup> (Figura 1.1).

Campeche, por su parte, se opuso a estas medidas y se pronunció a favor de la adhesión a México y desconoció a la junta Gubernativa de la Provincia de Yucatán. En el fondo, estas desavenencias implicaban el deseo de cada región yucateca por debilitar la economía de su contrario, con la idea de mantener o de obtener la dirección económica de la península. Sin embargo, hacia el exterior, se hacía trascender como diferencias políticas o ideológicas entre republicanos federalistas y centralistas.



Figura 1.1. División Territorial según la Constitución de 1824.



Fuente: Commons, 2002.

Yucatán tuvo otras escisiones y anexiones a México, por las pugnas entre federalistas y centralistas que se prolongaron durante la primera mitad del siglo XIX. En 1829, había ya un marcado déficit fiscal debido a que la división heredada de las reformas borbónicas traía muchos problemas de recaudación fiscal, en especial de la zona maya; por esta razón, los militares se pronunciaron por un régimen central en Yucatán, con lo cual exigían al nuevo gobierno de José Segundo Carvajal (1829-1832) se escindiera de la federación mexicana hasta que ésta adoptase el régimen central. Sin embargo, el gobierno de Carvajal quedó aislado ya que en el resto de México no se instauró el régimen centralista; de esta manera, a fin de tener más legalidad en su gobierno, se instauró el régimen federal en Yucatán nuevamente y convocó a elecciones.

Después de una breve legislatura federal a cargo de Juan de Dios Cosgaya, los centralistas retornaron al poder en Yucatán a través de Francisco de Paula Toro, quien fue comandante general y cuñado de Santa Anna y gobernó de 1834 a 1840; así, declararon nulas todas las disposiciones de la administración federal anterior. En México también los centralistas habían triunfado y habían reformado la Constitución General de 1824, sustituyéndola en 1836 por una república central, y convirtiendo a los estados en departamentos. Quezada (2001) afirma que en Yucatán estas disposiciones se tomaron sin conflictos dado que era gobernado por centralistas; asimismo, dichos gobiernos locales suprimieron las subdelegaciones heredadas de las reformas borbónicas y establecieron cinco distritos: Campeche, Izamal, Mérida, Tekax y Valladolid; estos distritos se subdividieron a su vez en partidos.

Los centralistas asumieron el poder, y tuvieron que hacerse cargo de la hambruna que había azotado a Yucatán desde la época independentista en 1821. La población indígena había emigrado al sur, donde podían vivir en la búsqueda de alimentos en una forma de vida nómada, también esos eran los lugares más propicios para la evasión de impuestos civiles y religiosos. Los indígenas se organizaban para robar el ganado de las haciendas ubicadas los distritos de Mérida e Izamal. Sin embargo, las autoridades centrales se habían organizado para perseguir a las bandas y destruir comunidades indígenas y obligarlos a vivir en pueblos para facilitar la recaudación de impuestos.

Las tierras públicas, compartidas tradicionalmente entre mayas y descendientes de europeos, acabaron controladas por granjeros dedicados al cultivo azucarero en la Península de Yucatán. La autonomía política de los mayas se vio también amenazada por los políticos estatales y locales, que no reconocían la autoridad de

los líderes indígenas; muchos campesinos mayas se vieron atrapados en un círculo de continuo endeudamiento con los hacendados propietarios de las tierras que cultivaban, además de sufrir maltrato físico y tributos arbitrarios por parte de éstos.

En 1838, empezó a resurgir la corriente federalista en Yucatán y en 1840, el general Santiago Imán firmó un documento que restablecía la Constitución de 1824, y restauraba el régimen federal en Yucatán con una nueva separación de la república centralista. Juan de Dios Cosgaya y Santiago Méndez, derrocados en 1834, subieron a la gobernatura y vicegobernatura, respectivamente. En nuevas elecciones, Méndez ganó el cargo de gobernador y Miguel Barbachano el de vicegobernador (Justo, 1998). Sin embargo, a partir de este mismo año, empezó a nacer la división dentro del partido federalista: Santiago Méndez, el gobernador, encontró mayor apoyo en Campeche, por lo que comenzó a erigirse en defensor de sus intereses. Miguel Barbachano, el vicegobernador, era apoyado fundamentalmente por el distrito meridano, cuyos intereses comenzó a representar. Con esa situación, renacía la constante rivalidad de las dos principales ciudades del Estado (Cáceres, González y García, 1999).

Bajo estas condiciones, el entonces presidente centralista, Anastasio Bustamante, y, posteriormente, Santa Anna, trataron de evitar a toda costa una nueva separación de Yucatán; de esta manera, Santa Anna envió a Andrés Quintana Roo para negociar con los representantes de Yucatán; el resultado dio paso a la firma de los tratados de 1841. En ellos, se aceptaba la reintegración de la península al gobierno mexicano, pero con nuevas condiciones impuestas por parte de Yucatán: conservaría sus leyes particulares y su arancel de aduanas; desarrollaría un

comercio libre; cesarían en su interior las levas y sorteos para el ejército y la marina; y se reduciría el contingente del Estado para el ejército.

Estos convenios fueron aprobados por el Congreso del Estado, pero no por Santa Anna, debido a que veía en ellos características que contrariaban su régimen, y le declaró la guerra a Yucatán, señalándola como enemiga de la nación si no rompía sus relaciones con Texas. Sin embargo, el comercio con ciertas regiones, como Texas, era sumamente necesario para la subsistencia de Yucatán; entonces Santa Anna decidió intervenir por medio de las armas, y en julio de 1842, se inició la guerra. El peligro que significaba el ataque de las tropas mexicanas, hizo que mendecistas y barbanchanistas olvidaran por el momento sus diferencias y se unieran para la defensa del territorio. Tanto los nobles, como los dirigentes y campesinos mayas se vieron implicados en la agitación política, cuando estos últimos fueron reclutados como soldados. Así tanto hacendados como caudillos yucatecos querían la independencia de Yucatán (Cáceres, González y García, 1999).

El ejército mexicano fue derrotado en 1843, pero Yucatán se encontraba en bancarrota debido a la mala recaudación fiscal y no tuvo más opción que reincorporarse a México en la segunda república central, lo que motivó que se llevaran a cabo los cambios administrativos correspondientes, motivo por el cual, Yucatán quedó convertido en Departamento y se reincorporó legalmente a la nación mexicana sobre bases federalistas, el 2 de noviembre de 1846.

Barbachano reinstaura los principios federalistas pero los mendecistas se levantaron en contra de esta determinación y entonces Campeche estalló en una revolución el 8 de diciembre de 1846. Sus planteamientos políticos fueron: aplazar la reincorporación de Yucatán al país; declarar la neutralidad del estado en la

guerra con Estados Unidos; y desconocer al recién nombrado gobernador interino Barbachano, en caso de que no aprobase estas condiciones. Los mendecistas no aceptaron incorporarse a México, debido al gran caos político nacional que prevalecía, situación que sería muy desfavorable para Yucatán, sobre todo en lo referente a su marina mercante. Barbachano reprobó esta actitud, calificándola de traidora a la patria; en realidad, ambos grupos seguían pugnando internamente por alcanzar cada uno el control del estado (Cáceres, González y García, 1999). La revolución promovida en Campeche significó una verdadera guerra civil que fue secundada por varios pueblos de la región.

### *1.1.2. La Guerra de Castas*

En el marco de las pugnas entre federalistas y centralistas así como de las rivalidades regionales entre Campeche y Mérida, surge la llamada “Guerra de Castas”, que se desata oficialmente el 30 de julio de 1847, a raíz de los grandes impuestos que los indios eran obligados a pagar (Toussaint, 1997). La revolución, según Canto (1976) se inició como un levantamiento campesino del tipo ordinario, pero los blancos tenían el propósito de hacer de aquel movimiento insurreccional de carácter social, una guerra de castas; ellos atropellaban, violaban y asesinaban indígenas para probar que era realidad la cuestión racial. En un inicio los indígenas campesinos no buscaban la sangre de blancos, acaso un poco de tierra y de mejoramiento en el sistema de vida, probablemente no tenían una conciencia clara de sus deseos; sin embargo, se puede afirmar que demandaban un cambio favorable para sus intereses legítimos.

Quezada (2001) señala cuatro líderes de la rebelión maya: Jacinto Pat, Bonifacio Novelo, Cecilio Chi y Manuel Antonio Ay, y cada uno tenía objetivos distintos. Ay

buscaba la expulsión de los blancos de la península, Chi apostaba por su eliminación, Pat pedía imponer a Barbachano como gobernador, y Novelo buscaba la reducción de las contribuciones.

Se dio así el avance de los rebeldes sobre la península y a menudo se intentaban negociaciones tales como la de 1848, con la cual, los pagos de impuestos eclesiásticos se suprimían. Posteriormente, hubo más negociaciones, en especial Jacinto Pat y Miguel Barbachano tenían similitudes políticas y Méndez quería aprovechar esta situación para acabar con la rebelión. Barbachano y Pat serían gobernadores vitalicios, el primero de los blancos, y el segundo de los indios; sin embargo, Chi no coincidía con esta visión pues él quería erradicar a los blancos de la península. La guerra continuó ya que algunos de los ideales de los otros dirigentes indígenas no estaban cubiertos, el frente maya era numéricamente superior y contaban con armamento y municiones. Los mayas podían conseguir armamento con mucha facilidad por medio de contrabandistas, quienes vendían armas y municiones a los indígenas sublevados y México no podía dar fin a la guerra. (Toussaint, 1997).

Para contrarrestar la insurrección, desde noviembre de 1848, como medida precautoria contra la osadía y conseguir la reducción del número de rebeldes, se inició la venta de indígenas a Cuba en calidad de esclavos (Justo, 1998). “Según cálculos verdaderamente conservadores, se estima que entre 1849 y 1861 llegaron a Cuba contra su voluntad cerca de 2000 indios y mestizos” (Quezada, 2001: 151).

Hacia mayo de 1848, los mayas se habían apoderado prácticamente de la totalidad de la Península de Yucatán. Quezada (2001) calcula que cuatro quintas partes de dicha península habían sido ocupadas, de manera que ya se hablaba de la

eliminación de la población blanca en Yucatán, sólo faltaba el asalto a las dos únicas ciudades que se les resistían: Campeche y Mérida, pero los indios retrocedieron. Existen diversas hipótesis, para explicar la razón de la retirada, entre ellas: el inicio del período de lluvia para iniciar las siembras, la falta de municiones, la mayor fortificación de las ciudades, posibles bajas en sus filas, o bien las diferencias entre los dirigentes<sup>4</sup>.

Con la retirada maya, las fuerzas gubernamentales iniciaron su contraofensiva, y comenzaron a reconquistar la península en dirección oeste-este, recuperando una ciudad tras otra. En la primavera de 1849, los mayas habían sido expulsados de la mayoría de las ciudades del oeste y centro de la península y se retiraban hacia las selvas orientales yucatecas. En 1850 las fuerzas gubernamentales establecieron congresos y nuevas constituciones pero las tropas se encontraban exhaustas y la lucha llegó a un punto muerto aunque pervivió durante algunos años.

En 1853, una parte de los insurrectos firmaron una tregua, cuando la mitad de los campesinos sobrevivientes de la Guerra de Castas decidió llegar a un acuerdo de paz con los representantes del gobierno de Yucatán; de esta manera, surge un grupo denominado *pacíficos del sur* (Dumond, 1997). Los mayas orientales, no obstante, se retiraron a la selva oriental colindante. Había un desánimo de las dos fuerzas; pero hubo un nuevo aliento por parte de los indios cuando descubrieron un árbol que tenía unas cruces. Este hecho se interpretó como una señal divina que los alentaba en la guerra contra los blancos. A este lugar se le nombró Chan Santa Cruz<sup>5</sup> (Quezada, 2001).

El lugar se convirtió en un santuario, donde los indios, que fueron reconocidos como rebeldes o *cruzob*, buscaban mensajes; y aunque el santuario fue ocupado y el

árbol fue cortado, la influencia de Chan Santa Cruz se había extendido. En 1858 dicho lugar se convirtió en la capital de un estado independiente con el mismo nombre, el cual fue refugio de los indígenas quienes vivieron bajo una vida semibárbara luchando hasta mayo de 1901 (Canto, 1976).

### *1.1.3. Creación del estado de Campeche*

Tras la desaparición del poder colonial, se dio paso al enfrentamiento abierto entre Campeche y Mérida, tal como se advirtió en páginas anteriores; de esta manera, los campechanos se expresaron políticamente adheridos al liberalismo, en tanto que los yucatecos se inclinaron por el tradicionalismo y la postura conservadora de los privilegios coloniales (Ramayo, 1997).

Sin embargo, las mayores dificultades entre estos dos centros de poder peninsular se presentaron en 1857 a causa de las supuestas irregularidades en la elección de gobernador del estado de Yucatán; no obstante, las pugnas electorales se produjeron entre grupos nacidos dentro del partido liberal. Un sector promovió a don Liborio Irigoyen para ocupar el cargo; otro a don Pablo Castellanos; y otro, apoyado abiertamente por el gobernador Santiago Méndez<sup>6</sup>, sostuvo la candidatura de don Pantaleón Barrera, quien triunfó y tomó posesión del gobierno el 26 de julio de 1857 (Cáceres, González y García, 1999). Como consecuencia de estos sucesos, comenzaron las sublevaciones en Acanceh, Chapab, Mama, Maní y Tekax; sin embargo los descontentos principales se encontraban en el distrito de Campeche y la noche del 6 de agosto de ese año, los opositores se apoderaron de la Maestranza de Artillería de la ciudad.

Pablo García y Montilla, Tomás Aznar Barbachano y Pedro Baranda fueron algunos de los líderes que formaron la generación que se rebeló en contra del



orden y que posteriormente consumarían la creación del Estado de Campeche. El 7 de agosto de 1857 desconocieron al Congreso y al Gobernador electo Pantaleón Barrera.

El gobierno declaró la guerra a los pronunciados, pero debido a la movilización contra los mayas y a la incapacidad para dominar una plaza amurallada y fuerte, como lo era Campeche, solamente envió tropas por poco tiempo. Los levantados, por su parte, se vieron fortalecidos cuando la Isla del Carmen, se adhirió a su movimiento (Cáceres, González y García, 1999). García y Montilla dominaba todo el distrito de Campeche, y aseguraba que en caso de que el resto del estado yucateco secundara la imposición de Barrera, sería necesario separar Campeche de Yucatán.

Después de algunos enfrentamientos armados y de intentos infructuosos por parte del clero para llegar a una negociación entre las partes en conflicto, se propuso en Mérida remover a Barrera. Éste aceptó delegar temporalmente el mando en el general Martín F. Peraza, quien se entrevistó con los jefes campechanos, pero estos decidieron no negociar hasta que Barrera renunciara definitivamente. Barrera renunció a la gobernatura y le sucedió Martín F. Peraza, pero la crisis continuó y surgía cada vez con mayor fuerza la necesidad de dividir la península. Numerosas poblaciones del distrito de Campeche, incluso Maxcanú y Halachó, pertenecientes al distrito de Mérida, manifestaron su voluntad de separarse de Yucatán se adhirieron a la proclama de García, y en abril de 1858 ya había un congreso mayoritario en la búsqueda de la creación del estado (Justo, 1998).

En abril de 1858, el general Manuel Cepeda Peraza por parte de Yucatán y Pedro Baranda por parte de Campeche fueron comisionados para negociar la división

territorial y llegar a un arreglo pacífico. Peraza aceptó, pero dejó la decisión final a los supremos poderes nacionales (Cáceres, González y García, 1999).

Finalmente, el 3 de mayo de 1858, se llegó a un pacto de separación y se firmó el *Convenio de la División Territorial*, que entre sus artículos manifestaba que los partidos del Carmen, Campeche, Champotón, Hecelchakán y Hopelchén (o los Chenes) formarían el estado de Campeche; además dicho convenio estipulaba que la línea divisoria de los dos estados se situaría en la medianía del camino Halachó - Calkiní, dejando las salinas El Real, La Herradura y otras desconocidas para Campeche, y las de Celestún para Yucatán. En otros artículos el convenio establecía las obligaciones de Campeche contra los indios de la “Guerra de Castas”, y temas relacionados con los impuestos y aranceles; todo esto derivó en el Decreto de Erección del Estado el 18 de mayo de 1858 y su respectiva solicitud de reconocimiento federal el 31 de mayo de dicho año (Gobierno del Estado de Campeche, 1997).

Poco antes de lo anteriormente dicho, la situación nacional había cambiado nuevamente. El 11 de enero de 1858, los conservadores desconocieron al presidente Comonfort y el general Félix Zuloaga ocupó la presidencia. Comonfort liberó a Juárez, quien se dirigió a Guanajuato, donde instaló su gobierno para combatir a Zuloaga. Así se inició la guerra de Reforma o de tres años.

Ante todos estos sucesos, la República Federal no reconocía a Campeche, sino como parte del Estado de Yucatán y entonces Pablo García, líder de Campeche, envió al presidente Juárez toda la documentación para la institución y funcionamiento de una entidad consolidada de hecho (Justo, 1998). Dada la Guerra de Reforma, se previó que la consolidación del estado tomaría un par de años,

lapso en el que se emprendieron tareas de agrupamiento político y de diversos adelantos en el gobierno.

En ese contexto siguieron numerosas discusiones acerca de la legitimidad del estado de Campeche y su primera elección de diputados federales de 1861. Al respecto, Tomás Aznar Barbachano y Juan Carbó en ese mismo año, escribieron algunas obras entre las cuales destacan: *“Memoria sobre la conveniencia, utilidad y necesidad de erigir constitucionalmente en estado de la confederación mexicana al antiguo distrito de Campeche”* y los *“Elementos para formar el estado”*. En este último documento, Aznar B. y Carbó aclaran que el antagonismo entre Campeche y Mérida es conocido desde la época colonial; asimismo, se menciona que el territorio se encuentra en la parte occidental de la Península de Yucatán entre los 17°49' y 20°55' de latitud norte y los 83°00' y los 86°40' de longitud occidental de Cádiz<sup>7</sup>. Sus límites son: al Norte y Este el estado de Yucatán, al Sur la República de Guatemala y el Estado de Tabasco, y al Oeste el Golfo de México. El territorio estaría dividido en grandes regiones llamadas partidos, cada partido en municipalidades y cada municipalidad en un cierto número de poblaciones; de esta manera Campeche tendría 5 partidos, 34 municipalidades, 84 poblaciones y 317 fincas rústicas.

En este mismo documento se analizan temas referentes a la situación de la población, agricultura, industria, comercio y navegación, administración de la justicia, las mejoras materiales, la instrucción pública y la importancia de las principales poblaciones del estado de Campeche y con ello se buscaba el convencimiento de las autoridades federales de que estos elementos presentados son suficientes para formar un nuevo estado. A través de la frase siguiente, se hace manifiesta la idea de que Campeche se conduce como una entidad política

independiente de Yucatán desde 1857: “Es y ya ha sido estado, luego puede serlo. Este raciocinio no tiene contestación” (Aznar y Carbó, 1861).

Una vez terminadas las discusiones e incertidumbres legales, el 19 de febrero de 1862 el presidente Benito Juárez reconoció el nuevo estado. En el artículo primero del Decreto de la erección del estado aclara que: “se erige en estado de la federación el distrito de Campeche en la Península de Yucatán, con la extensión y límites que tiene actualmente”(Decreto de la Erección del estado de Campeche , 1862 en Gobierno del Estado de Campeche, 1997). En una ratificación posterior, del 29 de abril de 1863, se dieron a conocer los estados que habían votado a favor de la erección de Campeche; de esta forma, era oficial la erección del Estado Libre y Soberano de Campeche.

#### *1.1.4. La creación del Estado de Quintana Roo y los orígenes de la disputa territorial*

Hacia 1870, la ocupación de la Península de Yucatán por parte de los distintos grupos de pobladores se configuraba con los territorios noroccidentales, ocupados por los blancos y que eran controlados por los gobiernos de Mérida y Campeche; el territorio oriental ocupado por los *cruzob*; la porción centro-sur de la península abarcada por los mayas pacíficos del sur y las cercanías del Río Hondo que eran ocupadas por los ingleses (Quezada, 2001).

En 1896, ya se comentaba la posibilidad de que se creara un territorio federal ante la poca efectividad de los yucatecos para el sometimiento de los mayas rebeldes (Careaga, 1990). El extremo sur del actual estado de Quintana Roo se había configurado como una zona de amplio tráfico de armas; sin embargo, existía una población maya de nombre Icaiché que había firmado un tratado de paz con Yucatán y fungían como guardianes de la soberanía nacional. Para tener un

dominio real sobre el territorio de los mayas rebeldes y del contrabando de armas, se envió una avanzada hacia estos territorios, y el comandante Othón P. Blanco ocupó la bahía de Chetumal en 1898.

El 5 de mayo de ese año se iza por primera vez en ese territorio la bandera de México, acto que se considera como la fundación de Payo Obispo. Estos acontecimientos permitieron el avance hacia la conquista de Chan Santa Cruz y la consecuente retirada de los mayas rebeldes hacia la selva; asimismo, paulatinamente se retomó el control sobre la zona, en especial de la frontera de México con la entonces Honduras Británica. Los pobladores de Icaiché que se encuentran cerca de los dos límites con Guatemala y con Belice completaron el trazo humano de la frontera.

El presidente Porfirio Díaz quería que México tuviera el control de la frontera con Belice y también buscaba la explotación de esos territorios ricos en recursos naturales (Careaga, 1990), así presenta el proyecto de creación del territorio Federal de Quintana Roo en la costa oriental de Yucatán. Posteriormente, vinieron los planos de demarcación del territorio federal. El 24 de noviembre de 1902 se creó el territorio federal de Quintana Roo por el decreto presidencial, que mencionaba:

“El territorio de Quintana Roo se formará de la porción oriental de la Península de Yucatán, la cual quedará limitada por una línea divisoria que, partiendo desde la costa del norte del Golfo de México, siga el arco de meridiano  $87^{\circ}32'$  (longitud oeste de Greenwich) hasta su intersección con el paralelo  $21^{\circ}$ , de ahí continúe hasta encontrar el paralelo que pasa por la torre sur de Chemax, veinte kilómetros al oriente de ese punto; y llegando después al vértice del ángulo formado por las líneas que dividen los Estados de Yucatán y Campeche, cerca de Put, desciende al

Sur hasta el paralelo límite de las Repúblicas de México y Guatemala.” (Álvarez Coral, 1971; citado por Dachary y Arnaiz, 1984).

Como territorio federal, Quintana Roo tuvo dos supresiones. La primera eliminación ocurrió entre 1913 y 1915 cuando dicho territorio fue cedido nuevamente a Yucatán; y la segunda supresión fue de 1931 a 1936, etapa en la que Santa Cruz de Bravo y la región continental de la zona norte se anexaron a Yucatán; las Islas Holbox, Mujeres y Cozumel siguieron administradas por el gobierno federal (hasta el 22 de marzo de 1934, cuando también fueron incorporadas a Yucatán); y la jurisdicción de Payo Obispo y la zona sur, fueron agregadas a Campeche.

En la temporada chiclera 1938-1939, la Cooperativa Los Chenes, del Estado de Campeche, explotó bosques de la región de Nohsayab, y ocupó las zonas forestales de Icaiché y Laguna–Om; de esta manera, surge el problema de los límites entre los estados de la península.

El 22 mayo 1939, el gobierno de Campeche a cargo del Gobernador Eduardo Mena, escribe a la Secretaría de Agricultura y Fomento la "*Solicitud de rectificación de límites*". Este es un amplio documento en el que se pide a dicha secretaría la "rectificación de la cartografía de la dirección de Geografía, Meteorología e Hidrografía [...] y el trazo correcto de la línea divisoria entre Campeche y Quintana Roo." (Mena, 1939).

Campeche aseguró que "[...] la línea divisoria del oriente del nuevo estado, o sea el actual territorio de Quintana Roo, ya se sabía que esa línea era una recta imaginaria de Norte a Sur que tenía que pasar por el oriente de los pueblos llamados de indios pacíficos, que militar, geográfica, histórica y

administrativamente habían siempre formado parte del distrito de Campeche” (Mena, 1939). Asimismo, en el Plano de Campeche de 1861, H. Fremont incluyó los expresados pueblos y rancherías de indios pacíficos llamados Mesapich, Chuluc, Chumpil, Macanché, Xcanhá, Lochhá, Yacalcab, Icaiché, Xmaben, etc. Este mapa fue obra del Ministerio de Fomento, Colonización, Industria y Comercio, que en 1939 era precisamente el Ministerio de Agricultura y Fomento.

En ese documento se declara que las municipalidades y pueblos mencionados reconocían y obedecían al gobierno de Campeche y que Yucatán, antes de 1902, admitía y aceptaba que Campeche ejercía soberanía sobre los pueblos de indios pacíficos. También se anexan cifras del censo de 1861 con las municipalidades del partido de Hopelchen o Chenes y se detallan las rancherías de Lochhá y Mesapich; dichos datos sirvieron como base para ratificar la erección del Estado de Campeche. Como prueba, el documento explica que Lochhá y Mesapich tenían 14,400 habitantes y se necesitaban más de 80,000 para que el gobierno federal hubiera reconocido a Campeche, de no haberse incluido estas municipalidades no hubiera sido posible la erección del Estado de Campeche.

En el decreto del Territorio de Quintana Roo, la Secretaría de Gobernación dice que esta separación sólo afectará a Yucatán. Más aún, el mismo decreto dice que *cerca de Put* está el vértice formado por las líneas divisorias entre Yucatán y Campeche y manda que se reconozca y respete ese vértice, para descender desde ahí con rumbo sur franco hasta el límite internacional. Así, se desconoce a Put como el vértice de intersección de los tres estados advirtiendo que carece de valor y se desconoce la razón por la cual los primeros cartógrafos lo señalaron en las cartas.<sup>8</sup>

También es citado el trabajo realizado por Comisión Técnica de la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos de la Secretaría de Agricultura y Fomento<sup>9</sup> en abril de 1922, la cual se dio a la tarea de buscar el punto Put. Representantes de Yucatán, Campeche y de la Comisión por parte de Quintana Roo, acudieron para realizar observaciones personales; encontraron un centro de mampostería que había sido construido en Put, al cual se le determinó su posición geográfica por medio de observaciones astronómicas. Este vértice se aceptó como Put por no haber antecedentes en los archivos y no había sido marcado físicamente, tampoco hubo guías que reconocieran un lugar llamado Put.

Asimismo, se declara que aún suponiendo que la Comisión realmente hubiera dado con las ruinas de la iglesia de Put, no se debió levantar un vértice ahí porque el decreto de Quintana Roo menciona a Put como simple referencia, el verdadero vértice está *cerca de Put*, y puede estar entre 25 y 30 km antes de llegar a Put. Campeche admite que él mismo cometió un error; no obstante, era necesario que una vez encontrado Put, se debió determinar la localización geográfica de algunos pueblos de los indios pacíficos del sur y tomando en cuenta al más oriental (incluido su ejido) se trazara la línea recta con rumbo franco Sur y Norte hasta encontrar el punto cerca de Put y ahí formar el vértice con rumbo franco al sur hasta encontrar el paralelo que funge como la frontera internacional.

Si bien Campeche admite su error, asegura que esta aprobación no puede ser superior a los decretos constitucionales que erigieron a Campeche en 1862. El Estado o Departamento de Campeche comprenderá todo lo que componían los partidos del Carmen, Seybaplaya, Campeche, Hecelchakán y Hopelchén [...] Pues hay que darle a Campeche todo lo que era del distrito de Campeche y especialmente todo lo determinado en el censo de 1861 que sirvió de base al



decreto de 1862 reconociendo hasta en planos y cartas geográficas, la zona llamada de los indios pacíficos con todos los pueblos y rancherías de las antiguas municipalidades de Mesapich y Lochhá” (Mena, 1939).

El 15 de mayo de 1940 se da una contestación a la reclamación de Campeche, por parte del gobierno federal encabezado por el presidente Lázaro Cárdenas. En tres artículos se consideró que los pueblos de “Icaiché, Nohsayab, Haltún, Xcanhá y otros comprendidos en el censo oficial de 1861 pertenecen a la jurisdicción territorial de Campeche”; que Quintana Roo se abstendrá de realizar actos de jurisdicción territorial en esos pueblos y terrenos; que se rectificará la cartografía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público lo tendrá en cuenta para fines fiscales.

Sin embargo, en un documento fechado 27 el octubre de 1953 a cargo del gobernador de Campeche Manuel López Hernández, se manifiesta que sigue pendiente la rectificación del trazo de la línea divisoria entre Campeche y Quintana Roo. En este documento se aclara también que Yucatán recupera una franja de territorio ya que el punto constitucionalmente llamado “Cerca de Put” tiene que modificarse descendiendo más hacia el suroeste y ello tiene que ver con la línea que parte 20 kilómetros al oriente de la torre sur de Chemax.<sup>10</sup>

Para los diversos autores que han tomado postura a favor de Quintana Roo, esta solicitud significa la creación de un problema “artificial” de límites que obedece a la falta de ingresos derivados de la explotación chiclera que Campeche pudo llevar a cabo de 1931 a 1936.

Angulo (1971) citado por Dachary y Arnaiz (1984) dice que los trabajos de la Comisión Geográfica de 1921 fueron aceptados por Campeche y Yucatán, a cargo de la dirección de Estudios Geográficos de la Secretaría de Agricultura y

Ganadería y que se localizó el punto Put, en la antigua vivienda de Put (cerca de Put) y se identificó el antiguo poblado Put o “Moreno” del municipio de Xul, Distrito de Tecax del Estado de Yucatán. Este mismo autor asegura que las autoridades de Campeche buscaron formar otra comisión, la cual no les concedió la razón, motivo por el cual buscó las instancias de la Secretaría de Agricultura y Fomento argumentando las razones históricas y que el dictamen de dicha secretaría fue favorable debido al poder político que ejercen los campechanos.

Dachary y Arnaiz (1984) argumentan que el conflicto surge a raíz del auge del chicle como consecuencia de la II Guerra Mundial, y que Campeche buscaba la explotación de este producto para beneficiar a sus clases burguesas, asimismo se beneficiaba en el comercio de maderas preciosas. Ellos exponen una clara postura a favor de Quintana Roo y algunas de sus conclusiones son las siguientes:

- Campeche nunca había ejercido dominio sobre Icaiché, y prueba de ello es que los indios negociaron su pacificación en 1850 con Yucatán. Además, en las conversaciones que tuvieron con el comandante Othón P. Blanco para integrar el territorio, ellos nunca expresaron ser de Campeche.
- El mapa al cual aluden en su solicitud es descartado debido a la parcialidad que se presenta según estos autores y fue realizado para lograr los 80,000 habitantes que se requerían. Sin embargo, este mapa fue tomado de uno anterior de Santiago Nigra de San Martín, el cual tiene un trazo diferente; en ese momento Campeche no existía, por lo cual este autor es imparcial; además, Nigra hizo recorrido de campo a diferencia de Fremont.
- Al momento de integrarse el Estado de Quintana Roo, tiene un municipio de nombre Icaiché que poseía un poblado del mismo nombre de 326

habitantes y los impuestos, producto de su explotación chiclera, los pagaban en Chetumal.

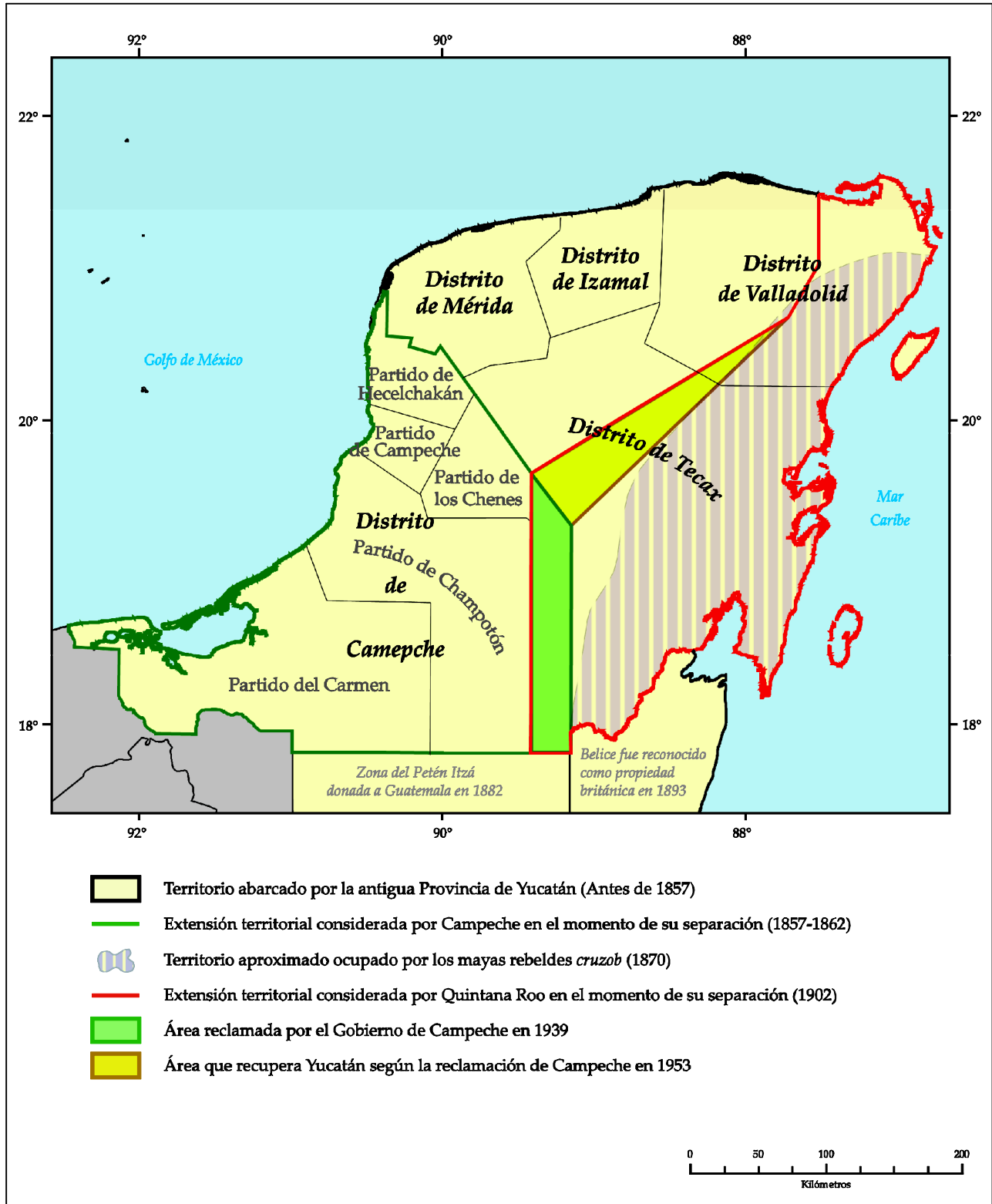
- No hay un camino que una a Campeche con el sur y, por lo tanto, las relaciones comerciales se hacían vía brechas del Río Hondo con Chetumal y Belice y, por consiguiente, la integración que argumenta Campeche, no se dio en la práctica.

En la Figura 1.2 se presenta una síntesis del proceso histórico de fragmentación territorial del que fue objeto la península de Yucatán, además se presenta el área de estudio dentro del contexto regional y como resultado de las disputas territoriales entre los tres estados.

Con la nueva cartografía de la Secretaría de Programación y Presupuesto, y sin una resolución del conflicto aún, se presenta un nuevo mapa de Quintana Roo en el que son segregados más de 10,000 km<sup>2</sup> en los que se incluye la cabecera municipal del municipio de José María Morelos.

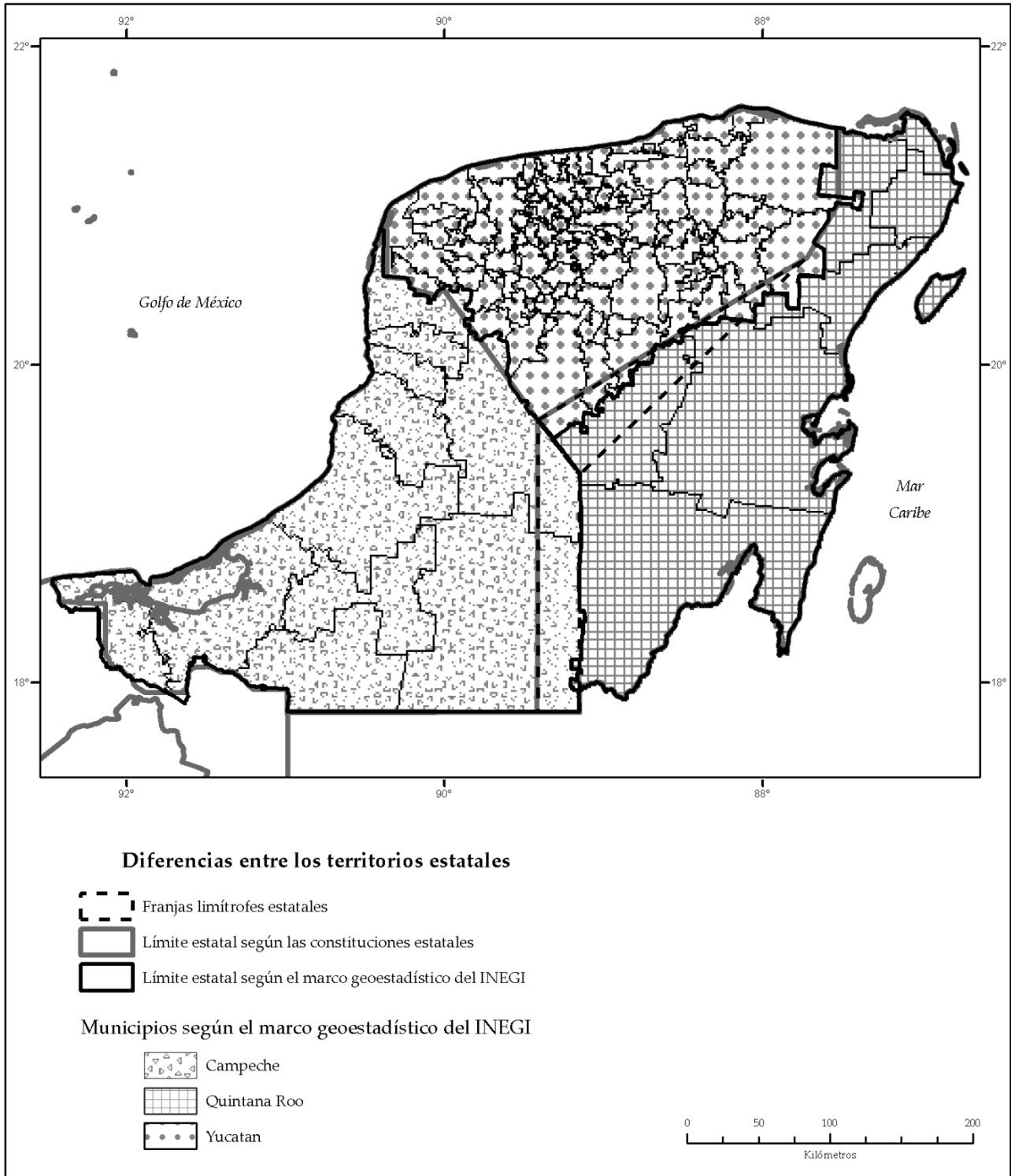
No obstante la complejidad territorial expuesta anteriormente, el INEGI en su división territorial, según su marco geoestadístico, realizó otra división estatal (Figura 1.3) en la cual los estados de la Península no están divididos por líneas rectas tal como lo indican sus propias constituciones. En especial, la línea que separa a Yucatán de Quintana Roo es muy sinuosa y se encuentra dentro de la zona de disputa entre los dos estados. Por su parte, la división entre Campeche y Quintana Roo es mucho más cercana a lo que se establece en las constituciones; no obstante, INEGI otorga prácticamente todo el territorio en disputa a Campeche.

Figura 1.2. Proceso de la división territorial de la Península de Yucatán



Fuente: Elaborado con base en Quezada,(2001), Dachary y Arnaiz (1984), Fremont (1861) y De León (1847).

Figura 1.3. Conflictividad territorial en la Península de Yucatán



Fuente: Elaborado sobre la base de la cartografía digital de INEGI.

La solución metodológica del INEGI es interesante ya que no despoja a Quintana Roo de todo el territorio que pelea y le concede la ciudad de José María Morelos que es una cabecera municipal y es la ciudad de mayor importancia dentro de la zona de estudio en cuanto a población se refiere.<sup>11</sup>

## **1.2. Características del medio físico-geográfico**

Para facilitar el análisis de las características físicas de la zona de estudio, es conveniente dividirla en dos zonas o franjas: la franja A, que es la zona de disputa entre Campeche y Quintana Roo y matemáticamente es un trapecio que abarca 5,089.774 km<sup>2</sup>; y la franja B, que es la zona de conflicto entre Yucatán y Quintana Roo es un triángulo escaleno que se extiende por 4,932.004 km<sup>2</sup>. En total el área de estudio abarca 10,021.779 km<sup>2</sup>. Se debe destacar que el término “franja” debe ser entendido como una faja, banda, borde o tira en general. En lo sucesivo este término será adoptado para referirse a las partes constitutivas de la zona de estudio, en virtud de que se encuentran a las orillas de los estados y tienen una forma alargada de relativamente poca anchura.

Es necesario mencionar que en este subcapítulo a menudo se encontrarán datos relativos a la extensión superficial (absoluta y relativa) de los rasgos del medio físico, es conveniente precisar que dichos cálculos se consiguieron mediante el procesamiento en el sistema de información geográfica Arc View GIS v.3.2.

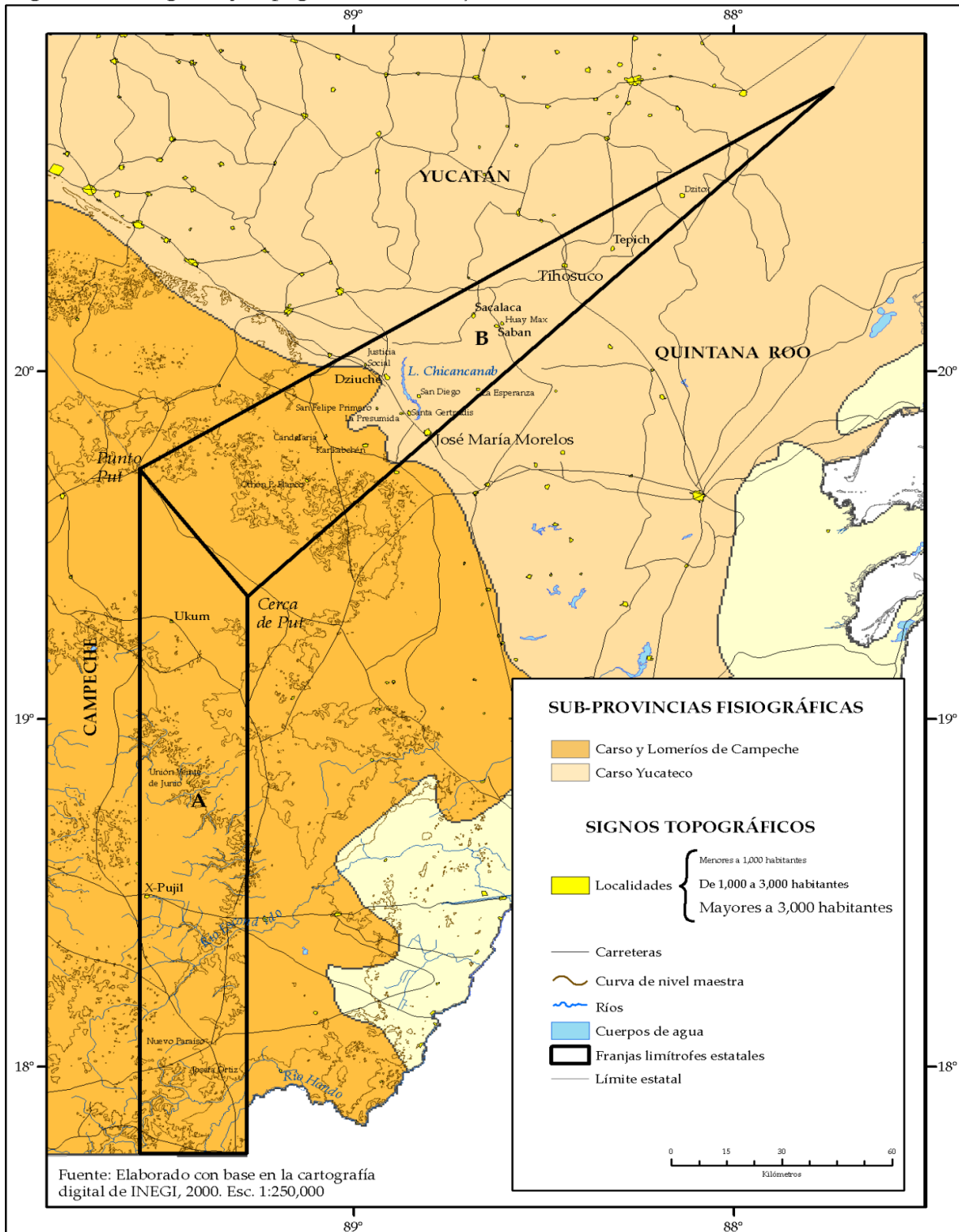
Es importante señalar también que en la leyenda de los mapas temáticos sólo están identificados los elementos que se encuentran presentes dentro del área de estudio; los elementos que circundan el territorio estudiado no se encuentran referidos en la leyenda, y sólo se muestran para otorgar la continuidad territorial, lo cual es muy conveniente dadas las características simétricas de la zona.

### 1.2.1. Fisiografía y topografía

La zona de estudio se ubica en la provincia fisiográfica denominada Península de Yucatán. La franja A se encuentra completamente contenida en la sub-provincia fisiográfica denominada Carso y Lomeríos de Campeche, que se extiende desde el centro de la Península de Yucatán hacia toda la porción sur-occidental. La franja B pertenece a dos sub-provincias fisiográficas: el Carso y Lomeríos de Campeche y el Carso Yucateco; la primera sub-provincia mencionada abarca 2,348.67 km<sup>2</sup>, lo que equivale a 47.62% del área de dicha franja y está presente en su parte occidental, mientras que la segunda sub-provincia se extiende por el centro y este de la franja B en 2,583.33 km<sup>2</sup>, lo cual corresponde al 52.38% del total.

Ambas sub-provincias son básicamente planas y existen unas elevaciones pequeñas. Como se muestra en el mapa de fisiografía y topografía (Figura 1.4), las curvas de nivel se concentran en la sub-provincia Carso y Lomeríos de Campeche. Al centro de la franja A, se encuentran algunas pequeñas elevaciones que reciben el nombre de Meseta Baja de Zoh-Laguna; la altitud promedio de la franja A es de 200 m.s.n.m., pero, en general, se puede apreciar que las mayores altitudes (300 m.s.n.m) se encuentran en las inmediaciones del Río Hondo, mientras que en las cercanías de los vértices *Put* y *Cerca de Put* la altitud promedio es de 100 m.s.n.m. La franja B, por su parte, sigue el patrón de la planicie general que es muy característica de toda la Provincia de la Península de Yucatán. Sus mayores altitudes corresponden a los 100 m.s.n.m. que se encuentran al oeste de la franja en las inmediaciones de los vértices *Put* y *Cerca de Put*; el resto del polígono no rebasa los 100 metros de altitud. Con la información proporcionada por ambas franjas, se puede definir que la pendiente general de la zona de estudio es de SW a NE, lo que a su vez es válido para el resto de la península yucateca.

**Figura 1.4. Fisiografía y Topografía de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán**





En la zona, se presentan escalones esporádicos que corresponden a líneas de falla y diversas áreas deprimidas denominadas “bajos” en las que se forman las aguadas. La más grande de estas depresiones es la llamada Aguada X-Pujil que tiene aproximadamente 100 km<sup>2</sup> de superficie y se ubica hacia el norte de la franja A, a 10 km al este de Ukum.

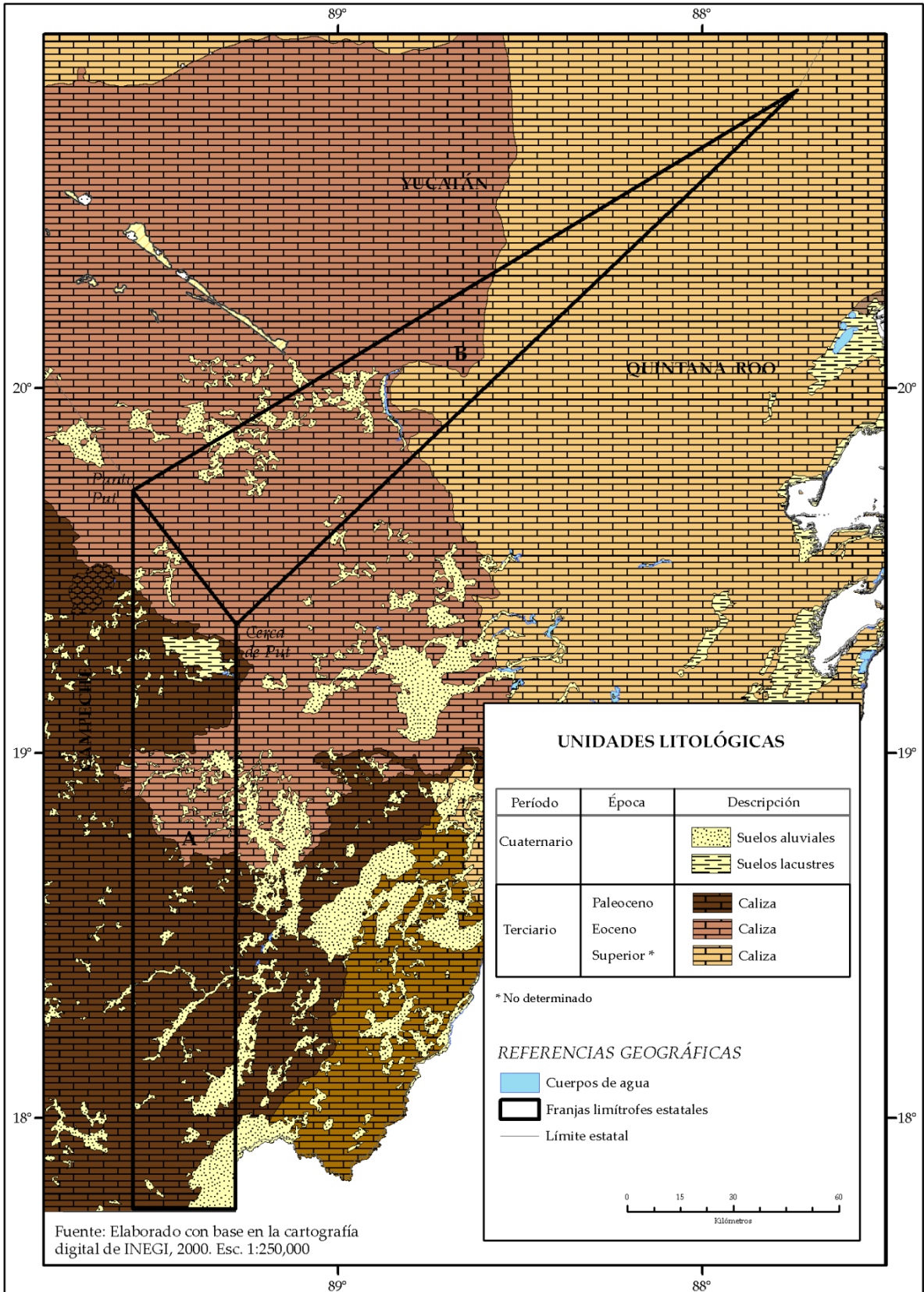
### *1.2.2. Geología*

En la península de Yucatán se conjugan dos placas litosféricas: la Norteamericana y la del Caribe. Su estructura geológica general corresponde a una plataforma o conjunto de capas de rocas sedimentarias que tienen más de 3,500 metros de espesor y que corresponden a períodos de sedimentación, los cuales según su antigüedad son: formación Icaiché, formación Chichén Itzá y formación Felipe Carrillo Puerto. Estas formaciones están prácticamente sin deformar y descansan sobre un basamento de rocas metamórficas del Paleozoico (Lugo, 1999 y Viniegra, 1981 citados por INEGI, 1987c).

El material litológico más antiguo del área data de aproximadamente 63 millones de años, y es correspondiente a la época del Paleoceno; los afloramientos más importantes son de rocas calizas pertenecientes al Terciario Inferior (López, 1993). Este tipo de roca se extiende prácticamente de norte a sur de la franja A.

De esa misma era Cenozoica pero de la época del Eoceno, hay presencia de roca caliza que data del Terciario inferior, aproximadamente hace 54 millones de años (López, 1993). Estos materiales son los más extendidos en la franja B y los segundos más extendidos de la franja A, con lo cual constituyen la mayoría de la litología del área de estudio (Figura 1.5 y Cuadro 1.1).

Figura 1.5. Geología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán



**Cuadro 1.1. Unidades litológicas de las franjas limítrofes de la Península de Yucatán**

Unidad litológica	Franja A		Franja B		Total del área de estudio	
	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Calizas del Paleoceno	3,193.120	62.74%			3,193.120	31.86%
Calizas del Eoceno	1,088.447	21.38%	3,033.941	61.52%	4,122.388	41.13%
Calizas del Terciario Superior			1,602.833	32.50%	1,602.833	15.99%
Suelos aluviales del Cuaternario	673.553	13.23%	287.070	5.82%	960.623	9.59%
Suelos lacustres del Cuaternario	133.300	2.62%			133.300	1.33%
Cuerpos de agua	1.355	0.03%	8.161	0.17%	9.516	0.09%
<b>Totales</b>	<b>5,089.774</b>	<b>100.00%</b>	<b>4,932.004</b>	<b>100.00%</b>	<b>10,021.779</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2000 mediante cálculos en ArcView GIS v. 3.2.

Un tercer tipo de litología perteneciente al Terciario superior, pero cuya época no está expresada en la cartografía consultada, es la de las rocas calizas del extremo este de la franja B. Son las segundas más extendidas dentro de dicha franja y es el material consolidado más reciente del área de estudio.

Los materiales generados en el Cuaternario son básicamente materiales sueltos que consisten en suelos de origen aluvial y lacustre. Los primeros se asocian principalmente, a las zonas donde hay corrientes fluviales intermitentes o perennes, como los ríos Escondido, Palma y Hondo; asimismo, se pueden encontrar en algunas zonas de acumulación entre las elevaciones incipientes que se localizan en polígonos pequeños y dispersos en ambas franjas. Los segundos materiales del Cuaternario corresponden a los suelos lacustres que se encuentran asociados únicamente a la Aguada X-Pujil, la cual es una gran zona inundable en época de lluvia.

Con los datos obtenidos de la topografía y de la geología se puede inferir que las capas rocosas de la Península de Yucatán han ascendido por encima del nivel del

mar en sentido Sur – Norte, ello explica que hacia el sur se encuentren las mayores altitudes y la litología más antigua.

No obstante, dado que es una zona predominantemente plana a pesar de la *antigüedad reciente*<sup>12</sup> de las rocas, y que según Llopis (1970), las rocas calizas tienen una mayor tendencia a la plasticidad que a la fracturación, se puede afirmar que los procesos tectónicos y de plegamiento son relativamente débiles.

### 1.2.3. Geomorfología

En la Península de Yucatán existen los dos elementos más importantes para el desarrollo de los paisajes kársticos: la presencia de roca caliza y la humedad. Según Pedraza (1996) la karstificación es un conjunto de procesos asociados a la meteorización química de la roca tales como: disolución, hidratación, sustitución iónica y óxido-reducción; y a procesos físicos como: transferencia de masa y difusión<sup>13</sup>.

Como se mencionó anteriormente, las rocas calizas tienen una mayor tendencia a la plasticidad que a la fracturación; sin embargo, fracturas pequeñas son suficientes para que se logre la infiltración del agua y se proceda a la disolución (Llopis, 1970), la cual se produce en las fisuras de las rocas calizas y origina numerosas formas en la superficie terrestre: colinas cónicas, rocas angulosas a manera de bloques aislados de algunos metros de altura.

La penetración del agua al subsuelo por una grieta, provoca que ésta se amplíe y con el paso del tiempo se presenta un hoyo circular en la superficie que crece de centímetros a metros, a cientos de metros, y algunos miles de metros de diámetro. Esta forma es conocida como dolina (depresión vertical de forma circular en la

superficie). Las dolinas comienzan a desarrollarse a partir de la intersección de diaclasas, ello constituirá el núcleo de la depresión, que tendrá una forma más o menos circular. Todo paisaje kárstico clásico presenta dolinas.

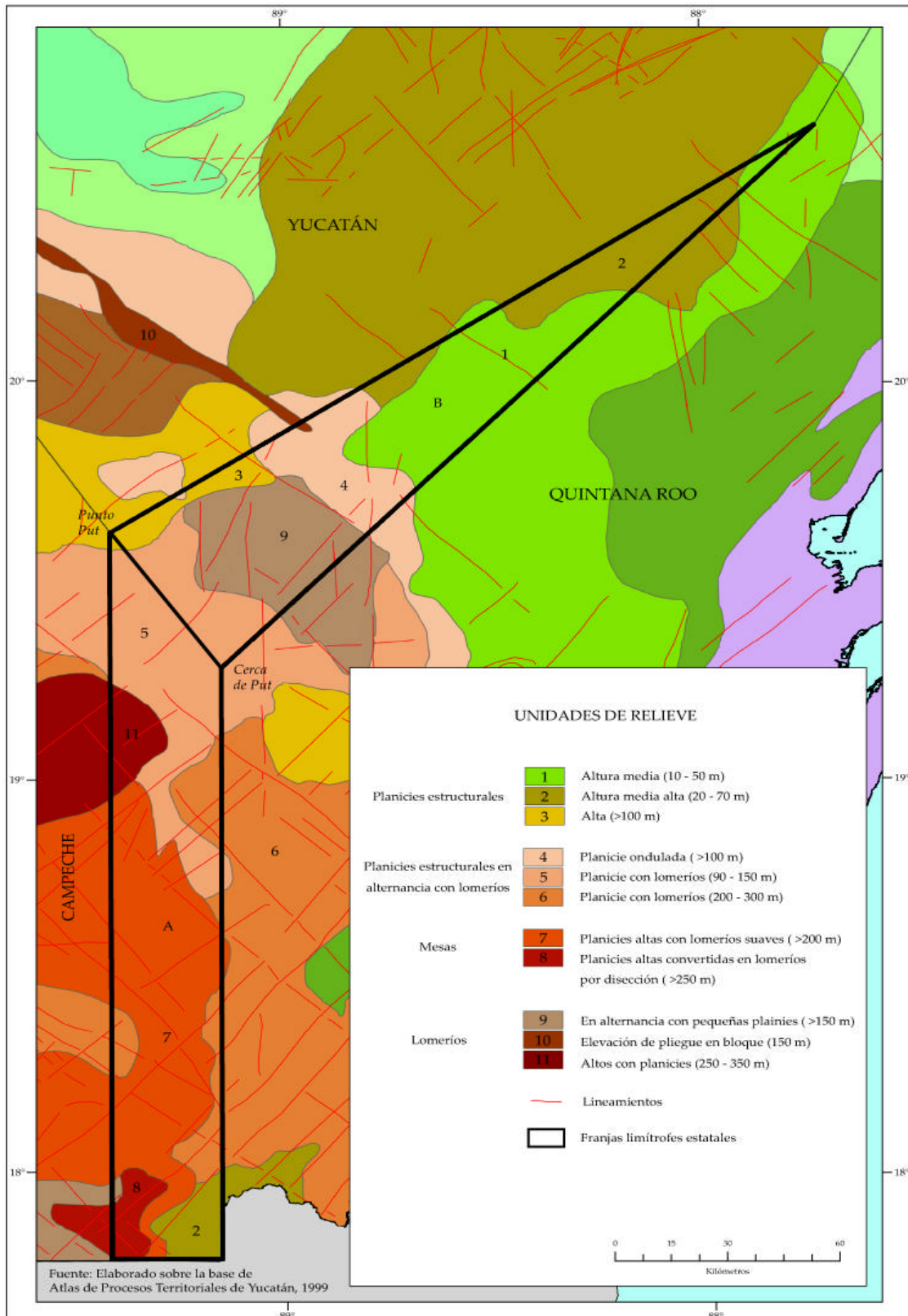
Cuando el paisaje kárstico comienza a evolucionar, lo normal es que las dolinas se manifiesten en conjuntos (dolinización) y llegan a unirse formando una depresión más amplia llamada uvala o poljé, según las características morfométricas que se presenten. Las uvalas surgen de la unión de dos o más dolinas por lo que tienen mayores dimensiones y generalmente su forma es más elíptica. Los poljés aparecen de la unión de uvalas y dolinas, por lo tanto tienen mayores dimensiones que las dos formas mencionadas y tienen una forma alargada pero irregular.

Las aguadas, como se conocen comúnmente, son dolinas<sup>14</sup> que en su fondo pueden contener arcilla roja, denominada "terra rossa", que es indicativa de la descalcificación de la roca (Llopis, 1970). La "terra rossa" es un sedimento arcilloso que retarda la infiltración de agua por lo que en la Península de Yucatán, y en los paisajes kársticos en general, estas depresiones se inundan temporal o permanentemente.

La Península de Yucatán posee formas subterráneas como algunas grutas y cenotes, que constituían la fuente principal de agua de los mayas. Estos depósitos naturales de agua, alimentados por corrientes subterráneas, tienen su origen en el derrumbamiento de la bóveda de una caverna kárstica y, por consiguiente, quedan al descubierto.

El mapa de geomorfología (Figura 1.6) presenta las unidades morfogenéticas mayores a 250 km<sup>2</sup>. En la zona de estudio existen planicies estructurales de rocas calizas casi horizontales, las cuales predominan en la porción centro-este de la

Figura 1.6. Geomorfología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán



franja B; dichas planicies sólo son diferenciadas con base en su altitud sobre el nivel del mar, lo cual corresponde a su vez con un levantamiento tectónico diverso, siendo las planicies más antiguas las de mayor altitud y las más jóvenes son menos altas.

También se presentan las planicies que alternan con lomeríos y se observan como planicies onduladas con elevaciones y depresiones kársticas. Esta unidad se presenta en las cercanías de los vértices *Put* y *Cerca de Put* y en polígonos aislados de Norte a Sur de la franja A y en una porción central de la franja B.

Las mesas son planicies de mayor altitud con lomeríos aislados o planicies levantadas y cortadas por la erosión, las cuales dan lugar a lomeríos. Estas unidades se extienden del centro al sur de la franja A.

Las unidades de lomeríos se refieren a colinas o elevaciones que dominan en una superficie amplia y son resultado de un levantamiento combinado con una erosión diferencial. Dentro del área de estudio existen tres zonas distintas de lomeríos.

Los alineamientos marcados corresponden a la alineación de formas del relieve a causa de un control tectónico. El método para marcar estos lineamientos consistió en la unión de tres o más formas (dolinas o bases de elevaciones) o bien una depresión alargada, todo ello dentro de una continuidad de 20 km o más.

#### *1.2.4. Clima*

Según Hernández (2002), la Península de Yucatán en su totalidad se puede considerar como una entidad regional desde el punto de vista climático, ya que presenta condiciones particulares dadas por la interacción entre los distintos

fenómenos atmosféricos; como: la celda anticiclónica Bermuda Azores, los vientos alisios procedentes de esta celda, las masas de aire polar modificadas (“nortes”), vaguadas polares de medio verano, las corrientes marinas cálidas que rodean el litoral y las tormentas y ciclones tropicales. Los vientos dominantes tienen una dirección sureste-noroeste y provienen del Mar Caribe, por lo que llenan de humedad al continente.

El clima predominante, en prácticamente toda la Península de Yucatán, es el Cálido Subhúmedo (Figura 1.7), pero existen variaciones en cuanto al grado de humedad y régimen de lluvias. El tipo de clima más extendido en la zona de estudio es el  $Aw_1(x')(i')gw''$  que tiene un régimen de lluvia intermedio y también es el intermedio de los subhúmedos; este clima abarca casi toda la región de estudio ya que domina más del 80% de superficie de la franja A y más del 75% de la franja B.

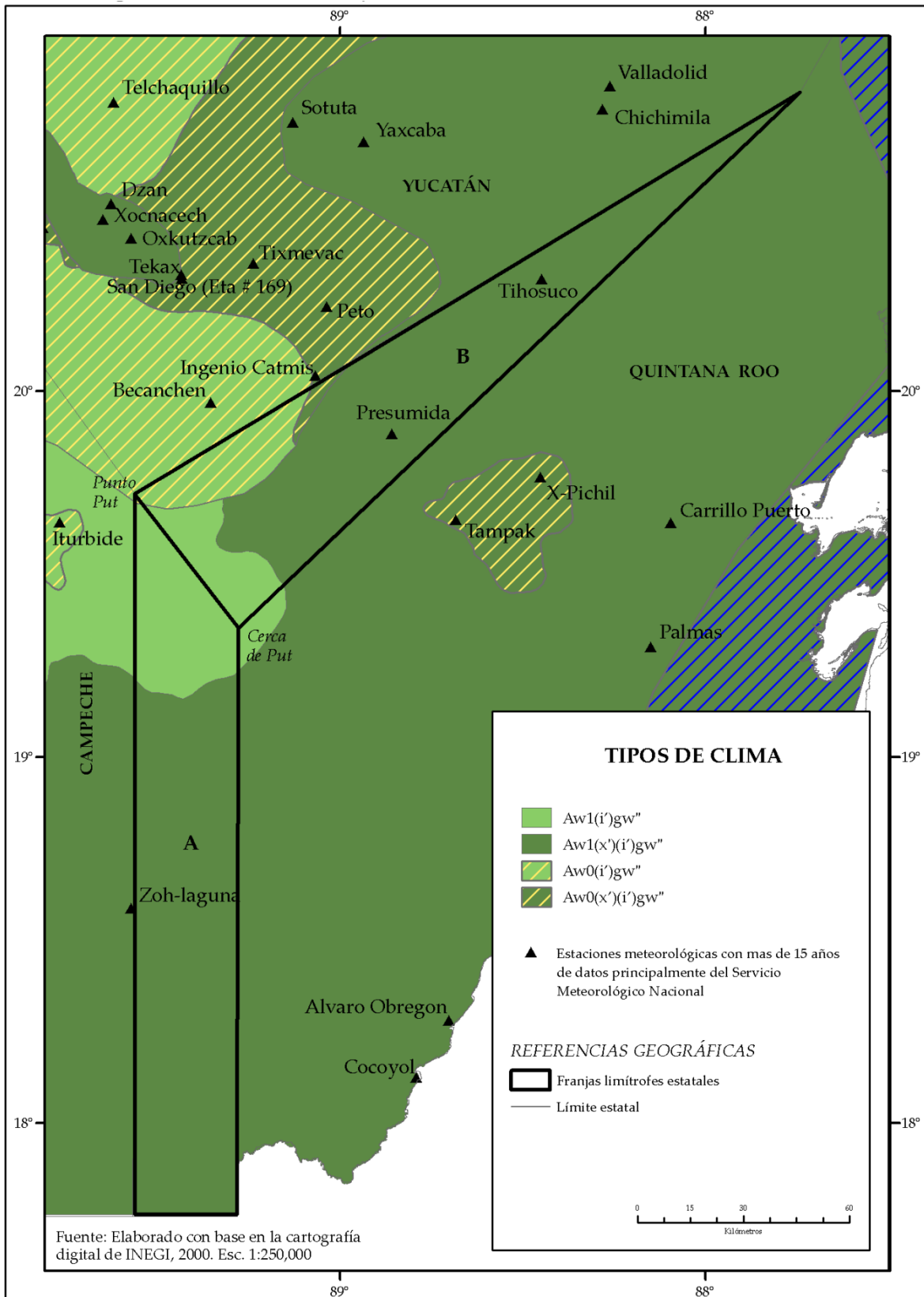
La segunda variación del clima cálido subhúmedo, que tiene una presencia mucho menor, se localiza en el centro de la zona de estudio circundando el *Punto Put*. Este clima es  $Aw_1(i')gw''$  que tiene régimen de lluvia en verano y es intermedio entre los subhúmedos.

La tercera modalidad del clima cálido sub-húmedo por extensión es el  $Aw_0(i')gw''$ . Esta modalidad se encuentra al centro del área de estudio y bajo su influencia se encuentra el vértice *Cerca de Put*. Este clima se caracteriza por tener un régimen de lluvia en verano y ser el más seco de los subhúmedos.

La última modalidad del clima cálido subhúmedo se presenta en una extensión muy pequeña hacia el centro-norte del área de estudio. El clima  $Aw_0(x')(i')gw''$  tiene un régimen de lluvia intermedio y es el más seco de los subhúmedos.



Figura 1.7. Clima de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán



### 1.2.5. Hidrología superficial

Según INEGI (1988d), la región prácticamente se encuentra contenida dentro de la Región Hidrológica (RH) 33 denominada *Yucatán Este*. Sólo en el extremo occidental la zona pertenece a la RH-31 nombrada *Yucatán Oeste*.

La gran mayoría de la zona tiene un coeficiente de escurrimiento superficial entre 0 y 5% debido a la alta permeabilidad del suelo y la roca subyacente, también existen zonas que tienen coeficientes de escurrimiento entre el 5 al 10%, 10 al 20% y 20 al 30%, los mayores porcentajes se concentran hacia el extremo sur de la franja A.

La RH-33 tiene dos cuencas (A y B). La cuenca A está dividida en 5 sub-cuencas, pero sólo cuatro se encuentran en la zona, todas ellas en su extremo occidental pues se extienden en sentido oeste-este. La subcuenca "d" de la cuenca A, contiene el Río Escondido, el cual presenta un coeficiente de escurrimiento de 10 a 20% . La subcuenca "e" contiene al Río Palma (que hacia el estado de Quintana Roo se denomina Azul) el cual presenta un coeficiente de escurrimiento de 20 a 30%. Estos dos ríos son los más importantes de la zona, no obstante son muy poco caudalosos y sólo adquieren importancia en época de lluvias.

La Aguada X-Pujil y algunas otras zonas de depresión se presentan como terrenos inundables y existen cinco lagos permanentes, tres de ellos en la franja A al sureste de la Aguada X-Pujil, que son el L. Macanguas y el L. Noha y uno pequeño al sur de la franja A, denominado L. Alvarado; los más importantes se ubican al centro de la franja B y son los lagos Chichancanab y Esmeralda y se pueden apreciar en la Figura 1.4.

### *1.2.6. Hidrología subterránea*

La roca caliza es propensa a permitir alta de infiltración de agua. Este proceso se ha dado a partir de que la roca caliza fisurada admite mayores posibilidades de infiltración que otros tipos de roca, y dichas fisuras se ensanchan por disolución de la roca, esto ha proporcionado un desarrollo relativamente considerable de las formas subterráneas. Según la descripción de Llopis (1970) podría considerarse que la Península de Yucatán está en una fase de evolución de madurez primaria de formas subterráneas, ya que tiene un grado considerable de erosión fluvial subterránea, con cauces irregulares, pero de mayor enlace con respecto al nivel superficial, diversos niveles de base locales y algunos derrumbamientos de bóvedas.

En los cauces superficiales incipientes y en las zonas inundables correspondientes a las dolinas, el material no consolidado ofrece bajas posibilidades de infiltración. En estas partes no es posible encontrar acuíferos cercanos a la superficie pero pueden explotarse los acuíferos de las zonas subyacentes al aluvión.

Las corrientes del agua subterránea en toda la Península de Yucatán se mueven en sentido centro-costa (INEGI, 1985a), el manto freático se encuentra a una profundidad que varía de 60 a 300 metros y su espesor teórico promedio es de 160 metros, y disminuye paulatinamente hacia la costa; esto quiere decir que la zona de estudio, al ser la parte de mayor altitud de la península y la de mayor humedad, podría constituir la zona de transición entre la parte de descarga que estaría más próxima a la costa de la Península y el área de recarga que posiblemente se encontraría en las montañas de Guatemala; el hecho de que exista agua estratificada de acuerdo con su contenido de sales y salada en algunos puntos

donde hay pozos y norias, ratifica esta deducción. Cabe destacar que el agua subterránea posee alto contenido de yeso, lo que hace que las aguas subterráneas no sean aptas para consumo humano, poco aptas para animales y no aptas para el riego, ya que su uso como tal ocasiona el ensalitramiento de los suelos (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 1999).

#### 1.2.7. Edafología

Los tipos de suelo en las franjas limítrofes son pocos, y en el Cuadro 1.2 y en la Figura 1.8 se mencionan y se ubican los suelos de la zona, según el sistema de clasificación FAO-UNESCO.

Los suelos de Rendzina con asociaciones secundarias de litosol de textura fina en fase lítica son los suelos más extendidos, ya que constituyen aproximadamente más del 70% de los suelos de la zona. Son delgados y pobres por la lixiviación que sufren, debido a las lluvias torrenciales y altas temperaturas. Se caracterizan por su alto contenido de arcilla y materia orgánica, son pedregosos y con buen drenaje; el pH es ligeramente alcalino, el porcentaje de saturación de bases es mayor de 50%, su contenido de calcio y magnesio es alto y el de sodio y potasio es bajo (FitzPatrick, 1996). Utilizando la terminología maya, los suelos de Rendzina se relacionan con el tipo *tzek'el* (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 1999 y León, 1991). En realidad se trata generalmente de suelos fértiles, pero muy poco valiosos para la agricultura por su poca profundidad, aunque tienen aptitud forestal.

La segunda unidad de suelo más extendida es la de los Litosoles, los cuales predominan a partir del centro y hacia el este en la franja B. Son suelos con una profundidad menor a los 10 cm. Para la terminología maya estos suelos son una

asociación de *tzek'el* y *pu'us-lu'um*, sus características son similares al grupo anterior de las Rendzina, aunque, predominan las características pedregosas (León, 1991).

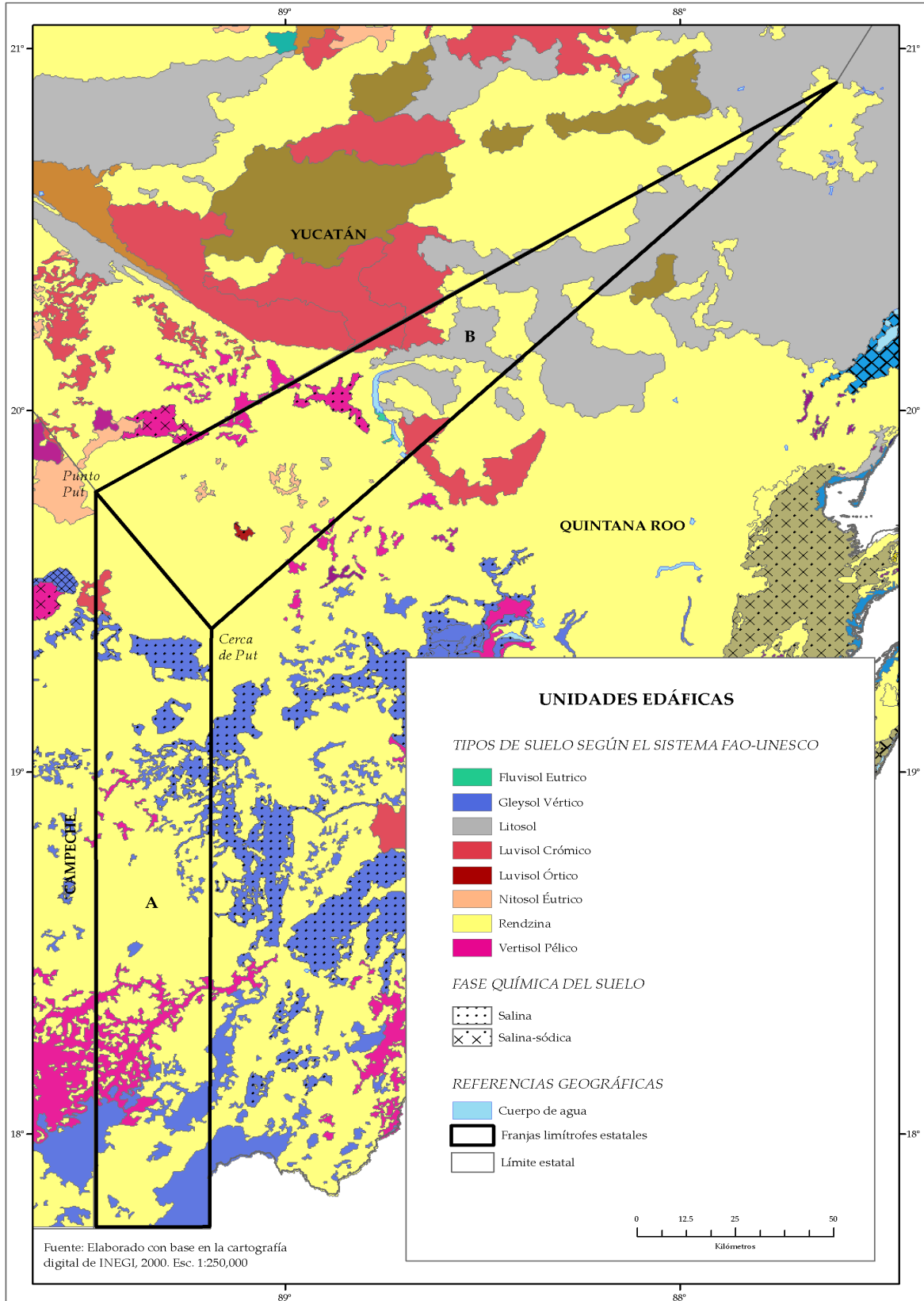
**Cuadro 1.2. Unidades de suelo presentes en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.**

Unidad de suelo	Franja A		Franja B		Total del área de estudio	
	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Rendzina	3,816.162	74.98%	3,411.069	69.16%	7,227.231	72.12%
Litosol			1,120.836	22.73%	1,120.836	11.18%
Gleysol Vértico	893.199	17.55%			893.199	8.91%
Vertisol Pélico	353.541	6.95%	128.603	2.61%	482.144	4.81%
Luvisol Crómico	26.872	0.53%	181.694	3.68%	208.566	2.08%
Nitosol Éutrico			48.676	0.99%	48.676	0.49%
Luvisol Órtico			12.082	0.24%	12.082	0.12%
Fluvisol Éutrico			7.087	0.14%	7.087	0.07%
Otros			21.957	0.45%	21.957	0.22%
<b>Totales</b>	<b>5,089.774</b>	<b>100.00%</b>	<b>4,932.004</b>	<b>100.00%</b>	<b>10,021.779</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2000 mediante cálculos en ArcView GIS v. 3.2.

La unidad de suelo del Gleysol Vértico<sup>15</sup> con asociaciones secundarias de Vertisol Pélico y Rendzina, es la tercera en extensión. Estos suelos son finos y algunos presentan fases salinas y salino-sódicas. Los polígonos más importantes de esta unidad de suelo están circundando al Río Azul, que es afluente del Río Hondo, ubicado al sur de la franja A (Figura 1.4); sin embargo, están extendidos de norte a sur en el área de estudio. También la unidad de suelo de la Aguada X-Pujil pertenece al Gleysol Vértico, pero sin asociaciones secundarias, este suelo actualmente se encuentra en una fase salina.

Figura 1.8. Edafología de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán



Los suelos de Gley son húmedos y con importantes cantidades de arcillas. Este tipo de suelo generalmente ocupa las zonas más bajas, esto es, las depresiones existentes en los climas húmedos que se inundan durante la época de lluvias, lo que les otorga otra de sus características principales ya que tienen mal drenaje. Son pobres en materia orgánica, poseen un pH alcalino, el porcentaje de saturación de bases de 100%. De manera similar a las Rendzinas el contenido de calcio y magnesio es alto, y el de sodio y potasio es bajo.

En la terminología maya los suelos de Gley se relacionan con los *ak'al-che* ya que son descritos como suelos que se ubican en las partes bajas, en zonas de inundaciones, son profundos y el origen de su formación es coluvial.

Las unidades de Vertisol Pélico<sup>16</sup> con asociaciones secundarias de Gleysol Vértico y Rendzina son las terceras en extensión dentro del área, aunque predominan en la franja A y más específicamente se asocian al cauce del Río Escondido. Ellas también presentan una textura fina general, dado que son suelos oscuros ricos en arcilla, duros y agrietados cuando están secos y masivos y chiclosos cuando están húmedos, esto se debe a su alto contenido de arcilla montmorillonítica que debe ser superior al 30%. El drenaje interno es deficiente y su pH es ligeramente ácido, el porcentaje de saturación de bases es mayor a 50% y el contenido de calcio fósforo y magnesio es alto, en cambio es bajo el contenido de sodio y potasio (FitzPatrick, 1996). En la terminología maya el Vertisol se puede asociar al tipo y *kán-ka'ab*<sup>17</sup> que son más o menos desarrollados, presentan una estructura arcillosa y un buen contenido de materia orgánica.

También existe la unidad de Luvisol Crómico<sup>18</sup> con asociaciones secundarias de Rendzina. Esta unidad se encuentra en una pequeña zona al noreste de la Aguada

X-Pujil. Es pobre en materia orgánica, el pH es ligeramente ácido, el contenido de calcio magnesio y fósforo es moderado, y el de sodio y potasio es bajo (FitzPatrick, 1984). En la terminología maya los luvisoles estarían considerados en el tipo *ya'ax-xhon*.

El presenta las características generales correspondientes a algunas unidades de suelo según el sistema FAO-UNESCO identificadas en el sistema de clasificación maya.

**Cuadro 1.3. Correspondencia entre la clasificación FAO-UNESCO y la clasificación maya de los suelos.**

Unidad de suelo FAO-UNESCO	Características	Clasificación maya <sup>19</sup>
Rendzina y litosol	Tienen su alto contenido de arcilla y materia orgánica; son pedregosos y con buen drenaje; el pH es ligeramente alcalino; son suelos fértiles pero muy poco valiosos para la agricultura.	<i>tzek'el y pu'us-lu'um</i>
Gleysol vértico	Son húmedos y con importantes cantidades de arcillas. Generalmente ocupan las depresiones en los climas húmedos por lo que inundan durante la época de lluvias; tienen un mal drenaje; son pobres en materia orgánica y poseen un pH alcalino.	<i>ak'al-che</i>
Vertisol pélico	Tienen alto contenido de arcilla montmorillonítica (duros y agrietados cuando están secos y masivos y chiclosos cuando están húmedos). El drenaje interno es deficiente y su pH es ligeramente ácido. Son suelos con buena aptitud agrícola.	<i>kán-ka'ab</i>
Luvisol crómico	Es pobre en materia orgánica, el pH es ligeramente ácido. Su vocación es forestal, sin embargo su profundidad en esta zona permite una agricultura mecanizada.	<i>ya'ax-xhon</i>

Fuente: Elaborado con base en Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal., 1999 y León, 1991.



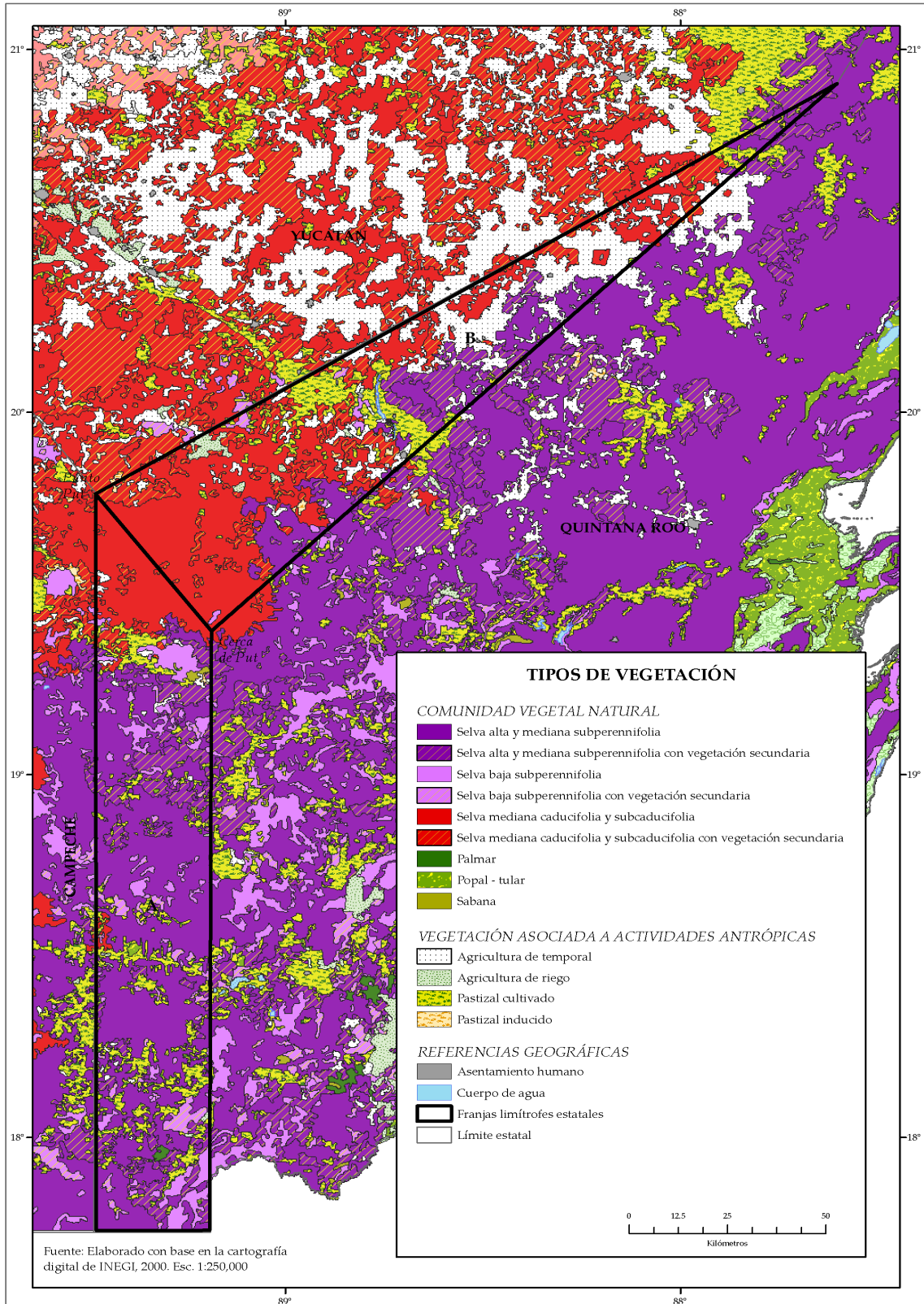
Otras unidades presentes de menor extensión y únicamente en la franja B, son: el Nitosol Éútrico, que se asocia con rocas básicas de los trópicos y tienen una saturación de bases mayor al 50%; el Luvisol Órtico, que tiene relación con el clima subhúmedo y una estación seca bien definida y el Fluvisol Éútrico, el cual es un suelo aluvial muy poco extendido en la zona, es poco desarrollado se genera a partir de sedimentos aluviales recientes, por lo tanto, no tiene horizontes bien definidos.

#### 1.2.8. Vegetación

La vegetación presente está constituida por elementos de lo que se conoce como la Provincia de la Península de Yucatán, con afinidades antillanas, centroamericanas y del sureste de México (Valdez, 2004). Predominan las selvas bajas, medianas y altas sub-perennifolias y sub-caducifolias, además existen selvas bajas inundables, diferentes tipos de pastizales, manglares y palmares. En la Figura 1.9 y en el Cuadro 1.4 se presentan las comunidades presentes en la zona de estudio, su distribución espacial y la superficie que abarcan.

La selva alta y mediana sub-perennifolia<sup>20</sup> predomina, sobre todo, en la parte sur de la franja de estudio. Se desarrolla sobre un clima Aw<sub>1</sub> y en terrenos fuertes de naturaleza rocosa. Las especies alcanzan alturas entre 15 y 30 metros y el 25% de árboles pierde sus hojas en época seca se encuentran en sitios protegidos como barrancas y hondonadas. Las especies más características son el zapote (*manilkara zapota*, **ya**), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*, **k'uj cne'**), ramón (*Brosimim alicastrum*, **oox**), ramón de mico (*Pseudolmedia oxyphyllaria*), huano (*Sabal yapa*, **xa'an**), guayabillo (*Psidium sartorium*, **pichi'che'**), palo mulato (*Bursera simaruba*, **chakah'**), zapotillo (*Pouteria unilocularis*), chechem (*metopium brownet*,

Figura 1.9. Vegetación de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán



**Cuadro 1.4. Superficie de los tipos de vegetación en las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán.**

Coberturas de vegetación		Franja A		Franja B		Total del área de estudio	
		Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)
Comunidades vegetales naturales	Selva alta y mediana subperennifolia	2,546.932	50.04%	635.481	12.88%	3,182.413	31.75%
	Selva alta y mediana subperennifolia (a)	706.027	13.87%	369.090	7.48%	1,075.117	10.73%
	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	473.022	9.29%	1,769.239	35.87%	2,242.261	22.37%
	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia (a)	84.134	1.65%	665.106	13.49%	749.240	7.48%
	Selva baja subperennifolia	405.831	7.97%	29.392	0.60%	435.224	4.34%
	Selva baja subperennifolia (a)	178.669	3.51%	19.982	0.41%	198.651	1.98%
	Popal - tular	12.620	0.25%	1.626	0.03%	14.247	0.14%
	Sabana	10.400	0.20%	4.647	0.09%	15.047	0.15%
	Palmar	10.283	0.20%			10.283	0.10%
Coberturas asociadas a actividades antrópicas	Pastizal cultivado	598.522	11.76%	426.132	8.64%	1,024.654	10.22%
	Pastizal inducido	2.571	0.05%	16.265	0.33%	18.835	0.19%
	Agricultura de riego (b)	8.180	0.16%	61.225	1.24%	69.404	0.69%
	Agricultura de temporal (c)	51.065	1.00%	909.655	18.44%	960.720	9.59%
Otras áreas	Asentamiento humano	1.519	0.03%	15.800	0.32%	17.319	0.17%
	Cuerpo de agua			8.365	0.17%	8.365	0.08%
<b>Totales</b>		<b>5,089.774</b>	<b>100.00%</b>	<b>4,932.004</b>	<b>100.00%</b>	<b>10,021.779</b>	<b>100.00%</b>

(a) con vegetación secundaria arbustiva y herbácea

(b) incluye riego eventual y suspendido

(c) incluye cultivos permanentes, semipermanentes y anuales

Fuente: Elaborado con base en INEGI, 2000 mediante cálculos en Arc View v. 3.2.

**chéchéem**), **kataloox** (*Swartzia cubensis*), caracolillo (*Sideroxylon foetidissimum*), **kaniste'** (*Puoteria campechana*) y guaya (*Talisia olivaeformis*). También hay abundancia de lianas y epífitas, en tanto que en el sotobosque hay presencia de palmas y helechos (Valdez, 2004; Hernández, 2002).

La franja B es una zona más propicia para el desarrollo de las selvas medianas caducifolias y subcaducifolias, las cuales se desarrollan en un clima relativamente más seco. Esta comunidad cuenta con árboles de 13 a 18 metros de altura, de los cuales entre el 50 y 100% pierden sus hojas en temporada de sequía. Es común la asociación de especies como el ya'ax nik (*Vitex gaumeri*) y el ramón (*Brosimim alicastrum*, **oox**), aunque existen otras como el habín (*Piscidia piscipukla*, **jabin**), **pich** (*Enterolobium eyelocarpum*), ya'ax che (*Ceiba pentandra*), **kitam che'** (*Caesalpinia guameri*), y cedro (*Cedrela odorata*, **k'uj cne'**). En esta comunidad vegetal, las epífitas y trepadoras son relativamente raras (Valdez, 2004 y Hernández, 2002).

La selva baja sub-perennifolia tiene presencia de polígonos relativamente aislados de norte a sur en la franja A y tienen escasa presencia en la franja B. Se distingue porque del 25 al 75% de las especies pierden sus hojas en época de seca, alcanzando alturas de entre 5 y 15 metros con diámetros menores a 50 centímetros, se encuentra sobre terrenos arcillosos, profundos con drenaje deficiente. Destacan las especies como el habín (*Piscidia piscipula*, **jabin**), siricote (*Cordia dodecandra*, **chak k'opte'**) (Valdez, 2004).

Todas las comunidades vegetales anteriormente descritas, presentan algunas zonas con vegetación secundaria arbórea y arbustiva; y herbácea en menor grado. Todas ellas tienen composición florística y fisonomía distintas a la vegetación original dado que este tipo de vegetación sucede luego de una perturbación. En la

Península de Yucatán, este tipo de vegetación está asociado a la reciente introducción de actividades agrícolas y ganaderas tradicionales de “roza, tumba y quema”, el abandono de las plantaciones de henequén, el turismo masivo, la urbanización y la contaminación (Hernández, 2002). La vegetación secundaria está representada por los acahuales o *hubchés* que tienen varias edades de regeneración y existen en todos los espacios ligados a la actividad antrópica, sobre todo, en la cercanía de los caminos y las localidades y puede derivarse de todas las especies anteriormente mencionadas.

---

## NOTAS

<sup>1</sup> El territorio de Tabasco ya no formaba parte de la Provincia de Yucatán porque se consideró como otra provincia la cual era denominada Provincia de Tabasco, Villahermosa, Acapala, Chiltepeque, Escobar y Cupilco (Commons, 2002).

<sup>2</sup> Este reglamento decretaba el pago del 12 al 16% de impuesto aduanal, sobre las mercancías traídas por buques españoles; el de 16 al 20%, para las de los barcos extranjeros; y sólo el del 9%, para los provenientes de La Habana, por considerar que en ese puerto se habían pagado ya los derechos de importación correspondientes. Estas medidas favorecían altamente a Mérida, ya que el comercio, que había empezado a impulsarse a través del puerto de Sisal, se desarrollaba básicamente con ese puerto cubano; a su vez, esta situación perjudicaba los intereses de Campeche, que realizaba su actividad comercial con Europa y el puerto de Veracruz (Cáceres, González y García, 1999).

<sup>3</sup> Cabe destacar, que en la Intendencia de Yucatán está incluido nuevamente el territorio de lo que actualmente es Tabasco.

<sup>4</sup> Posiblemente la hipótesis más aceptada es la de la retirada por la temporada de lluvias, ya que los rebeldes no eran militares profesionales sino campesinos insurrectos; sin embargo es un hecho que existieron muchas diferencias entre los dirigentes indígenas, ya que tras el comienzo de la retirada las diferencias entre los líderes se acentuaron; Cecilio Chi fue asesinado en diciembre de 1848, y Florentino Chan y Venancio Pec desconocieron a Pat como líder. Finalmente, Pec asesinó a Pat (Quezada, 2001).

<sup>5</sup> Actualmente se considera que Chan Santa Cruz se ubicó en un lugar muy próximo o incluso ya quedó inmerso dentro de la ciudad de Felipe Carrillo Puerto en Quintana Roo.

<sup>6</sup> Santiago Méndez tuvo tres períodos de gobernador (1840-1844, 1847-1848 y 1857), generalmente alternados con Miguel Barbachano (1844, 1846 y 1848-1853). Entre esos años también gobernaron

---

José Tiburcio López (1844-1846) y Domingo Barret (1847) (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2005).

<sup>7</sup> Según González (2004), el meridiano de Cádiz está situado a 6°17'10" hacia el Oeste del meridiano de Greenwich; por lo tanto, las coordenadas extremas de longitud del distrito de Campeche estarían dadas entre los 89°17'10" y los 93°03'10" al Oeste de Greenwich.

<sup>8</sup> Su origen probable fue una vivienda de importancia y sirvió de referencia para establecer nominalmente el vértice de intersección de los linderos entre los estados de Yucatán Campeche y Quintana Roo, pero una minuciosa investigación practicada en los alrededores de la citada vivienda así como el estudio hecho en los archivos generales y de los estados limítrofes por la comisión técnica nombrada a este efecto, ha puesto en claro que dicho vértice nunca ha sido marcado físicamente, ni fue determinada su posición geográfica. (Mena, 1939).

<sup>9</sup> El documento firmado por el Gobernador Eduardo Mena Córdoba, en 1939, señala una Comisión Geográfica de la República, pero el término más correcto es el citado por Acevedo (2003) que está expuesto en el cuerpo del texto, ya que no existió una fuente que confirmara la existencia de la Comisión Geográfica de la República y los trabajos de la Comisión Geográfica Exploradora terminaron en 1914.

<sup>10</sup> En el documento del 27 de octubre de 1953 dice textualmente que el punto "Cerca de Put" debe situarse "más hacia el suroeste"; sin embargo, se interpreta que debió de expresarse que debe ser modificado hacia el sureste, debido a que un desplazamiento al suroeste nuevamente restaría el territorio a Campeche, lo cual sería contradictorio con la petición de dicho documento. Por otra parte, dicho documento no aclara lo suficiente la razón por la cual Yucatán recupera la franja de terreno, ya que no es precisa la manera en la cual se deben contabilizar los 20 kilómetros hacia el oriente de la torre sur de Chemax.

<sup>11</sup> Algunas otras cartografías estatales como las del Atlas y Geografía Universal y de México de la Editorial Océano, anexas a Campeche la zona de disputa entre Quintana Roo y Campeche, en tanto que la zona de conflicto entre Yucatán y Quintana Roo es otorgada a este último estado.

<sup>12</sup> Significado de la palabra *paleoceno* según López Ramos, 1993.

<sup>13</sup> El proceso de generación de paisajes kársticos tiene cuatro grandes etapas (Pedraza, 1996):

1. Disolución escasa en agua pura. Se generan las formas superficiales de desarrollo rápido.
2. Formación del ácido carbónico a partir de la oxidación del anión carbonato. Se generan formas más incisivas pero superficiales.
3. Intervención del dióxido de carbono atmosférico o edáfico que está físicamente disuelto en agua. Se retro-alimenta el proceso generación de ácido carbónico haciéndolo más ácido y genera los rasgos más importantes de la karstificación superficial.
4. Total interacción atmósfera-roca-agua. Hay gran disolución de carbonatos, pero en tiempos más largos. El proceso de karstificación se atenúa hasta llegar a un equilibrio que varía en función del nivel freático, de la superficie de roca expuesta, del flujo de agua, de la temperatura, etc. Esta etapa es larga y genera karstificaciones importantes tanto superficiales como subterráneas.

<sup>14</sup> La Aguada X-Pujil, dadas sus dimensiones y su forma, es un poljé.

<sup>15</sup> Se caracteriza por tener grietas mayores a 1cm de ancho, al menos en el horizonte gleyico. (López, 1993).

<sup>16</sup> Tiene un chroma en húmedo de 1.5 dominante en la matriz del suelo en los 30 cm superiores. (López, 1993).

---

<sup>17</sup> Las fuentes no aclaran de manera contundente cuál unidad de suelo en la terminología maya pertenece a la unidad de suelo vertisol del sistema FAO-UNESCO; sin embargo, debido a la descripción realizada por las fuentes consultadas se hizo posible esta asociación.

<sup>18</sup> Tiene un horizonte B pardo oscuro o rojo con terrones disgregados. (López Ramos, 1993).

<sup>19</sup> La terminología maya tiene en cuenta las asociaciones de tipos de suelo y el Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (1999) afirma que hay asociaciones de suelos *pu'us-lu'um*, *tzek'el* y *ak'al-che*. Por su parte, León (1991) menciona a los tipos de suelo *ec-k-lu'um*, *ka'cab*, *box-lu'um* y *chac-lu'um* que los mayas distinguieron y que bajo el sistema FAO-UNESCO todos estarían clasificados como rendzinas.

<sup>20</sup> Hernández (2002) menciona que la vegetación al sur de la Península de Yucatán es selva alta perennifolia ya que dominan las especies de árboles que no pierden el follaje en la época seca; sin embargo, esta información no coincide con la cartografía consultada del INEGI (2000) para el caso de la zona de estudio.

## CAPÍTULO 2

### EL USO DEL SUELO EN LAS FRANJAS LÍMITROFES ESTATALES DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

En el capítulo anterior se mencionó la complejidad territorial que posee la zona de estudio en el marco político-administrativo; a través de dicho análisis se hizo evidente que la zona presenta una delimitación ambigua a nivel estatal y estas diferencias son más marcadas aún, si se examina la división a nivel municipal; en ese caso, simplemente no se sabría cuál delimitación tomar en la búsqueda de una subdivisión de las franjas limítrofes estatales.

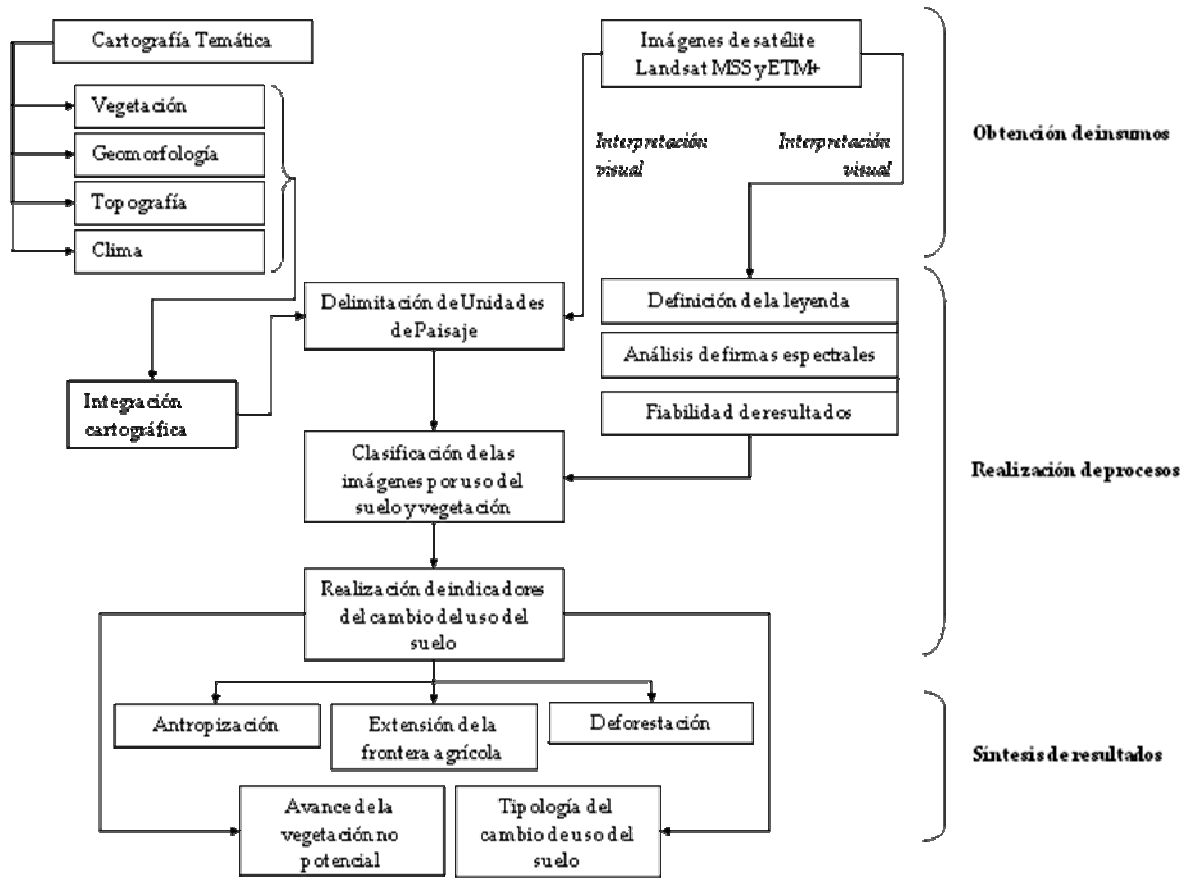
La presente investigación se enmarca en el diagnóstico integrado del sistema territorial, y tiene como base un diagnóstico sectorial del subsistema natural; por lo tanto, la subdivisión de estas franjas limítrofes en unidades político-administrativas no se considera un camino apropiado, y se puede preferenciar una subdivisión por unidades territoriales de paisaje; con esta división, clara y única, se puede dar inicio al análisis de los indicadores que influyen en el cambio de uso del suelo.

En este capítulo se mencionan las bases teóricas que llevan a la subdivisión de las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán por unidades de paisaje, y después se analiza el uso del suelo en dos fechas distintas. Posteriormente, en el



tercer capítulo, se aplican algunos indicadores que sintetizan el cambio en el uso del suelo en el área de estudio. La ruta metodológica que se sigue se detalla a continuación:

**Cuadro 2.1. Diagrama metodológico para el reconocimiento de cambios de uso del suelo por Unidades de Paisaje en las franjas limítrofes estatales**



### 2.1. Delimitación de unidades territoriales de paisaje

Anteriormente, se mencionó una serie de temas propios del medio físico-geográfico, los cuales por sí mismos no constituyen una integración, sino un acopio de características que llevan a un conocimiento analítico (Chávez, A. *et. al.*

2002); sin embargo la importancia del conocimiento de cada uno de estos contenidos, radica en que todos ellos se integran y permiten el conocimiento del cambio en el uso del suelo; algunos temas son seleccionados como base fundamental y otros aportan características puntuales en la delimitación de unidades de paisaje, las cuales se constituirán como la base de subdivisión de las franjas limítrofes estatales para la presente investigación.

En esta primera parte del capítulo se presentan las posturas conceptuales que han surgido alrededor del término de "*paisaje*" dentro del ámbito de la Geografía, también se presentan las bases teóricas que llevan a la delimitación de los territorios en unidades de paisaje y se finaliza con la aplicación práctica de dichas bases teóricas con el fin de lograr la delimitación en unidades de paisaje en el área de estudio.

#### *2.1.1. Concepto de unidades territoriales de paisaje*

El término "*paisaje*" generalmente remite a la representación de una determinada extensión de terreno; se trata de una imagen del espacio, como una montaña, una vegetación, una ciudad, etc.; elementos que pueden ser objetivos, como las imágenes plasmadas en fotografías u observadas a través de una ventana, o subjetivos, como las creaciones de los pintores y dibujantes<sup>1</sup> (De Bolós, 1992). En realidad es un concepto abordado desde varios ámbitos disciplinarios y que, según Burel y Baudry (2003), se usa desde la geología hasta la literatura y el arte pictórico.

El concepto de paisaje fue desarrollado en Europa y proviene del término holandés "*landschap*" (debido a los pintores de ese país) pero es en la escuela germánica en donde surgen las primeras ideas de paisaje dentro del ámbito de la Geografía bajo

el término "*landschaft*", concepto que según De Bolós (1992), debe ser entendido como el conjunto de elementos observables desde un punto alto. A través de Ferdinand von Richthofen, este concepto se ligó a los exploradores del siglo XIX, un ejemplo es Alexander von Humboldt (Tricart y KiewietdeJonge, 1992); sin embargo, es prudente señalar que estos autores no proponen estudios de paisaje como tal.

La escuela soviética también abordó el concepto de paisaje bajo el término de *Geografía Física Compleja*; los nexos con la escuela germánica y la influencia de V.V. Dokuchaev fueron fundamentales para que esta escuela hiciera estudios de paisaje con una orientación preocupada por la zonalidad. Sus principales aportaciones fueron las mediciones de los grados de correlación entre los componentes y la aplicación de herramientas matemáticas. V. B. Sochava introdujo el término "geosistema" el cual debería funcionar como un modelo aplicable a cualquier paisaje (Tricart y KiewietdeJonge, 1992). Con base en lo anterior, debe entenderse que el geosistema es el sistema modelo del paisaje; se trata de una abstracción por medio de la cual se llega a comprender el paisaje, que es la realidad concreta (De Bolós, 1992).

El término paisaje también ha sido abordado por la escuela francesa. La palabra "*paysage*" como expresión geográfica fue posterior al "*landschaft*" alemán. Su énfasis viene de Vidal de la Blache quien proponía regiones pequeñas con cierta uniformidad natural y características culturales con nombres históricos (Tricart y KiewietdeJonge, 1992).

La escuela norteamericana también recogió el término de paisaje bajo el vocablo *landscape*. Para Burel y Baudry (2003), este concepto no es más que la yuxtaposición

de dos palabras: *land*, que refiere a una porción del territorio y *scape* que significa una colección de objetos similares; de esta manera, se refieren a un área de la superficie con elementos similares. En España, Portugal y América en general, el paisaje incluye la topografía, la vegetación, el clima y el suelo, así como la influencia modificadora de la humanidad (Tricart y KiewietdeJonge, 1992).

Con este breve repaso del término paisaje por las distintas escuelas geográficas más sobresalientes, y con base en Burel y Baudry (2003); García y Muñoz (2002); Ryszkowski (2002); Benayas (1992) y Tricart y KiewietdeJonge (1992), es posible distinguir la existencia de cuatro posturas conceptuales acerca del término paisaje que se mencionan a continuación:

La primera postura conceptual es aquella donde el paisaje se considera como una *imagen que es percibida y valorada por el hombre*. El paisaje es calificado como una parte visible del espectro territorial que se capta con todos nuestros sentidos, pero especialmente la vista; a través de ellos se otorga una valoración, que es más producto de la subjetividad ya que proviene de la creación de la mente humana. Algunos de los autores representativos de esta corriente son Díaz Pineda *et. al.* (1973), Pite (1983), Gómez y Salvador (1992).

La segunda postura conceptual hace referencia al paisaje como *un hecho real, complejo y dinámico*. El paisaje es visto como algo independiente del significado atribuido por el hombre, y en este sentido, se contrapone seriamente con la primera postura. Algunos autores representativos como Hettner (1905), Bertrand (1968), Deffontaines (1982), De Bolós (1992), Zonneveld (1995), Martínez de Pisón (1998) y García y Muñoz (2002), coinciden en que el paisaje se compone de

elementos físicos y antrópicos que interactúan de maneras distintas en diferentes espacios y tiempos.

Una tercera postura (no contrapuesta con la segunda) que ha surgido con gran fuerza es la *Ecología del paisaje*. Se puede llegar a considerar una disciplina científica separada que incorpora estudios geográficos y ecológicos; es un concepto derivado del ecosistema. A menudo se busca el mantenimiento del balance biológico para la protección del medio ambiente y las actividades de restauración, pero también a través de los paisajes se incorporan aspectos de planeación y manejo territorial. Algunos autores representativos son Wodziczko (1948), Troll (1968), Bernáldez (1978 y 1981), Ruiz (1983), Naveh y Lieberman (1985), Forman y Gordon (1986), Tricart y KiewietdeJonge (1992), Velásquez (1992), Ryszkowsky (2002), Departamento de Geografía y Ordenación Territorial de la Universidad de Guadalajara (2002) y Burel y Baudry (2003).

Una última postura acerca de paisaje es la que lo considera como un instrumento para la conciencia social y la educación ambiental. Esta corriente, que se compone de instituciones más que de autores individuales, busca que los grupos de actores involucrados adquieran conocimientos suficientes que les permitan detectar actividades que son negativas para el equilibrio de un paisaje, y aporten ideas y sugerencias que mitiguen estos impactos. Algunas instituciones representativas son: Departamento de Ecología de la Universidad Autónoma de Madrid; Operación Piloto de Interpretación del Entorno Mediterráneo (1980), Centre Européen d'Education a l'Environnement (1981), Countryside Commission, (1984), Department of Education and Science & Countryside Commision (1986) y Benayas (1992).

Cabe destacar que todos los grupos señalados hacen referencia al paisaje como un término que se refiere a una realidad compleja.<sup>2</sup>

La presente investigación se identifica con la segunda postura. Considera que el paisaje es una manera de entender las diferentes partes de la superficie terrestre, en las cuales se manifiestan las relaciones entre los elementos físicos y sociales de una manera sintética. Los componentes del paisaje son los elementos naturales (bióticos y abióticos) y la sociedad; ellos están en constante interrelación y configuran al paisaje como algo singular, le otorgan una particularidad debido a que ellos interactúan siempre en formas distintas.

El paisaje también es el reflejo de una evolución histórica; es un territorio que va conformándose de acuerdo con los distintos procesos de los cuales el hombre y la naturaleza son partícipes. Un paisaje actual se configura, en gran medida, por las influencias pasadas, y en muchas ocasiones los diversos períodos históricos coexisten.

La comprensión de una realidad integral tan compleja sólo es posible bajo enfoques globales o integrales. Los estudios de paisaje, por lo general, descansan en la Teoría General de Sistemas la cual ha permitido su desarrollo conceptual y metodológico, a través de la elaboración de modelos que se acercan a la estructura y funcionalidad del territorio (García y Muñoz, 2002).

Especialmente el trabajo de Bertrand fue destacado para la concepción y estudio de los paisajes. En 1968, definió al paisaje como la “[...] porción del espacio caracterizado por un tipo de combinación dinámica, y por consiguiente inestable, de elementos geográficos diferenciados (físicos, biológicos y antrópicos) que, al actuar dialécticamente unos sobre otros, producen un ‘conjunto geográfico’ que

evoluciona en bloque, tanto bajo el efecto de las interacciones dinámicas entre los elementos que lo constituyen, como bajo el efecto de la dinámica propia de cada uno de los elementos considerados separadamente” (Bertrand, 1970, citado por Tricart y KiewietdeJonge, 1992: 18).

Así, el paisaje es un término sintético e integral ya que contiene imágenes complejas en las que es posible identificar elementos medioambientales manifestados en el territorio; asimismo, dichos elementos no aparecen en forma desagregada sino integrada, lo que constituye la realidad del espacio (García y Muñoz, 2002).

#### *2.1.2. Elementos considerados para la delimitación de unidades de paisaje*

Para el análisis del paisaje desde una perspectiva geosistémica se hace necesaria una clasificación de paisajes, tanto por la predominancia de los elementos, como a nivel escalar. Con respecto a los elementos componentes del paisaje, se puede establecer la clasificación siguiente con base en Tricart y KiewietdeJonge (1992) y García y Muñoz (2002) quienes citaron a Bertrand:

- Componentes morfoestructurales: Son los controlados por la tectónica o la estructura tectónica que conforman los rasgos mayores del relieve.
- Componentes climáticos: Se refieren a la diferenciación territorial sobre la dinámica atmosférica regional dadas las características morfoestructurales.
- Componentes morfoesculturales o geomorfológicos: Son los resultantes de las acciones de modelado debidas al medio morfoestructural y al bioclimático.

- Componentes hidrológicos: Consisten en los volúmenes y flujos de agua que circulan en un ámbito territorial dadas las características bioclimáticas y de organización geomorfológica.
- Componentes antrópicos: Se refieren a la forma de ocupación y utilización del suelo.
- Componentes de la cubierta vegetal: Son las formaciones vegetales que ocupan la superficie según las características climáticas, geomorfológicas, hidrológicas, etc.
- Componentes de la cubierta edáfica: Hacen referencia a los tipos de suelo ocasionados por el potencial abiótico y biótico de una superficie.

Dadas estas características, García (1998) configuró el esquema mostrado en la Figura 2.1.

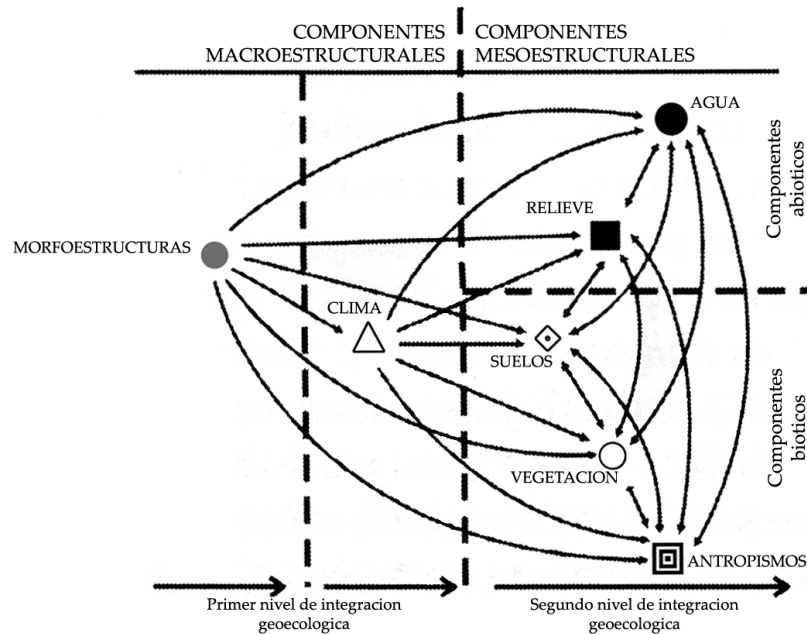
Los componentes macroestructurales, a través de sus dos elementos (clima y morfoestructuras), definen en gran medida a los geosistemas; así, se puede realizar la primera división en unidades de paisaje con mayor homogeneidad en cuyo interior se encuentra contenida la vegetación potencial. Los geosistemas definidos a través de las características morfoclimáticas son independientes e identificables paisajísticamente.

Los componentes mesoestructurales cambian con más rapidez en sentido territorial, y por lo tanto se manifiestan en escalas medias. Estos componentes dependen, en gran medida, de los componentes macroestructurales tanto en sus contenidos como en la energía necesaria para realizar sus procesos internos. Como resultado de la actividad interna de cada uno de los componentes mesoescalares, se generan flujos de energía que son parte de los subsistemas y



sistemáticamente salen y entran a otros subsistemas; de esta manera, cada subsistema adquiere una funcionalidad específica cuya actividad energética se refleja territorialmente.

**Figura 2.1. Modelos de la integración natural de los componentes del sistema territorial**



Fuente: García y Muñoz, 2002.

A nivel escalar, el estudio de paisajes a través de geosistemas, también puede encontrar una clasificación. La terminología de Bertrand citada por Mendoza, 2004, y su método conocido como Análisis Integrado de Paisajes, brinda un sistema de clasificación taxonómico-corológico que tiene seis niveles de integración: Zona, Dominio, Región Natural, Geosistema, Geofacies y Geotopo; sin embargo, también existen otras clasificaciones taxonómicas según las distintas unidades territoriales y escalas de estudio, tal como lo expone De Bolós (1992) en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2. Unidades espaciales de paisaje y su correspondencia con unidades territoriales consideradas en otras disciplinas.**

Unidad de paisaje	Correspondencia escala Cailleux-Tricart	Correspondencia escala G. Bertrand	Unidad Climática	Unidad de relieve o geomorfológica	Unidad de paisaje vegetal	Unidad socio-económica	Escala cartografiable
I ZONA 100 millones a 15 millones km <sup>2</sup>	I	Zona	Clima zonal	Sistema morfogénico	Zona		1:1,000,000
II DOMINIO 15 millones a 2,000 km <sup>2</sup>	II	Dominio	Dominio climático	Dominio estructural	Dominio	-	1:500,000 1:100,000
III MEGAGEOCORA 2,000 a 1,000 km <sup>2</sup>	III	Región Natural	Clima regional	Gran valle o gran vertiente	Distrito	Región	1:500,000 1:100,000
IV MACROGEOCORA 1,000 a 100 km <sup>2</sup>	IV	Comarca	Clima local	Valle o vertiente de 2º orden	Subdistrito	Comarca	1:100,000 1:50,000
V MESOGEOCORA 100 a 10 km <sup>2</sup>	V	Geosistema	Mesotopoclima	Sector de vertiente	Mosaico local	Subcomarca	1:25,000 1:10,000
VI GEOCORA 10 a 1 km <sup>2</sup>	VI	Geofacies	Topoclima	Mesoforma	Célula de paisaje veg.	Municipio	1:10,000 1:5,000
VII MICROGEOCORA 1 km <sup>2</sup> a 100 m <sup>2</sup>	VII	-	Microclima	Microforma	Tesela	Sector de campo, pueblo, casa	1:5,000
VIII NANOGEOCORA < 100 m <sup>2</sup>	VII	Geotopo	Clima estacional	Sector de microforma	Localidad	Vivienda unifamiliar, elemento	1:5,000 ó inferior

Fuente: De Bolós, 1992.

*2.1.3. Delimitación de las unidades territoriales de paisaje en las franjas limítrofes estatales.*

En las franjas limítrofes estatales de la Península de Yucatán, el componente morfoestructural es sólo uno, ya que se trata de una misma plataforma de rocas calizas levantadas del fondo marino por procesos tectónicos; de esta manera, el primer componente de diferenciación de paisajes viene dado por la variación climática.

Básicamente, el clima en las franjas limítrofes estatales es cálido sub-húmedo y, por consiguiente, la vegetación potencial es de selvas medianas y bajas sub-perennifolias; sin embargo, las variaciones en el régimen de lluvia y el grado de humedad, ocasionan condiciones de mayor sequía, especialmente cerca de los vértices Put; es por eso que en estas zonas existen condiciones relativamente más secas y originan selvas sub-caducifolias, las cuales pueden intercalarse con selvas sub-perennifolias. Estas diferencias fueron la base para la primera zonificación de paisajes.

El segundo criterio para diferenciación de paisajes consistió en la diferenciación los componentes morfoesculturales o geomorfológicos dados por la acción diferenciada que ha tenido el modelado kárstico. Se tomaron en cuenta las unidades de relieve agrupadas en las grandes categorías como son: planicies estructurales, planicies estructurales en alternancia con lomeríos bajos, mesetas y lomeríos altos.

De acuerdo con las dimensiones territoriales alcanzadas por las unidades de paisaje delimitadas, ellas corresponderían a la "región natural" o a las "comarcas" (utilizando la terminología de Bertrand), cuyo nivel de análisis corresponde a una escala de 1:100,000. Sin embargo, según los criterios de delimitación, se hace uso de parámetros por debajo de los requeridos por los "geosistemas" de la escala de Bertrand, con lo cual se genera, aparentemente, una contradicción.

Es necesario destacar que es muy probable que las delimitaciones de unidades de paisaje por parte de los autores consultados, se refieran a espacios continentales más pequeños o bien, a espacios montañosos; sin embargo, el área de estudio no

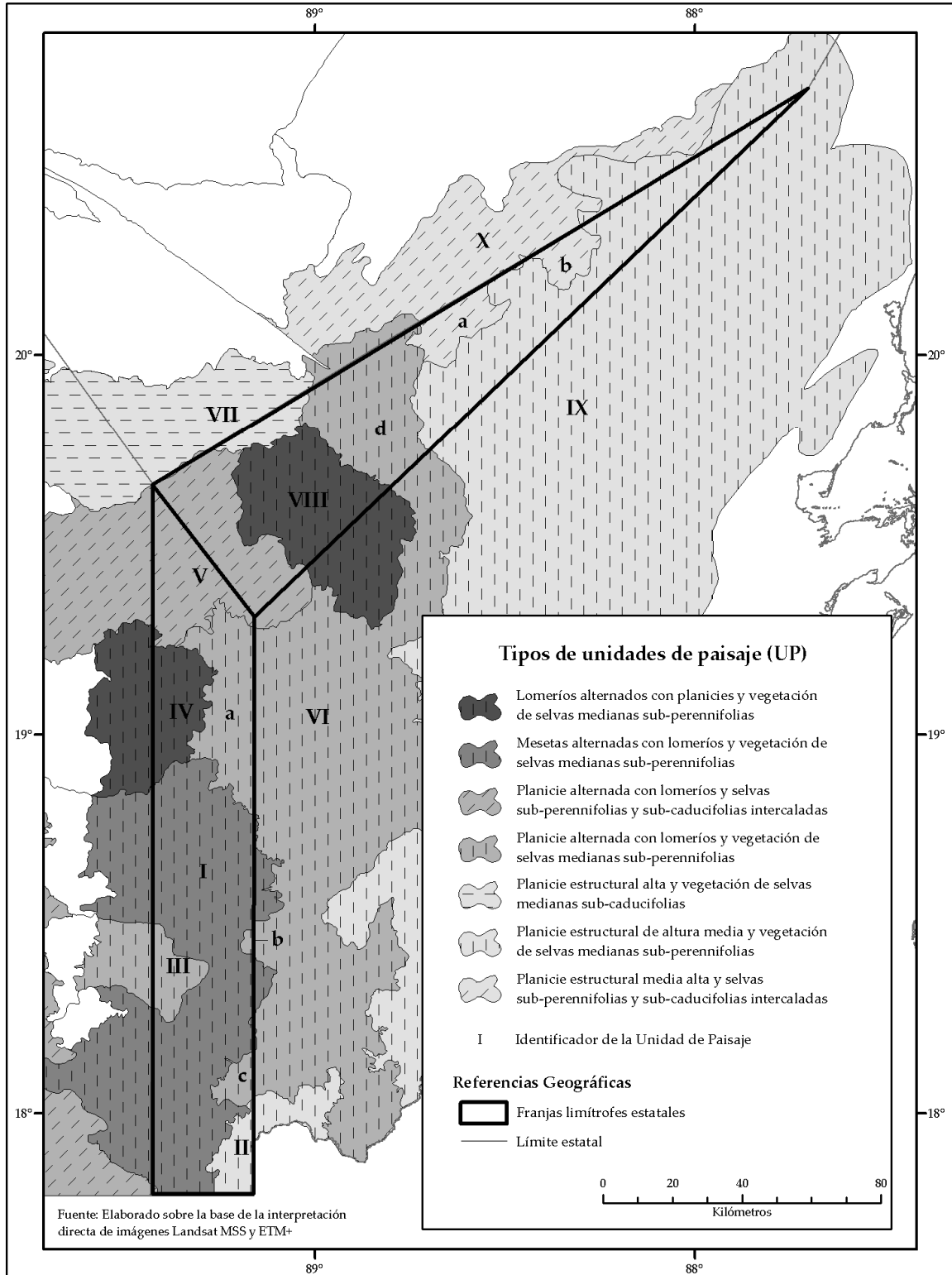
coincide con esas características físicas y es por ello que las unidades de paisaje se pueden extender más en sentido territorial.

Con base en lo anterior, en esta investigación, los distintos paisajes identificados sobre la base de las imágenes Landsat no se pueden denominar “geosistemas”. Mendoza (2004) hace uso del término “sub-geosistemas” como una unidad paisajística intermedia entre las “geofacies” y los “geosistemas”; no obstante, dicha terminología, proveniente del legado de Bertrand a los estudios de paisaje, tiene discrepancias con otras escuelas para las cuales el “geosistema” es más complejo que la simple unidad de paisaje a un determinado nivel de análisis; de esta manera, para esta investigación los espacios delimitados se denominarán *Unidades de Paisaje (UP)*.

En las inmediaciones de las franjas limítrofes existen siete distintos tipos de unidades de paisaje como se puede apreciar en la Figura 2.2; aún cuando, están separados territorialmente en diez polígonos, que constituyen las UP identificadas<sup>3</sup>. También se aprecia que ninguna UP está completamente contenida en alguno de los dos polígonos del área de estudio; aunque en esta investigación sólo se analizarán los procesos propios de la porción de las UP que se encuentra dentro las franjas limítrofes estatales.

Asimismo, es necesario advertir que existen UP espacialmente divididas por las franjas limítrofes estatales, como es el caso de la VI, que se divide en a, b, c y d; y la X, dividida en a y b. En este caso es necesario aclarar que a pesar de que estos espacios pertenecen o se identifican con un tipo de paisaje particular, en esta investigación se preferencia la individualidad espacial dado que la continuidad espacial de esas UP está fuera del territorio bajo estudio, y en el entendido de que

Figura 2.2. Unidades de paisaje en el área de las franjas limítrofes estatales



la separación territorial de las UP puede configurar procesos distintos en lugares espacialmente separados; por lo tanto, se tratarán de una manera individualizada.<sup>4</sup>

## **2.2. El uso del suelo en las franjas limítrofes estatales**

El *uso del suelo*, a menudo también referido como *uso de la tierra* <sup>5</sup> por diversos autores como Art (1993) y Monkhouse (1970), se refiere al aprovechamiento y ocupación que el hombre realiza sobre el terreno con el fin de procurarse, mediante la explotación de los componentes ambientales, productos que le permitan asegurar su supervivencia.

De esta forma, el resultado de la actividad humana sobre el terreno, se refleja en espacios agrícolas, ganaderos, forestales, mineros, recreativos, acuícolas y de transporte y comunicaciones, todas estas son actividades que el hombre realiza sobre el terreno. En la Península de Yucatán están identificados nueve diferentes usos de suelo que son: agrícola, ganadero, forestal, minero, pesquero, turístico, conservacionista, urbano y vial (Martínez, 1999 citado por Loreto, 2003).

La identificación de estos elementos es posible a través de la utilización de imágenes satelitales. La presente investigación pudo contar con imágenes Landsat de distintas fechas, las cuales resultan muy apropiadas, ya que son imágenes especialmente diseñadas para obtener mapas temáticos sobre la base terrestre (aunque se han utilizado también para aplicaciones marinas). Ésta es la aplicación que se les dio a dichas imágenes, ya que la obtención de una clasificación por uso del suelo y vegetación es en realidad un mapa temático obtenido directamente de la imagen de satélite.

En este apartado de la investigación, se aclararán una serie de factores técnicos muy importantes para obtener una clasificación correcta de la imagen satelital por uso del suelo y vegetación.

### *2.2.1. Bases para la clasificación de las imágenes*

Las imágenes de satélite integran la información que contienen en distintos canales o bandas que, a su vez, están determinadas por la resolución espectral del sensor. Están compuestas por píxeles<sup>6</sup>, que representan una parte de la superficie terrestre y son una codificación de la radiación recibida; ellos se manifiestan en distintos tonos de gris por banda, de acuerdo con la resolución radiométrica del sensor. Cada banda de un sensor registra una parte del espectro electromagnético; de esta manera, cuando un píxel es más claro en una banda, se debe a que alcanza un valor reflectivo más alto en la parte del espectro electromagnético que registra la banda.

Todos los elementos de la corteza terrestre (las rocas, la vegetación, el agua, etc.) absorben, reflejan y emiten una cantidad de energía que depende de sus características físicas (Mehl y Peinado, 1997), y cada banda del sensor registra esta energía reflejada o absorbida.

La clasificación de una imagen es la asignación de una categoría a los píxeles que componen la imagen de satélite. Las categorías no se definen por la respuesta espectral y espacial de un solo píxel, sino por grupos de píxeles que se comportan de manera similar en el espectro electromagnético y que se encuentran más o menos próximos entre sí. De esta manera, cada uno de los objetos de la superficie reflejarán y emitirán energía de una manera singular o particular, que está afectada por sus características físicas y químicas; así, habrán

bandas donde los píxeles tengan alto valor reflectivo, pero bajos valores para ese mismo objeto en otras bandas; esto constituye una firma espectral (Chuvieco, 1996).

Las imágenes Landsat MSS del año 1978, utilizadas para esta investigación, tienen cuatro bandas distintas que cuentan con una resolución espacial de 57 m por cada lado del píxel. Otras características se expresan en el cuadro siguiente:

**Cuadro 2.3. Características de las bandas del sensor Landsat MSS**

Número de banda <sup>7</sup>	Longitud de onda en micrómetros ( $\mu\text{m}$ )	Parte del espectro electromagnético
Banda 1	0.5 a 0.6	Verde
Banda 2	0.6 a 0.7	Rojo
Banda 3	0.7 a 0.8	Infrarrojo cercano
Banda 4	0.8 a 1.1	Infrarrojo cercano

Fuente: Elaborado sobre la base de Boston Geomática, 2007a.

Con estas características se establecieron algunas combinaciones de bandas; sin embargo, el compuesto principal para identificación de elementos se realizó con las bandas 7,5,4 (también denominadas 4,2,1, respectivamente, por la ausencia de las bandas 1, 2 y 3) que permitió la interpretación de la cubierta vegetal y algunos elementos antrópicos<sup>8</sup>.

De la misma manera, se realizó el ejercicio de clasificación de las imágenes Landsat ETM+ correspondientes al año 2000. Estas imágenes tienen siete bandas, seis de las cuales cuentan con una resolución espacial de 28.5 m por cada lado del píxel. Otras características son las siguientes:



**Cuadro 2.4. Características de las bandas del sensor Landsat ETM+**

Número de banda	Longitud de onda en micrómetros ( $\mu\text{m}$ )	Parte del espectro electromagnético	Resolución espacial
Banda 1	0.45 a 0.52	Azul	28.5 m
Banda 2	0.52 a 0.60	Verde	28.5 m
Banda 3	0.63 a 0.69	Rojo	28.5 m
Banda 4	0.76 a 0.90	Infrarrojo cercano	28.5 m
Banda 5	1.55 a 1.75	Infrarrojo medio	28.5 m
Banda 6	10.40 a 12.50	Infrarrojo térmico	60.0 m
Banda 7	2.08 a 2.35	Infrarrojo medio	28.5 m

Fuente: Elaborado sobre la base de Boston Geomática, 2007b.

Con estas características se hicieron los compuestos 5,4,1 para tener diferenciación entre la cubierta vegetal al usar dos bandas infrarrojas de muy distintas características, y 4,3,2 para obtener un compuesto similar al realizado con las imágenes MSS.<sup>9</sup>

Para cubrir la zona de estudio, fueron necesarias tres imágenes Landsat por cada año analizado; a ellas se les aplicó una clasificación supervisada con el algoritmo de máxima verosimilitud<sup>10</sup> en el programa ENVI v.3.6. A través de dicha clasificación, se pretenden conocer las componentes de cada una de las UP identificadas.

### *2.2.2. Definición de la leyenda*

Los sistemas de clasificación se basan en la diferenciación de las características fisonómicas de las comunidades vegetales y del uso del suelo. Para la determinación de la leyenda se consideraron los trabajos realizados

anteriormente para territorios similares y muy cercanos al abordado en esta investigación como son los de: Loreto (2003); García, March y Castillo (2001); y Cortina, Macario y Ogneva (1998); asimismo, se acudió a las cartas de Uso del suelo y Vegetación editadas por INEGI en el año de 1984. De esta manera se pudo establecer una leyenda preliminar la cual se sometió a una evaluación de acuerdo con una diferenciación de respuesta espectral directamente sobre las imágenes satelitales.

Una clasificación de una imagen es más exitosa en la medida de que los elementos a incluir tengan una firma espectral diferenciada de los otros elementos; de lo contrario, pueden haber muchas confusiones en la asignación de los píxeles a las categorías u omisiones (píxeles que no tienen categoría). Para ello, es importante que en los campos de entrenamiento, que es el paso donde los píxeles se someten a muestreo para que se registren las categorías de interés, cada elemento se encuentre bien diferenciado de los demás y también se abarque la mayor parte de las respuestas espectrales de los píxeles (Chuvienco, 1996)

Aunque las imágenes Landsat ETM+ tienen una mayor resolución espacial y espectral que las MSS, se decidió conservar las mismas categorías que la leyenda obtenida para las imágenes de la década de 1970, con ello se podía preservar una homogeneidad en resultados con vistas hacia una comparación posterior, lo cual es muy conveniente, en esta investigación que mide cambios, y más allá, los tipifica, lo cual es muy difícil de conseguir con dos leyendas distintas.

De acuerdo con la leyenda preliminar y la posibilidad de interpretación de cada uno de los elementos identificados, la leyenda de la clasificación para las

imágenes de satélite del sensor Landsat MSS resultó como se muestra en el Cuadro 2.5.

**Cuadro 2.5. Conformación de la leyenda para la clasificación de las imágenes Landsat**

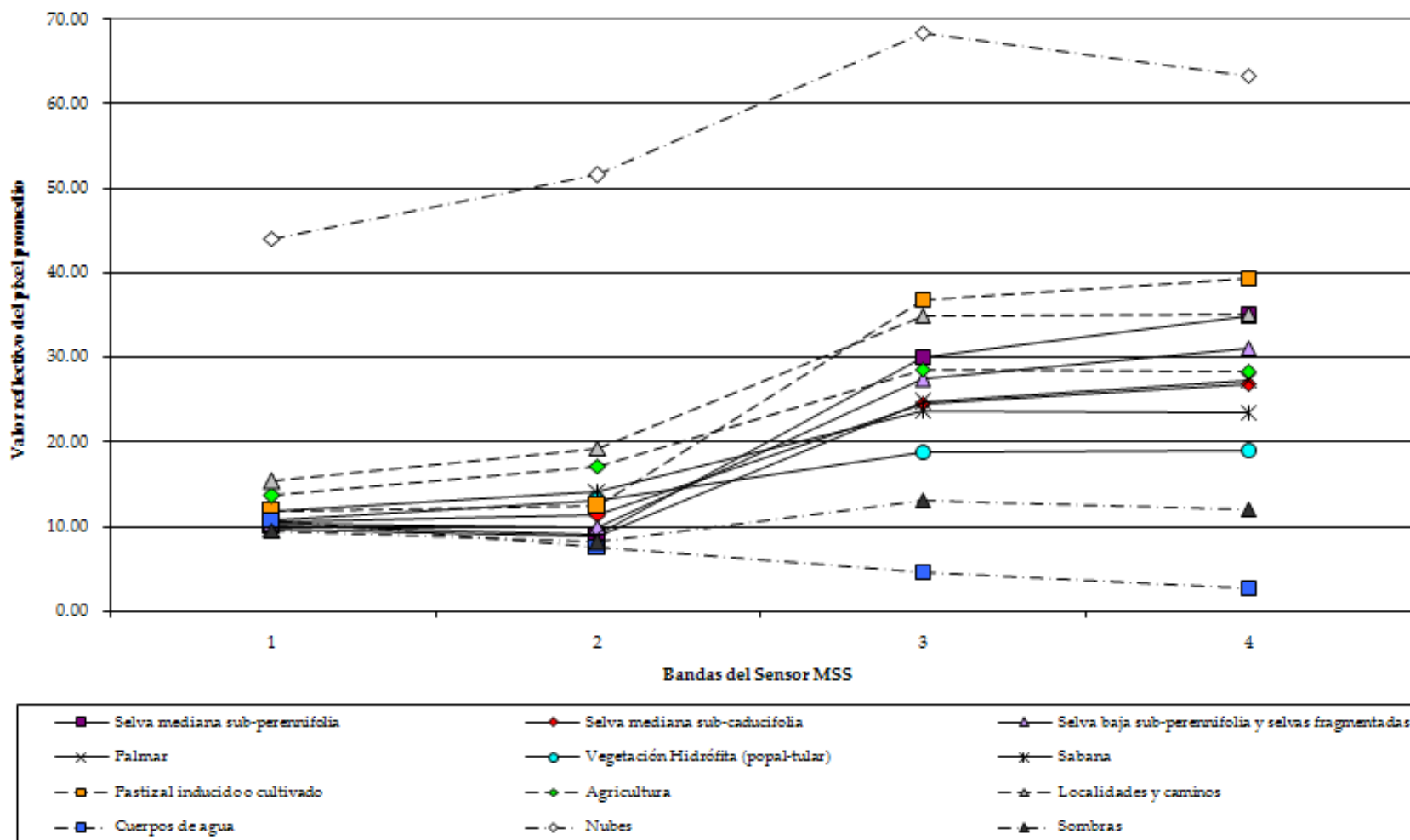
Grandes tipos de vegetación	Formación vegetal	Identificación en la leyenda
Vegetación natural	Selvas	Selva mediana sub-perennifolia
		Selva mediana sub-caducifolia
		Selva baja sub-perennifolia y selvas fragmentadas <sup>11</sup>
	Otros	Palmar
		Vegetación Hidrófita (popal-tular)
		Sabana
Vegetación cultivada o inducida	Pastos y cultivos	Pastizal inducido o cultivado
		Agricultura
Sin vegetación aparente		Localidades y caminos
Vegetación no identificada	Cuerpos de agua	
	Nubes	
	Sombras	

Fuente: Elaborado con base en interpretación directa sobre imágenes Landsat y Loreto, 2003; García, March y Castillo, 2001; INEGI, 2000; y Cortina, Macario y Ogneva, 1998.

### 2.2.3. Análisis de firmas espectrales

El comportamiento de las firmas espectrales para cada uno de los elementos en las imágenes MSS se muestra en la Figura 2.3. Se puede apreciar que en la banda 4 todos los elementos, salvo las nubes, se encuentran muy agrupados; hacia la banda 2 existe una mayor separación entre los elementos, especialmente entre localidades y áreas de agricultura; sin embargo, los mejores resultados para la clasificación los ofrecen las bandas 3 y 4 que corresponden al sector infrarrojo cercano del espectro.

Figura 2.3. Firmas espectrales de los elementos de la leyenda en las imágenes Landsat MSS



Fuente: Elaborado con base en interpretación directa de las imágenes Landsat MSS

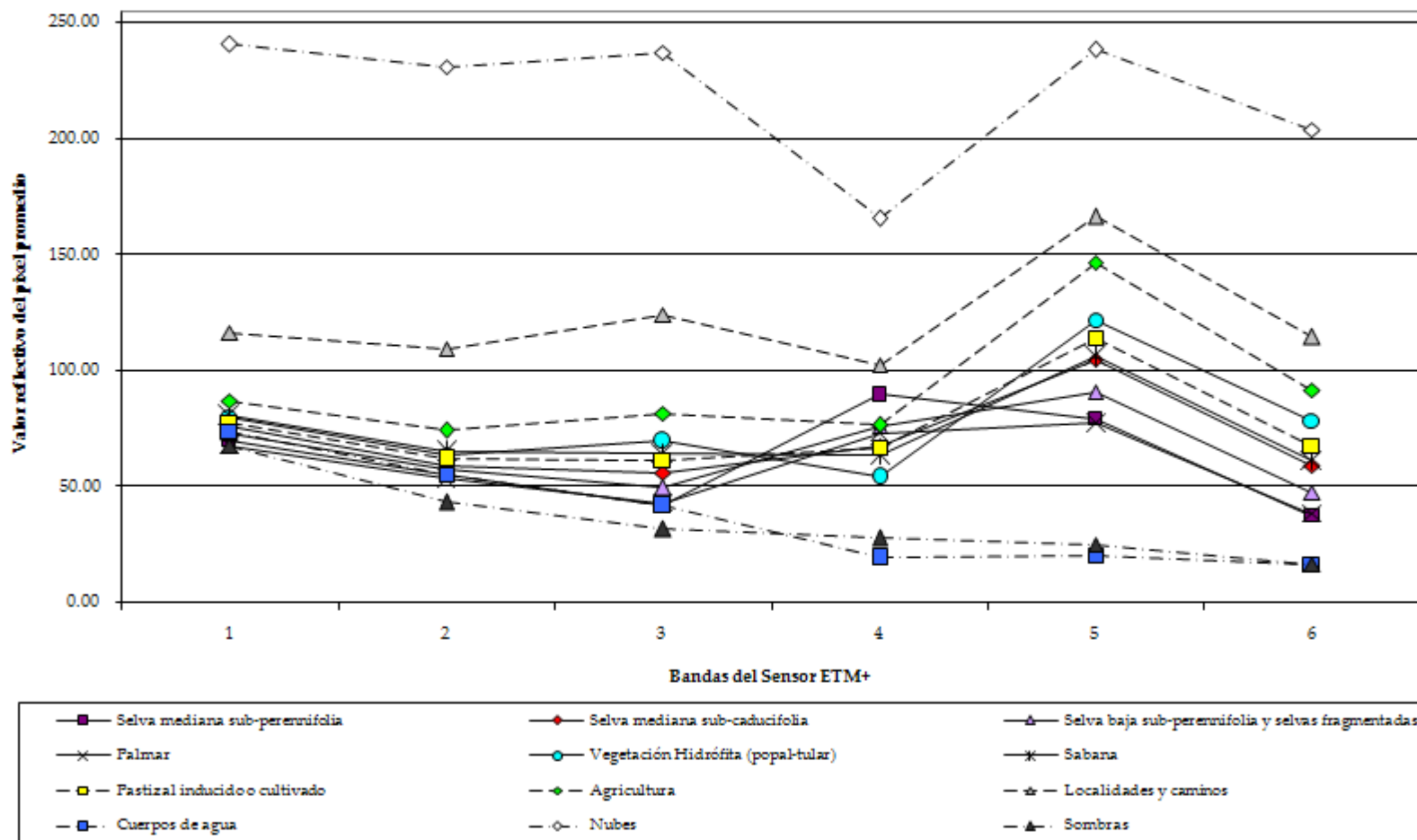
A pesar de que la banda 2 ofrece poca diferenciación entre los elementos de la leyenda, fue clave para la distinción de algunos de ellos; porque los componentes de origen antrópico como las localidades y caminos y la agricultura tienen valores reflectivos más altos en esta banda; también es posible advertir que la vegetación de palmar y las selvas sub-caducifolias encuentran su mayor diferencia en la respuesta espectral en esta banda, ya que en el resto de las bandas tienen una respuesta espectral muy similar.

Por su parte, las bandas 3 y 4 son muy útiles para la diferenciación de las diversas coberturas vegetales.; además, también distinguen muy bien los cuerpos de agua y la vegetación hidrófita, ya que altos contenidos de agua no tienen una gran respuesta en la parte infrarroja del espectro electromagnético.

Las firmas espectrales para las imágenes Landsat ETM+ (Figura 2.4) abarcan un número mayor de valores. Nuevamente las nubes tienen una firma espectral muy distinta del resto de los elementos identificados, aunque también las localidades y caminos tienen valores reflectivos más altos que el resto de las categorías.

En las bandas de la parte del espectro visible, existe muy poca diferenciación de las firmas espectrales, especialmente en la banda 1 todos los elementos están muy cercanos y es difícil establecer el valor reflectivo promedio de cada uno. En cambio en las bandas infrarrojas existe una variabilidad mayor del valor del píxel promedio y además existen una serie de cruzamientos entre los elementos, lo que significa que existen firmas espectrales diferenciadas del resto y por lo tanto, la clasificación resultará mejor.

Figura 2.4. Firmas espectrales de los elementos de la leyenda en las imágenes Landsat ETM+



Fuente: Elaborado con base en interpretación directa de las imágenes Landsat ETM+

En la Figura 2.4 se puede apreciar que la respuesta espectral de las localidades, la agricultura y la vegetación hidrófita son muy parecidas; sin embargo, en ese mismo orden, el valor reflectivo del píxel promedio es cada vez más bajo. El pastizal tiene un comportamiento similar; pero en la banda 4 tiene valores superiores a la vegetación hidrófita, lo que constituye un cruce y por consiguiente, una diferencia muy característica en la firma espectral.

#### *2.2.4. Fiabilidad de los resultados*

Con base en las firmas espectrales de cada uno de los elementos de la leyenda, se procedió a ejecutar las clasificaciones para cada momento; las cuales, en general, resultaron exitosas, con base en las matrices de confusión presentadas en los Cuadros 2.6 y 2.7. Por lo regular, las coberturas selváticas fueron muy bien identificadas y diferenciadas entre sí; con estas categorías bien definidas, se cubre la gran mayoría de la superficie de estudio con una asignación correcta de píxeles, el resto de las categorías fue correctamente clasificado; no obstante, se presentaron algunas ambigüedades.

Los problemas más comunes recayeron en la categoría de localidades y caminos. Este problema es común en todas las clasificaciones, debido a que los espacios urbanos generalmente tienen una gran cantidad de elementos entre los cuales, aparte de las construcciones se encuentran árboles, parques y muchos otros elementos, pero los píxeles promedian esta información en cuadros que van de acuerdo con la resolución espacial del sensor. De esta manera, algunos de los píxeles urbanos fueron asignados a la categoría de “agricultura”, a “pastizal” o a “vegetación hidrófita”.

**Cuadro 2.6. Matriz de confusión de las imágenes Landsat MSS**

	SMsP	SMsC	SBsP	Palm	Pop-T	Past	Agric	Loc-C	Sabn	Cag	Nub	Somb	Comisión
SMsP	1,194,882	12,075	60,428					127					94.27%
SMsC	8	379,182		60			892	105	3,180				98.89%
SBsP	48,951		1,005,840	12,033				23					94.28%
Palm			19,180	108,681			3	24					84.98%
Pop-T		197			3,870	3	667	37	400	18			74.54%
Past	618	97	754		10	156,280	577	1,086					98.03%
Agric	7	1,757			503	1,169	61,108	1,172	398				92.43%
Loc-C	207	100	13	3	11	68	1,134	7,803			19		83.38%
Sabn		968	2		112		2,385	321	8,273				68.59%
CAg	396	86								2,050		25	80.17%
Nub								191			2,914		93.85%
Somb												2,965	100.00%
Omisión	95.97%	96.13%	92.60%	89.98%	85.89%	99.21%	91.53%	71.66%	67.53%	99.13%	99.35%	99.16%	

Error general por omisión: **9.32%**

Error general por comisión: **11.38%**

Fuente: Elaborado con base en la interpretación directa de las imágenes Landsat MSS; SPP, 1985a; SPP, 1985b e INEGI, 1984a.



**Cuadro 2.7. Matriz de confusión de las imágenes Landsat ETM+**

	SMsP	SMsC	SBsP	Palm	Pop-T	Past	Agric	Loc-C	Sabn	Cag	Nub	Somb	
SMsP	2,983,368	91,451	106,984			35							93.76%
SMsC		2,481,465					6,412	4	2,366				99.65%
SBsP	81,572		3,710,894	4,662									97.73%
Palm			29,637	463,946									94.00%
Pop-T					10723	17	2,799	11					79.14%
Past						1,338,858	13,114	3,689	1,048				98.68%
Agric		226			1,810	15,877	627,946	22,295					93.98%
Loc-C					18		11,333	71,205					86.25%
Sabn	76	598				6,270	1	466	19,002				71.94%
CAG										9,772		8	99.92%
Nub											30,507		100.00%
Somb												23,373	100.00%
	97.34%	96.41%	96.45%	99.01%	85.44%	98.37%	94.91%	72.90%	84.77%	100.00%	100.00%	99.97%	

Error general por omisión: 6.20%

Error general por comisión: 7.08%

Fuente: Elaborado con base en la interpretación directa de las imágenes Landsat ETM+; Loreto, 2003; García, March y Castillo, 2001; INEGI, 2000; y Cortina, Macario y Ogneva, 1998.

Otras categorías con problema de asignación fueron:

- Píxeles de “agricultura” asignados a la categoría “pastizal” o “sabana”,
- Píxeles de “pastizal” asignados a la categoría “sabana” y viceversa,
- Píxeles de “vegetación hidrófita” asignados a la categoría de “agricultura” y viceversa,
- Píxeles de “cuerpos de agua” asignados a la categoría de “sombras”,
- Píxeles de “nubes” asignados a la categoría “localidades y caminos”.

Todos estos problemas fueron identificados con una reinspección visual de las imágenes originales, y la consulta de la cartografía de uso de suelo y vegetación; así, los píxeles mal asignados fueron corregidos en SIG mediante la modificación de la base de datos original.

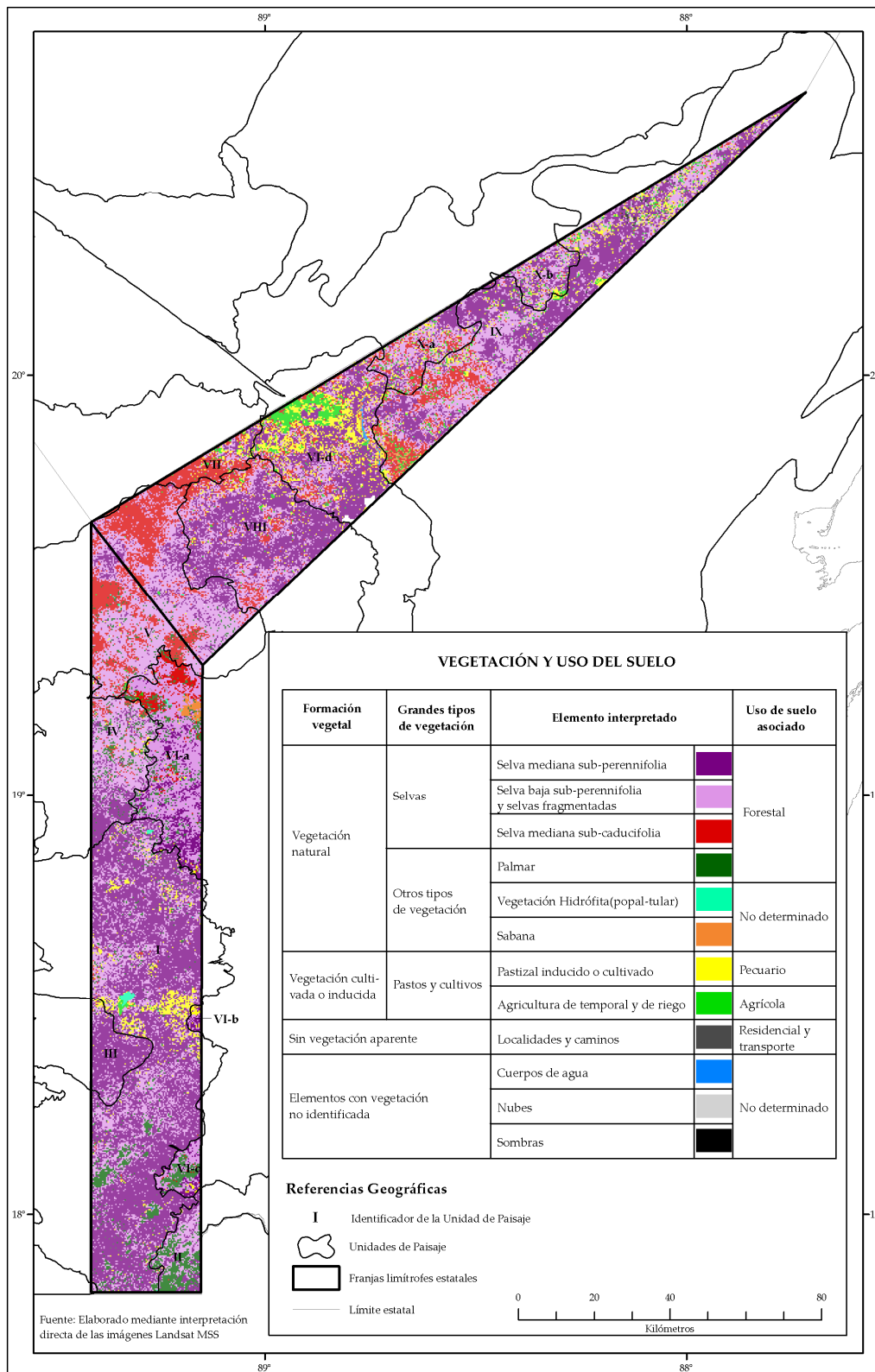
#### *2.2.5. Resultados de la clasificación*

Los resultados también se verificaron en campo, para verificar los elementos interpretados; en este sentido, se inspeccionaron puntos clave, identificables en las imágenes de satélite, y también los sitios en los cuales pudiera existir duda o error de la interpretación realizada en gabinete. Así se puede proceder a la interpretación de resultados.

##### *a. Clasificación de las imágenes Landsat MSS del año 1978*

La clasificación realizada para el año 1978, cuyos resultados detallados se muestran en la Figura 2.5 y en el Cuadro 2.8, arroja que el 40.58% de la superficie total de las franjas limítrofes estatales, pertenece a las selvas medianas sub-

Figura 2.5. Vegetación y uso del suelo en las franjas limítrofes estatales, 1978.



**Cuadro 2.8. Superficie de los elementos interpretados en las imágenes Landsat MSS por Unidad de Paisaje.**

		Clave del elemento interpretado	Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)	
UP-I	Agric		6.85	0.3%	
	C-Ag		0.24	0.0%	
	Loc-C		7.15	0.3%	
	Palm		120.07	4.4%	
	Past		120.68	4.4%	
	Pop-T		11.28	0.4%	
	SBsP		720.76	26.5%	
	SMsC		11.80	0.4%	
	SMsP		1,721.54	63.3%	
	<b>Total</b>		<b>2,720.38</b>	<b>100.0%</b>	
UP-II	Agric		0.16	0.1%	
	C-Ag		0.01	0.0%	
	Loc-C		0.06	0.0%	
	Palm		79.83	37.5%	
	Past		1.46	0.7%	
	Pop-T		0.09	0.0%	
	SBsP		78.60	36.9%	
	SMsC		0.94	0.4%	
	SMsP		51.66	24.3%	
	<b>Total</b>		<b>212.83</b>	<b>100.0%</b>	
UP-III	Agric		0.15	0.1%	
	Loc-C		0.43	0.2%	
	Palm		1.63	0.7%	
	Past		5.32	2.3%	
	SBsP		49.66	21.4%	
	SMsC		0.58	0.3%	
	SMsP		174.58	75.1%	
	<b>Total</b>		<b>232.35</b>	<b>100.0%</b>	
UP-IV	Agric		0.45	0.1%	
	C-Ag		0.01	0.0%	
	Loc-C		1.40	0.3%	
	Palm		50.27	10.5%	
	Past		5.06	1.1%	
	Pop-T		0.07	0.0%	
	SBsP		262.79	55.1%	
	SMsC		24.23	5.1%	
	SMsP		132.58	27.8%	
	<b>Total</b>		<b>476.86</b>	<b>100.0%</b>	
UP-V	Agric		2.11	0.2%	
	Loc-C		0.77	0.1%	
	Palm		32.88	2.4%	
	Past		2.60	0.2%	
	Pop-T		1.38	0.1%	
	SBsP		745.51	53.5%	
	SMsC		461.85	33.1%	
	SMsP		146.63	10.5%	
Sabn		0.10	0.0%		
<b>Total</b>		<b>1,393.83</b>	<b>100.0%</b>		
UP-VI-a	Agric		0.92	0.1%	
	C-Ag		0.02	0.0%	
	Loc-C		1.21	0.2%	
	Palm		72.96	10.0%	
	Past		5.48	0.8%	
	Pop-T		1.82	0.2%	
	SBsP		414.63	56.8%	
	SMsC		79.42	10.9%	
	SMsP		135.88	18.6%	
	Sabn		18.24	2.5%	
<b>Total</b>		<b>730.58</b>	<b>100.0%</b>		
UP-VI-b	Agric		0.01	0.0%	
	Loc-C		0.05	0.2%	
	Palm		0.06	0.3%	
	Past		4.49	20.7%	
	SBsP		5.33	24.6%	
	SMsC		0.03	0.1%	
	SMsP		11.72	54.0%	
	<b>Total</b>		<b>21.68</b>	<b>100.0%</b>	
	UP-VI-c	Agric		0.06	0.0%
		Loc-C		0.11	0.1%
Palm			34.72	29.2%	
Past			1.91	1.6%	
Pop-T			0.02	0.0%	
SBsP			52.73	44.3%	
SMsC			2.35	2.0%	
SMsP			27.19	22.8%	
Sabn			0.01	0.0%	
<b>Total</b>			<b>119.10</b>	<b>100.0%</b>	
UP-VI-d	Agric		94.39	10.1%	
	C-Ag		6.45	0.7%	
	Loc-C		6.04	0.6%	
	Past		180.88	19.3%	
	SBsP		176.19	18.8%	
	SMsC		92.85	9.9%	
	SMsP		374.15	39.9%	
	Sabn		6.66	0.7%	
	Nub		0.02	0.0%	
	Somb		0.01	0.0%	
<b>Total</b>		<b>937.63</b>	<b>100.0%</b>		
UP-VII	Agric		5.72	3.3%	
	Loc-C		0.72	0.4%	
	Past		17.29	9.9%	
	SBsP		30.32	17.4%	
	SMsC		99.07	56.8%	
	SMsP		21.35	12.2%	
	<b>Total</b>		<b>174.47</b>	<b>100.0%</b>	
UP-VIII	Agric		8.78	0.9%	
	Loc-C		1.09	0.1%	
	Past		30.76	3.1%	
	SBsP		332.60	33.0%	
	SMsC		108.58	10.8%	
	SMsP		525.20	52.2%	
	<b>Total</b>		<b>1,007.01</b>	<b>100.0%</b>	
	UP-IX	Agric		72.49	4.6%
Loc-C			9.37	0.6%	
Past			102.52	6.5%	
SBsP			547.74	34.6%	
SMsC			183.19	11.6%	
SMsP			633.60	40.0%	
Sabn			15.09	1.0%	
Nub			9.92	0.6%	
Somb		9.46	0.6%		
<b>Total</b>		<b>1,583.38</b>	<b>100.0%</b>		
UP-X-a	Agric		18.82	6.5%	
	Loc-C		1.78	0.6%	
	Past		17.88	6.1%	
	SBsP		134.01	46.0%	
	SMsC		55.11	18.9%	
	SMsP		63.67	21.9%	
	Nub		0.03	0.0%	
<b>Total</b>		<b>291.30</b>	<b>100.0%</b>		
UP-X-b	Agric		8.72	4.6%	
	Loc-C		1.24	0.6%	
	Past		15.27	8.0%	
	SBsP		84.04	43.9%	
	SMsC		5.70	3.0%	
	SMsP		76.10	39.7%	
	Nub		0.14	0.1%	
Somb		0.24	0.1%		
<b>Total</b>		<b>191.45</b>	<b>100.0%</b>		

**CLAVES**

Agric = Agricultura  
 C-Ag = Cuerpos de agua  
 Loc-C = Localidades y caminos  
 Palm = Palmar  
 Past = Pastizal  
 Pop-T = Popal-Tular  
 SBsP = Selva baja sub-perennifolia y selvas fragmentadas  
 SMsC = Selva mediana sub-caducifolia  
 SMsP = Selva mediana sub-perennifolia  
 Sabn = Sabana  
 Nub = Nubes  
 Somb = Sombras

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación directa de las imágenes Landsat MSS

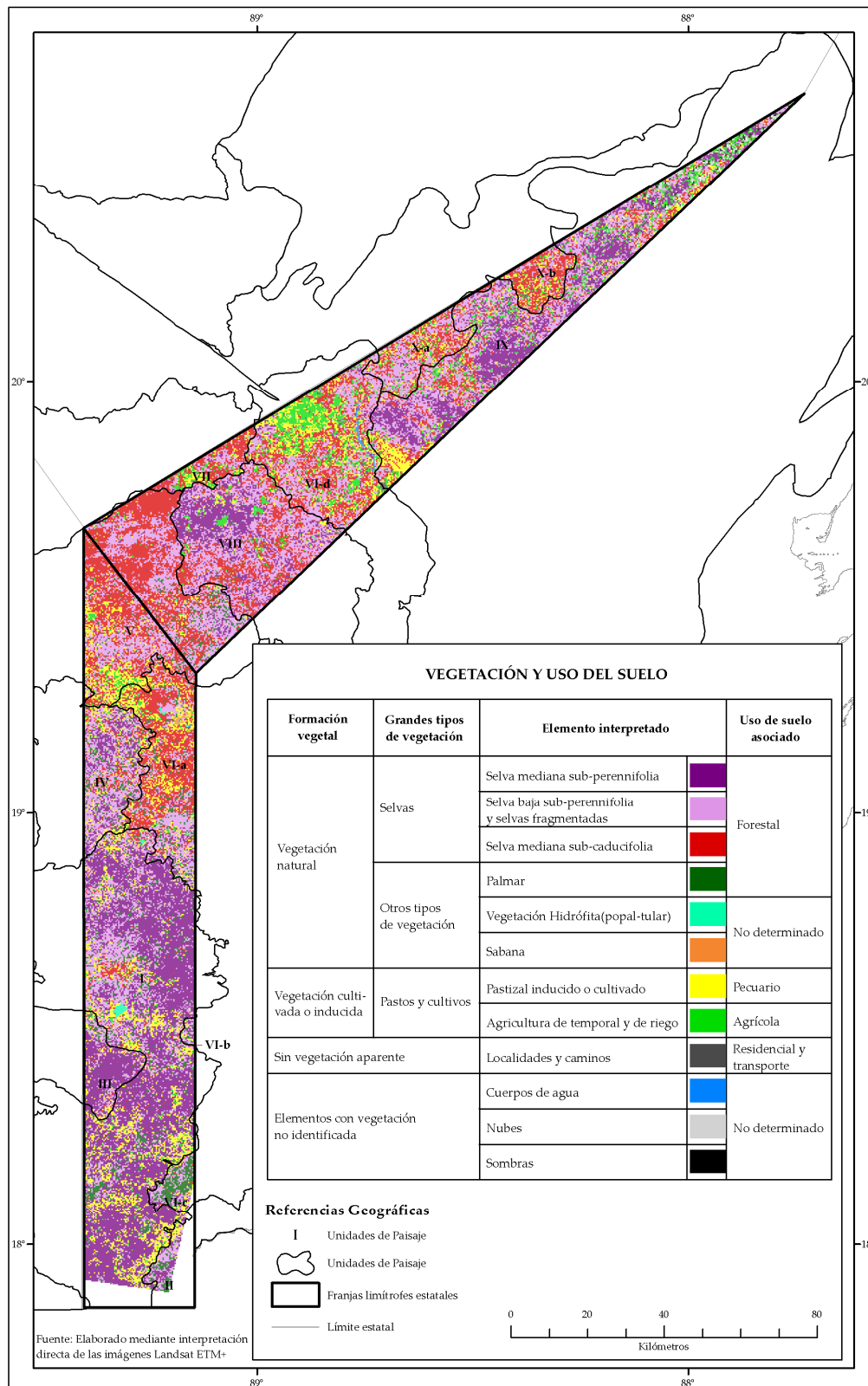
perennifolias, que es la vegetación potencial de siete de las diez UP identificadas; las selvas medianas sub-caducifolias se extienden en 11.15% de la superficie de las franjas limítrofes; y 36.01% pertenece a selvas bajas sub-perennifolias y selvas fragmentadas. Todo ello resulta en un 87.74% de superficie selvática; que se complementa con 7.56% de superficie dedicada a actividades relacionadas con la actividad humana, como lo son las localidades y caminos, la agricultura y los pastizales; 4.43% pertenece a otros tipos de vegetación como el palmar, la vegetación hidrófita y la sabana; 0.07% corresponde a los cuerpos de agua, siendo los más importantes la Laguna Chichankanab (Figura 1.4) y la Laguna Esmeralda, ambas en la UP VI; y el 0.20% de la superficie restante no pudo ser interpretada debido a la presencia de las nubes y sus sombras.

También se puede apreciar la predominancia de las selvas medianas sub-perennifolias en el centro sur de la franja en disputa entre Campeche y Quintana Roo (que en el capítulo anterior fue denominada *franja A*); dichas selvas disminuyen considerablemente hacia la franja de disputa entre Yucatán y Quintana Roo (*Franja B*), en donde se empiezan a intercalar con selvas bajas sub-perennifolias y fragmentadas. Esta tendencia tiene correspondencia con el hecho de que en esta misma zona es donde se aprecia una mayor manifestación de las actividades agropecuarias y una red de localidades más estructurada.

#### *b. Clasificación de las imágenes Landsat ETM+ del año 2000*

La clasificación realizada para el año 2000, cuyos resultados cuantificados a detalle se muestran en la Figura 2.6 y en el Cuadro 2.9, arroja que las selvas medianas sub-perennifolias ahora ocupan el 26.36% de la superficie de las franjas limítrofes, las selvas medianas sub-caducifolias han crecido para ocupar el 20.88%

Figura 2.6. Vegetación y uso del suelo en las franjas limítrofes estatales, 2000.



**Cuadro 2.9. Superficie de los elementos interpretados en las imágenes Landsat ETM+ por Unidad de Paisaje.**

				Clave del elemento interpretado						Clave del elemento interpretado						Clave del elemento interpretado				
				Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)				Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)				Superficie (km <sup>2</sup> )	Superficie (%)					
UP-I	Agric		39.64	1.5%	UP-VI-a	Agric		20.65	2.8%	UP-VIII	Agric		37.01	3.7%						
	C-Ag		0.49	0.0%		C-Ag		1.01	0.1%		Loc-C		5.56	0.6%						
	Loc-C		25.24	1.0%		Loc-C		4.83	0.7%		Past		28.37	2.8%						
	Palm		148.21	5.6%		Palm		49.42	6.7%		SBsP		433.60	43.1%						
	Past		354.46	13.4%		Past		127.79	17.3%		SMsC		256.35	25.5%						
	Pop-T		8.86	0.3%		Pop-T		0.83	0.1%		SMsP		245.69	24.4%						
	SBsP		572.03	21.7%		SBsP		190.73	25.9%		<b>Total</b>		1,006.58	100.0%						
	SMsC		66.56	2.5%		SMsC		306.11	41.5%											
	SMsP		1,421.26	53.9%		SMsP		26.43	3.6%											
	Sabn		0.01	0.0%		Sabn		9.51	1.3%											
<b>Total</b>		2,636.78	100.0%	<b>Total</b>		737.32	100.0%													
UP-II	Agric		1.16	1.4%	UP-VI-b	Agric		0.44	2.0%	UP-IX	Agric		172.58	10.9%						
	C-Ag		0.04	0.1%		Loc-C		0.40	1.8%		Loc-C		11.51	0.7%						
	Loc-C		1.69	2.0%		Palm		1.96	8.9%		Past		122.56	7.8%						
	Palm		17.83	21.5%		Past		3.23	14.6%		SBsP		550.88	34.8%						
	Past		9.70	11.7%		SBsP		9.00	40.7%		SMsC		237.30	15.0%						
	Pop-T		0.00	0.0%		SMsC		0.52	2.4%		SMsP		442.57	28.0%						
	SBsP		31.33	37.8%		SMsP		6.57	29.7%		Nub		24.78	1.6%						
	SMsC		0.54	0.7%		<b>Total</b>		22.12	100.0%		Somb		18.96	1.2%						
SMsP		20.62	24.9%					<b>Total</b>		1,581.13	100.0%									
<b>Total</b>		82.91	100.0%																	
UP-III	Agric		1.28	0.5%	UP-VI-c	Agric		2.16	1.9%	UP-X-a	Agric		26.02	8.9%						
	Loc-C		1.99	0.9%		Loc-C		2.74	2.4%		Loc-C		1.12	0.4%						
	Palm		8.44	3.6%		Palm		46.91	40.6%		Past		34.97	11.9%						
	Past		21.27	9.1%		Past		11.91	10.3%		SBsP		124.13	42.3%						
	SBsP		46.75	20.0%		SBsP		34.61	29.9%		SMsC		99.07	33.8%						
	SMsC		6.87	2.9%		SMsC		1.42	1.2%		SMsP		8.11	2.8%						
	SMsP		147.11	62.9%		SMsP		15.87	13.7%		<b>Total</b>		293.42	100.0%						
<b>Total</b>		233.71	100.0%	<b>Total</b>		115.63	100.0%													
UP-IV	Agric		5.33	1.1%	UP-VI-d	Agric		171.44	18.2%	UP-X-b	Agric		15.40	8.0%						
	C-Ag		0.08	0.0%		C-Ag		6.31	0.7%		Loc-C		1.71	0.9%						
	Loc-C		1.59	0.3%		Loc-C		9.59	1.0%		Past		28.42	14.8%						
	Palm		44.15	9.2%		Past		170.57	18.1%		SBsP		40.03	20.9%						
	Past		55.16	11.5%		SBsP		262.11	27.9%		SMsC		104.25	54.4%						
	SBsP		216.88	45.3%		SMsC		291.95	31.1%		SMsP		1.74	0.9%						
	SMsC		58.75	12.3%		SMsP		24.22	2.6%		<b>Total</b>		191.53	100.0%						
	SMsP		96.66	20.2%		Sabn		4.04	0.4%											
	<b>Total</b>		478.62	100.0%		Nub		0.01	0.0%											
				Somb		0.02	0.0%													
				<b>Total</b>		940.26	100.0%													
UP-V	Agric		25.38	1.8%	UP-VII	Agric		24.73	14.3%											
	Loc-C		0.76	0.1%		Loc-C		0.20	0.1%											
	Palm		59.92	4.3%		Past		21.59	12.5%											
	Past		121.84	8.7%		SBsP		37.57	21.7%											
	Pop-T		0.41	0.0%		SMsC		82.48	47.6%											
	SBsP		490.76	35.2%		SMsP		6.79	3.9%											
	SMsC		552.72	39.6%		<b>Total</b>		173.36	100.0%											
	SMsP		143.05	10.3%																
<b>Total</b>		1,394.83	100.0%																	

**CLAVES**

Agric = Agricultura  
 C-Ag = Cuerpos de agua  
 Loc-C = Localidades y caminos  
 Palm = Palmar  
 Past = Pastizal  
 Pop-T = Popal-Tular  
 SBsP = Selva baja sub-perennifolia y selvas fragmentadas  
 SMsC = Selva mediana sub-caducifolia  
 SMsP = Selva mediana sub-perennifolia  
 Sabn = Sabana  
 Nub = Nubes  
 Somb = Sombras

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación directa de las imágenes Landsat ETM+

y las selvas bajas y fragmentadas disminuyeron ligeramente con respecto a 1978 para ocupar el 30.75% del total del área de estudio.

Lo anterior resulta en que la superficie selvática en las franjas limítrofes disminuyó de abarcar el 87.8% de la superficie total en 1978 a al año 1978 al 78.0% en el año 2000; por su parte, la superficie dedicada a actividades antrópicas creció a 17.43%; los otros tipos de vegetación permanecieron de manera muy similar con respecto al año 1978 al ocupar el 4.05% de la superficie del área de estudio; los cuerpos de agua abarcaron el 0.08% y la superficie no interpretada por las nubes y sus sombras correspondió en esta ocasión al 0.44%.<sup>12</sup> En síntesis se puede plantear, que existe un 10% de superficie de selvas que disminuyó para convertirse en parte de la cobertura de las actividades antrópicas.

En el año 2000, existe la misma tendencia a la predominancia de las selvas medianas sub-perennifolias en el centro sur de la franja A (especialmente en las UP I y III) aunque realmente ahora existen más selvas bajas y fragmentadas; en consecuencia, este tipo de selvas disminuyen considerablemente hacia la franja B, en donde se intercalan con las selvas bajas sub-perennifolias y fragmentadas y con los espacios agropecuarios que ya eran característicos en el pasado. En el año 2000, los espacios agrícolas y pecuarios crecieron prácticamente en toda la franja A; son espacios un tanto dispersos pero se erigen debido a una red de localidades estructurada, ahora también en esta franja.

La explotación de los recursos forestales representa la fuente de ingresos más importante para la población de la región, particularmente de las especies duras tropicales de las que se obtienen los productos maderables para la construcción, ebanistería, etc. Las especies maderables son el chechén, palo mulato, granadillo y el pucte; en menor proporción, se encuentran las maderas preciosas entre las



que están, la caoba, cedro y el guayacán. Sin embargo, este tipo de uso actualmente tiene poca cuantía por la escasa cantidad restante de maderas preciosas y las múltiples irregularidades del tejido leñoso que repercute en la calidad de la madera (Rzedowski, 1981)

En cuanto a los productos no maderables, existen las especies que producen tinte como el palo tinto, mora y corozo; las especies industriales como el hule y el chicozapote del que se extrae el látex para la elaboración del chicle. También existen las especies forrajeras como el ramón y las especies frutales como el zapote negro, nance, mamey, siricote, xanixté y la guaya, cuyo material genético constituye un patrimonio nacional por su biodiversidad y potencialidad genética (Presidencia de la República, 1989).

Entre las especies para uso tradicional destacan: la palma de huano que sirve de cobijo para las casas tradicionales, el ramón que sirve como alimento y para la construcción, el habín cuya ceniza sirve para lavar la ropa o como combustible, el siricote como dulce (Valdez, 2004), la palma xiat y la pimienta.

Algunas porciones del territorio son áreas de pastizal cultivado. El concepto de pastizal incluye dos tipos de comunidades conformadas por gramíneas: el primero es el pastizal cultivado, referido anteriormente, que es el más importante desde el punto de vista económico porque se utiliza para el ganado (principalmente bovino), es por eso que es el más extendido (INEGI, 1984).

Así, al comparar las dos imágenes satelitales, es posible advertir que existe un patrón de colonización de espacios de cobertura natural cuyo origen son las carreteras principales; por ejemplo, sobre la carretera Chetumal-Escárcega o X-Pujil-Ukum. Este patrón, que es conocido como “peine” o “hueso de pescado”, a su

vez provoca la fragmentación de la selva, se reduce la capacidad para mantener la biodiversidad y los servicios ambientales, y se promueve la vulnerabilidad hacia otras perturbaciones de carácter antrópico (Laurance *et. al.*, 1997, 1998 citado por García, March y Castillo, 2001). El uso agrícola generalmente es de bajo rendimiento, aunque es una actividad que va claramente en aumento.

---

## NOTAS

<sup>1</sup> Se pueden mencionar algunos pintores paisajistas como Turner, Cezanne, Pissaro y Van Gogh, que plasmaron la armonía de los paisajes y la vida rural, los cambios en el uso del suelo y también sus propias sensaciones. Ellos incluían vegetación y elementos medioambientales así como caminos, construcciones, y actividades humanas diversas (Burel y Baudry, 2003).

<sup>2</sup> Se debe señalar que existe especialmente otro ámbito disciplinario que está trabajando con el enfoque paisajístico; ellos son los arquitectos, que tienen una conceptualización propia de paisaje a través de la rama de la arquitectura del paisaje (Burel y Baudry, 2003).

<sup>3</sup> En esta investigación es más conveniente tratar a las UP de manera separada para analizar la dinámica interna de cada una de ellas.

<sup>4</sup> Existen algunos espacios de dimensiones muy pequeñas que también se encuentran espacialmente separados de las UP; sin embargo, dadas las características mesoregionales de la investigación, no es conveniente individualizar estos espacios tan pequeños, ya que sus resultados pueden estar alterados principalmente por la resolución espacial del sensor MSS.

<sup>5</sup> Traducción literal del concepto *Land use* manejado por la escuela inglesa.

<sup>6</sup> Píxel es la unidad mínima de resolución espectral.

<sup>7</sup> Se debe considerar que convencionalmente se designó el número de banda expresado; sin embargo, en realidad, las bandas del sensor son: 4, 5, 6 y 7 porque el sensor Landsat 3, que es el que capturó las imágenes, no tenía las bandas 1, 2 y 3.

<sup>8</sup> La elección de este compuesto se debe a que incorpora dos bandas de la parte visible del espectro: la banda 1, que es la verde y la banda 2, que es la roja; asimismo, incluye una banda del infrarrojo cercano, que es la 4. La banda infrarroja es muy útil para la detección de la vegetación sana y los cuerpos de agua, la banda verde también es útil para la distinción de vegetación, en tanto que la banda roja es muy útil para distinguir espacios sin vegetación y algunas características antrópicas.

<sup>9</sup> En las imágenes Landsat MSS la banda 1 capta la información de las longitudes de onda correspondientes al color verde del espectro electromagnético, la banda 2 capta las longitudes de onda roja, y la banda 4 corresponde al infrarrojo cercano. En el caso de las imágenes Landsat ETM+, estas porciones del espectro electromagnético quedan cubiertas por las bandas 2, 3 y 4, respectivamente.

---

<sup>10</sup> La elección de este algoritmo se basa en que ofrece los mejores resultados para la asignación de la categoría al píxel. En este tipo de clasificación, las categorías consideradas se describen por una función de probabilidad a partir de su vector de medias y matriz de varianzas co-varianza; por ello, es el algoritmo más empleado en los trabajos de clasificación de imágenes en percepción remota (Chuvieco, 1996).

<sup>11</sup> Es importante destacar que en las imágenes de satélite, la diferencia por firmas espectrales entre selvas bajas y selvas fragmentadas no pudo llevarse a cabo de una manera adecuada, por lo que se procedió a agruparlas en una sola categoría, con una verificación previa en cuanto a la correspondencia con los trabajos consultados.

<sup>12</sup> Los datos de extensión de los elementos interpretados se presentan en porcentaje, debido a que en el año 2000 no se pudo contar con la interpretación de toda el área de estudio, lo que afecta en especial a la UP II y en menor medida a la I; sin embargo al trabajar con números relativos y no absolutos, se disminuye, en gran medida, el error debido al área faltante.

## CAPÍTULO 3

### CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO ENTRE 1978 Y 2000 POR UNIDADES DE PAISAJE

Una vez analizados los resultados de cada una de las clasificaciones para los años 1978 y 2000, se procede a sintetizar estos resultados en indicadores de cambio de uso del suelo.

En esta investigación se consideran fundamentales cinco indicadores: el cambio en la relación entre la cobertura natural y la cobertura antrópica, la expansión de la frontera agropecuaria, la tasa de deforestación, el grado de avance de la vegetación no potencial, y la tipificación del cambio de cobertura de vegetación y uso del suelo. Todos estos indicadores se aplican sobre las unidades de paisajes identificadas.

#### **3.1. Cambios en la relación entre la cobertura natural y la cobertura antrópica**

Este indicador hace referencia a la proporción que existe entre las cubiertas de terreno que se refieren a elementos naturales con respecto a las que existen como resultado de la actividad humana. Es un indicador que permite una aproximación al grado de impacto global expresado a través de la relación cobertura *natural* contra la *no natural*. De esta relación, se concibe el índice de antropización de las cubiertas del terreno.

El índice de antropización se efectúa a través de la agrupación de las categorías distinguidas durante la clasificación; de esta manera, todas las coberturas de formación se dividen en dos nuevas categorías: la “natural”, que para el caso del presente estudio, abarca todos los tipos de selva, palmar, vegetación hidrófila y la sabana<sup>1</sup>; y la “antrópica”, que agrupa la información correspondiente a los cultivos, los pastizales cultivados o inducidos y los asentamientos humanos.

La fórmula para obtener el porcentaje del índice de antropización (IA) es la siguiente:

$$IA = \frac{\text{Cobertura antrópica}}{\text{Cobertura natural}} \times 100$$

Esta fórmula se aplicó para cada año en que se hizo la clasificación y con base en los resultados, que se muestran en el Cuadro 3.1, se realizó un cálculo del crecimiento del índice de antropización, que es la relación que existe entre el índice obtenido para el año 2000 y el índice de 1978; así, las cifras por arriba del valor 1, expresan un aumento en la cobertura antrópica; mientras que por debajo de 1, corresponden a un aumento en los espacios naturales.

De acuerdo con la SEDESOL y el Instituto de Geografía (2004), todas las UP tendrían un buen grado de conservación de la cobertura natural; esto era de esperarse, ya que las franjas limítrofes estatales se encuentran en una área rural donde las actividades antrópicas aún son dispersas, pero al aplicar una mayor especificidad de acuerdo con los resultados obtenidos se observan diferencias entre las UP.

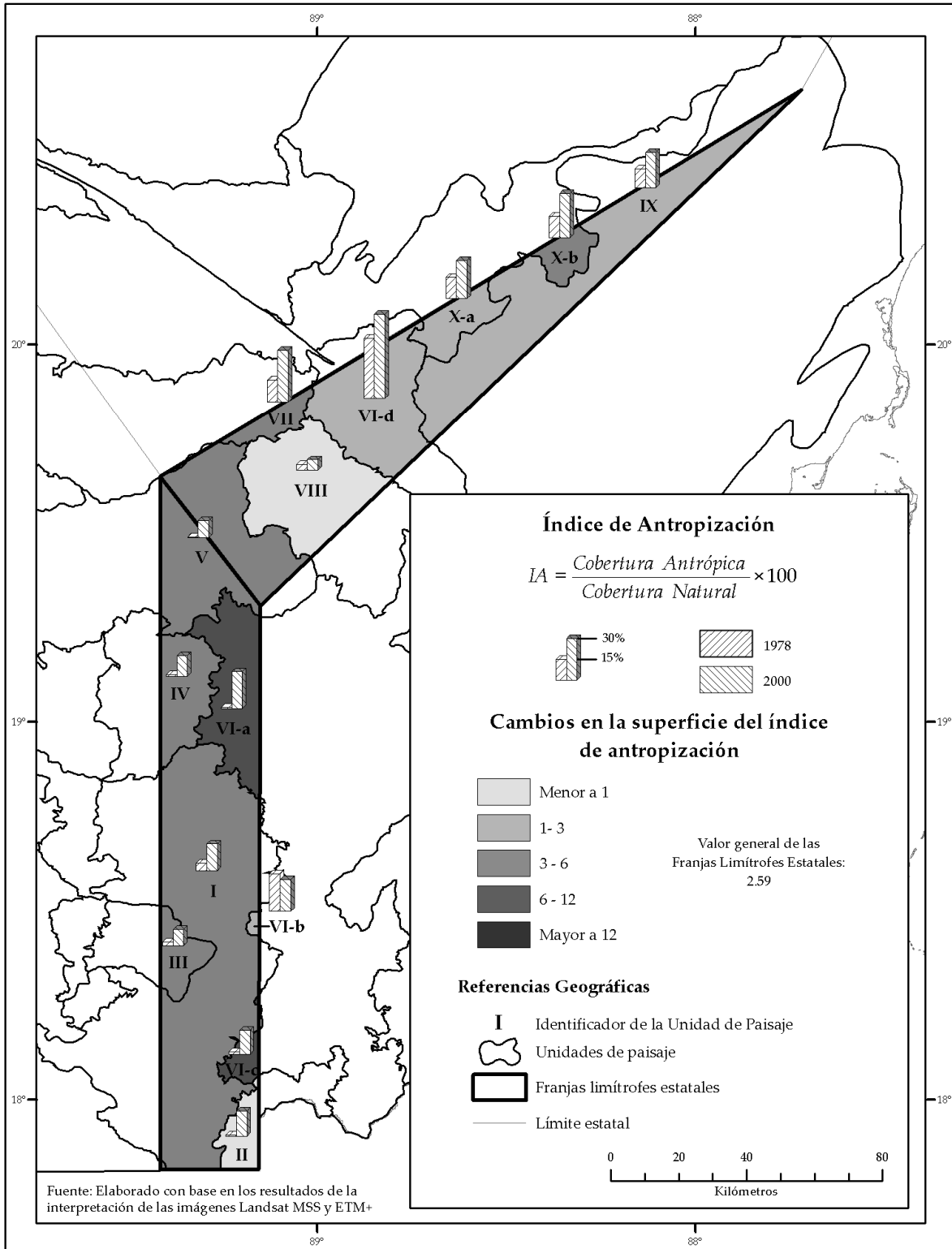
El Cuadro 3.1 y la Figura 3.1 muestran que casi todas las UP identificadas han tenido un crecimiento del índice de antropización y la mayoría han duplicado el índice; sin embargo, la UP II, V y VI-a han tenido un gran crecimiento en 22 años, ya que su superficie antrópica ha aumentado más de 20 veces. Estas tres UP en 1978 tenían los valores más bajos de antropización, aunque también tenían valores muy bajos las UP III, IV y VI-c.

**Cuadro 3.1. Índice de antropización y su crecimiento en las Franjas Limítrofes Estatales entre los años 1978 y 2000.**

Unidades de Paisaje	1978			2000			Crecimiento del índice de antropización
	Cobertura Natural	Cobertura Antrópica	Índice de Antropización	Cobertura Natural	Cobertura Antrópica	Índice de Antropización	
<b>UP-I</b>	95.0%	5.0%	5.3%	84.1%	15.9%	18.9%	3.592
<b>UP-II</b>	99.2%	0.8%	0.8%	84.9%	15.1%	17.8%	22.054
<b>UP-III</b>	97.5%	2.5%	2.6%	89.5%	10.5%	11.7%	4.575
<b>UP-IV</b>	98.6%	1.4%	1.4%	87.0%	13.0%	14.9%	10.524
<b>UP-V</b>	99.6%	0.4%	0.4%	89.4%	10.6%	11.9%	29.523
<b>UP-VI-a</b>	99.0%	1.0%	1.0%	79.2%	20.8%	26.3%	26.000
<b>UP-VI-b</b>	79.0%	21.0%	26.6%	81.6%	18.4%	22.5%	0.848
<b>UP-VI-c</b>	98.3%	1.7%	1.7%	85.5%	14.5%	17.0%	9.806
<b>UP-VI-d</b>	70.0%	30.0%	42.9%	62.6%	37.4%	59.7%	1.394
<b>UP-VII</b>	86.4%	13.6%	15.7%	73.2%	26.8%	36.6%	2.326
<b>UP-VIII</b>	96.0%	4.0%	4.2%	93.0%	7.0%	7.5%	1.806
<b>UP-IX</b>	87.1%	11.6%	13.3%	77.8%	19.4%	24.9%	1.872
<b>UP-X-a</b>	86.8%	13.2%	15.2%	78.8%	21.2%	26.9%	1.769
<b>UP-X-b</b>	86.6%	13.2%	15.2%	76.2%	23.8%	31.2%	2.049
<b>Franjas</b>	<b>92.3%</b>	<b>7.6%</b>	<b>8.2%</b>	<b>82.1%</b>	<b>17.4%</b>	<b>21.2%</b>	<b>2.592</b>

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

Figura 3.1. Antropización de las franjas limítrofes estatales



Para el año 2000, los valores entre las UP se han aproximado bastante entre sí, salvo la UP-VIII que continuó con una superficie antrópica reducida. Los valores más altos corresponden a las UP VI-a, VII, IX, X-a y X-b que oscilaron en el 20% de su superficie ocupada en actividades antrópicas en el año 2000; en este sentido, se destaca la UP VI-d, que especialmente en la última fecha de análisis, se ha aproximado al 60% de su territorio ocupado por actividades antrópicas; sin embargo, todas estas UP mencionadas no presentan altos valores de crecimiento del índice de antropización a lo largo del período entre las dos fechas analizadas. La única UP que redujo su índice de antropización fue la UP VI-b, ello se debe a que en 1978 se interpretó una parte importante de su superficie como zonas dedicadas al pastizal para la ganadería; sin embargo, para el año 2000 estas zonas no manifestaron el fenómeno; entonces, puede interpretarse que una parte de superficie ganadera fue abandonada.

### **3.2. Extensión de la frontera agropecuaria**

Este indicador se refiere al crecimiento de los espacios agrícolas y pecuarios en un período determinado. Es una expresión específica de la presión de dichas actividades sobre coberturas de terreno naturales (selva, palmar y sabana) y permite la detección espacial de áreas particularmente dinámicas que reflejan cambio de cobertura natural. A diferencia del indicador de la relación entre la cobertura natural y la antrópica, en la extensión de la frontera agropecuaria (E) no se incluyen la cobertura de zonas urbanas.

Para la obtención de este indicador se tomaron en cuenta los porcentajes de la superficie que abarcaron las actividades agrícola y pecuaria en los dos años de



análisis, y posteriormente, se realizó la relación siguiente a fin de obtener el crecimiento de dicha actividad.

$$E = \frac{\% \text{ de superficie agropecuaria en 2000}}{\% \text{ de superficie agropecuaria en 1978}}$$

Para interpretar este indicador debe seguirse el mismo criterio que en el anterior; esto es, que las cifras por arriba del valor 1, expresan un aumento en la superficie agropecuaria; mientras que por debajo de 1, corresponden a una disminución.

El Cuadro 3.2 y las Figuras 3.2 y 3.3, muestran de manera detallada la expansión de las actividades agropecuarias en el área de estudio. Particularmente, es necesario mencionar que en las UP II, IV, V y VI-a, la superficie agropecuaria ha aumentado más de 8 veces; de hecho, salvo la UP IV todas las demás han crecido más de 17 veces, y en 1978 tenían menos del 1% de su superficie dedicada a labores agropecuarias. El fenómeno también se manifiesta de manera importante en las UP III y VI-c, ya que en todos estos casos la superficie dedicada a estas actividades por lo menos se cuadruplicó, pero en la UP VI-c se incrementó por más de 7 veces.

Por su parte las UP VI-d, IX, X-a y X-b son paisajes que a pesar de no haber aumentado en grandes cantidades la superficie agropecuaria, en el año 2000 alcanzaron un porcentaje bastante considerable, rebasando en todos los caso más del 15%.

La UP VIII, mostró poco dinamismo, igual que en el indicador anterior; así en el año 2000, esta UP dedicó 6.5% de su superficie a estas actividades, mientras que en 1978 ya tenía casi 4%. Esta dinámica escasa se puede deber a que se trata de una UP de lomeríos, donde las actividades agrícolas y pecuarias están más limitadas

por la topografía, además es una zona que no se caracteriza tanto por las actividades pecuarias, sino que se especializa en las agrícolas; en realidad es donde la agricultura tiene técnicas más avanzadas ya que se trata de una UP con luvisoles.

**Cuadro 3.2. Expansión de la frontera agrícola en las unidades de paisaje de las franjas limítrofes estatales entre los años de 1978 y 2000.**

Unidades de Paisaje	Superficie agropecuaria en 1978	Superficie agropecuaria en 2000	Crecimiento en la superficie agropecuaria
<b>UP-I</b>	4.7%	14.9%	3.188
<b>UP-II</b>	0.8%	13.1%	17.195
<b>UP-III</b>	2.4%	9.6%	4.100
<b>UP-IV</b>	1.2%	12.6%	10.938
<b>UP-V</b>	0.3%	10.6%	31.226
<b>UP-VI-a</b>	0.9%	20.1%	22.980
<b>UP-VI-b</b>	20.8%	16.6%	0.799
<b>UP-VI-c</b>	1.7%	12.2%	7.351
<b>UP-VI-d</b>	29.4%	36.4%	1.239
<b>UP-VII</b>	13.2%	26.7%	2.026
<b>UP-VIII</b>	3.9%	6.5%	1.654
<b>UP-IX</b>	11.1%	18.7%	1.689
<b>UP-X-a</b>	12.6%	20.8%	1.650
<b>UP-X-b</b>	12.5%	22.9%	1.826
<b>Franjas</b>	<b>7.2%</b>	<b>16.7%</b>	<b>2.310</b>

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

El caso de la UP VI-b es distinto; fue la única UP que presentó decremento en la superficie agropecuaria. Este dato se debe analizar más a detalle porque, si bien las actividades agropecuarias en conjunto descendieron, ello se debe a que los espacios pecuarios descendieron de 20.7% a 14.6% de la superficie; no obstante, los espacios agrícolas ascendieron de 0.04% a 2.0%, ello significa que algunas de las antiguas áreas de pastizal se dedicaron después a actividades agrícolas, y otras áreas fueron abandonadas y se han integrado a la cobertura selvática.

**Figura 3.2. Localización espacial de las áreas agropecuarias en las franjas limítrofes estatales**

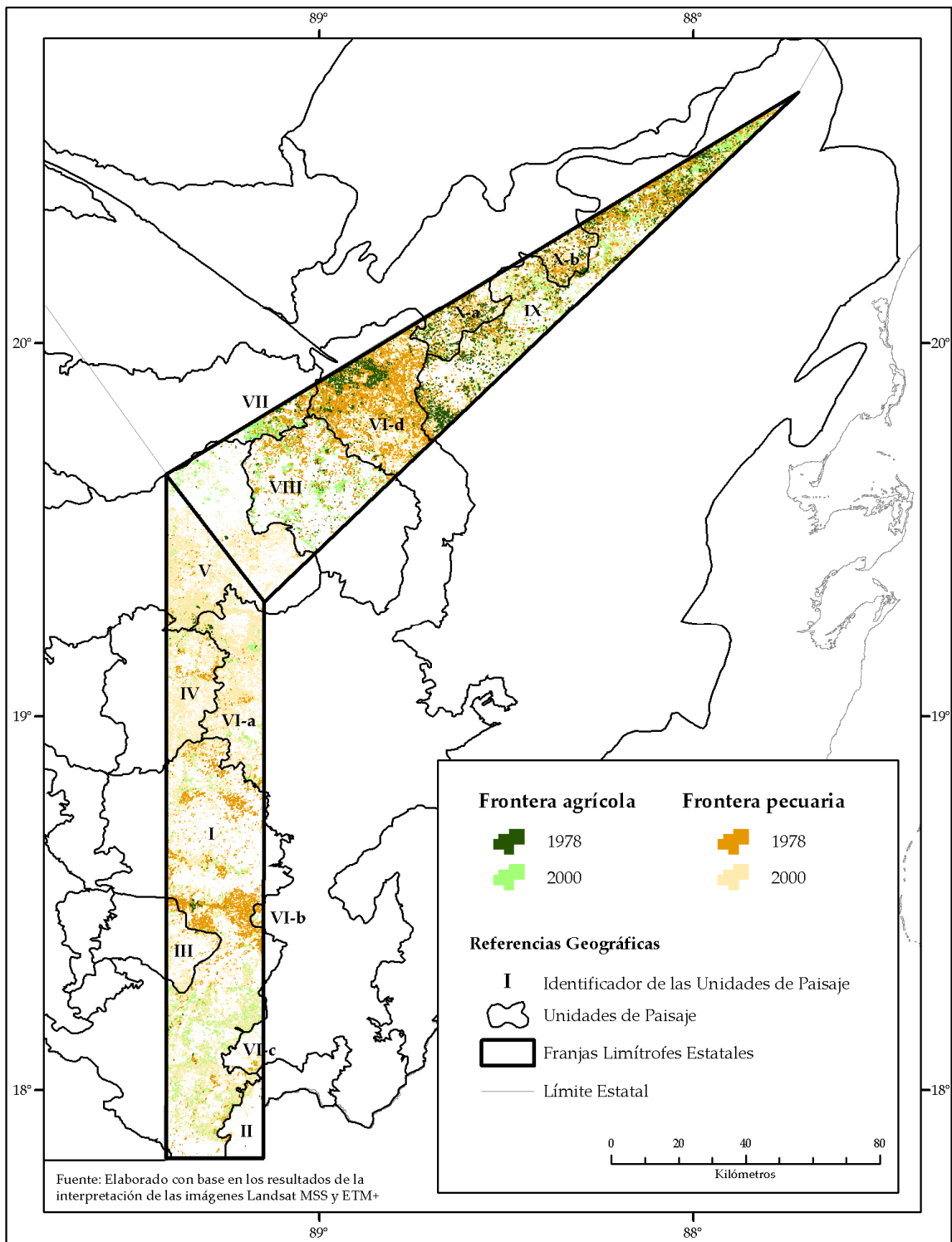
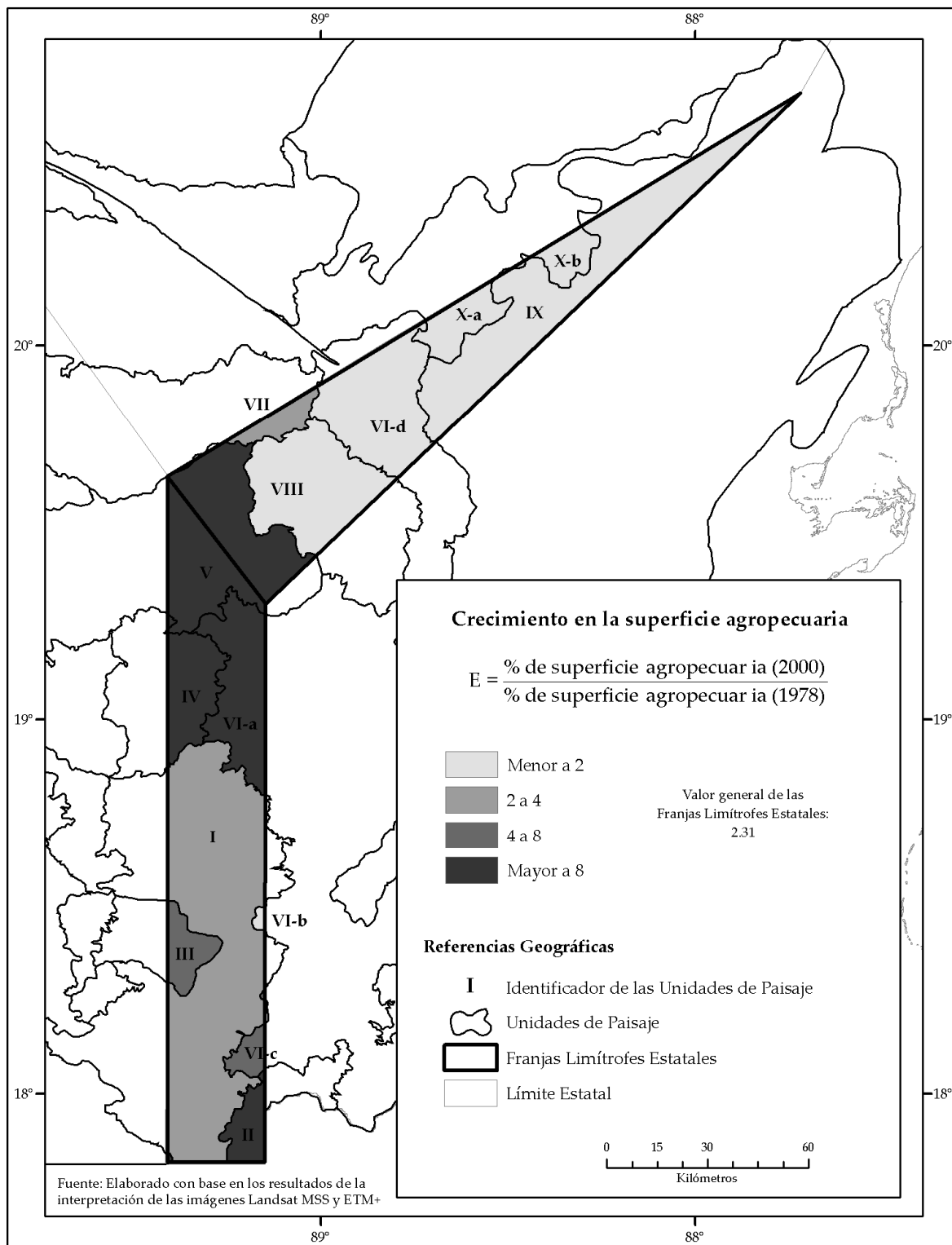


Figura 3.3. Extensión de la frontera agropecuaria en las franjas limítrofes



### 3.3. Tasa de deforestación

La tasa de deforestación es un indicador que manifiesta la presión sobre los recursos forestales; su importancia radica en que es un elemento esencial en la evaluación y diagnóstico territorial ya que refleja el comportamiento de otras variables tanto ambientales (clima, suelos, hidrología, etc.) como socioeconómicas (crecimiento demográfico, densidad de población, actividades económicas, etc.). Se busca que este indicador enfatice sobre aquellas UP que pudieron tener un cambio de su cubierta selvática, utilizada en sentido forestal, hacia las cubiertas de carácter antropogénico.

Para la realización de este indicador, se deben agrupar las coberturas leñosas; para el caso de esta investigación fueron las categorías de los tipos de selva: medianas sub-perennifolias, medianas sub-caducifolias y bajas sub-perennifolias y selvas fragmentadas.

Lo anterior se expresa mediante el empleo de la fórmula siguiente, propuesta por la FAO:

$$D = \left[ \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^{\frac{1}{(t_2 - t_1)}} - 1 \right] \times 1000$$

Donde;

D = Tasa de deforestación

A<sub>1</sub> = Superficie forestal al inicio del período

A<sub>2</sub> = Superficie forestal al final del período

t<sub>1</sub> = Año de inicio del período

t<sub>2</sub> = Año final del período

El cálculo de la tasa de deforestación, se multiplicó por 1000 para hacer las cifras más significativas. De esta manera, una tasa de 0, correspondería a un caso hipotético de nula deforestación, de lo que se desprende que los valores negativos corresponden a superficies deforestadas y los positivos a superficies reforestadas.

En el Cuadro 3.3 y en la Figura 3.4, se pueden ver que los resultados correspondientes a la aplicación de este indicador en las franjas limítrofes estatales son relativamente homogéneos.

**Cuadro 3.3. Tasa de deforestación en los años en las franjas limítrofes estatales entre los años 1978 y 2000.**

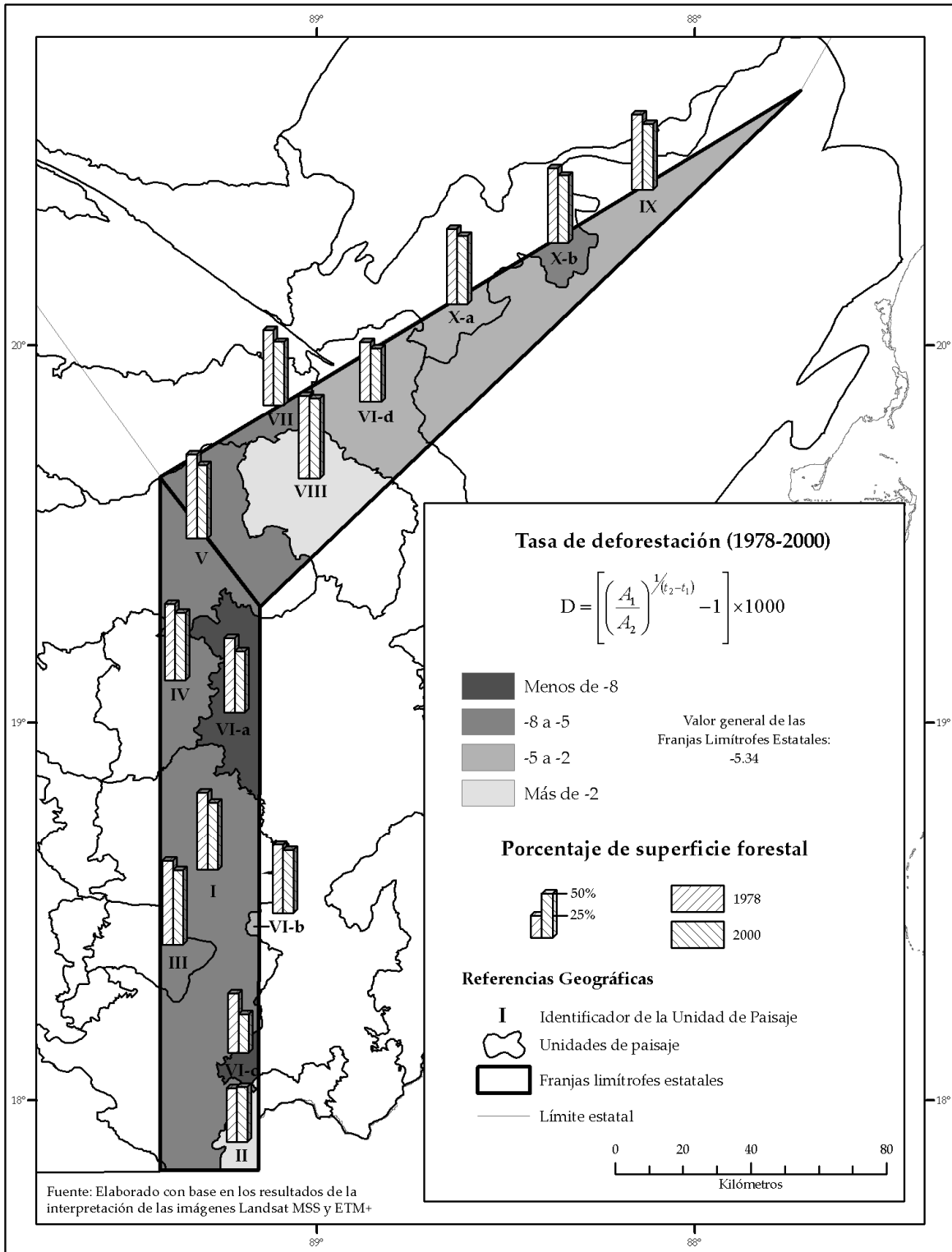
Unidades de Paisaje	1978			2000			Tasa de deforestación
	Superficie de la UP (km <sup>2</sup> )*	Superficie abarcada por selvas (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de selvas en la UP	Superficie de la UP (km <sup>2</sup> **	Superficie abarcada por selvas (km <sup>2</sup> )	Porcentaje de selvas en la UP	
<b>UP-I</b>	2,720.38	2,454.10	90.2%	2,636.78	2,059.86	78.1%	-6.520
<b>UP-II</b>	212.83	131.20	61.6%	82.91	52.49	63.3%	1.207
<b>UP-III</b>	232.35	224.82	96.8%	233.71	200.72	85.9%	-5.404
<b>UP-IV</b>	476.86	419.60	88.0%	478.62	372.30	77.8%	-5.588
<b>UP-V</b>	1,393.83	1,353.99	97.1%	1,394.83	1,186.53	85.1%	-6.015
<b>UP-VI-a</b>	730.58	629.93	86.2%	737.32	523.28	71.0%	-8.810
<b>UP-VI-b</b>	21.68	17.08	78.8%	22.12	16.09	72.7%	-3.608
<b>UP-VI-c</b>	119.10	82.27	69.1%	115.63	51.90	44.9%	-19.406
<b>UP-VI-d</b>	937.63	643.19	68.6%	940.26	578.28	61.5%	-4.951
<b>UP-VII</b>	174.47	150.74	86.4%	173.36	126.84	73.2%	-7.529
<b>UP-VIII</b>	1,007.01	966.38	96.0%	1,006.58	935.64	93.0%	-1.449
<b>UP-IX</b>	1,583.38	1,364.53	86.2%	1,581.13	1,230.75	77.8%	-4.615
<b>UP-X-a</b>	291.30	252.79	86.8%	293.42	231.31	78.8%	-4.356
<b>UP-X-b</b>	191.45	165.84	86.6%	191.53	146.01	76.2%	-5.791
<b>Franjas</b>	<b>10,092.85</b>	<b>8,856.46</b>	<b>87.7%</b>	<b>9,888.20</b>	<b>7,711.99</b>	<b>78.0%</b>	<b>-5.344</b>

\* Calculada mediante SIG con base en el tamaño de los píxeles de las imágenes Landsat MSS

\*\* Calculada mediante SIG con base en el tamaño de los píxeles de las imágenes Landsat ETM+

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

Figura 3.4. Deforestación en las franjas limítrofes estatales



Destaca particularmente, en sentido negativo, la UP VI-c, con una tasa inferior a -19; también la UP VI-a y VII poseen valores muy elevados, al deforestar más del 15% de sus selvas. También con una considerable pérdida de masa selvática, se establecen la UP I, que es la más extensa dentro del área de estudio y la UP V; en general, los valores más altos de deforestación corresponden a la zona de disputa entre Campeche y Quintana Roo, que eran las UP con mayor cobertura forestal en 1978.

Las UP que no han perdido una gran cantidad de selvas con respecto al año 1978, son la VI-b, VIII, IX y X-a; sin embargo, estos espacios tienen relación directa con las UP que menor avance de crecimiento del índice de antropización, por lo que se puede establecer que son espacios cuyas tasas más elevadas de deforestación se realizaron en años pasados al período abarcado por la presente investigación, dado que sus áreas agrícolas y pecuarias son los menos recientes.

Sin duda, la UP más conservada en cuanto a sus selvas es la VIII, ya que el 93% de su superficie es forestal. Otra UP que resultó muy bien posicionada en este indicador fue la II; sin embargo, los cálculos no se pueden aplicar a toda el área porque existe un faltante importante en el año 2000; por lo tanto, este valor se debe tomar con mucha reserva.

#### **3.4. Grado de avance de la vegetación no potencial**

El indicador de la tasa de deforestación no presentó una gran variabilidad en los datos, de hecho, las UP están relativamente cerca de la media de deforestación en el área de estudio, al perder, como promedio, el 12% de la cobertura leñosa. Sin embargo, verificados los datos de los cuadros 2.4 y 2.5, se manifiesta que muchas UP han perdido su vegetación potencial, llegando incluso a cifras de 2.6% y 3.6%



de selvas medianas sub-perennifolias para las UP VI-d y VI-a, respectivamente. La respuesta a este comportamiento no se encuentra tanto en la deforestación, sino en el avance de una vegetación que no es la potencial, como lo son las selvas sub-caducifolias y las selvas bajas y fragmentadas que tienen cantidades significativas de vegetación secundaria

Este indicador fue creado con el fin de constatar qué tanto ha avanzado la vegetación no potencial. Para ello, se procedió a conocer la superficie que en el año 2000 abarcó la vegetación potencial existente (VPE) con respecto a la vegetación potencial (VP) que debería existir en caso de no hallarse las actividades antrópicas. Se consideró que algunos otros tipos de vegetación como el popal-tular, la sabana y el palmar podrían fungir como geofacies naturales<sup>2</sup> de manera que no todas las UP tienen una VP igual a 100%.

Posteriormente, se analizó la presencia de la vegetación no potencial existente (VNPE) con respecto del resultado anterior, ello otorga una cifra en la que se pretende conocer el avance de la vegetación no potencial dentro de una UP que tiene una vegetación potencial existente, pero que se sabe que no abarca la totalidad de lo que debería, porque existen otras geofacies en las UP. Lo anterior se expresa mediante la fórmula:

$$\text{VNP} = \frac{\text{VNPE}}{\frac{\text{VPE}}{\text{VP}}}; \text{ de esta manera, } \text{VNP} = \frac{\text{VP} \times \text{VNPE}}{\text{VPE}}$$

Donde,

VNP = Grado de avance de la vegetación no potencial

VNPE = Vegetación no potencial existente

VPE = Vegetación potencial existente

VP = Posibilidad de extensión de la vegetación potencial

En el Cuadro 3.4 y la Figura 3.5, es posible apreciar los resultados de la aplicación de este indicador.

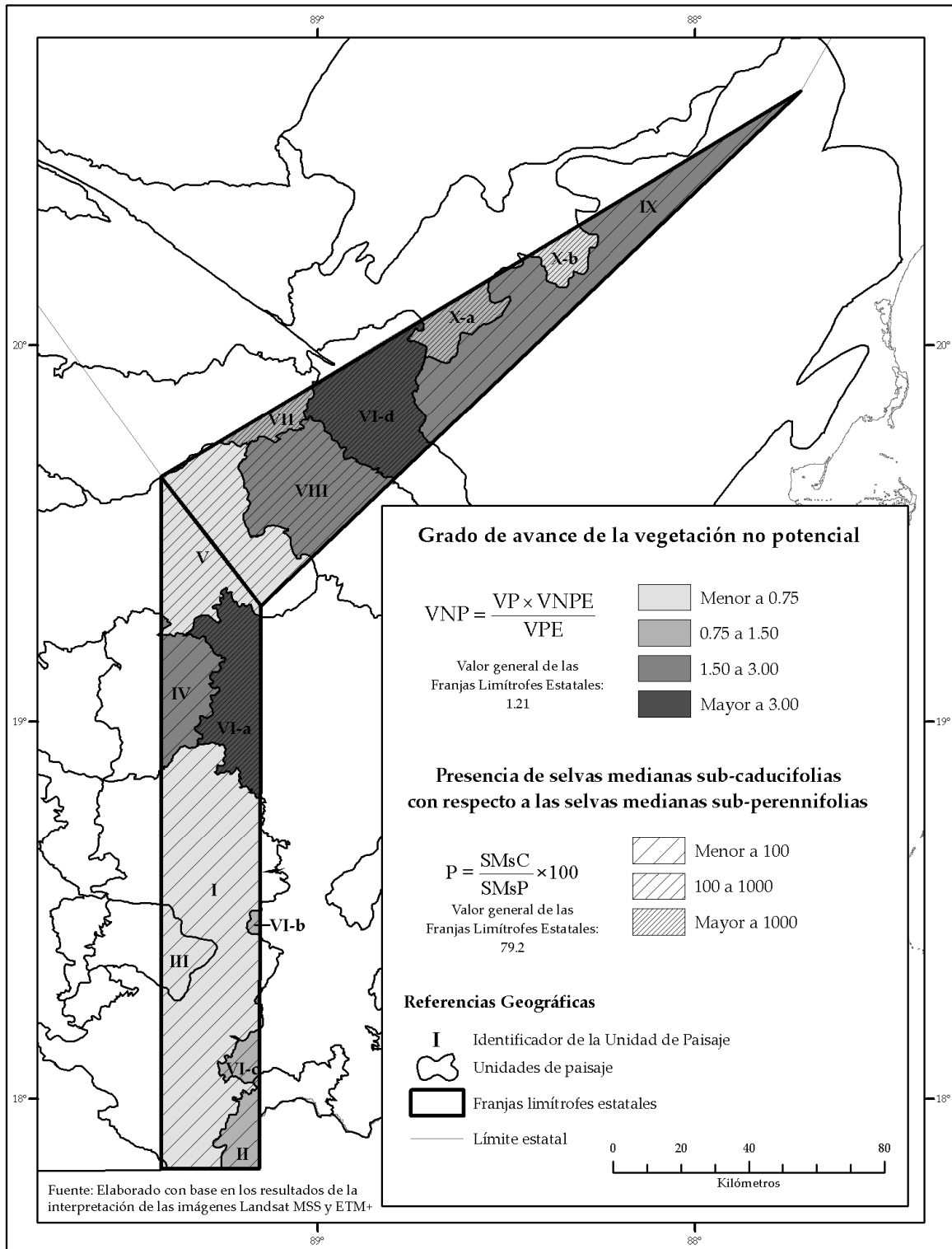
A este indicador se le añadió otro, con el fin de dar mayor validez al indicador creado, y que se refiere al porcentaje de existencia de selvas medianas subcaducifolias (SMsC) con respecto de las selvas medianas sub-perennifolias (SMsP).

**Cuadro 3.4. Grado de avance de la vegetación no potencial en las franjas limítrofes estatales**

Unidades de Paisaje	Posibilidad de extensión de la vegetación potencial	Vegetación potencial existente	Vegetación no potencial existente	Grado de avance de la vegetación no potencial	SMsC / SMsP
<b>UP-I</b>	94.02%	53.90%	24.22%	0.422	0.047
<b>UP-II</b>	78.44%	24.86%	38.44%	1.213	0.026
<b>UP-III</b>	96.39%	62.95%	22.94%	0.351	0.047
<b>UP-IV</b>	90.76%	20.20%	57.59%	2.588	0.608
<b>UP-V</b>	95.67%	49.88%	35.18%	0.675	3.864
<b>UP-VI-a</b>	91.76%	3.58%	67.39%	17.249	11.582
<b>UP-VI-b</b>	91.15%	29.71%	43.05%	1.321	0.079
<b>UP-VI-c</b>	59.43%	13.73%	31.16%	1.349	0.090
<b>UP-VI-d</b>	98.90%	2.58%	58.93%	22.624	12.054
<b>UP-VII</b>	100.00%	47.58%	69.25%	1.455	12.150
<b>UP-VIII</b>	100.00%	24.41%	68.54%	2.808	1.043
<b>UP-IX</b>	100.00%	27.99%	49.85%	1.781	0.536
<b>UP-X-a</b>	100.00%	36.53%	42.30%	1.158	12.214
<b>UP-X-b</b>	100.00%	55.33%	20.90%	0.378	60.029
<b>Franjas</b>	<b>95.43%</b>	<b>34.79%</b>	<b>44.21%</b>	<b>1.213</b>	<b>0.792</b>

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

**Figura 3.5. Avance de la vegetación no potencial en las franjas limítrofes estatales**



Es posible advertir que las UP con mayor avance de la vegetación no potencial son las UP VI-a y VI-d, que tienen los menores porcentajes de extensión de su vegetación potencial con 3.58 y 2.58%, y eran precisamente aquellas que habían llamado la atención y que el indicador de deforestación no había logrado distinguir en toda su magnitud. En ambos casos se observa que las selvas sub-caducifolias están extendidas más de 10 veces que las medianas sub-perennifolias, y ello sólo ocurre en UP que tienen vegetación potencial de selvas sub-caducifolias, como la UP VII, y selvas sub-perennifolias y sub-caducifolias intercaladas como la UP X-a y X-b. Se concluye, por lo tanto, que ambas UP se erigen como los paisajes más alterados en cuanto a la vegetación.

Las UP que también se constituyen como paisajes alterados, pero en menor grado que las anteriores, son las IV, VIII y IX. Dos de ellas son de lomeríos: en la IV se ha dado más un avance de las selvas bajas y fragmentadas, en tanto que en la VIII han aumentado las selvas sub-caducifolias. En el caso de UP IX, que en indicadores anteriores había mostrado poca dinámica porque los procesos son más antiguos, en este indicador manifiesta que tiene un grado importante de alteración vegetal; especialmente por las selvas bajas y fragmentadas, ya que las selvas sub-caducifolias todavía no superan en superficie a las sub-perennifolias.

El tercer grupo de UP con menor avance de vegetación potencial, se puede dividir en dos: las UP sureñas con una vegetación potencial aún conservada y poca presencia de selvas sub-caducifolias como lo son la UP II, VI-b, VI-c, y las UP del norte del área que corresponden a la VII y X-a, en donde se manifiesta una mayor presencia de selvas sub-caducifolias, pero esto se debe a que ellas constituyen la totalidad o una parte de su vegetación potencial, aún así, en la UP X-a se valora

que están extendidas formando manchones de este tipo de vegetación más localizados, los cuales deberían ser difíciles de distinguir.

Las UP más conservadas en cuanto a su vegetación potencial son la I, III, y ello se comprueba con el indicador de la presencia de selvas sub-caducifolias, en las que no se extiende más allá de 5% de la superficie. Otras UP poco alteradas de vegetación son la V y X-b, que no manifiestan tanto el fenómeno por ser espacios que pueden contener ambos tipos de selvas; no obstante, las selvas sub-caducifolias están ganando espacios muy importantes en la UP X-b.

### **3.5. Tipología del cambio de uso del suelo y vegetación**

El cambio de uso del suelo y vegetación se debe en gran parte a la interacción del ser humano con el medio natural. Dichos cambios indican el impacto de las actividades económicas y el desarrollo de las comunidades humanas sobre el territorio y sus recursos, y permiten identificar problemas relativos a la sustentabilidad de las actividades humanas (SEDESOL e Instituto de Geografía, 2004).<sup>3</sup>

Dados los indicadores anteriores, fue posible distinguir que hay semejanzas entre el cambio de uso del suelo entre las UP. Así resulta este indicador, que es más sintético que los anteriores, ya que por medio de valores cualitativos asignados al comportamiento de algunas coberturas seleccionadas, pretende establecer tipos de UP en función de procesos dinámicos semejantes relativos al cambio de las coberturas de uso del suelo y vegetación.

Las coberturas seleccionadas para sujetarse a la evaluación de este indicador fueron aquellas que tuvieran presencia en todas las UP. De esta manera, se descartaron las categorías siguientes:

- Palmar, cuya presencia no se pudo encontrar mediante la interpretación de las imágenes para las UP VI-d, VII, VIII, IX y X;
- Cuerpos de agua, los cuales no están presentes en todas las UP; además, debido a su escasa extensión territorial, el cálculo de su superficie está afectado por la resolución espacial del sensor;
- Sabana, que está en estrecha relación con la presencia de cuerpos de agua y por lo tanto, no se presenta en todas las UP; y
- Popal-tular, que tampoco se encuentra en todas la UP.

De esta manera, la agricultura, las localidades y caminos, los pastizales y los tres tipos de selva identificados, fueron las categorías de la leyenda consideradas para la realización de este indicador.

En el Cuadro 3.5 se detalla el comportamiento de dichas coberturas en el período comprendido entre 1978 y 2000, y con base en estos resultados, se procedió a asignar los valores cualitativos con respecto a los parámetros detallados en el Cuadro 3.6.

Los valores cualitativos asignados pueden parecer muchos para establecer una tipología; no obstante, según los resultados del Cuadro 3.5, es posible advertir que existe una gran variabilidad de datos; por ejemplo, la UP X-b en el año 2000 tuvo tan sólo el 2.4% de las selvas medianas sub-perennifolias con respecto al año 1978; en contraparte la UP II tuvo un crecimiento superior a 60 veces en la categoría de

localidades y caminos; por esta causa, no es muy conveniente perder tanto detalle al generalizar demasiado.<sup>4</sup>

**Cuadro 3.5. Relación de existencia de las categorías seleccionadas en el año 2000 con respecto al año 1978.**

Unidades de Paisaje	Porcentaje de existencia de los elementos en el año 2000 con respecto al año 1978					
	Agric	Loc-C	Past	SBsP	SMsC	SMsP
<b>UP-I</b>	5.969	3.640	3.030	0.819	5.821	0.852
<b>UP-II</b>	18.662	66.577	17.035	1.023	1.488	1.024
<b>UP-III</b>	8.324	4.648	3.978	0.936	11.674	0.838
<b>UP-IV</b>	11.840	1.133	10.858	0.822	2.416	0.726
<b>UP-V</b>	12.026	0.988	46.782	0.658	1.196	0.975
<b>UP-VI-a</b>	22.251	3.952	23.102	0.456	3.819	0.193
<b>UP-VI-b</b>	44.199	8.631	0.703	1.655	15.711	0.550
<b>UP-VI-c</b>	34.024	24.814	6.067	0.685	0.612	0.609
<b>UP-VI-d</b>	1.811	1.584	0.940	1.484	3.135	0.065
<b>UP-VII</b>	4.348	0.283	1.257	1.247	0.838	0.320
<b>UP-VIII</b>	4.217	5.126	0.923	1.304	2.362	0.468
<b>UP-IX</b>	2.384	1.230	1.197	1.007	1.297	0.699
<b>UP-X-a</b>	1.373	0.626	1.942	0.920	1.785	0.126
<b>UP-X-b</b>	1.777	1.373	1.872	0.456	17.783	0.024

Agric = Agricultura

Loc-C = Localidades y caminos

Past = Pastizal

SBsP = Selva baja sub-perennifolia y selvas fragmentadas

SMsC = Selva mediana sub-caducifolia

SMsP = Selva mediana sub-perennifolia

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

Al aplicar los criterios de los valores cualitativos a cada una de las categorías, surge el Cuadro 3.7, a partir del cual, es posible generar los tipos de UP en función de procesos semejantes de cambio de cobertura.

**Cuadro 3.6. Criterios para otorgar los valores cualitativos, según comportamiento de las categorías seleccionadas**

Mayor a 3.00	CA	Crecimiento alto
1.10 a 300	C	Crecimiento
0.90 a 1.10	I	Igual superficie
0.60 a 0.90	D	Disminución
Menor a 0.60	DA	Disminución alta

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

**Cuadro 3.7. Tipología de Unidades de Paisaje, según los valores cualitativos asignados de acuerdo con el comportamiento de las categorías**

Unidades de Paisaje	Agric	Loc-C	Past	SBsP	SMsC	SMsP	Tipo
<b>UP-I</b>	CA	CA	CA	D	CA	D	A
<b>UP-II</b>	CA	CA	CA	I	C	I	B
<b>UP-III</b>	CA	CA	CA	I	CA	D	A
<b>UP-IV</b>	CA	C	CA	D	C	D	B
<b>UP-V</b>	CA	I	CA	D	C	I	C
<b>UP-VI-a</b>	CA	CA	CA	DA	CA	DA	A
<b>UP-VI-b</b>	CA	CA	D	C	CA	DA	D
<b>UP-VI-c</b>	CA	CA	CA	D	D	D	E
<b>UP-VI-d</b>	C	C	I	C	CA	DA	D
<b>UP-VII</b>	CA	DA	C	C	D	DA	C
<b>UP-VIII</b>	CA	CA	I	C	C	DA	D
<b>UP-IX</b>	C	C	C	I	C	D	B
<b>UP-X-a</b>	C	D	C	I	C	DA	C
<b>UP-X-b</b>	C	C	C	DA	CA	DA	A

Fuente: Elaborado con base en los resultados de la interpretación de las imágenes Landsat MSS y ETM+

De acuerdo con la cantidad de UP, no se puede establecer una gran cantidad de grupos tipológicos de cambio en el uso del suelo y vegetación, ya que se estaría entrando al terreno de la individualidad; por esta razón, se deben observar tendencias y procesos generales más allá de una alta correspondencia entre los



valores cualitativos asignados. De esta manera, se pudieron establecer cinco tipos de cambio expresados en la Figura 3.6.

Ahí es posible advertir que los distintos tipos de cambio en las UP tienen una secuencia espacial. En esta figura lo que se muestra en entramado son las categorías en crecimiento, ya sea de actividades antrópicas (en entramado diagonal), o de los tipos de vegetación (en entramado horizontal) los cuales, a pesar de no ser considerados como vegetación potencial, están expandiéndose en gran medida como resultado de la acción humana; por su parte, el fondo cualitativo del mapa no representa la vegetación potencial de cada UP, sino la cobertura más afectada o que ha sufrido una mayor disminución; lo cual, en prácticamente todos los casos, corresponde a las selvas medianas sub-perennifolias.

*A) Crecimiento de actividades antrópicas con alta expansión de selvas sub-caducifolias sobre selvas medianas y bajas sub-perennifolias y selvas fragmentadas.*

Se trata de unidades de paisaje que tuvieron un avance muy significativo de actividades antrópicas (agricultura, ganadería e infraestructura urbana); asimismo, tuvieron una expansión acelerada de selvas medianas sub-caducifolias que no constituyen la vegetación potencial. Las UP que resultaron con este tipo de cambio en el uso del suelo son la I, III, VI-a y X-b, y se pueden asociar con un crecimiento alrededor de localidades de reciente importancia.<sup>5</sup>

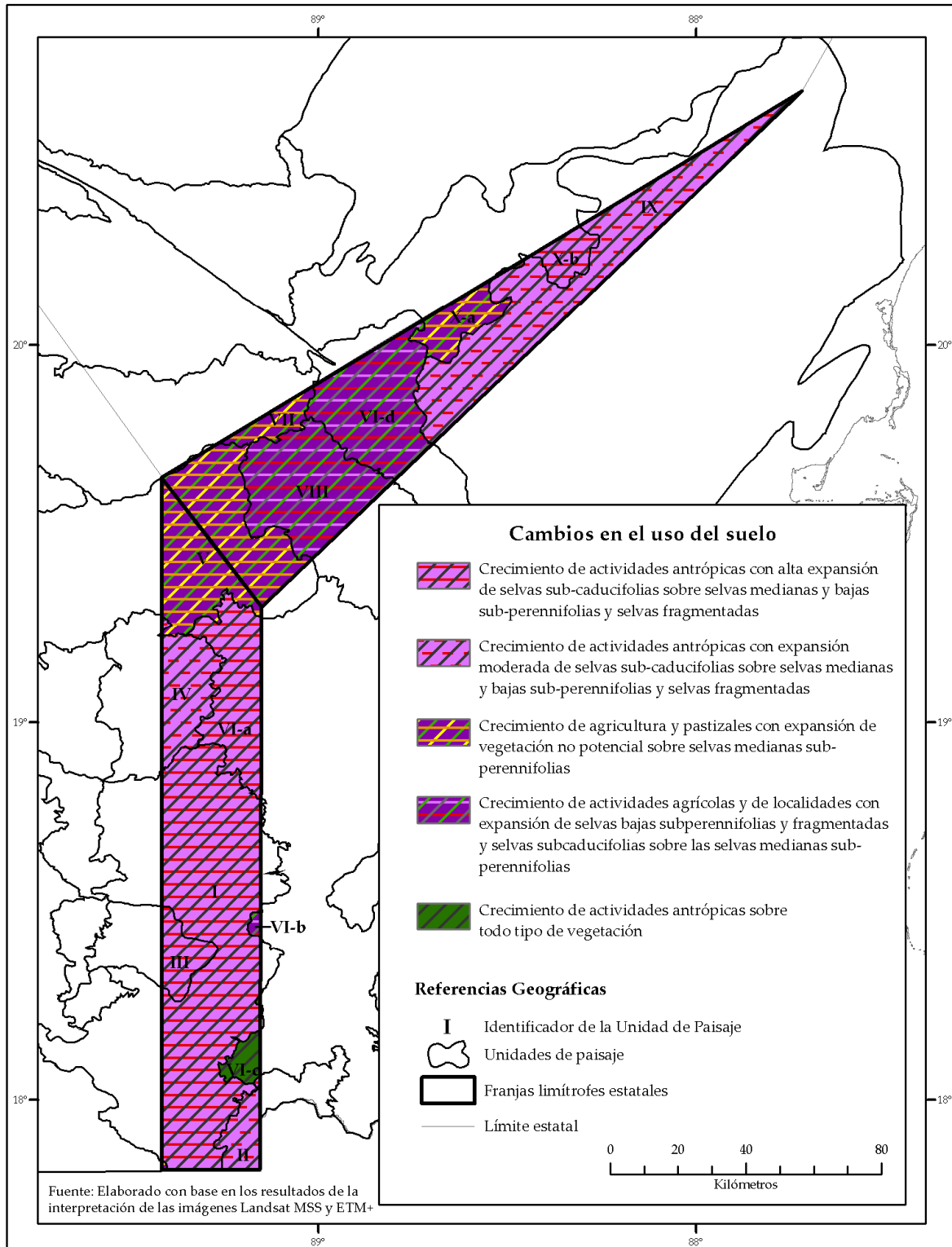
En el caso de las UP I, III y VI-a, X-Pujil constituye la localidad central, ya que desde 1997 es la cabecera municipal del reciente municipio de Calakmul, y a ella se empiezan a articular funcionalmente localidades como: Unión Veinte de Junio, Nuevo Becal, Zoh-Laguna, Tomás Aznar, Veinte de Noviembre, e incluso algunas sureñas como Nuevo Paraíso, Nuevo Veracruz, Santa Rosa y Lic. Manuel Crescencio. Todas estas localidades generan un radio de acción antrópica con áreas de agricultura y pastizales, que se encuentran dispersas. La introducción de estas actividades se realiza con el método tradicional “roza, tumba y quema” que causa un calentamiento discreto, pero paulatino, en el ambiente, que genera que la vegetación de selvas medianas sub-caducifolias se introduzca. Para la UP X-b, Tihosuco se configura como la localidad hacia la cual existe una mayor articulación. (Anexo A)

*B) Crecimiento de actividades antrópicas con expansión moderada de selvas sub-caducifolias sobre selvas medianas y bajas sub-perennifolias y selvas fragmentadas.*

En estas UP también se ha incrementado la actividad antrópica, aunque el avance de las selvas medianas sub-caducifolias es más moderado. Especialmente se encuentran separadas, ya que el tipo de cambio se manifiesta sobre las UP II, IV y IX; sin embargo, estas UP son contiguas al tipo de cambio de uso del suelo anterior, lo que conduce a reflexionar que el avance de la vegetación no potencial se desvanece, y los motivos particulares se mencionan a continuación (Anexo B).

La UP II tiene las localidades más alejadas de X-Pujil, como lo son Pioneros del Río, Arroyo Negro y Justo Sierra Méndez y, aunque la acción antrópica es muy elevada, el avance de las selvas medianas sub-caducifolias todavía no se presenta de manera

**Figura 3.6. Tipología del cambio de uso del suelo por Unidades de Paisaje**



tan avanzada, por lo que se puede reflexionar que en este caso el avance de la vegetación no potencial se desvanece en función de la lejanía de las localidades. Esto mismo se cumple para la UP IV, cuya localidad, X-Canhá, está relativamente alejada de X-Pujil, pero en este caso particular, la acción antrópica, y especialmente el avance de infraestructura urbana, no es muy significativo, por tratarse de una UP de lomeríos y no de mesetas y planicies como son todos los casos anteriores. El caso de la UP IX es distinto, porque se sitúa sobre espacios donde la acción antrópica es más antigua y se ha estabilizado; por lo tanto, también se ha reducido el avance de la vegetación no potencial; no obstante, continúa.

*C) Crecimiento de agricultura y pastizales con expansión de vegetación no potencial sobre selvas medianas sub-perennifolias.*

Las UP que manifiestan este tipo de cambio en el uso del suelo (V, VII y X-a), tienen un comportamiento atípico de vegetación potencial al resto de las UP, ya que en dos de estas UP (V y X-a) no existe un claro dominio de un determinado tipo de vegetación potencial ya que se sitúan en zonas donde puede haber presencia de selvas medianas sub-perennifolias y sub-caducifolias; sin embargo, se puede apreciar que las selvas sub-caducifolias han incrementado su presencia, y ahora ocupan más superficie que las selvas sub-perennifolias, las cuales han retrocedido; por otro lado, en la UP VII, que tiene un potencial de vegetación de selvas sub-caducifolias, se observa un incremento de las selvas bajas y fragmentadas que tienen una gran cantidad de vegetación secundaria (Anexo C).

Las UP V y VII son espacios de prácticamente nula presencia humana; de hecho, en toda la UP V, no existe una localidad mayor a los 100 habitantes, esto puede deberse a que se trata de una planicie con lomeríos circundada por dos UP de

lomeríos; por lo tanto, posee menos altitud y es una zona proclive a poseer terrenos inundables en época de lluvias y la presencia de suelos arcillosos, y es justamente esta UP la que contiene los dos puntos *Put*. Sin embargo, poseen rancherías en las cuales se ha incrementado la acción agrícola y ganadera.

*D) Crecimiento de actividades agrícolas y de localidades con expansión de selvas bajas subperennifolias y fragmentadas y selvas subcaducifolias sobre las selvas medianas sub-perennifolias.*

Este tipo de cambio en el uso del suelo, se manifiesta en las UP VI-b, VI-d y VIII, en las que se han incrementado de manera sustancial la agricultura y la infraestructura urbana, pero no así las actividades ganaderas, las cuales, incluso, decrecieron. Nuevamente se puede citar el método tradicional “roza, tumba y quema” para la introducción de los espacios agrícolas, que, además de causar el calentamiento paulatino del ambiente, también es responsable de la fragmentación de los espacios selváticos y la alteración de la vegetación primaria, de tal manera que las selvas bajas sub-perennifolias y selvas fragmentadas que tienen cantidades significativas de vegetación secundaria, se han incrementado en estas UP (Anexo D).

La UP VI-d tiene el mayor porcentaje de su superficie dedicada a las actividades agrícolas, situación que ya se manifestaba desde la primera fecha de análisis, de manera que los espacios agrícolas han crecido casi al doble, pero es la UP en donde menos han crecido. También es conveniente señalar que esta UP posee localidad de José María Morelos, que es cabecera municipal del municipio del mismo nombre, perteneciente al estado de Quintana Roo. Esta localidad es la que más articula funcionalmente a las localidades menores dentro de la zona, como Santa Gertrudis,

La Presumida, San Felipe Primero, Candelaria, Puerto Arturo, Xnoh-Cruz, Dziuché, Justicia Social, Kantemó, Bulukax y Sabán, incluso Tihosuco y Tepich se pueden articular con José María Morelos, aunque también tienen conexión con otras localidades de los municipios de Yucatán, especialmente con Valladolid y Chemax. Toda esta articulación de localidades y el crecimiento de los espacios agrícolas han hecho que esta UP sea la de mayor avance de selvas medianas sub-caducifolias, con respecto a todas las UP que tienen selvas medianas sub-perennifolias como vegetación potencial, y se configura como una de las UP más alteradas por la actividad humana.

La UP VIII, por su parte, es una UP muy estable con una de las menores tasas de deforestación y relativamente poco avance de las selvas medianas sub-caducifolias; las cuales sin embargo han aumentado por el crecimiento de espacios agrícolas y de infraestructura urbana. Esta UP tiene los espacios agrícolas más productivos de toda el área de estudio, que poseen tierras de riego en donde se cultivan diversos frutos tropicales como la papaya; esto se debe a que los luvisoles que posee, no son suelos propiamente agrícolas, pero pueden aprovecharse para el cultivo de árboles frutales tropicales. La razón del menor avance de la vegetación no potencial puede deberse a que se trata de una UP de lomeríos que son estructuras que protegen de manera natural a la vegetación original y además tienden a tener menos dispersos los espacios agrícolas; sin embargo, en esta UP han avanzado significativamente las selvas bajas y fragmentadas.

La UP VI-b es la de menor extensión territorial de las analizadas. En este espacio las selvas medianas sub-caducifolias no tienen una presencia significativa; sin embargo los resultados arrojan un avance porque en la primera fecha de análisis eran prácticamente nulas, esto puede deberse en gran parte a la mejor resolución

de la imagen Landsat del año 2000. Sin embargo, la tipificación de esta UP en esta categoría es adecuada por el avance de los espacios agrícolas sobre antiguas áreas de pastizales. También es posible advertir el avance de las selvas bajas y fragmentadas, con vegetación secundaria sobre las selvas medianas sub-perennifolias. En esta UP no existe una localidad, pero el avance de la infraestructura puede deberse al ensanchamiento de la carretera Escárcega-Chetumal, que es significativo si se toma en cuenta la dimensión de la UP.

*E) Crecimiento de actividades antrópicas sobre todo tipo de vegetación.*

La única UP que manifestó este comportamiento fue la VI-c, donde todas las actividades antrópicas han ido en aumento independientemente de la vegetación que pudiera existir. Debe destacarse que esta UP pertenece a la UP VI que en conjunto tiene potencial para las selvas medianas sub-perennifolias; sin embargo, tiene que mencionarse que los palmares que contiene constituyen una geofacies natural por tener suelos sujetos a inundación; no obstante, según Rzedowsky (1981), los palmares también se deben al desmonte de selvas, lo que concuerda con el incremento de la actividad antrópica en esta UP y también con el incremento de la superficie de palmares.

Los palmares, generalmente, presentaron una zona de transición vegetativa entre ellos y las selvas medianas sub-perennifolias, esa zona está ocupada por las selvas bajas, por lo que también pueden considerarse como parte de una geofacies natural; sin embargo al aumentar la superficie antrópica, y la superficie de palmares, todas las coberturas selváticas disminuyeron entre 60 y 70% (Anexo E).

---

## NOTAS

<sup>1</sup> Para los trabajos que comprendan otras zonas de estudio se deben también incluir todos los tipos de bosque, matorral, pastizal natural y pradera de alta montaña.

<sup>2</sup> Debe reconocerse que no todo el palmar debe considerarse geofacies natural, ya que mucho es causado por las actividades antrópicas después del desmonte de las selvas; sin embargo, en una interpretación por medio de imágenes de satélite, e incluso en campo, es difícil discernir entre unos palmares y otros.

<sup>3</sup> En esta Guía Metodológica el indicador se presenta como “Cambio de uso del suelo y vegetación”. Allí se menciona la importancia de este indicador como identificador espacial y cuantificador de los cambios, lo que contribuye a la caracterización del territorio y a la ubicación de áreas de atención prioritarias; de esta manera, los datos se presentan desagregados y lo común es la identificación de áreas de cambio y áreas sin cambio. Sin embargo, ante la imposibilidad técnica para la realización de este indicador, se procedió a usar una metodología más cualitativa para establecer las coberturas más afectadas y las de mayor crecimiento en cada unidad de paisaje identificada.

<sup>4</sup> No se utilizó el método de las unidades tipificadas y score tipológico por dos razones fundamentales: en principio no existe el problema de comparar variables con diferentes unidades de medición, en este caso todas las categorías están en porcentaje de la superficie para el año 2000 con respecto a la superficie del año 1978. Por otro lado, ese método requiere de que a cada categoría se le hubiera obtenido la media y la desviación estándar con lo cual se homogenizan los resultados; por ejemplo si la media de la superficie las selvas medianas sub-perennifolias es que exista en el 2000 el 60% de lo que existía en 1978 entonces no resulta ser tan alarmante aquellas unidades de paisaje que tengan sólo el 40% ya que este valor es muy cercano a 60%; en cambio si la superficie agrícola crece en promedio 70 veces, las UP que crecieron 50 veces se verían en un rango no muy alto pues ambos valores están relativamente alejados.

<sup>5</sup> Es necesario mencionar que, a pesar de que algunas de estas UP, como la I y la III, aún no tienen un porcentaje alto de selvas medianas sub-caducifolias, éstas han avanzado mucho, ya que en el primer año de análisis casi no tenían representatividad.



## CONCLUSIONES

La complejidad en la división territorial de la Península de Yucatán se ha debido al proceso histórico acontecido. Sin embargo, lejos de acercarse a una resolución, cada vez las instituciones estatales y federales, así como las distintas cartografías producidas, se han encargado de complicar más la división estatal. El caso de la división territorial de la Península de Yucatán se encuentra dentro de la Suprema Corte de Justicia de la Nación desde 1997, y ahí ha estado sin resolución alguna a pesar de que existen muy diversos y sólidos argumentos por parte de los estados involucrados. Probablemente no sea una resolución apegada a las investigaciones académicas la que otorgue una resolución al conflicto, ya que territorios especiales como éste se encuentran sujetos a la fuerza política de sus gobernadores y dirigentes. El camino político y de negociación podría ser el que más pronto otorgue alguna resolución, aunque también se ve lejano.

Es importante que exista una comisión nacional que se dedique a fijar los límites estatales y municipales tanto en la cartografía como en el terreno, ya que todos los planes y programas de desarrollo se sujetan a algún territorio, el cual en muchos casos, no está bien definido, esto se debe tener en cuenta porque en México existen otros conflictos territoriales. En este sentido ya existen algunos intentos por crear comisiones especiales de límites territoriales para resolver los problemas entre entidades federativas; la comisión creada por el Distrito Federal y el estado de México ya está en funciones, y se prevé otra para resolver los problemas entre Jalisco y Colima.

Con respecto al medio físico geográfico, el área de estudio, pese a su gran extensión, se puede catalogar como una zona relativamente homogénea si se toman como base criterios generales; así, predominan: el tipo de relieve plano, la unidad litológica de calizas, el clima cálido subhúmedo, la geomorfología kárstica, las rendzinas o suelos *tzek'el* como unidad de suelo más extendida, y también la vegetación de selva. Sin embargo a un nivel más detallado, se pueden observar diferencias micro-regionales.

El sur de la zona de estudio, y en especial de la franja A, posee las mayores altitudes, litología más antigua, y el clima es ligeramente más húmedo (ya que la diferencia entre los meses húmedos y secos es menos marcada). La influencia del clima propicia una vegetación más abundante y ocasiona selvas altas y medianas subperennifolias. Por su parte, en la porción norte de la franja A y en casi toda la franja B existe una menor altitud de la plataforma, una litología relativamente más reciente y un clima menos húmedo, porque la diferencia entre los meses secos y húmedos es más marcada; por lo tanto, hay una mayor presencia de selvas bajas y medianas subcaducifolias. Además, en la franja B existe mayor impacto antrópico sobre la vegetación por las actividades agrícolas y pecuarias; por lo cual, existen mayores disturbios que originan mayor cantidad de vegetación secundaria, la cual actualmente está muy extendida sobre la península. Estas diferencias al interior de las franjas limítrofes son las que ayudan para el comienzo de la identificación de paisajes.

Las unidades de paisaje (UP) delimitadas en la presente investigación son el resultado de una combinación compleja de una serie de características físico-geográficas del territorio y responden a un momento único. Ese momento elegido corresponde al año 1978, que se considera dentro de un pasado reciente; ello no

significa que en un pasado lejano, este mismo territorio pudo haber tenido una configuración distinta de paisajes; de la misma manera que, en un futuro, los paisajes en esta zona pueden tener una distribución distinta.

En la búsqueda de la delimitación de las UP, la presente investigación tomo como año de referencia la fecha más antigua (año 1978); la otra fecha analizada (año 2000) no es muy lejana; y por lo tanto, no se espera que para esa fecha exista un cambio radical en la configuración de paisajes, si se toma en cuenta estos procesos conllevan una escala temporal más larga; sin embargo, es posible advertir algunas modificaciones en la dinámica interna de las UP y los flujos de energía.

En general, la información obtenida del uso del suelo en las UP identificadas tiene una marcada tendencia hacia la antropización, y esta propensión es más marcada en aquellas UP que en 1978 estaban muy poco tocadas por el hombre.

De una manera más particular, la franja en disputa entre Yucatán y Quintana Roo presenta las zonas de ocupación humana más antiguas dentro de la zona de estudio, lo que significa que en esa zona en la primera fecha analizada ya tenía unos espacios agrícolas y ganaderos definidos así como una red de localidades más estructurada, es por esta razón que el indicador del crecimiento antrópico es más moderado en las UP que se sitúan en esta porción de la zona de estudio; de manera muy semejante se comporta el indicador del crecimiento en la superficie agrícola.

Por su parte la franja de disputa entre Campeche y Quintana Roo posee las UP menos tocadas por la acción humana en 1978, y ahí se manifiestan los más altos crecimientos antrópicos y agrícolas para el año 2000. En estos paisajes se han estructurado paulatinamente la red de localidades y también se ha definido la configuración de los espacios agrícolas y pecuarios.

El indicador de la tasa de deforestación no manifestó una correlación estadística importante con los indicadores del crecimiento antrópico y el crecimiento de la superficie agrícola, lo que se debe en gran parte a que el porcentaje de deforestación resultó ser muy homogéneo en muchas UP, salvo algunos casos particulares.

La homogeneidad en los resultados del porcentaje de deforestación se debe, principalmente, a que algunas UP no han perdido grandes cantidades de cubiertas leñosas aunque sí han transformado su vegetación natural.

En la gran mayoría de las UP identificadas se manifestó que la vegetación potencial era de selvas medianas sub-perennifolias, las cuales tuvieron descensos y en algunos casos fueron muy marcados, por su parte la cobertura de selvas sub-caducifolias creció en prácticamente todas las UP, a pesar de que casi ninguna dichas de selvas fueron identificadas como vegetación potencial.

Este comportamiento puede ser atribuible a que las selvas medianas sub-caducifolias resisten mayores condiciones de sequía y calor que las selvas sub-perennifolias, lo que está estrechamente relacionado con la acción antrópica, la cual aporta un calentamiento, tanto a escala mundial, como en estos espacios donde existe el tradicional proceso del “roza, tumba y quema”. Otra cobertura natural que presentó crecimiento en algunas UP, fue la de las selvas bajas sub-perennifolias y las selvas fragmentadas, lo cual también está relacionado con la acción humana. Por lo tanto, en la zona de estudio se puede hablar de deforestación como tal, aunque también es importante hablar de una fragmentación y una alteración de la vegetación potencial causada por la acción del ser humano.

El uso de suelo forestal es el más extendido dentro de la zona de estudio, aunque actualmente tiene poco valor. Las maderas preciosas como el cedro rojo y la caoba están prácticamente acabadas y las demás maderas, aunque alcanzan un buen tamaño, no son muy comerciales; a menudo poseen irregularidades en el tejido leñoso lo cual es indeseable en la búsqueda de una mayor calidad de la madera; además, la extracción de la madera suele ser más costosa por las numerosas lianas que impiden la caída libre de los troncos.

Quizás sea por esta razón que el uso de suelo agrícola es el que más ha crecido. En la zona de estudio la actividad agrícola se ha manifestado desde tiempos prehispánicos y desde entonces ha tenido altos impactos sobre la cobertura selvática. Las características climáticas favorecen que la agricultura se pueda realizar casi ininterrumpidamente sin necesidad de riego, pero no es posible sostener los cultivos de manera perenne por las propiedades del suelo. Esta situación motiva a los pobladores de la zona a buscar nuevos espacios para realizar la agricultura por lo cual desmontan una nueva porción de selvas y abandonan sus antiguas parcelas, con lo cual se afecta la vegetación potencial y aparece un mosaico de vegetación secundaria arbórea, arbustiva y herbácea.

La gran mayoría de los suelos son rendzinas, que tienen una aptitud forestal y su productividad es baja para las labores agrícolas y ganaderas. Es por ello que se necesita una revaloración del manejo forestal de estos espacios selváticos sin que ello implique una deforestación, más bien podría virarse a incentivar los espacios agroforestales, que son incipientes. Este suelo, a diferencia de los arcillosos y rojizos como el luvisol, se considera bueno para el crecimiento satisfactorio de la caoba y el cedro, es un suelo negro y suave, aunque de poca profundidad; también son aptos para el cultivo del palo mulato conocido regionalmente como *chakah'* que

es una madera suave de la que se puede obtener triplay. Si se consideran que existan condiciones óptimas para el crecimiento de los árboles maderables, se deben esperar 12 años para el corte, para que los árboles alcancen unas 12 pulgadas de diámetro.

Los ecosistemas de la selva alta, mediana y baja sub-perennifolia y la vegetación hidrófita de las zonas inundables (*ak'al-chés*) y aguadas se caracterizan por su gran diversidad, riqueza y fragilidad, por lo que se hace necesario planificar y administrar integralmente el cuidado y uso adecuado de los recursos ecológicos de la región.

Actualmente, las actividades antrópicas, tales como la actividad agropecuaria y la minera, entre otras, están originando cada año la pérdida de grandes superficies de selvas en la región, lo que no sólo constituye la pérdida de biomasa en sus diferentes formas de vida (árboles, arbustos, herbáceas, epifitas, palmeras, etc.), sino que pone en peligro a la biodiversidad y refugios de la fauna silvestre, así como los servicios ambientales.

Además, su acción ha ocasionado la transformación de la cobertura de las selvas, lo que causa, tanto en escalas locales como continentales, un aumento significativo en la temperatura superficial y la disminución de la evaporación y de la precipitación y origina, como se ha visto, el avance de las selvas sub-caducifolias que soportan mejor estas nuevas condiciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- ART, H.W. (1993). *The Dictionary of Ecology and Environment Science*. USA: Henry Holt and Company, Inc. 632 p.
- AZNAR, T. y CARBÓ, J. (1861). "Elementos para formar el Estado". En: *Calakmul: Volver al sur* (1997). Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 89-105.
- BENAYAS, J. (1992). *Paisaje y educación ambiental. Evaluación de cambios de actitudes hacia el entorno*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Transporte. 249 p.
- BOUL, S.W.; HOLE, F.D.; Mc. CRAKEN R.J. (1998). *Génesis y clasificación de los suelos*. México: Trillas. 417p.
- BUNCE, R.G.H.; RYSZKOWSKI, L. y PAOLETTI, M.G. (1993). *Landscape ecology and agroecosystems*. USA: Lewis Publishers. 241 p.
- BUREL, F y BAUDRY, J. (2003). *Landscape ecology: concepts methods and applications*. Enfield, New Hampshire: Sience Publishers. 362 p.
- CANTO, A. (1976). *La Guerra de Castas en Yucatán*. Mérida: Ediciones de la Universidad de Yucatán. 204p.
- CAREAGA, L. (1990). *Quintana Roo. Una Historia Compartida*. México: Instituto de Investigaciones José María Luis Mora. 411p.
- CHÁVEZ, A. *et. al.* (2002). "Una experiencia transdisciplinar: El estudio geográfico del medio físico en el sector central del municipio de Mazamitla, Jalisco" En: *Paisaje, instrumento de gestión*. (Revista Geocalli de la Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, División de Estudios Históricos y Humanos, Departamento de Geografía y Ordenación Territorial). Año 3, Núm. 5. Guadalajara: Gráfica Nueva. pp. 14-112.
- CHUVIECO, E. (1996). *Fundamentos de teledetección espacial*. Madrid: RIALP, S.A. 568 p.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD y GARCÍA, E. "Península de Yucatán" En *Carta de climas*. Esc. 1:1,000,000.
- COMMONS, Á. (2002). *Cartografía de las Divisiones Territoriales de México 1519-2000*. México: Instituto de Geografía, UNAM. 96p.

- CORTINA, S., MACARIO, P. y OGNEVA, Y. (1998). "Cambios en el uso de suelo y deforestación en el sur de los estados de Campeche y Quintana Roo. En: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía No. 38*. México: Instituto de Geografía, UNAM. pp. 41-56.
- DACHARY, A.C. y ARNAIZ, S.M. (1984). *Estudios Socioeconómicos Preliminares de Quintana Roo. El territorio y la Población (1902-1983)*. Puerto Morelos, Q.R.: Centro de Investigaciones de Quintana Roo A. C. 294p.
- De BOLÓS, M. (1992). *Manual de la ciencia del paisaje. Teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona: Masson. 273 p.
- De LEÓN, J.J. (1847). Karte von Yucatán. En: *Atlas de Mapas Antiguos de la Península de Yucatán*. México: Gobierno del Estado de Campeche – Grupo Tribasa. Mapa No. 118.
- DUMOND, D. (1997). "Breve historia de los pacíficos del sur". En: *Calakmul: Volver al sur*. Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 33-49.
- FITZPATRICK, E. A. (1996). *Introducción a la ciencia de los suelos*. México: Trillas. 288p.
- FORMAN, R. (2002). *Applying landscape ecology in biological conservation*. New York: Springer. 518 p.
- FREMONT, H. (1861). "Plano del estado de Campeche" En: *Atlas de Mapas Antiguos de la Península de Yucatán*. México: Gobierno del Estado de Campeche – Grupo Tribasa. Mapa No. 143.
- GARCÍA, A. (1998). "Geoecología del paisaje vegetal en el occidente de la Ciudad de México" En: *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*. España. pp. 115-137.
- GARCÍA, A. y MUÑOZ, J (2002). *El paisaje en el ámbito de la Geografía*. México: Instituto de Geografía, UNAM. 137 p.
- GARCÍA, D. (2004). *Crecimiento urbano y cambio de uso de suelo en el sur-oeste del Distrito Federal utilizando imágenes landsat mediante técnicas de GPS*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería (Topografía y Geodesia). Facultad de Ingeniería. México: UNAM. 82 p.
- GARCÍA, G., MARCH, I. y CASTILLO, M.A. (2001). "Transformación de la vegetación por cambio de uso de suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche" En: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía No. 46*. México: Instituto de Geografía, UNAM. pp. 45-57.
- GARCÍA, H. et al. (2002). "Uso de sensores remotos y SIG para delimitar los cambios en el uso de suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato" En: *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía No. 47*. México: Instituto de Geografía, UNAM. pp. 92-112.



- GOBIERNO DEL ESTADO DE CAMPECHE (1997). Documentos del nacimiento del Estado". En: *Calakmul: Volver al sur* (1997). Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 107-115.
- HERNÁNDEZ, J. C. (2002). *Análisis del impacto del crecimiento de la ganadería bovina sobre el medio ambiente de la Península de Yucatán*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. México: UNAM. 87p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. (2000). Cartografía digital. Esc. 1:250,000
- (1997). *Carta Topográfica E16-1. Felipe Carrillo Puerto*. Esc. 1:250,000.
- (1996a). *Carta Topográfica F16-11. Cozumel*. Esc. 1:250,000.
- (1996b). *Carta Topográfica E16-4-7. Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- (1988a). *Carta de Aguas Subterráneas F16-11. Cozumel*. Esc. 1:250,000.
- (1988b). *Carta Edafológica F16-11. Cozumel*. Esc. 1:250,000.
- (1988c). *Carta Aguas Subterráneas E16-4-7. Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- (1988d). *Carta de Aguas Superficiales E16-4-7. Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- (1987a). *Carta de Vegetación y Uso de Suelo F16-11. Cozumel*. Esc. 1:250,000.
- (1987b). *Carta Geológica F16-11. Cozumel*. Esc. 1:250,000.
- (1987c). *Carta Geológica E16-4-7. Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- (1985a). *Carta de Aguas Subterráneas E16-1. Felipe Carrillo Puerto*. Esc. 1:250,000.
- (1985b). *Carta de Aguas Superficiales E16-1. Felipe Carrillo Puerto*. Esc. 1:250,000.
- (1984a). *Carta de Vegetación y Uso de Suelo E16-4-7 Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- (1984b). *Carta Edafológica E16-4-7 Chetumal*. Esc. 1:250,000.
- JUSTO, C. (1998). *Breve Historia de Campeche*. México: Colegio de México – Fondo de Cultura Económica. 250p.
- LEÓN, R. (1991). *Nueva Edafología. Regiones tropicales y templadas de México*. México: Fontamera, S.A. 366p.
- LLOPIS, N. (1970). *Fundamentos de Hidrogeología Cárstica*. Blume: Madrid. 269p.
- LÓPEZ H., M. (1953). *Se solicita trazo de la línea divisoria entre Campeche y Quintana Roo*. Campeche: Gobierno del Estado de Campeche. 21p.

- LÓPEZ R., E. (1993). *Geología General y de México*. México: Trillas. 288p.
- LÓPEZ, C. (2000). *Evaluación del cambio de uso del suelo en la vertiente oriental de la cuenca de México utilizando imágenes de percepción remota*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- LORETO, A. (2003). *Evolución del uso de suelo en la región forestal centro-suroeste del estado de Quintana Roo, 1980-1995*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM. 201p.
- LUGO, J. (1999). "Geomorfología" En: *Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán*. México: PROEESA – Universidad Autónoma de Yucatán.
- (1992). *La Superficie de la Tierra II*. México: Fondo de Cultura Económica. 130p.
- MARTÍNEZ, M. (2004). *Evaluación del uso de suelo, vegetación y fragilidad en la región izta-popo mediante la percepción remota*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. México: UNAM. 83 p.
- MEHL, H. y PEINADO, O. (1997). "Introducción a la reflectancia espectral de la vegetación, suelo y agua". En: *Aplicación de la teledetección de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Parte I: Fundamentos teóricos y prácticos*. Alemania: Fundación Alemana para el Desarrollo internacional (DSE). pp. 103-123.
- MENA, E. (1939) "Solicitud de Rectificación de Límites" En: *Calakmul: Volver al sur*. (1997). Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 147-164.
- MENDOZA, K (2004). *El valor del paisaje como una propuesta metodológica de diagnóstico sistémico integral en la cuenca del Río Papagayo, Gro.* Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM.
- MONKHOUSE, F.J. (1970). *A Dictionary of Geography*. London: Edward Arnold. 378 p.
- (1978). *Diccionario de Términos Geográficos*. España: Oikos-Tau. 560 p.
- NEGRÍN, A. (comp.) (1991). *Campeche. Textos de su Historia*. México: Instituto de Investigaciones José María Luis Mora. 233p.
- NIGRA DE SAN MARTÍN, S. (1848). "Plano de Yucatán". En: *Atlas de Mapas Antiguos de la Península de Yucatán*. México: Gobierno del Estado de Campeche – Grupo Tribasa. Mapa No. 136.
- O'GORMAN, E. (1973). *Historia de las divisiones Territoriales de México*. México: Porrúa. 316p.
- PEDRAZA, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda. 414p.

- PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA (1989). *DECRETO por el que se declara la Reserva de la biosfera Calakmul, ubicada en los Municipios de Champotón y Hopelchem, Camp.* México: Presidencia de la República. 16 p.
- QUEZADA, S. (2001). *Breve Historia de Yucatán.* México: Colegio de México – Fondo de Cultura Económica. 288p.
- RAMAYO, T. (1997). “Estrategia Política Regional: Campeche y Quintana Roo 1934-1940”. En: *Calakmul: Volver al sur.* Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 131-142.
- RYSZKOWSKI, L. (2002). *Landscape ecology in agrosystems management.* Boca Ratón, Florida, USA: CRC Press LLC. 366 p.
- RZEDOWSKI, J. (1981). *Vegetación de México.* México: Limusa. 431 p.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL e INSTITUTO DE GEOGRAFÍA, UNAM, (2004). *Indicadores para la Caracterización del territorio y el Ordenamiento Territorial.* México: IG, UNAM.
- - - - - (2004). *Guía metodológica para la elaboración de programas estatales de Ordenamiento Territorial (segunda generación).* México: IG, UNAM.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO. (1985a). *Carta de Vegetación y Uso de Suelo E16-1. Felipe Carrillo Puerto.* Esc. 1:250,000.
- - - - - (1985b). *Carta de Vegetación y Uso de Suelo E16-4-71. Chetumal.* Esc. 1:250,000.
- - - - - (1985c). *Carta Edafológica E16-1. Felipe Carrillo Puerto.* Esc. 1:250,000.
- - - - - (1984). *Carta Geológica E16-1. Felipe Carrillo Puerto.* Esc. 1:250,000.
- TOUSSAINT, M. (1997). “Un conflicto por la soberanía. La relación de México y Guatemala”. En: *Calakmul: Volver al sur.* Campeche: Gobierno del Estado Libre y Soberano de Campeche. pp. 59-88.
- TRICART, J y KIEWIETDEJONGE, C. (1992). *Ecogeography and rural management.* United Kingdom: Longman Scientific & Technical, Longman Group. 267 p.
- TURNER, M.; GARDNER, R. y O’NEILL, R. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process.* New York; Springer. 401 p.
- VALDEZ, V. (2004). *Uso y manejo de la flora en la selva mediana subperenifolia y subcaducifolia en tres comunidades mayas del noroeste de Quintana Roo, México.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. México: UNAM. 131p.

VEGA, Á. (2004). *Elaboración de la cartografía de vegetación y uso de suelo del Corredor Biológico Chichinautzin – Morelos, utilizando imágenes de satélite ETM+ del año 2000*. Tesis de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. México: UNAM. 87 p.

## FUENTES DE INTERNET

- ACEVEDO, H. (2003). "Conflicto límite: ¿quién tiene la razón?" En: *La Revista Peninsular*. Mérida. <http://www.larevista.com.mx/ed731/info5.asp>
- BOSTON GEOMÁTICA (2007a). *Ficha técnica resumida – Landsat MSS*. Paraguay. <http://www.bgeo.com.py/landsat7.html>
- (2007b). *Ficha técnica resumida – Landsat 7 ETM+*. Paraguay. <http://www.bgeo.com.py/landsat7.html>
- CÁCERES, I., GONZÁLES, B., y GARCÍA, G. (1999). "Siglo XIX". En: *Historia Mínima de Campeche*. Campeche: Gobierno Constitucional del Estado de Campeche. <http://www.campeche.gob.mx/capitulo5.php>
- GASPARRI, I. (2004). *Deforestación en la zona de transición entre Parque Chaqueño y Selva Tucumano Boliviana en la provincia de Salta*. Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Dirección de Bosques. 16 p. [http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/publicaciones/deforestacion\\_salta\\_zona\\_transicion.pdf](http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/bosques/publicaciones/deforestacion_salta_zona_transicion.pdf)
- GONZÁLEZ, J. (2004). "La expedición malahispana y la cartografía sobre Chile" En: *Revista de Geografía Norte Grande No. 31*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. pp. 7-29. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/300/30003102.pdf>
- INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL y CENTRO NACIONAL DE DESARROLLO MUNICIPAL, GOBIERNO DEL ESTADO DE CAMPECHE. (1999). *Enciclopedia de los Municipios de México, Campeche*. México: Secretaría de Gobernación (E-local). [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_campeche](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_campeche)
- INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL y CENTRO NACIONAL DE DESARROLLO MUNICIPAL, GOBIERNO DEL ESTADO DE QUINTANA ROO. (2001). *Enciclopedia de los Municipios de México, Quintana Roo*. México: Secretaría de Gobernación (E-local). [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_qroo](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_qroo)
- INSTITUTO NACIONAL PARA EL FEDERALISMO Y EL DESARROLLO MUNICIPAL y CENTRO NACIONAL DE DESARROLLO MUNICIPAL, GOBIERNO DEL ESTADO DE YUCATÁN. (2005). *Enciclopedia de los Municipios de México, Yucatán*. México: Secretaría de Gobernación (E-local). <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/yucatan/gobi.htm>

## ANEXOS

En esta sección se presentan algunas fotografías tomadas en campo que son representativas de los usos del suelo en las distintas unidades de paisaje (UP).

## ANEXO A



X-Pujil, perteneciente a la UP III, se ha configurado como la localidad más importante que articula a las localidades del centro y sur de la zona de disputa entre Quintana Roo y Campeche, codificada como franja A en el capítulo 1. Actualmente esta localidad ofrece numerosos servicios de hospedaje por su cercanía con la Reserva de la Biosfera de Calakmul y las zonas arqueológicas de Calakmul, X-Pujil, Hormiguero, Becán y otras.



En la UP I fue posible advertir el tradicional método "roza, tumba y quema". Este método se practica desde los antiguos imperios mayas y se cree que es una de las probables causas de la declinación de esta cultura. Sembraban maíz algunas temporadas y se abandonaban las tierras, actualmente estos espacios quemados se utilizan primero para introducir pastizales.



Entre los cultivos destacan el maíz y el frijol, la calabaza y el chile serrano mostrado en la fotografía a la izquierda. Actualmente este cultivo es de los más rentables para los agricultores, aunque es pagado a muy bajo precio (\$2.00 por kilo).

Abajo se muestran las selvas sub-caducifolias que han avanzado sobre los espacios de las zonas de selvas sub-perennifolias como las que se conservan en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, a una latitud muy similar.



## ANEXO B



Las actividades antrópicas como los pastizales para la ganadería, se ven restringidos por la topografía como es el caso de la UP IV, que posee lomeríos y donde todavía se conservan en mejor estado las selvas sub-perennifolias que constituyen la vegetación potencial.



En la misma UP IV se presentan casos de espacios agrícolas que contienen varios cultivos, como los árboles frutales (mamey y zapote) y plantas rastreras como la calabaza. También hay espacios agroforestales donde se procura el cultivo de maderas preciosas como el cedro y la caoba, pero esta actividad es todavía muy incipiente.



La UP II corresponde a una planicie que puede tener palmares y selvas bajas como parte de una geofacies natural por tener suelos inundables. Las selvas bajas mostradas en la fotografía cuentan con alrededor de 10 metros de alto y se encuentran relativamente conservadas sin una gran presencia de vegetación secundaria.



La UP IX corresponde a una planicie que debería tener selvas medianas sub-perennifolias; sin embargo, los campos agrícolas y pastizales ya existían desde la primera fecha de análisis (1978), por lo tanto están consolidados y es la razón por la cual, el crecimiento de las actividades antrópicas es menos acelerado, lo mismo que la reducción de las coberturas vegetales.

## ANEXO C



La UP V es una zona de planicies alternadas con lomeríos de poco tamaño en donde debería ser difícil distinguir entre los espacios ocupados por selvas sub-caducifolias y selvas bajas sub-perennifolias, como sucede en la fotografía, donde predominan las selvas bajas en el camino que más se acerca al viejo punto *Put*. Sin embargo, las selvas sub-caducifolias en esta UP se han extendido y hacen más fácil su localización.



Actualmente en esta UP V hay rancherías y tierras ejidales con campos agrícolas y ganaderos, pero es casi nula la presencia humana. En la fotografía se observa un cultivo de pastos para el ganado.



En la UP VII es la única, de las UP estudiadas, donde predomina la vegetación de selvas sub-caducifolias. Tiene un aspecto más espinoso por la ausencia de hojas y la humedad es sensiblemente menor. En la fotografía también se observa la intromisión de alguna vegetación secundaria arbustiva y herbácea.



La UP X-a también posee espacios de selvas sub-caducifolias y sub-perennifolias intercaladas; pero son más reducidos porque la dinámica antrópica es más antigua; ahora tienen mucha vegetación secundaria.



## ANEXO D



La UP VI-d es una de las de mayor cambio en el período analizado, ya que presentó el mayor avance de selvas sub-caducifolias y se configura como una de las UP más alteradas ya que se ha dejado únicamente el 2.58% de la superficie a la vegetación que potencialmente debería desarrollar.



En la UP VI-d existe la presencia de ganado caprino y porcino que se sitúa en las selvas bajas sub-perennifolias que circundan al Lago Esmeralda. Muchos de los terrenos alrededor de este cuerpo de agua han sido vendidos a particulares.



La pequeña ciudad de José María Morelos se sitúa sobre la UP VI-d. Es una ciudad que articula a toda una serie de localidades situadas sobre la UP VI-d, VIII, IX, X-a e incluso X-b. Una de las grandes ventajas para el desarrollo de esta ciudad es que constituye un punto intermedio entre Mérida y Chetumal.



En la UP VIII se presentan los espacios agrícolas más desarrollados. Los ejidatarios tienen la posibilidad de implementar el riego en sus cultivos y favorecer el crecimiento de algunos cultivos tropicales como la papaya (mostrada en la fotografía), el plátano y algunos cítricos como el limón. Cabe destacar que el cultivo del plátano se encuentra repartido en la zona de estudio, pero en la UP VIII está más desarrollado.

## ANEXO E



Las fotografías de este anexo corresponden a la UP VI-c, que es la única con un tipo de cambio de uso del suelo distinto. Los palmares, como el de la fotografía superior izquierda, son naturales en esta zona, ya que existen numerosos terrenos inundables; sin embargo hay otros, como el de la fotografía superior derecha, que avanzan sobre los espacios selváticos. La agricultura también se ha incrementado, y a la izquierda se muestra un cultivo de pastos que pueden ser aprovechados por el ganado, o bien para la manufactura de techos tradicionales, sustituyendo de esta manera las hojas de la palma de huano.