



Universidad de Quintana Roo

División de Ciencias e Ingenierías

Tesis:

**SELECCIÓN DE EJIDOS PARA EL PAGO DE SERVICIOS
AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN QUINTANA ROO**

Que para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Presenta:

Elida Francisca Buenfil Ramírez

Directora de Tesis:

M.I. Norma Angélica Oropeza García

Chetumal, Quintana Roo, 2004

Ø43845



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Lic. Cristina Caamal
Jefa del Área de Titulación


Por este medio se notifica que el trabajo de tesis que lleva por título "Selección de ejidos para el Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos en Quintana Roo" realizado por la alumna Elida Francisca Buenfil Ramírez se revisó y aprobó por el siguiente comité de tesis como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AMBIENTAL


DIRECTORA


M.I. Norma Angélica Oropeza García

ASESOR


Ing. Raúl Pérez Palomeque

ASESOR


Ing. Luis Rubén Sánchez Cataño

Chetumal, Quintana Roo, septiembre de 2004.

Agradecimientos:

A Dios por darme un corazón vigilante que ningún pensamiento vano me aparte de él, un corazón noble que ningún afecto indigno rebaje, un corazón recto que ninguna pasión esclavice y un corazón generoso para servir.

A mi madre, María Guadalupe Ramírez Cano, por sus atenciones y el gran amor que demuestra cada día hacia sus hijos, pero sobre todo por conducirme en éste largo camino.

A mi padre, Antonio Eliseo Buenfil Nuñez, por sus consejos y amor.

A mis hermanos, Pilar, Ricardo y Rossana Ayala; sobrinos, Toño, Ricki y Vale, por ser mis amigos y apoyarme en cada paso que doy.

A la M.I. Norma Angélica Oropeza García, por prestarme un poco de su tiempo y conocimiento, mi más sincero agradecimiento y admiración.

A Carlos Manuel Valencia Enriquez, por su cariño, hoy y siempre te llevaré en mi corazón.

A Carolina Medina, Carina Alcocer, Alma Quintana, Dr. Porfirio Martínez, Diana Gutiérrez, Oded León, Gabriela Adame y José Luis Higuera, por ser mis compañeros de aventura y amigos de corazón.

A todos los maestros, asesores y compañeros, que me brindaron su confianza para llevar a cabo éste trabajo de investigación.

ÍNDICE

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes de la explotación de recursos forestales de Quintana Roo.	3
1.2 Justificación.	7
1.3 Objetivos.	10
1.4 Metodología.	11
1.5 Limitaciones.	13
CAPITULO II. BENEFICIOS AMBIENTALES PROPORCIONADOS POR LOS BOSQUES	14
2.1 Definición de servicios ambientales.	15
2.2 Los servicios ambientales hidrológicos.	16
2.2.1 Regulación del ciclo hidrológico.	18
2.2.2 Control de inundaciones.	19
2.2.3 Control de la erosión.	20
2.2.4 Prevención de la sedimentación en cuerpos de agua.	21
2.2.5 Mantenimiento del hábitat acuático.	21
2.3 El pago de servicios ambientales en México.	21
2.4 Compradores y vendedores de servicios ambientales.	23
CAPITULO III. MARCO LEGAL Y DE GESTIÓN	27
3.1 Desarrollo sostenible en el medio rural.	27
3.2 Antecedentes legales de la gestión de recursos naturales.	28
Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos.	28
Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	29
Ley de Conservación del Suelo y Protección de Cubiertas Vegetales Naturales.	29
Convención Marco sobre Cambio Climático y Protocolo de Kioto.	30
Plan Nacional de Desarrollo.	30
Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	30

Programa Nacional Forestal.	31
Ley de Aguas Nacionales.	31
Ley de Bioseguridad.	31
Ley General de Vida Silvestre.	32
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.	32
Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos de Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos.	32
Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCIMAF II).	33
3.3 Los servicios ambientales en el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales.	33
3.3.1. Pérdida de la cobertura forestal.	34
3.3.2 La nueva política nacional.	35
3.3.3 Valoración de los recursos naturales.	36
CAPITULO IV. CARACTERÍSTICAS DE QUINTANA ROO	39
4.1 Clima	39
4.2 Geomorfología	40
4.3 Edafología	41
4.4 Hidrografía.	41
4.5 Geohidrología.	42
4.6 Fisiografía.	54
4.7 Vegetación.	57
4.8 Áreas Naturales Protegidas.	59
4.9 Amenazas naturales.	59
CAPITULO V. SELECCIÓN DE EJIDOS PARA EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN QUINTANA ROO	63
5.1 Aplicación de los criterios técnicos de las Reglas de Operación del Programa para el Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos.	63
5.2 Consideraciones finales.	75

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
--	----

BIBLIOGRAFIA	80
---------------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Vegetación y uso de suelo (VUS) a nivel estatal en la región Peninsular de Yucatán.	8
Tabla 2.1 Flujo de la venta de los servicios ambientales.	24
Tabla 4.1 Clasificación de climas de Quintana Roo.	39
Tabla 4.2 Clasificación maya de suelos.	41
Tabla 4.3 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Yucatán (RH-32, Yucatán Norte).	45
Tabla 4.4 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este, 33-A)	48
Tabla 4.5 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este, 33-B)	51
Tabla 4.6 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la subregión Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este)	53
Tabla 5.1 Superficies elegibles en los municipios de Quintana Roo.	64
Tabla 5.2 Localidades quintanarroenses con población total mayor de 4,500 habitantes.	66
Tabla 5.3 Ejidos asociados a localidades mayores de 4,500 habitantes y sus superficies.	68
Tabla 5.4 Superficies de selvas al interior de los ejidos seleccionados.	69
Tabla 5.5 Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados.	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Selección hidrogeológica del norte de la Península de Yucatán.	43
Figura 4.2 Dirección del flujo del agua subterránea.	44
Figura 4.3 Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de la Península de Yucatán.	54

Figura 5.1 Localidades y ejidos del Estado de Quintana Roo	65
Figura 5.2 Localidades mayores de 4,500 y ejidos relacionados con las mismas.	67
Figura 5.3 Vegetación al interior de los ejidos seleccionados pertenecientes a la zona norte del Estado.	70
Figura 5.4 Vegetación al interior de los ejidos seleccionados pertenecientes a la zonas centro y sur del Estado.	71
Figura 5.5 Áreas Naturales Protegidas y ejidos de Quintana Roo.	72
Figura 5.6 Detalle de los ejidos que encuentran dentro de San Felipe Bacalar y del Santuario del Manatí.	73
Figura 5.7 Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados.	74

I.- INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo e industrialización de México conlleva un impacto negativo sobre el ambiente que ha sido especialmente grave a lo largo de los últimos cincuenta años. Este proceso es el resultado de una combinación de factores entre los que destacan la exportación de recursos naturales empleados en forma no sostenible, una marginación progresiva de población rural que presiona la frontera agrícola a través de la conversión de áreas boscosas a cultivos de grano o ganadería, así como una expansión acelerada de la ganadería con un método de producción extensivo, minando frecuentemente la fertilidad del suelo. Cifras oficiales de 1999 muestran que el 64% del territorio nacional sufría degradación de algún tipo. Aunado a esto ha habido una serie de fallas de mercado y del sector público que se reflejan en la valoración nula o muy baja de los recursos naturales y los servicios que ellos prestan y, por consecuencia también una valoración distorsionada de los costos ambientales de la producción. Así, el acceso prácticamente gratuito a recursos como agua en el sector rural y costos excesivamente bajos en las ciudades, ha generado un gran desperdicio de ese vital recurso. Otro ejemplo son los subsidios a los fertilizantes y a la electricidad que han provocado un uso excesivo de este tipo de insumos y emisión de contaminantes (PNMARN 2001-2006).

Actualmente en la agenda para el desarrollo de México, los asuntos ambientales están cobrando creciente importancia. Una de las razones principales es el gran potencial que tiene el país por su variedad de ecosistemas en todo el territorio nacional y además por ser una de las naciones con mayor biodiversidad; pues tiene casi el 10 por ciento de todas las especies conocidas a nivel mundial.

Otra razón de peso es que gran parte de la población rural mexicana esta constituida por los habitantes más pobres que en algunos casos se encuentran en zonas en donde los recursos naturales están muy degradados; pero en otros, estas poblaciones se ubican en espacios de gran diversidad ecológica y biológica y por lo tanto pueden generar riqueza a partir de esos recursos.

En el campo de lo ambiental, los llamados servicios ambientales han surgido como una nueva alternativa para generar ingresos al ser vendidos por los pobladores rurales. Estos servicios incluyen la captura de carbono, el manejo de las cuencas para amortizar y limpiar el flujo del agua; el aprovechamiento de la biodiversidad para los negocios de producción de fármacos y otros productos de la biotecnología y el ecoturismo. A esto se suman las oportunidades para los productos orgánicos que se pueden vender a mejores precios (Lusielli, Casio, 2003).

La venta de los servicios ambientales es una acción compleja en la que interviene una enorme variedad de estructuras de mercado, programas y cantidades de pagos y categorías de los participantes. Tiene amplio impacto desde el nivel local hasta el global. La emisión de derechos sobre la propiedad, el establecimiento de precios y las interacciones entre los servicios, sin hacer mención de los servicios que todavía no se han definido, siguen siendo un problema. Son limitadas las innovaciones en este campo en cuanto a escala, alcance e impacto y el comercio de los servicios ambientales todavía es una actividad naciente. Los numerosos participantes apenas empiezan a entender las maneras potenciales en que los mercados pueden ayudar a proteger los servicios ambientales y a mejorar la calidad de vida. A muchas personas les preocupan las complejas implicaciones de ponerle precio a la naturaleza. Ello presenta verdaderos problemas técnicos y levanta serias objeciones culturales. Pero la realidad actual es que los ecosistemas más grandes del mundo, los bosques, se valoran principalmente como fuente de combustible, madera y fibras, sin considerar los servicios ambientales implícitos de su existencia.

Alrededor del mundo estos ecosistemas complejos son reemplazados por otros usos del suelo: soya en Brasil, palmeras de aceite en Indonesia, maíz en el sur de México y centros comerciales en el noroeste de los Estados Unidos. El punto es claro: para que sobrevivan los bosques, éstos necesitan competir financieramente. Dados los enormes beneficios sociales y ecológicos de los servicios ambientales y las muchas partes interesadas en aprovecharlos, incluyendo a las personas de escasos recursos, es esencial sacar el mayor

beneficio posible del potencial de los mecanismos mediante los cuales pueden obtenerse recursos monetarios provenientes de su valorización (Jenkins, M., 2002).

1.1 Antecedentes de la explotación de recursos forestales de Quintana Roo.

Históricamente, los recursos forestales han jugado un papel importante en el desarrollo socioeconómico y político de Quintana Roo. La explotación y comercialización de palo de tinte (*Haematoxylum ampechianum*) durante el siglo XVIII estaba entre los principales intereses económicos de españoles y británicos (Careaga y Vallarta, 1996).

Desde el siglo XIX y hasta el XX, madera de caoba (*Swietenia macrophylla*) y látex de chicle de árbol del chicozapote (*Manilkara zapota*) usado para hacer goma de mascar, han sido los elementos del mercado nacional e internacional más importantes que han influido considerablemente en los patrones económicos y el uso de suelo (Bonfil, 1997, Galleti, 1992).

Iniciado el siglo XX grandes concesiones de selva fueron concedidas a compañías privadas para la extracción de madera y chicle, la mayoría de ellas extranjeras (Bonfil, 1997, Carreaga y Vallarata, 1996, Barrera de Jorgensen, 1993). El crecimiento de la población en la primera mitad del siglo XX fue lento, incrementándose de no más de 9,109 habitantes en 1910 a 26,967 en 1950 (Nava *et al*, 1990).

Durante la segunda mitad del siglo XX, el gobierno cedió grandes concesiones de áreas para la extracción de chicle a líderes macehuales en el centro de Quintana Roo, lo cuál ayudo a reducir las tensiones entre los Mayas y el gobierno mexicano, así, entre 1920 y 1940 la industria del chicle se convirtió en la actividad forestal más importante y sobre la que Quintana Roo basó su economía (Konrad, 1991, Barrera de Jorgensen, 1993).

1930-1940

En los años treinta, el gobierno mexicano inició la creación de ejidos en Quintana Roo como parte de una política para la reforma agraria nacional. Los ejidos creados durante los años 1930 y 1940 fueron planeados específicamente para actividades económicas basadas en los recursos forestales y las áreas de terreno eran muy extensas; ya que la cesión de tierras se basaba en el supuesto de que cada campesino requería 420 hectáreas (ha) para satisfacer sus necesidades de producción de chicle (Galleti, 1999, Barrera Jorgenser, 1993).

1940-1950

Hacia fines de la década de 1940, la mayor parte del territorio de Quintana Roo, estaba cubierto por selvas, que en gran proporción eran terrenos nacionales. En 1954 el gobierno federal decretó la concesión de 462,894 ha de selvas por un periodo de 29 años a la empresa Maderas Industrializadas de Quintana Roo (MIQRO). Inicialmente se planteaba establecer la concesión en la zona sur de la entidad, que entonces se encontraba bajo el régimen de terrenos nacionales, y después se incorporaron los bosques de dos ejidos de la zona maya. El patrón de las operaciones forestales continuó basándose en la extracción selectiva de caoba y cedro, luego de décadas esta práctica ocasionó el "descreme", o pérdida de las especies de valor comercial de la selva. Durante este periodo las selvas de la mayoría de los ejidos mayas fueron explotadas por contratistas particulares. Las repercusiones de la extracción que realizaron estos últimos fueron mayores que los de las operaciones de la empresa concesionaria (Merino, 2004).

En los años cincuenta inició la producción de durmientes de ferrocarril promovida por el gobierno mexicano como un medio para comercializar especies de madera tropical menos conocidas y estimular la economía rural. Después de 1950 la población aumentó en más de 10 veces alcanzando 402,409 habitantes en 1985 (Nava *et al* 1990).

1960-1970

En los años sesenta y setenta se observaron incrementos apreciables en el uso de suelo y deforestación a partir de las medidas del gobierno para colonizar y poblar la región fronteriza de selvas mediante programas para la modernización y el mejoramiento de la producción agrícola. El gobierno mexicano motivó la migración a la región, repartiendo territorios ejidales más pequeños combinados con esquemas de desarrollo agrícola y subsidios para el ganado, la caña de azúcar, y la producción de arroz. Durante este mismo periodo aumento considerablemente el desarrollo de caminos facilitando con ello migraciones y acceso a la tierra en la región.

1970

De los años 1970 a finales de 1990 la producción de durmientes de ferrocarril era una actividad económica con base en la selva y muy importante para los campesinos de la Zona Maya junto con la producción del chicle (Merino, 1996).

1980

En los años ochenta, en un esfuerzo para reducir cambios en el uso del suelo y conservar los valiosos recursos forestales, se creó un programa de forestería comunitaria conocido como Plan Piloto Forestal (PPF). El programa patrocinó un proyecto para el manejo forestal comunal con base en ejidos, transfiriendo el control económico y actividades administrativas de la selva a las comunidades de ejidatarios y campesinos (campesinos con uso legalmente reconocido y derechos de propiedad colectiva sobre tierras ejidales). Los ejidos forestales se agruparon para formar varias cooperativas forestales en el Estado. Dentro de cada ejido fueron designadas Áreas Forestales Permanentes (AFP), concebidas como zonas reservadas exclusivamente para producción forestal que no pueden convertirse a otros usos de suelo. Ciertos analistas reportaron que hasta 500,000 ha de AFP fueron creadas en ejidos de Quintana Roo hasta 1990 (Armijo, 1999, Galleti, 1992, Nava *et al*, 1990).

1990

Con el derrumbe comercial de durmientes de ferrocarril y mercados para el chicle en la última mitad de los años noventa, muchos ejidos han reorientado su producción a la comercialización de postes para construcción y a sustentar el auge de la industria de la construcción en el corredor turístico Cancún-Tulum.

Muchos autores sostienen que la magnitud de actividades forestales en Quintana Roo y la aplicación de programas como el PPF a mediados de los años ochenta han ayudado a mantener la cobertura forestal y la diversidad biológica. A pesar de los rápidos cambios en el crecimiento de la población, las políticas de desarrollo económico y los subsecuentes cambios del uso de suelo en los años sesenta y setenta, la deforestación y los cambios en el uso de la tierra no han sido tan dramáticos en Quintana Roo en comparación con otros estados en la región de Yucatán.

Actualmente Quintana Roo mantiene una importante superficie boscosa que incluye áreas de reserva biológicas y áreas de bosque con un manejo forestal planificado. La presencia del macizo boscoso permite mantener el hábitat de especies de flora y fauna regionales, cuya importancia biológica se aprecia en esfuerzos internacionales de conservación como el Corredor Biológico Mesoamericano que incluye también las selvas de países centroamericanos (World Bank, 2000) y hace al Estado un candidato importante para participar en políticas de conservación como el pago de los servicios ambientales que brindan sus selvas.

1.2 Justificación.

La amenaza de pérdida de los escasos ecosistemas de selvas tropicales está dentro de los problemas ambientales más apremiantes en el mundo. Por mencionar un ejemplo, las tasas de deforestación anual en Centroamérica están dentro de las más altas a nivel mundial, alcanzado el 1.9% en la década de los ochenta. Las principales causas de deforestación tropical son la agricultura de tumba y quema, la ganadería y los incendios (Lanly, 1995).

En México, las variantes de clima y su posición como puente entre los organismos neárticos y los neotropicales le confieren un estatus como país de "megadiversidad", y en cuanto a la diversidad biológica, los recursos hídricos y productivos hacen de la conservación y mejoramiento de los recursos naturales un interés nacional e internacional (Burstein, *et al*, 2002).

En este contexto resulta importante destacar que cerca del 80% de los recursos forestales de México están en manos de ejidatarios campesinos y comunidades indígenas, sectores dentro de los que se encuentran los grupos más desfavorecidos del país. De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal, del cual se extraen cifras de deforestación, durante los últimos siete años la tasa anual de deforestación creció a 1.1 millones de ha. Esto coloca a México en el segundo lugar a nivel mundial en pérdida de bosques y selvas, sólo después de Brasil (Boletín No. 54 del WRM, 2002). Esta problemática se atribuye a los incentivos y subsidios gubernamentales que promueven usos de suelo de forma no sostenible. Los impactos regionales, causas y factores conducentes a la deforestación pueden variar considerablemente. (Gómez-Pompa y Bainbridge, 1995).

De mantenerse esta tendencia, las selvas del mundo que cubren una superficie de 30.8 millones de ha desaparecerán en 58 años, mientras los bosques, que actualmente suman 32.9 millones de ha, bajarán a 26 millones en 25 años y en 127 años se acabarán (Boletín No. 54 del WRM, 2002).

México ha experimentado una pérdida severa de sus ecosistemas de bosque tropical, sin embargo, en estados como Quintana Roo y Campeche, estas pérdidas han sido considerablemente menores, teniendo más de 70% de su territorio cobertura de tipo forestal (SEMARNAT, 2002). Por el contrario los

estados vecinos de Yucatán y Chiapas, tienen actualmente sólo la mitad de su territorio cubierto por selvas y algunos estados, como Tabasco y Veracruz, tienen menos del 15% de cobertura forestal (Palacio-Prieto *et al*, 2000) como se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Vegetación y uso de suelo (VUS) a nivel estatal en la región Peninsular de Yucatán.

VUS (km ²)	Quintana Roo	Campeche	Yucatán	Chiapas	Tabasco
Selva (%)	3,973 (75.3)	39,526 (71.1)	19,551 (49.3)	38,027 (52.2)	1,875 (9.0)
Agricultura(%)	2,262 (5.3)	3,265 (5.8)	9,266 (23.4)	12,790 (17.5)	2,995 (13.3)
Pastizal (%)	3,308 (7.8)	7,552 (13.6)	8,735 (22.0)	19,376 (26.5)	12,503 (55.1)
Urbano (%)	200 (0.5)	128 (0.2)	447 (1.1)	298 (0.4)	126 (0.6)
*Otros (%)	4,645 (11)	5,090 (9.2)	1,641 (4.1)	2,829 (3.4)	5,158 (22.9)

* Incluye humedales, cuerpos de agua, pastos naturales y otros tipos de vegetación.
Fuente: SEMARNAT, 2000.

Las selvas de la región de las tierras bajas mayas en el sur de México, Belice y el norte de Guatemala indudablemente han tenido una larga historia de uso y perturbación. La región maya se caracteriza por su alta ocurrencia de huracanes e incendios forestales (Whigham *et al*, 1991), y por la alteración humana debido principalmente a la agricultura que data de 5,000 años (Murphy y Lugo, 1995).

Actualmente, el Gobierno Federal ha creado programas de pago de servicios ambientales que otorgan un pago a los propietarios por mantener sus bosques, lo que resulta algo inusitado en México y coloca una pequeña semilla para conservar superficies arboladas, sin embargo, esto debe ser acompañado de otros incentivos pues el monto en pesos que se entrega por hectárea no se

compara con el valor de venta de un sólo árbol cotizado en el mercado negro (La casa en el 115, 2003).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) es uno de los iniciadores e impulsores del programa de "Pago de Servicios Ambientales Forestales" al que se busca incorporar a las instituciones estatales, tales como la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), a los municipios y finalmente a habitantes de las comunidades que reciben el beneficio del agua, abriendo un mercado nacional para empresas como Bimbo, Cervecería Modelo, Volkswagen y Ford, entre otras (CONAFOR, 2003).

El presente trabajo busca plantear en una primera aproximación las zonas ejidales que son propicias para el pago de servicios ambientales hidrológicos en Quintana Roo tomando como base el Acuerdo emitido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos, publicado originalmente en el Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) el 3 de Octubre de 2003 y modificado el 18 de Junio de 2004.

Al igual que en el resto del país, en las zonas rurales de Quintana Roo existen poblaciones marginadas y una buena cantidad de ellas se encuentra en lugares donde los recursos naturales presentan una gran diversidad biológica, por lo que el pago de servicios ambientales hidrológicos (PSAH) surge como una alternativa para generar ingresos y aliviar en alguna medida las condiciones de pobreza y marginación de ejidatarios y comunidades indígenas, obteniéndose al mismo tiempo el beneficio regional común de aprovechar al Estado que es una de las entidades federativas que aún conservan buena parte de su cobertura forestal y que pertenece a la región sur de México, dotada de mayor captación de agua en contraste con el norte seco.

Sin embargo, para aprovechar este tipo de estrategias de conservación es necesario extender el conocimiento hacia los propietarios de los predios para que desarrollen proyectos de servicios ambientales y que la sociedad sea partícipe del pago por los beneficios que recibe.

1.3 Objetivos.

- Identificar los ejidos de Quintana Roo que cumplen con los criterios establecidos por el Acuerdo emitido por la SEMARNAT que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de PSAH, publicado en D.O.F. el 3 de Octubre de 2003 y modificado el 18 de Junio de 2004, cuya operación y seguimiento se encuentra a cargo de la CONAFOR.

- Realizar una jerarquización de los ejidos identificados tomando como base las zonas en donde existe una mayor precipitación pluvial.

- Identificar los beneficios proporcionados por la conservación de los bosques y los generados para las comunidades rurales ubicadas en zonas que cuentan con cobertura forestal propicias para el PSAH.

- Establecer bases conceptuales y de información específica para la valorización de los recursos naturales entre la sociedad de Quintana Roo y el compromiso de mantener los servicios ambientales que brindan a nivel mundial y regional los bosques y selvas del Estado.

- Identificar el manejo sustentable de los recursos forestales entre los ejidatarios y comunidades que tienen en sus manos predios con cubierta forestal.

- Difundir la utilidad del programa de PSAH con el fin de mantener y aprovechar de forma sustentable los recursos naturales existentes en comunidades o predios a través de medios de difusión accesibles.

1.4 Metodología.

1. Realizar una investigación bibliográfica sobre los diferentes tipos de servicios ambientales.
2. Realizar una investigación bibliográfica sobre los servicios ambientales hidrológicos.
3. Identificar los ejidos que cumplan con criterios de elegibilidad según lo que establece el Acuerdo de las Reglas de Operación para el otorgamiento de PSAH, que son los siguientes:
 - Zonas con cubierta forestal igual o mayor al 80% de la superficie total, correspondiente a bosques y selvas.
 - Zonas críticas para la recarga de acuíferos, catalogadas como sobreexplotadas mediante el Acuerdo emitido por la Comisión Nacional del Agua (CNA), o zonas con aguas superficiales donde haya problemas de escasez, de calidad de agua, de sedimentos o en zonas de riesgo de desastres hidrológicos.
 - Zonas que estén vinculadas con el abastecimiento de agua a centros poblacionales de más de 5,000 habitantes; o que se ubiquen dentro de las montañas listadas en el Anexo 2 de las Reglas de Operación, o que se encuentre dentro de un Áreas Naturales Protegidas (ANP).
 - El área forestal comprometida por beneficiarios no exceda a las 4,000 ha.
 - Zonas bajo manejo forestal maderable en recuperación o en reposo no exceda de 200 ha por beneficiarios.

Para lograr esto se realizará la sobreposición de los siguientes mapas del Estado de Quintana Roo:

- Mapa de localidades (Elaboración propia a partir de datos de Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2000) y del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial de Quintana Roo (PEOT, 2004).

- Mapa de ejidos (Elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2000 y PEOT, 2004).

- Mapa de cobertura vegetal (Elaboración propia con base en PEOT, 2004).

- Mapa de precipitación pluvial (Elaboración propia con base en Programa Estatal de Desarrollo Urbano (PEDU, 2002) y PEOT, 2004).

- Mapa de ANP (Elaboración propia con base en información del PEDU, 2002 y del PEOT, 2004).

4. Establecer conclusiones y recomendaciones sobre el pago de servicios ambientales en el Estado de Quintana Roo.

1.5 Limitaciones.

- Proponer la jerarquización de las áreas para el mercado de servicios ambientales considerando únicamente datos de precipitación pluvial y suponiendo que en tales sitios existe una mayor recarga del acuífero. Esta priorización también puede realizarse utilizando datos como la densidad de población, ingreso per cápita de poblaciones rurales, corroboración del tipo y porcentaje de cobertura vegetal, flujos hidrológicos, entre otros o bien mediante la combinación de diferentes factores.
- El presente documento estará sujeto a la información que se encuentre disponible en las diferentes dependencias gubernamentales tales como: CAPA, CNA, INEGI, SEMARNAT, SEDUMA, CONAFOR).

CAPITULO II. BENEFICIOS AMBIENTALES PROPORCIONADOS POR LOS BOSQUES.

Una definición muy amplia del término "bosque", incluye cualquier uso de suelo con una cubierta arbórea sustancial, sin embargo, no todos los bosques tienen el mismo valor. La estructura, composición y ubicación de un bosque específico juega un papel fundamental en la determinación de los servicios que puede ofrecer y a quiénes. Así, por ejemplo las plantaciones de monocultivo no albergan gran biodiversidad; sin embargo, pueden incidir en los flujos hidrológicos y capturar carbono pero incluso dentro de los bosques naturales hay una variación considerable entre los tipos y niveles de servicios que los bosques proporcionan a los consumidores (Baskin, 1997; Myers, 1997; Roper y Park, 1999; Schmidt, Berry y Gordon, 1999; Sharma, 1992).

Entre éstos servicios se encuentran:

- a) *Protección de la cuenca hidrológica.* Los bosques pueden desempeñar un papel importante en la regulación de los flujos hídricos y en la reducción de la sedimentación. Los cambios en la cobertura forestal pueden afectar la cantidad y la calidad de los flujos de agua en la parte baja de la cuenca, además de su dinámica temporal.

- b) *Conservación de la biodiversidad.* Los bosques albergan un porcentaje importante de la biodiversidad del mundo. La pérdida del hábitat forestal es una de las principales causas de la disminución de especies.

- c) *Captura de carbono.* Los bosques en pie almacenan enormes cantidades de carbono, y los bosques en crecimiento capturan carbono de la atmósfera.

Los beneficios de la conservación pueden variar sustancialmente de caso a caso. Los instrumentos basados en el mercado buscan y se concentran en los de mayor beneficio.

La demanda por una mayor equidad a través de la utilización de enfoques basados en el mercado es controversial. Muchos están familiarizados con el tan citado principio de "quien contamina paga", que establece que aquellos que imponen cargas ambientales a la sociedad, en forma de desechos o contaminación, deben responsabilizarse de los costos (que serán finalmente impuestos al consumidor a través de precios más elevados por bienes y servicios). En el caso de los servicios ambientales, predomina el menos conocido principio de "el que conserva recibe un pago", el cual sostiene que aquellos que presten un beneficio ambiental deberán ser recompensados por hacerlo (o por lo menos ser compensado por los costos). Así, los mercados para los servicios ambientales son equitativos o, por lo menos, justos en cierto sentido, en la medida en que los costos y beneficios reales sean reconocidos y remunerados.

2.1 Definición de servicios ambientales

Los servicios ambientales son aquellos que brindan, fundamentalmente pero no exclusivamente, las áreas silvestres (sean bosques, pantanos y humedales, arrecifes, manglares, llanuras, sabanas), las áreas que en su conjunto conforman ecosistemas, paisajes, cuencas hidrográficas y ecoregiones. Estos servicios todavía no se valoran adecuadamente y generalmente no se pagan con excepción de unos pocos países. Estos servicios son, entre otros, los siguientes:

- Mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero, mediante la fijación, reducción y almacenamiento de carbono (CO₂) y otros gases con efecto invernadero.
- Conservación de la biodiversidad -un servicio global sobre el cual se fundamenta la sobrevivencia de los recursos naturales-, mediante la protección y uso sostenible de especies, conservación de los ecosistemas

y los procesos ecológicos de los cuales se deriva la diversidad biológica y formas de vida, así como acceso a elementos de la biodiversidad para fines científicos y comerciales.

- Protección de recursos hídricos, en términos de calidad, distribución en el tiempo y cantidad, para uso urbano, rural, industrial e hidroeléctrico, mediante protección y uso sostenible de acuíferos, manantiales, fuentes de agua en general, protección y recuperación de cuencas y microcuencas, entre otros.
- Belleza escénica derivada de la presencia de bosques, paisajes naturales y elementos de la biodiversidad, que son los atractivos y la base para el desarrollo del turismo en sus diferentes formas: ecoturismo, turismo de playa y sol, turismo científico, de observación y aventura.
- El mantenimiento de las áreas como bosques, humedales, arrecifes y manglares, que mitigan los impactos de los desastres causados por las inundaciones, derrumbes, sequías, asociados con fenómenos naturales.

2.2 Los servicios ambientales hidrológicos.

Según el Acuerdo por el que se establecen las reglas de operación para el otorgamiento de PSAH emitido por la SEMARNAT, los servicios hidrológicos son aquellos que brindan los bosques y selvas y que inciden directamente en el mantenimiento de la capacidad de recarga de los mantos freáticos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo, la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación, la conservación de manantiales, el mayor volumen de agua superficial disponible en época de secas y reducción del riego e inundaciones.

El comportamiento de las cuencas tiene un efecto determinante sobre la disponibilidad de agua, sobre la duración de la vida útil de las costosas obras de

infraestructura y en la mitigación de los riesgos de desastres por inundaciones y avalanchas.

El reconocimiento teórico de estos conceptos ha sido reflejado en programas de la Secretaría de Agricultura, más recientemente en la CNA y la Comisión Nacional de Zonas Áridas, en otros.

Desde hace décadas atrás, los productores forestales mantuvieron demandas basadas en la retribución por parte de los usuarios del agua a los dueños de los bosques por lo que ellos llamaron "producción de agua". Esto tuvo lugar principalmente en las organizaciones campesinas forestales de Chihuahua y Durango, que reclamaban el reconocimiento de su contribución a la producción agrícola de las prósperas tierras de Sinaloa y la Laguna.

Así, con la promulgación de la Ley de Aguas Nacionales de 1992, se introdujo la muy interesante figura de los "consejos de cuenca", como instancias multisectoriales locales comisionados con el cuidado de las cuencas y los sistemas hidráulicos (Burstein *et al*, 2002).

Los servicios ambientales prestados por las cuencas hidrológicas, incluyen:

- La regulación del ciclo hidrológico del agua, es decir, el mantenimiento del caudal durante la temporada de secas y el control contra inundaciones.
- La conservación de la calidad del agua, es decir, la reducción al mínimo de la carga de sedimentos, la carga de nutrientes (por ejemplo, de fósforo y nitrógeno), la carga de sustancias químicas y de salinidad.
- El control de la erosión del suelo y la sedimentación.
- La reducción de la salinidad del suelo o la regulación de los niveles freáticos.

- El mantenimiento de los hábitats acuáticos (por ejemplo, la reducción de la temperatura del agua mediante la sombra sobre ríos o corrientes, el aseguramiento de restos adecuados de madera y hábitat para las especies acuáticas).

Muchas veces se insiste en que dichos servicios son lo suficientemente importantes para los consumidores de agua y los habitantes cuenca abajo como para justificar la conservación o plantación de bosques, sobre todo en las tierras con altas pendientes y a lo largo de un río o corriente (Myers, 1997). Desafortunadamente, dichas declaraciones rara vez se basan en estimaciones o mediciones detalladas de los impactos que ocasionan las alteraciones que se hagan a los bosques o fuera de ellos. Los pocos estudios detallados existentes, revelan que los impactos de los bosques en la cantidad y calidad del agua, erosión, sedimentación, niveles freáticos y productividad acuática, dependen de muchas características específicas al sitio, incluyendo el terreno, la composición del suelo, las especies arbóreas, la mezcla de vegetación, el clima y los regímenes administrativos (Calder, 1999).

Además, la naturaleza y el valor de los servicios de las cuencas hidrológicas no sólo dependen de las características del bosque mismo, sino también de la cantidad y las características de los beneficiarios. Dos bosques idénticos proporcionarán servicios hidrológicos muy diferentes si un bosque se encuentra en una cuenca muy poblada y el otro en una zona despoblada. Se puede argumentar que los servicios que proporciona el primer bosque valen más porque son más las personas que resultan beneficiadas de ellos. A continuación se describen cada uno de los servicios ambientales prestados por las cuencas hidrológicas.

2.2.1 Regulación del ciclo hidrológico.

Una idea generalizada es la de que los bosques actúan como “esponjas” al absorber el agua y soltarla poco a poco, mejorando así el abastecimiento de agua

durante la temporada de secas. En la práctica, los flujos básicos de los bosques tienen dos impactos contrapuestos:

1. Tienden a aumentar la infiltración y la retención del suelo, y así propician la recarga de la capa freática y reducen el escurrimiento; y
2. Consumen agua en la evapotranspiración y, por ende, reducen la recarga de la capa freática.

El efecto neto en el flujo varía mucho dependiendo del sitio. En última instancia, la evidencia indica un vínculo muy estrecho entre la deforestación, el incremento de las capas freáticas y mayores caudales durante la temporada de secas. Sin embargo, hay casos en los que la deforestación reduce el abastecimiento de agua (Hamilton y King, 1983; Bosch y Hewlett, 1982). Entre los factores que parecen influir en el resultado, se incluye a las especies arbóreas, y la naturaleza del uso de suelo que reemplaza al bosque.

En el caso específico de los bosques nublados o brumosos, la evidencia sugiere que la existencia de mayores cantidades de agua en la intercepción de nubes (la neblina sobre la vegetación) puede compensar las tasas más altas de evapotranspiración, dando como resultado un mayor caudal durante la temporada seca (Bruijnzeel, 2000). Donde se asocia la deforestación con la compactación del suelo (por ejemplo, debido a la construcción de caminos, el uso de maquinaria agrícola pesada o la conversión a tierras de pastoreo), el escurrimiento puede aumentar a una tasa mayor a la que lo reduce la evapotranspiración, resultando en capas freáticas más bajas.

2.2.2 Control de inundaciones.

Otra preocupación común es el presunto vínculo entre la deforestación y las inundaciones. Teóricamente, los bosques pueden mitigar el riesgo de inundaciones al reducir la cantidad de agua que escurre sobre la superficie durante las tormentas de alta intensidad. Dicha relación es cierta sólo en zonas de

captación menores a las 50,000 ha. En zonas de mayor captación, las inundaciones ocurren paulatinamente en las diferentes cuencas mientras pasa la tormenta, lo cual permite la moderación del caudal de la inundación. Las zonas de captación mayor pueden inundarse durante tormentas fuertes y prolongadas pero probablemente ocurra lo mismo si en esas zonas hay bosques (Chomitz y Kumari, 1998). Además, en las zonas de captación menor, la medida en que los bosques absorben el exceso de agua durante la época de lluvias depende del tipo y uso del bosque.

2.2.3 Control de la erosión.

El control de la erosión es otro beneficio para la cuenca hidrológica que se atribuye al bosque. Se plantea que la filtración de agua pluvial es mayor en los bosques naturales y mixtos, lo que permite la reducción del escurrimiento y la erosión. Además, se cree que las raíces de los árboles reducen la vulnerabilidad del suelo a la erosión, especialmente en las pendientes más pronunciadas. La presencia de árboles también puede ayudar a reducir el impacto de la lluvia en el suelo y, por ende, el nivel de desalojamiento de partículas. En la práctica, es extremadamente difícil establecer una relación clara entre la cubierta forestal y la erosión. El uso y la administración del bosque también son factores críticos, y algunos estudios muestran que los diferentes regímenes de explotación forestal y prácticas de construcción de caminos producen diferentes niveles de erosión laminar.

Se sabe menos de la erosión y deslaves en barrancos. En un estudio realizado en la provincia Chiang Mai, en Tailandia, Forsyth (1996) se sugiere que la erosión en barrancos puede ser más importante que la erosión laminar en las zonas boscosas, debido a la manera en que los troncos y raíces de los árboles canalizan el escurrimiento. Los deslaves tienden a asociarse con pendientes pronunciadas, suelos saturados y movimientos tectónicos, y lo más probable es que sean el resultado de la intervención humana, por ejemplo, la construcción de caminos. Aunque los sistemas de raíces profundas pueden evitar deslaves de poca profundidad, no sucede así con los deslaves más grandes (Bruijnzeel, 1990).

2.2.4 Prevención de la sedimentación en cuerpos de agua.

Se afirma también que los bosques ayudan a prevenir la sedimentación de los cuerpos de agua de la parte baja de la cuenca y, por lo tanto, preservan o prolongan el valor de la infraestructura acuática: los canales de riego, los puertos y las vías marítimas, las represas para las hidroeléctricas y las plantas de tratamiento de agua. De hecho, la proporción de descarga de sedimentos depende de una serie de factores del sitio, incluyendo el tamaño de la cuenca de captación, la geología y topología locales, la estabilidad de las márgenes de los ríos y el estado del uso de suelo y de los caminos (Chomitz y Kumari, 1998). Aunque los cambios del uso de suelo pueden afectar la carga de sedimentación, ésta debe compararse con los niveles anteriores.

2.2.5 Mantenimiento del hábitat acuático.

Varios autores afirman que los bosques ayudan a mantener la salud y la productividad de los ecosistemas acuáticos al controlar las cargas de limo y nutrientes, la temperatura del agua y la turbiedad; factores que tienen impacto directo e indirecto en los peces y otras especies acuáticas. Las altas cargas de sedimentos y nutrientes se consideran particularmente perjudiciales porque ocasionan la eutroficación y brotes de alga que roban el oxígeno y la luz solar a la vida acuática. En el caso de los ríos y estuarios, se cree que los bosques cobijan y proporcionan sombra que modera la temperatura del agua y la turbiedad de los mismos, además de proporcionar alimento y remansos para el depósito de huevos y el incremento de la fauna juvenil. No obstante, con la excepción de ciertos manglares, la evidencia presentada a menudo es superficial, y existe la necesidad de un análisis mucho más específico del sitio para establecer la naturaleza y la magnitud de dichas relaciones.

2.3 El pago de servicios ambientales en México.

El pago de servicios ambientales (PSA) describe la estrategia de una clase emergente de proyectos de desarrollo sustentable que encuentran su sentido en la valoración económica de los recursos naturales y la biodiversidad.

Siendo éste tipo de programas nuevos para México, y más aún para Quintana Roo, se requiere promover el mercado a favor de la protección ambiental y la sustentabilidad de selvas y bosques, a través de incentivos en apoyo a comunidades rurales.

En México se tienen algunas experiencias, a nivel piloto, de proyectos manejados por campesinos, por ejemplo:

- Organizaciones campesinas en Chiapas venden la captura de carbono a una compañía francesa que promueve carreras de autos.
- Grupos de ejidatarios de Michoacán venden un paquete de servicios, incluyendo el cuidado del hábitat de las mariposas monarca.
- Campesinos de Chiapas que se agregan a la iniciativa de un parque nacional; el servicio de cuidado del bosque que asegura la existencia del agua para los sistemas de riego y la presa hidroeléctrica de la misma cuenca.
- Campesinos indígenas oaxaqueños que ofrecen su conocimiento y conservación *in situ* de plantas con un potencial medicinal a instituciones de investigación y compañías farmacéuticas.
- Campesinos de Tres Garantías, en Quintana Roo, iniciaron la venta de un paquete que incluye el cuidado del hábitat y de los animales que los compradores cazan (Burstein *et al*, 2002).
- En 1996, el mercado de agua embotellada en Oaxaca fue abastecido exclusivamente por plantas purificadoras privatizadas que, en general, la extraían de pozos. Un año después, se realizó el envasado de agua de sus manantiales como actividad complementaria a la maderable (CONAFOR, SEMARNAT, 2003).

2.4 Compradores y vendedores de servicios ambientales.

Los recursos financieros, bienes u otro tipo de recursos generados por el programa de servicios ambientales tienen varios destinos, algunos de estos se muestran en la Tabla 2.1.

Hay que diferenciar de acuerdo al tipo de servicio ambiental los principios que rigen las decisiones de los que pagan y cobran por dichos servicios. En el caso de los proyectos de secuestro o evitación de carbono, para el que compra el servicio rige "el que contamina paga", es decir, los compradores se ubican donde las leyes y políticas:

- Regulan la producción de gases con efecto invernadero como el CO₂ (caso de la generación térmica de energía).
- Permite que el contaminador busque la manera más eficiente y rentable para cumplir con las leyes.
- Aceptan el concepto de mitigación de la producción de CO₂, invirtiendo en el desarrollo de actividades que resultan en la disminución a nivel global de la producción o liberación de CO₂.

Para el receptor del pago y que brinda el servicio, rige "el beneficio neto" como cualquier otra actividad empresarial, o bien, la decisión de abstenerse de cambiar el uso del suelo de su parcela o finca, por evitar riesgos o porque el esfuerzo de una actividad más intensiva requiere más capital y tiempo.

En los proyectos de prospección de la biodiversidad, el servicio lo puede pagar una empresa nacional o internacional farmacéutica a un instituto o laboratorio local por la información sobre especies, especímenes y principios activos para desarrollo de fármacos u otros productos.

En proyectos de belleza escénica (normalmente incluidos dentro del ecoturismo y sus diferentes opciones), son los visitantes de parques y de diferentes categorías de áreas protegidas, los que pagan el servicio.

En el caso de proyectos sobre protección de recursos hídricos (calidad, distribución temporal y cantidad de agua), pagarán por el servicio las empresas de generación y distribución de energía hidroeléctrica, agua potable o riego, así como el consumidor final.

Tabla 2.1 Flujo de Recursos de la venta de los servicios ambientales

Componente temático	Vendedores de servicios ambientales	Compradores de servicios ambientales	Tipo de servicio ambiental recibido	Valores en el mercado de servicios ambientales
Mitigación de las emisiones de gases con efecto invernadero.	<ul style="list-style-type: none"> - Pequeños, medianos y grandes propietarios de fincas. - Comunidades indígenas y otras etnias. - Entidades públicas y privadas propietarias de bosques y áreas protegidas y no protegidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Empresas, individuos, actividades contaminantes que producen gases con efecto invernadero (CO₂, CH₄, SO₂). 	<ul style="list-style-type: none"> - Los árboles fijan el carbono en biomasa y liberan oxígeno a la atmósfera y/o evitan la liberación del carbono si no se cortan. 	<ul style="list-style-type: none"> -US\$ 10 a US\$ 20 por toneladas (ton) de carbono, o US\$ 60 a US\$120 por ha al año.
Conservación de la biodiversidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Institutos de investigación - Institutos de prospección de biodiversidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - Laboratorios nacionales y transnacionales de fármacos. - Instituto del cáncer de Estados Unidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Información y muestras de especies, especímenes, así como principios activos para 	<ul style="list-style-type: none"> - US\$ 0,15 a US\$8.81 por ha al año.

Beneficios ambientales proporcionados por los bosques
Universidad de Quintana Roo

Componente temático	Vendedores de servicios ambientales	Compradores de servicios ambientales	Tipo de servicio ambiental recibido	Valores en el mercado de servicios ambientales
	- Comunidades indígenas y otras etnias que tienen conocimientos ancestrales de etnobotánica	- Empresas nacionales y transnacionales de biotecnología. - Empresas nacionales y transnacionales de perfumes y sustancias aromáticas.	- Desarrollo de productos farmacéuticos, biotecnológicos y otros.	
Mantenimiento de la calidad y cantidad de agua (protección de recursos hídricos).	- Pequeños, medianos y grandes propietarios de fincas. - Comunidades indígenas y otras etnias. - Entidades públicas y privadas propietarias de bosques y áreas protegidas y no protegidas.	- Empresas de generación y distribución de energía hidroeléctrica, de agua potable para uso humano e industrial, y agua para riego - Consumidores finales.	- En calidad de agua: reducción de niveles de erosión, sedimentación y flujo de nutrientes -En cantidad de agua: normalización de flujos, protección contra inundaciones.	-US\$ 10 a US\$ 20 por ha al año

Beneficios ambientales proporcionados por los bosques
Universidad de Quintana Roo

Componente temático	Vendedores de servicios ambientales	Compradores de servicios ambientales	Tipo de servicio ambiental recibido	Valores en el mercado de servicios ambientales
Belleza escénica.	- Entidades públicas y privadas propietarias de bosques y áreas protegidas y no protegidas.	- Empresas turísticas. - Turistas. - Investigadores	- Recreación. - Aventura. - Conocimiento de expresión artística y cultural de etnias.	- US\$ 12 a US\$ 25 por ha al año.
	- Propietarios de fincas con bosques, agropecuarias, etc.		- Hospedaje, guías, transporte fluvial, marítimo, terrestre. - Observación e investigación de fauna y flora.	

Fuente: (Espinoza, Gatica ,Smyle, 1999

CAPITULO III. MARCO LEGAL Y DE GESTIÓN

3.1 Desarrollo sostenible en el medio rural.

En la presente década la humanidad está adoptando importantes acuerdos globales, hemisféricos y regionales orientados a dar contenido programático a la transición hacia un desarrollo sostenible, concepto acuñado por la Comisión Brundtland en 1987. Estos acuerdos han enfatizado que el desarrollo debe estar centrado en el ser humano y, consecuentemente, es fundamental seguir un planteamiento multidimensional. Por consiguiente, la formulación de estrategias y políticas y la adopción de medidas en los planos microregional, regional nacional, e internacional deben basarse en un enfoque integrado.

El concepto de desarrollo sostenible ha orientado la formulación de otras definiciones y programas sectoriales que inciden en el medio rural, por su parte, el Programa 21 presenta varias áreas de acción relacionadas con la conservación y gestión de los recursos para el desarrollo sostenible fuertemente vinculadas con la agricultura y el medio rural y que tienen que ver con: la protección de la atmósfera, el enfoque integrado de la planificación y la ordenación de los recursos tierra, la lucha contra la deforestación, la desertificación y la sequía, el desarrollo sostenible de las zonas de montaña, la conservación de la biodiversidad, la gestión ecológicamente racional de la biotecnología, la protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce, la gestión ecológicamente racional de los productos químicos tóxicos (incluidos los agroquímicos) y el fomento de la agricultura y desarrollo rural. Esto implica en un medio rural, superación de pobreza, acceso al empleo, salud, vivienda, educación, recursos productivos, mercados, tecnología ecológicamente racional, fuentes de financiamiento, participación y fortalecimiento de la identidad cultural y conservación de los recursos naturales, entre otros.

El PSA en el medio rural puede contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y a la superación de dos aspectos señalados como limitantes por la Comisión Brundtland en el logro del desarrollo sostenible:

- Al fomento de nuevas formas de organización social en torno a la conservación, uso y valoración de los recursos naturales; y
- Al mejoramiento de la capacidad de la biosfera de absorber los efectos de las actividades humanas, por ejemplo, mediante la conservación y el mejoramiento de los sumideros de gases de efecto invernadero.

Asimismo, el programa de PSA responde a los acuerdos políticos y jurídicos internacionales, tales como los acuerdos de la Cumbre de la Tierra y las convenciones sobre diversidad biológica, cambio climático y desertificación. Además, los servicios ambientales se ubican en el contexto de los acuerdos políticos y planes de acción adoptados en los procesos regionales y hemisféricos sobre desarrollo sostenible, tales como las Cumbres de las Américas y la Alianza para el Desarrollo Sostenible de Centro América (Espinoza, Gatica, Smyle, 1999).

3.2 Antecedentes legales de la gestión de recursos naturales.

El marco jurídico-normativo que rige la gestión de los recursos naturales, se encuentra disperso en una variedad de instrumentos legales. Los contenidos de la Constitución y las leyes generales federales son materia del Congreso de la Unión, de igual forma que los tratados internacionales.

Los siguientes párrafos resumen los antecedentes de los distintos instrumentos legales para la construcción de políticas de PSA.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (1917)

Tutela de patrimonio de recursos naturales y servicios ambientales establece en su artículo 4º que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, aspiración que la Federación debe materializar en beneficio de la población.

**Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)
(Enero 1988).**

Está considerada como una de las más avanzadas de América Latina, por la introducción del ordenamiento ecológico, la evaluación del impacto ambiental y los planes de manejo, y por incorporar elementos participativos como la denuncia popular (Myers, 1997). Sin embargo si prevé expresamente el uso de instrumentos económicos dentro de la política ambiental (Roper y Park, 1999).

La LGEEPA fue enmendada a finales de 1996 reflejando la sustitución de la "teoría del uso racional" por la "teoría del uso sustentable" de los recursos naturales; donde el objetivo es lograr el equilibrio entre la sustentabilidad biofísica y la socioeconómica. La nueva ley incluyó la garantía al derecho de todo ciudadano a vivir en un entorno adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; estableció la preservación de la biodiversidad, el objetivo de prevención y control de emergencias y contingencias ambientales, y mecanismos de coordinación entre instituciones gubernamentales, y con el sector privado y de la sociedad civil.

La LGEEPA ordenó la descentralización de funciones a los gobiernos estatales y locales con supervisión del gobierno federal (Schmidt, Berry y Gordon, 1999).

Ley de Conservación del Suelo y Protección de Cubiertas Vegetales Naturales (Mayo de 1988).

Tiene una orientación principalmente inductora de prácticas sustentables del manejo de las tierras. Hace referencia expresa a la obligación gubernamental de atender prioritariamente áreas vulnerables y críticas de degradación. Da cabida a la formación de mercados de servicios ambientales correspondiendo a la conservación de las cuencas hidrográficas, en donde se establecerían mecanismos de transferencias financieras a los gestores de las partes altas de las cuencas, con el objeto de incrementar la infiltración y la regulación del régimen de escorrentía en las cuencas.

Convención Marco sobre Cambio Climático y Protocolo de Kioto (1992).

México ratificó la Convención Marco sobre el Cambio Climático en 1993 y ratificó el Protocolo de Kioto en abril de 2000. La Convención obligó a los países firmantes a prevenir la acumulación de gases de efecto invernadero de manera que el desarrollo económico sustentable no se vea amenazado. El Protocolo de Kioto puso en operación, de forma flexible, la Convención y estableció un sistema mundial de comercio de reducciones certificadas. En 2000, México mantuvo una postura de apoyo al Mecanismo de Desarrollo Limpio, reconociendo el peligro de una evasión de compromisos de la Convención Marco por parte de los países firmantes (Carabias y Tudela, 2000).

México es de los pocos países en desarrollo que han realizado un Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, como parte de sus compromisos de la Convención y para la preparación de un Programa Nacional de Acción Climática, donde conservación y reforestación resultan estrategias claves tanto para disminuir las emisiones de México como para proporcionar sumideros de carbono (Rosa y Kandel, 2002).

Plan Nacional de Desarrollo (2001-2006).

Establece que el medio ambiente es prioritario para el Ejecutivo Federal, toda vez que el desarrollo de la Nación no será sustentable si no se protegen los recursos naturales del país.

Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001-2006).

Establece que detener y revertir el deterioro ambiental acumulado es una tarea prioritaria para la seguridad nacional, incorporando en todos los ámbitos de la sociedad y de la función pública, criterios e instrumentos que aseguren la óptima protección, conservación y aprovechamiento de los recursos naturales. En el punto 3.3 se revisa con mayor detalle lo que marca el programa en lo referente a servicios ambientales.

Programa Nacional Forestal (2001-2006).

En su apartado 3.9 establece que se cuenta con gran potencial para aprovechar el mercado de Servicios Ambientales, señalando que México ofrece algunos rasgos importantes para el programa de PSA como son: la riqueza natural de su territorio, un amplio acceso de las comunidades indígenas y campesinas a los recursos naturales, un fuerte apoyo del gobierno y la puesta en marcha de algunos proyectos piloto que pueden ser tomados como ejemplo.

De acuerdo al Decreto por el que se crea la CONAFOR y a la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, dicha Comisión cuenta con atribuciones específicas en el desarrollo de los mecanismos de cobro y pago de bienes y Servicios Ambientales.

Ley de Bioseguridad (Abril de 2003).

Se puede señalar su importancia para el PSA en términos de la regulación de los derechos de propiedad intelectual, que son la base legal principal para los arreglos de venta de diversidad genética.

El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), de 1994, contiene un capítulo compatible con aspectos del proyecto de Ley de Bioseguridad, que contemplan el tema de los derechos de propiedad intelectual y las patentes, que protege, en cierta manera, los organismos macroscópicos, aunque no los microorganismos y los principios bioquímicos de los organismos, los cuales pueden y han sido explotados principalmente por las compañías farmacéuticas.

Ley de Aguas Nacionales (Abril de 2004).

Debería proporcionar el marco para la integración de las partes de las cuencas y pagar por los servicios ambientales hidrológicos, principalmente a través de transferencias de derechos de aguas negociados y operados en el contexto de los Consejos de Cuenca.

Esta ley, hasta ahora, no ha considerado la integración en los consejos y en la gestión de las cuencas, a otros usuarios de cuencas.

Ley General de Vida Silvestre (Septiembre de 2004).

Tuvo, entre sus objetivos, crear las condiciones para el desarrollo de las Unidades de Manejo Sustentable (UMAS), instrumentos de control del aprovechamiento de organismos de vida silvestre. La venta de derechos de cacería ha sido hasta ahora una de las más importantes aplicaciones de esta ley, y su regulación ha conducido a la elevación muy sustancial de la captura de ingresos por los dueños de los recursos.

Aunque hasta ahora las UMAS han tenido un desarrollo fundamentalmente en los ranchos privados del norte del país, esas experiencias han abierto un antecedente de venta directa de recursos de biodiversidad, con efectos positivos para el mejoramiento de hábitat de animales y plantas, aún cuando éstos no se comercialicen.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (Septiembre de 2004).

En los términos de dicha Ley, se establece el Fondo Forestal Mexicano como el instrumento para promover la conservación, incremento, aprovechamiento sustentable y restauración de los recursos forestales y sus recursos asociados facilitando, entre otros, el acceso a los servicios financieros en el mercado, impulsando proyectos que contribuyan a la integración y competitividad de la cadena productiva, y desarrollando los mecanismos de cobro y pago de bienes, y Servicios Ambientales.

Acuerdo que establece las Reglas de Operación para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (Publicado el 3 de Octubre de 2003 y modificado el 18 de Junio de 2004).

Establece los lineamientos generales de operación del programa, y los métodos y procesos de selección de zonas elegibles (ejidos, comunidades, pequeños propietarios, legítimos poseedores de recursos forestales y las asociaciones que se formen entre si) para el PSA, así como las obligaciones y derechos de los beneficiarios y las facultades conferidas a la CONAFOR.

El programa de PSA surge como transacción mediante el cual los poseedores de las tierras son retribuidos por los usuarios de los servicios ambientales.

Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCYMAF II) (2004-2007).

Dirigido a asistir ejidos y comunidades forestales en regiones prioritarias de los estados de Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Quintana Roo para mejorar el manejo forestal sustentable bajo esquemas de silvicultura comunitaria que generen procesos de desarrollo local. Este programa da continuidad a la estrategia instrumentada con el Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos en México (PROCYMAF) cuyos resultados mostraron la importancia de aplicar una estrategia permanente de atención especializada encaminada a fortalecer procesos de desarrollo comunitario.

De esta manera el PROCYMAF II fue diseñado para ejecutarse en un período de cuatro años y dará apoyo a la realización de talleres orientados a difundir información y promover arreglos institucionales locales para el cobro y pago de servicios ambientales.

3.3 Los Servicios ambientales en el Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2001-2006).

Los ecosistemas son fuente de recursos, materias primas y servicios ambientales esenciales para la economía y el resguardo del acervo genético de las especies, cuya conservación es fundamental.

La riqueza biológica de México y sus variados ecosistemas son patrimonio de las generaciones presentes y futuras, esto es comprensible en tanto cada una de las especies representa un eslabón de la compleja cadena de los procesos ecológicos que genera los servicios ambientales; lo cual representa un recurso sujeto a algún tipo de uso o aprovechamiento directo o indirecto. Así, la pérdida de capital natural tiene costos inaceptables e imposibles de sufragar.

De este modo, conservar y aumentar el capital natural tiene múltiples implicaciones benéficas para la economía, en términos directos e indirectos, tanto

por la generación de bienes y plusvalía, como por el ahorro de los gastos que implicaría incorporar materias y recursos, así como remediar los costosos estragos que provocan los desastres naturales.

3.3.1 Pérdida de la cobertura forestal.

El término cobertura forestal, se refiere a la vegetación natural de los distintos ecosistemas terrestres de México, bosques, selvas, manglares, pastizales, matorrales de zonas áridas, entre otros. De acuerdo a estimaciones publicadas por la SEMARNAT desde 1960 se ha perdido el 30% de los bosques y selvas entonces existentes en el país, entre las principales causas de la deforestación están:

- En primer lugar el cambio de uso del suelo para fines agropecuarios, la mayor parte del cual proviene del sector más marginado de la población rural.
- La segunda causa del deterioro se debe al impacto de la ganadería extensiva que afecta, sobre todo, el norte del país, en donde el 95% de los pastizales naturales y 70% de los matorrales de zonas áridas se encuentran sobrepastoreados. Esta degradación se manifiesta en una reducción en la densidad, cobertura y productividad de la vegetación, así como en cambios negativos en la composición y abundancia relativa de especies, tanto de plantas como de animales. El sobrepastoreo también está presente en bosques y selvas del país, sobre todo en zonas rurales con altos índices de marginación socio-económica, con las mismas consecuencias eventuales para los ecosistemas.
- Los incendios forestales son otra causa significativa de la deforestación. Entre 1991 y 1998 fueron afectadas anualmente un promedio de 276 mil ha, de las cuales 34% fueron bosques y selvas (el resto fueron pastizales y

vegetación asociada con parcelas de descanso); y alrededor de una quinta parte de ellas resultaron dañadas letalmente.

Estos incendios tienen como causa principal las quemas con fines agropecuarios que se salen de control por parte de quienes los realizan.

La deforestación, degradación ecológica y el cambio de uso del suelo forestal para actividades agropecuarias, representan hoy en día una amenaza para la persistencia de ecosistemas, la biodiversidad y las especies endémicas, así como para el mantenimiento de los procesos ecológicos que configuran servicios ambientales, como la recarga de mantos freáticos, conservación del suelo y captura de carbono.

A pesar de la transformación de los ecosistemas naturales para dedicarlos a usos productivos, los resultados preliminares de la primera etapa del Inventario Nacional Forestal 2000-2001, sobre las existencias de los principales tipos de vegetación y usos de suelo, indican que el 66% de la superficie de la República (alrededor de 127.9 millones de ha) aún presentan cubierta de vegetación natural con distintos grados de conservación de este patrimonio biológico.

En años recientes, se ha calculado que la superficie de cubierta vegetal que se pierde anualmente es de alrededor de 600 mil ha, presentándose este problema especialmente en las selvas tropicales.

3.3.2 La nueva política nacional.

El país enfrenta una severa degradación y sobreexplotación de los recursos naturales como herencia ambiental del Siglo XX. Esta situación demanda un cambio sustantivo de la política ambiental del país. La nueva política ambiental de México es consistente con los grandes lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y constituye la expresión sectorial de la sustentabilidad que se reconoce como principio fundamental de la estrategia nacional de desarrollo.

Los pilares principales sobre los que se sostiene la nueva política ambiental Mexicana son:

1. Integral.
2. Compromisos de los sectores del Gobierno Federal.
3. Nueva gestión.
4. Valoración de los recursos naturales.
5. Participación social y rendición de cuentas.

3.3.3 Valoración de los recursos naturales.

Todas y cada una de las actividades económicas están conectadas a la naturaleza. El sector primario cosecha la riqueza renovable de los suelos, bosques y mares y extrae el capital natural contenido en recursos minerales.

El sector industrial da un paso más, combinando y transformando estos insumos para crear bienes de consumo final o continuar en otros procesos productivos, pero generando residuos que utilizan y presionan la capacidad de carga de aire, agua y suelos. Lo mismo ocurre con el sector de servicios que añade valor, usando estos recursos naturales ya transformados, dependiendo directamente del Estado de la naturaleza, como en el caso del turismo.

Un mejor estado del ambiente hace que todas estas actividades económicas sean más productivas por ejemplo: un manglar mejor conservado hace más sostenible una pesquería, una cuenca con bosques mejor conservados genera un acuífero con mayor recarga; sosteniendo así más agricultura de irrigación y mayor actividad industrial y consumo humano en la zona urbana.

Un mejor estado del ambiente también reduce costos:

- El aire más limpio reduce la incidencia de enfermedades ahorrando gastos a los hogares y al sistema de salud.

- Una mejor calidad de agua reduce costos de acondicionamiento para consumo o el que se tengan que buscar otras fuentes.

Así, uno de los objetivos que debe alcanzar la política ambiental es que todas las actividades económicas reconozcan el valor de los servicios ambientales de los que disfrutan y, a partir de ello, contribuyan a su mantenimiento, tomando en cuenta también los costos que imponen a otros por uso.

De lo anterior surgen dos vertientes de solución:

1. Asegurar que el precio que pagan actualmente los usuarios de bienes y servicios ambientales refleje su verdadero costo ambiental.
2. Asegurarse de que, cuando los recursos naturales son propiedad de individuos o comunidades, reciban un pago no sólo por los bienes que producen sino también por los servicios ambientales que mantienen.

La primera estrategia busca lograr que los usuarios de bienes y servicios ambientales racionalicen el uso que hacen hoy día de los mismos, es decir, que solamente los utilicen para actividades que son socialmente rentables. Esto significa que es necesario internacionalizar el costo ambiental asociado al uso, para lo cual se proponen una gama de iniciativas, dentro de las que destacan:

- La reducción o eliminación de subsidios a los productos que conllevan un alto uso de bienes y servicios ambientales.
- La internacionalización del costo ambiental mediante derechos e impuestos y promover el uso de etiquetas y certificados para diferenciar productos ambientalmente sustentables, entre otras.

El segundo componente tiene como finalidad orientar las decisiones de aquellos individuos que con sus acciones pueden aumentar o disminuir el flujo de bienes y servicios ambientales, tales como los campesinos con tierras en laderas boscosas que pueden decidir transformar sus tierras al uso agrícola. Por ejemplo existe una gran cantidad de apoyos para la expansión de la frontera agrícola, sin embargo, no existen apoyos similares para que el productor pueda optar por no transformar sus tierras y mantener o ampliar incluso el flujo de bienes y servicios ambientales, por eso es necesario internacionalizar los beneficios sociales que generan quienes conservan sus recursos naturales mediante el pago que realice el gobierno, o directamente los particulares. Esto requiere de un paquete de medidas y estrategias específicas para cada tipo de bien o servicio ambiental producido: agua, fijación de carbono, mantenimiento de la biodiversidad, producción de suelos, regulación climática, entre otros (SEMARNAT, 2001).

CAPITULO IV. CARACTERÍSTICAS DE QUINTANA ROO

4.1 Clima

El Estado de Quintana Roo presenta un régimen climático del tipo cálido subhúmedo (Aw_1), con una temperatura media anual de 26 °C siendo enero el mes menos caluroso y el más cálido puede presentarse entre los meses de mayo, junio, julio o incluso agosto; los meses más calientes son desde mayo a septiembre. La época de lluvias comprende los meses de mayo a octubre, aunque a veces se prolonga hasta noviembre (CNA, 2002). Esto es debido a su relieve plano (altura media de 10 msnm) y su localización entre los 18 y 20° de latitud al norte del Ecuador y la influencia húmeda del Mar Caribe (PEOT, 2004).

La temporada seca del año es de noviembre a abril, pudiendo dividirse esta época a su vez en dos subperíodos, uno que va de noviembre a febrero o también llamado época de nortes, ocasionado por masas de aire y nubes con vientos polares de esa dirección con rachas violentas y temperaturas bajas, y otra de franca sequía que comprende los dos restantes meses del año, o sea, marzo y abril (SEMARNAT-SSFNA, 2000). De acuerdo con la carta de Climas de Yucatán, basada en la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García, el Estado de Quintana Roo presenta climas tales como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Clasificación de climas en Quintana Roo.

Tipo de Clima	Descripción
Am (f)iw"	Cálido húmedo con lluvias todo el año, isotermal con sequia intraestival.
Ax'(w2)iw"	Cálido subhúmedo, es el más húmedo dentro de esta categoría, es isotermal con presencia de sequía intraestival.
Ax'(w1)iw"	Cálido subhúmedo, está clasificado como intermedio por su régimen de humedad dentro de esta categoría es isotermal con presencia de sequía intraestival.
Ax'(wo)iw"	Cálido subhúmedo, es el menos subhúmedo dentro de esta categoría, es isotermal con presencia de sequía intraestival

Fuente: PEOT, 2000.

4.2 Geomorfología

Desde el punto de vista geomorfológico, el Estado refleja la diversidad de eventos geológicos. En este conjunto de procesos se incluyen los eventos tectónicos recientes que dieron origen a las formaciones de fractura de la porción sureste del Estado y que hoy se reconocen como el sistema de fracturas de la región Bacalar (PEOT, 2004).

De este modo, la dinámica está centrada en dos aspectos relevantes de las condiciones en el Estado:

- La precipitación, tiende a disolver la roca base en buena parte del territorio de Quintana Roo y que por otro lado produce fuertes aluviones en las regiones de lomeríos arrastrando grandes cantidades de materiales, de modo simultáneo el arrastre de materiales ligeros produce en algunas de las zonas de valles la formación acelerada de suelos extremadamente ricos pero poco profundos y por lo mismo fácilmente erodables.
- El otro elemento fundamental es el proceso de acreción que tiene lugar en las costas del Estado, ya que ha permitido y sigue generando una paulatina remisión de las aguas marinas por efecto de los procesos sedimentarios que tienen lugar en las lagunas costeras y arrecifales que bordean el Estado. Si bien estos procesos son visibles solamente en términos de tiempo ecológico y geológico, es importante tener conocimiento de los mismos y tomarlos en cuenta al hacer planes a futuro, particularmente en el mediano y largo plazo (PEOT, 2004).

4.3 Edafología

Quintana Roo presenta como suelo dominante el Leptosol rénsico y además se encuentra el Luvisol crómico y el Vertisol eútrico, sin embargo siguen denominándose de acuerdo a la clasificación Maya, como lo muestra la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Clasificación maya de suelos.

Clase Maya	Significado	Equivalencia FAO-UNESCO
Tzek´el	Pedregoso	Leptosol Lítico
Pus-Lu´um	Tierra suelta con piedras	Leptosol rénsico
K´ankab	Tierra roja miel	Luvisol crómico
Yax-Hoom	Tierra fértil con vegetación verde	Vertisol eútrico y dístrico
Ak´alche	Tierra en bajos que se inundan	Gleysol mólico y eútrico
Chac-Lu´um	Tierra roja	Cambisol crómico
Huntunich	Tierra que proviene de piedras	Regosol calcárico

Fuente: PEOT, 2000.

4.4 Hidrografía.

Una región hidrológica se define como la agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similares, una cuenca hidrológica, o zona de captación, es una extensión de terreno que drena toda el agua hacia un punto común, lo cual la convierte en una unidad atractiva para la conservación del suelo y del agua, y por último una subcuenca es un área con flujo de agua abundante.

El conocimiento del comportamiento hidrológico en el área, repercute directamente en la distribución y dinámica de las poblaciones de fauna y flora, las actividades humanas y en la distribución de los asentamientos humanos, razón por la cual, es importante la planeación del desarrollo de una región.

El caso de Quintana Roo, la circulación de agua subterránea es abundante debido a las elevadas precipitaciones y alta permeabilidad de la superficie cárstica. La recarga de acuíferos ocurre en la región oeste a través de los

volúmenes infiltrados y los flujos subterráneos que se convierten en descargas hacia el mar. Se considera que el flujo de agua subterránea esta a poca profundidad, ya que aflora ocasionalmente en cenotes y lagunas intermitentes.

Según se aprecia la permeabilidad dominante en el terreno es alta debido a la estructura litológica presente (rocas calizas solubles medianamente fracturadas), lo que ha favorecido en cierto grado al desarrollo del relieve cárstico. Existen en Quintana Roo otras superficies que presentan permeabilidades intermedias y bajas, ubicadas en depresiones tectónicas o cársticas en donde se han acumulado suelos residuales y materiales transportados por la escasa actividad fluvial.

4.5 Geohidrología.

El acuífero de la Península de Yucatán es altamente vulnerable a la contaminación debido, a las condiciones geohidrológicas de la zona con una gran densidad de fisuras y conductos de disolución que se encuentran en el subsuelo y permiten la infiltración de todo tipo de aguas con mucha facilidad. Esto permite que se obtenga agua en cantidades considerables. Por otra parte la permeabilidad de los estratos de las rocas sedimentarias carbonatadas tiene una variedad muy grande y depende exclusivamente de la fracturación. Dado el escaso relieve del terreno, no se encuentran afloramientos o manantiales. Sin embargo, la disolución de los carbonatos frecuentemente forma cavemas que, en caso de derrumbarse sus techos, dan origen a dolinas o cenotes.

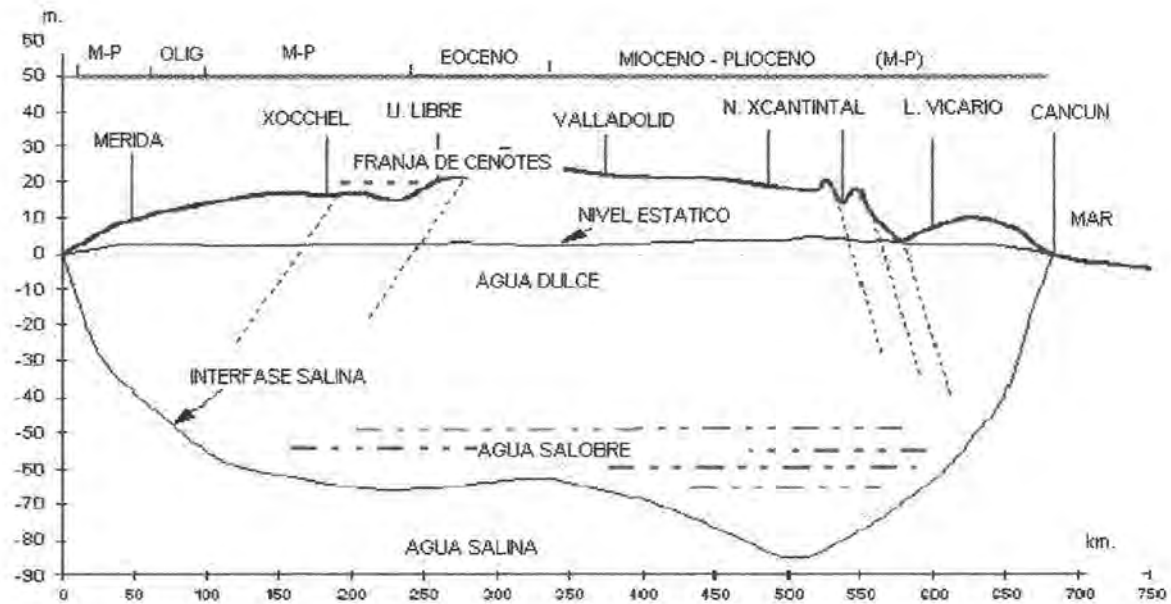
En la actualidad los cenotes son una importante fuente de abastecimiento de agua en las comunidades de la entidad. Los pocos estudios realizados en los cenotes reflejan el contenido de nutrientes de un agua subterránea que puede variar dependiendo de la vegetación y de las actividades antropogénicas de la zona. El movimiento del agua y el transporte de contaminantes desde la superficie al agua subterránea tiende a ser un proceso lento en algunos casos, pero en zonas de alta fracturación este proceso tiene a ser rápido.

El espesor saturado de agua dulce crece tierra adentro, es menor en una faja de 30 km desde las costas y, de 30 a 50 m, en el resto de las llanuras. En las

partes altas alcanza profundidades mayores a los 100 m. En general, puede establecerse que el acuífero se divide verticalmente en tres partes como se muestra en la figura 4.1:

- La zona de agua dulce resultado de la infiltración del agua de lluvia.
- La zona de agua salobre o zona de mezcla.
- La zona de agua salada a profundidad. Hacia las costas esta última zona está compuesta por agua oceánica.

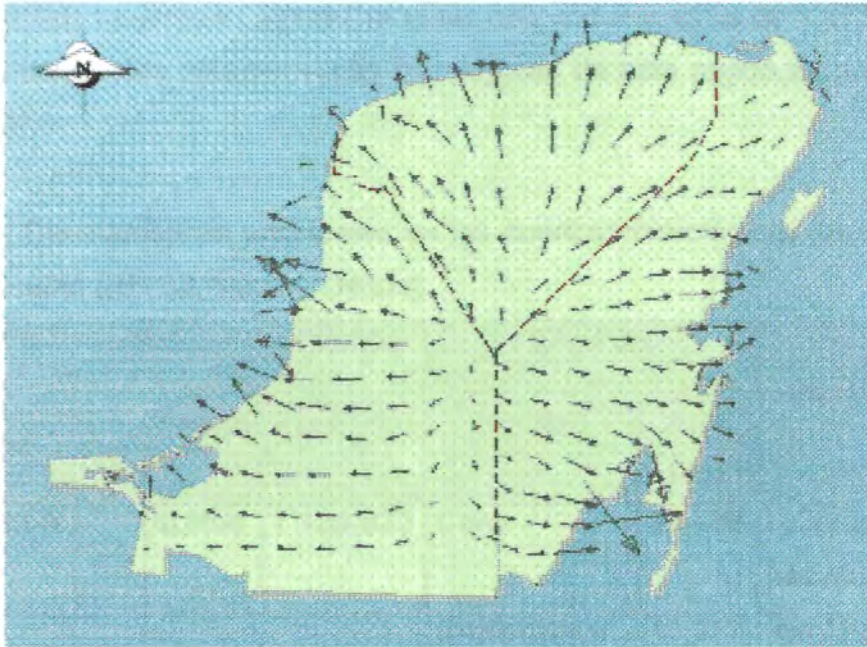
Figura 4.1 Sección hidrogeológica esquemática del norte de la Península de Yucatán.



Fuente: PEOT, 2000.

El flujo subterráneo se da desde las porciones internas de la península radialmente hacia las planicies: Cuencas escalonadas, Planicie interior y Zona Costera de Campeche – Champotón, aflora en lagunas y áreas de inundación y escapa subterráneamente hacia el mar en la costa como se muestra en la figura 4.2. En las planicies se dispersa hacia el norte y noroeste y, a partir de la zona de Xcan – Leona Vicario (máxima precipitación pluvial del noreste de la península) se extiende hacia las costas escapando al mar a lo largo del litoral (PEOT, 2004).

Figura 4.2 Dirección del flujo del agua subterránea en la península de Yucatán.



Fuente: POET, 2000.

La CNA propuso una regionalización con bases hidrológicas, la cual consta de 13 regiones. Quintana Roo se encuentra ubicado dentro de la Región XII Península de Yucatán, la cual comprende íntegramente a los estados de Yucatán, Quintana Roo y Campeche, con excepción del municipio de Palizada, el cual se encuentra en la cuenca del río Palizada, tributario del río Usumacinta. A su vez el Estado se encuentra dividido en dos subregiones:

- Región hidrológica No. 32 Yucatán Norte (RH32), que a su vez se divide en dos cuencas: (A) Quintana Roo y (B) Yucatán.
- Región hidrológica No. 33 Quintana Roo (RH33), que a su vez se dividen dos cuencas: (A) Bahía de Chetumal y otras; y (B) Cuencas cerradas.

Región Hidrológica Yucatán (RH32).

Se conforma de dos cuencas que abarcan superficies de los estados de Yucatán (69% de la subregión), Campeche (10.34%) y Quintana Roo (20.65%). El

Estado de Quintana Roo comprende los municipios de Benito Juárez, Cozumel, Solidaridad, Isla Mujeres y Lázaro Cárdenas con una superficie de 1'177,216 ha.

Las principales características hidrológicas de esta región se presentan en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Yucatán (RH-32, Yucatán Norte)

Región	RH Y		Datos por Subcuenca		Lagunas		Municipio
	Cuenca	Clave	Estado	Área (Ha)	Nombre	Área (Ha)	
Yucatán	32-A		Q.Roo	1'126,822	Conil	32,039	L.Cárdenas, Isla Mujeres
					Chakmichuk	11,527	Isla Mujeres
					Nichupté	4,217	B.Juárez, L. Cárdenas
					Corchalito	26	B.Juárez, L. Cárdenas
					Punta Laguna	122	L. Cárdenas
					La Luz	13	Solidaridad
					Cobá	26	Solidaridad
					Verde	31	Solidaridad
					Nachacom	31	Solidaridad
					El Continente	240	Solidaridad
					La Unión	17	Solidaridad
					Ciega	213	Cozumel
					Chankanab	18	Cozumel
					Colombia	129	Cozumel

Fuente:PEOT, 2000.

a) Esgurrimientos.

Debido a la conformación del terreno, la precipitación que se presenta en la parte continental de la Península de Yucatán, aún cuando anualmente es superior a 1,000 mm, sólo genera esgurrimientos superficiales efímeros, que son interceptados por los pozos naturales de recarga al acuífero por lo que no se tienen esgurrimientos superficiales.

b) Lagunas.

En la parte noreste y dentro del Estado de Quintana Roo se localiza la laguna de Nichupté. No se dispone de información respecto a la profundidad media de estos cuerpos de agua.

c) Los litorales.

El litoral de la subregión Yucatán cuenta con una extensión de 826.5 km de los cuales pertenecen 117.5 km a Campeche, 381 km a Quintana Roo y 328 a Yucatán, suma que equivale al 7.1% del litoral nacional, que es de 11,592 km.

Región Hidrológica Quintana Roo (RH33).

Incluye superficies de los estados de Yucatán (12.7%), Campeche (16.95%) y Quintana Roo (70.35%). Comprende a los municipios de Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos, todos del Estado de Quintana Roo.

En la parte sur del Estado se encuentran las dos cuencas señaladas dentro de la región hidrológica RH33, la cuenca (A) Bahía de Chetumal y otras, con una superficie aproximada de 1'655,156 ha., que comprende como ciudad principal a Chetumal, y la cuenca (B) Cuencas cerradas, como ciudad principal Felipe Carrillo Puerto, con una superficie aproximada de 1'131,929 ha.

La RH33-A cuenta con cinco subcuencas; la cuenca colinda al sur con la República de Guatemala y al oeste con la Subregión Campeche.

En la Subregión RH 33-B se localizan 3 subcuencas constituidas por áreas planas.

a) Escurrimientos.

Está conformada por escurrimientos que se pierden para seguir un cauce subterráneo, el Escondido y el Tigrito, ambos en la subcuenca c de la cuenca A y dentro del Estado de Quintana Roo. Por otra parte, únicamente las subcuencas d y e de la misma cuenca A presentan escurrimientos superficiales con cauces bien establecidos y son estos lo que forman parte de la cuenca de aportación del río Hondo.

b) Lagunas.

Con respecto a estos cuerpos de agua superficial, la entidad cuenta con lagunas tales Bacalar y la laguna Chichancanab. No se dispone de información respecto a la profundidad media de estos cuerpos de agua.

c) Litorales.

El litoral de la subregión es de 674.7 km, los cuales se constituyen de costas frente al mar Caribe y pertenecen todos al Estado de Quintana Roo.

Las principales características hidrológicas de esta región se presentan en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este, Cuenca 32-A).

Datos por Subcuenca			Vol Llovido (Mm ³)	Log. Litoral (Km)	Lagunas		Municipio
Clave	Estado	Área (Ha)			Nombre	Área (Ha)	
a	Q.Roo	143,000		137,10	Mosquitero	1,290	Othón P. Blanco
					Cazona	1,290	Othón P. Blanco
					Uvero	134	Othón P. Blanco
					El Cinco	58	Othón P. Blanco
					San Antonio	170	Othón P. Blanco
					Los Cocos	24	Othón P. Blanco
					Agua Dulce	28	Othón P. Blanco
					Uach	754	Othón P. Blanco
					Canal	57	Othón P. Blanco
					Cementerio	55	Othón P. Blanco
b	Q. Roo	421,000		216.30	Zamach	15	Solidaridad
					Catoche	1,617	Solidaridad

Datos por Subcuenca			Vol Llovido (Mm ³)	Log. Litoral (Km)	Lagunas		Municipio
Clave	Estado	Área (Ha)			Nombre	Área (Ha)	
					Sandaldi	1,508	Solidaridad
					Tres Marías	50,873	Felipe C. Puerto
					Santa Rosa	1,406	Felipe C. Puerto
					Los cocos	13	Felipe C. Puerto
					Cantil	202	Felipe C. Puerto
					Chochoba	46	Felipe C. Puerto
					Pájaros	1,901	Felipe C. Puerto
					Hazil	2	Felipe C. Puerto
					Chanchebalam	814	Felipe C. Puerto
					Chi	11	Felipe C. Puerto
					Santa Rosa	704	Felipe C. Puerto
c	Q.Roo	659,243		294.9	Noh bec	953	Felipe C. Puerto
					Teresita	260	Othón P. Blanco

Datos por Subcuenca			Vol Llovido (Mm ³)	Log. Litoral (Km)	Lagunas		Municipio
Clave	Estado	Área (Ha)			Nombre	Área (Ha)	
					La Virtud	543	Othón P. Blanco
					Chile Verde	1,281	Othón P. Blanco
					San Antonio	199	Othón P. Blanco
					Agua Salada	570	Othón P. Blanco
					San Felipe	1,933	Othón P. Blanco
					Bacalar	5,794	Othón P. Blanco
d	Q. Roo	262,226			San José Aguilar	199	Othón P. Blanco
					Chacan Batan	234	Othón P. Blanco
e	Q. Roo	179,888			Milagros	290	Othón P. Blanco
					Sabanita	65	Othón P. Blanco

El dato consignado como Volumen llovido se determinó considerando la altura de precipitación circulada en esta tabla. De esta forma la cuenca A le corresponden 25,040 Mm³año y a la cuenca B 21,962 Mm³año.

El dato de Volumen escurrido está dado como promedio anual.

El área media de las Islas de Cozumel e Isla Mujeres es 49,884 y 510 Ha respectivamente, las cuales no se incluyen en esta tabla.

Fuente: PEOT, 2000.

Tabla 4.5 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la Región Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este, Cuenca 33-B).

Datos por Subcuenca			Vol Llovido (Mm ³)	Log. Litoral (Km)	Lagunas		Municipio
Clave	Estado	Área (Ha)			Nombre	Área (Ha)	
a	Q.Roo	362,100		26.40	Boca Paila	2,891	Solidaridad
					Cahapeché	268	Solidaridad
					Chumkopó	35	Solidaridad
					Chunyaxcha	1,858	Felipe C. Puerto
					El Mango	43	Felipe C. Puerto
					Esperanza	4	Felipe C. Puerto
					Muyil	289	Solidaridad
					Nopalitos	55	Solidaridad
					Pocha	15	Felipe C. Puerto
					San Andrés	17	Felipe C. Puerto
					San Miguel	578	Solidaridad
					Verde	89	Felipe C. Puerto
b	Q.Roo	682,930			Catoche	162	Felipe C. Puerto
					Chi	136	Felipe C. Puerto

Datos por Subcuenca			Vol Llovido (Mm ³)	Log. Litoral (Km)	Lagunas		Municipio
Clave	Estado	Área (Ha)			Nombre	Área (Ha)	
					Dzidzantúm	53	Felipe C. Puerto
					Kana	86	Felipe C. Puerto
					Ocom	850	Felipe C. Puerto
					Paytoro	797	Felipe C. Puerto
					Petén Tulix	360	Felipe C. Puerto
					Sac-Ayin	1,080	Felipe C. Puerto
					Tzopop	149	Felipe C. Puerto
					X-Kojoli	491	Felipe C. Puerto
c	Q.Roo	86,699			Noha	196	Othón P. Blanco

El dato consignado como Volumen llovido se determinó considerando la altura de precipitación circulada en esta tabla. De esta forma la cuenca A le corresponden 25,040 Mm³año y a la cuenca B 21,962 Mm³año.

El dato de Volumen escurrido está dado como promedio anual.

El área media de las Islas de Cozumel e Isla Mujeres es 49,884 y 510 Ha respectivamente, las cuales no se incluyen en esta tabla.

Fuente: PEOT, 2000.

Tabla 4.6 Características principales de las cuencas hidrológicas asociadas a la subregión Quintana Roo (RH-33, Yucatán Este)

Subregión	Datos por subcuenca		Vol. Llovido (Mm ³)	Long. Litoral (km)	Área de Lagunas (ha)
	Estado	Área de subcuencas (ha)			
Suma Parcial	Campeche	110,378		0	248
	Quintana Roo	2,787,085		674.7	85,880
	Yucatán	503,214		0	2,172
Suma Total		3,961,900	48,002	674.7	88,280

El dato consignado como Volumen llovido se determinó considerando la altura de precipitación circulada en esta tabla. De esta forma la cuenca A le corresponden 25,040 Mm³año y a la cuenca B 21,962 Mm³año.

El dato de Volumen escurrido está dado como promedio anual.

El área media de las Islas de Cozumel e Isla Mujeres es 49,884 y 510 Ha respectivamente, las cuales no se incluyen en esta tabla.

Fuente: PEOT, 2000.

Por carecer de corrientes superficiales, el subsuelo es la única fuente permanente de agua dulce que posee el Estado; de aquí se desprende la vital importancia del agua subterránea en la entidad, pues es el recurso que complementa la agricultura y el que sustenta el desarrollo de los demás sectores. Gracias a la abundante precipitación pluvial de la región, el volumen renovable del acuífero es muy superior a las demandas de agua esperadas a largo plazo; sin embargo, el acuífero es muy vulnerable a la contaminación y su captación enfrenta severas restricciones debido al riesgo de provocar su salinización por ascenso del agua marina que lo subyace en gran parte del Estado. Así los principales problemas geohidrológicos están relacionados con la calidad más que con la cantidad del recurso (PEOT, 2004).

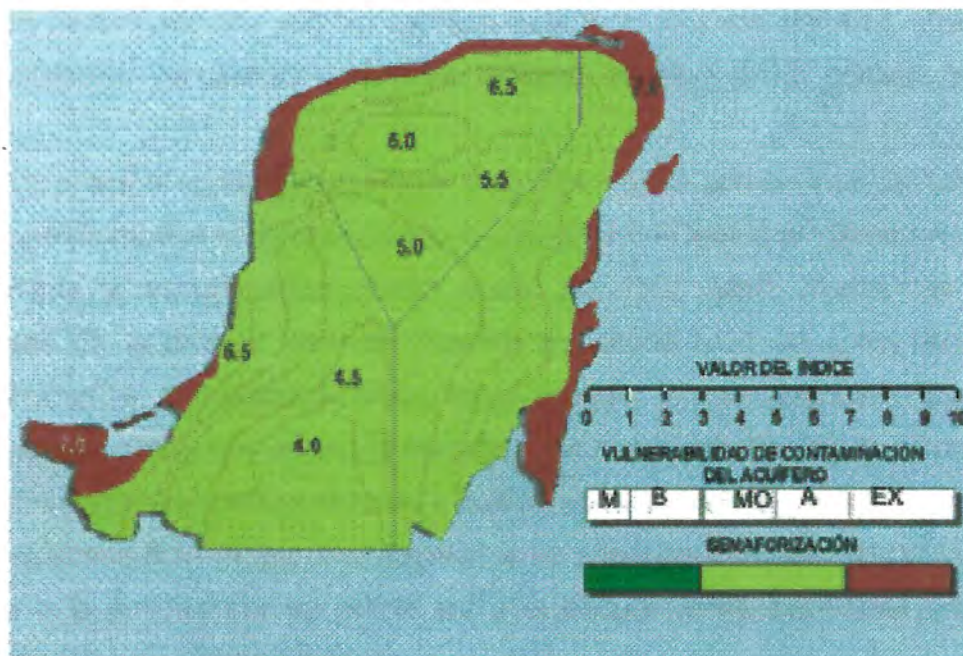
4.6. Fisiografía.

El acuífero de la Península es altamente vulnerable a la contaminación debido a las condiciones geohidrológicas propias de la zona, lo que resulta en la mala o buena calidad del agua subterránea.

La gran dinámica que presenta el agua del acuífero de la península de Yucatán ha propiciado que el fenómeno de intrusión salina se lleve a cabo de manera estacional dependiente de la cantidad de agua de lluvia recargada, así, en la temporada de estiaje es de esperarse invasiones relativas de agua de carácter oceánico bastante tierra adentro, entre 10 y 20 km tierra adentro al norte de Tizimin, y en la costa este de Quintana Roo se reportan vaivenes estacionales de 10 a 15 km.

De acuerdo a lo anterior la CNA ha establecido una semaforización de acuerdo a la vulnerabilidad del acuífero (figura 4.3), que esta relacionada a la dirección de los contaminantes hacia la costa y a la capa de agua dulce disponible en la zona.

Figura 4.3 Vulnerabilidad a la contaminación del acuífero de la Península de Yucatán.



M. Mínima; B. Baja; MO. Moderada; A. Alta; EX. Extrema

Fuente: POET, 2000.

De acuerdo a la figura anterior las costas del Estado de Quintana Roo se encuentran señaladas con un valor de 7, el cual representa una vulnerabilidad a ser modificadas o contaminadas, debido a que en estas zonas descarga la mayor parte de las aguas subterráneas que son susceptibles a ser contaminadas en el trayecto hacia las costas.

En el resto del Estado la semaforización va de un valor de 5 a 6.5, que corresponde a una vulnerabilidad alta, esto debido principalmente a las características geológicas y de permeabilidad.

El Estado de Quintana Roo está comprendido en la provincia fisiográfica de Yucatán, la cual a su vez se divide en tres subprovincias, nombradas: "Llanuras con Dolinas", "Plataforma de Yucatán" y "Costa Baja". La primera subprovincia ocupa las porciones norte y este de la entidad. Desde el punto geomorfológico es una planicie formada en una losa calcárea, con ligera pendiente descendente hacia el este, altura media de 5 msnm y relieve ondulado en el que se alternan crestas y depresiones. Esta subprovincia fisiográfica se distingue por su topografía cárstica, que presenta desde oquedades minúsculas hasta grandes depresiones, cenotes o dolinas, en algunas de las cuales asoma la superficie freática. Casi en toda su extensión carece de sistema de drenaje superficial, y solo en algunas áreas se ha formado una red hidrográfica desintegrada y mal definida; otras áreas son inundables, localizándose la más extensa de ellas en la porción norte del Estado.

La principal corriente superficial es el Río Hondo con un total de 125 km de longitud, desemboca en el mar Caribe en la bahía de Chetumal. Tiene un régimen permanente y escurrimiento medio anual de 1500 Mm³. Todas las demás corrientes de la entidad son de régimen transitorio, con un corto recorrido y desembocan a depresiones topográficas donde forman lagunas, éstas son efímeras, con excepción de las de Bacalar, Chichancanab, Paiyegua y Cunyaxché las cuales son permanentes debidos a que en ellas aflora la superficie freática.

Quintana Roo recibe un volumen medio anual de lluvia de 60,000 Mm³, que ingresa a la entidad por su borde sur y el escurrimiento superficial que el río Hondo colecta, es de 500 Mm³/año.

Debido a la gran capacidad de infiltración y a la poca pendiente topográfica del terreno, alrededor de 80% de la precipitación pluvial se infiltra; el 20% restante se distribuye entre la intercepción de la densa cobertura vegetal, el escurrimiento superficial y la captación directa de los cuerpos de agua: áreas de inundación, lagunas y cenotes.

El agua que recibe la entidad es descargada, principalmente, por evaporación de agua superficial y subterránea y por transpiración de la vegetación, que extrae del subsuelo la mayor parte del volumen infiltrado. Otras salidas menores, son: el volumen de escurrimiento que el río Hondo desaloja en la Bahía de Chetumal, cuyo orden de magnitud es de 1,500 Mm³/año, y el caudal subterráneo que escapa del acuífero al mar, estimado en 4,500 Mm³/año.

De acuerdo con lo anterior, el balance hidrometeorológico del Estado se deduce que la evapotranspiración anual es de unos 52,800 Mm³, equivalente al 88% del volumen llovido; la fracción complementaria de éste sale al mar superficial y subterráneamente, y una fracción insignificante es extraída por las captaciones.

Los acuíferos de Quintana Roo se explotan por medio de varios cientos de captaciones, la mayoría de las cuales están emplazadas en las porciones centro-este y norte del Estado. Las captaciones más numerosas son norias que extraen pequeños caudales para usos agrícola, doméstico y abrevadero, en número mucho menor, pozos con profundidades de 40 a 100 metros suministran gastos de 30 a 70 l.p.s.

Del subsuelo de Quintana Roo se extraen actualmente alrededor de 332 Mm³/año, volumen que es distribuido como sigue: 215 se destinan al riego de 17,000 ha; 85 son suministrados a los núcleos de población y desarrollos turísticos, en beneficio de 726,000 habitantes; con 15 se satisfacen las necesidades de agua de la población rural, y unos 16 son utilizados en las instalaciones industriales. La extracción total apuntada representa apenas poco más del 13% de la recarga del acuífero.

La circulación natural del agua en el subsuelo de la entidad es controlada por la estructura geológica, por la distribución espacial de la recarga y por la posición del nivel base de descarga. Partiendo de la porción sur-oeste de la

entidad, donde se origina el flujo, el agua circula hacia el noreste y hacia el este buscando su salida; a su paso por la llanura, parte importante del agua es extraída por la vegetación; el resto sigue su curso subterráneo hacia la costa y aflora en lagunas y áreas de inundación o escapa subterráneamente al mar.

Debido a la gran permeabilidad del acuífero, el movimiento del agua es inducido por un gradiente hidráulico sumamente pequeño, de 2 a 20 cm por km; en consecuencia, la carga hidráulica sobre el nivel del mar es menor a dos metros en una faja de 10 a 50 km de ancho a partir de la costa, de 10 a 20 metros en la porción alta de la llanura y de 20 a 30 metros en el borde sur-oeste del Estado.

A escala regional no se han provocado cambios apreciables en las direcciones principales de flujo ni en la elevación de los niveles del agua, lo cual se debe, por una parte, a que el volumen de agua extraído del subsuelo es despreciable en comparación con la recarga, y por otra, a que los efectos de bombeo se propagan rápidamente.

En Cozumel el esquema de flujo es de tipo radial: el agua circula de la porción central de la isla hacia el litoral. El gradiente hidráulico es también muy bajo, en promedio de 8 cm por km, y la carga hidráulica alcanza valores máximos de 0.6 msnm. Hasta ahora la extracción del agua mediante captaciones no ha producido modificaciones significativas de la configuración y elevación de la superficie freática.

4.7 Vegetación.

En el Estado de Quintana Roo, la riqueza de ecosistemas es evidente a través de toda su geografía, en donde aquellos de tipo selvático son dominantes. La extensa vegetación está clasificada principalmente en:

Selva Mediana Subperennifolia: se extiende en prácticamente el 90% de la superficie del Estado. Lo cual comprende desde la zona muy al norte de Puerto Juárez y se extiende hacia el sur, incursionando dentro del territorio de los países de Guatemala y Belice. Es un ecosistema que alcanza los 25 a 35 m de altura. La selva se desarrolla sobre suelos relativamente bien drenados, ya sean casi planos

o en las laderas de los cerros bajos o colinas. Se considera que la especie más representativa en este tipo de vegetación es *Manilkara zapota* (chicozapote).

Selva Baja Subperennifolia: también llamadas selvas bajas inundables, está dada por las características geomorfológicas, esto es, se encuentran en las zonas bajas y planas que en época de lluvias sufren cierto grado de inundación. Estas zonas se encuentran al suroeste del Estado y en la costa del Golfo de México. Es una vegetación que alcanza entre 25 y 30 m de altura. La precipitación varía entre los 1,000-1,200 mm anuales. Asimismo la selva se desarrolla en suelos rocosos, calizos, ya de ladera o planos, generalmente con suelo somero, salvo en las hondonadas. Se considera que la especie más característica es *Vitex gaumeri* (yaxaik).

Selva Baja Subcaducifolia: se describe como una comunidad que alcanza una altura que oscila entre 8 y 15 m de altura, pero a veces algo más baja (6 m), distinguiéndose por la continua presencia de la elegante palma *Pseudophoenix sargentii*.

De acuerdo al PEOT-2004 se estima que Quintana Roo en un periodo de 10 años la selva ha disminuido en promedio 0.76% anual, de continuar con esta tendencia, en un plazo de 25 años la selva habrá disminuido en un 19%, es decir del 53.19% que se reportaba en el año 2000, para el 2025 se tendría el 34.19% del total del territorio del Estado cubierto por selvas, el principal motivo de la deforestación es el avance de la frontera agrícola, y donde también la mancha urbana ha crecido especialmente en la zona norte del Estado.

Esta pérdida de la selva representará un problema grave ya que disminuirá la productividad de la tierra, habrá pérdida de biodiversidad, aumento en la vulnerabilidad a la erosión, fragmentación y una serie de problemas ecológicos, lo que tendría serias consecuencias ecológicas desde el punto de vista de los servicios ambientales que la selva presta a la sociedad. Por lo tanto, es necesario regular las actividades productivas buscando un mayor beneficio social y al mismo tiempo un manejo adecuado de los recursos naturales.

4.8 Áreas Naturales Protegidas

Quintana Roo se caracteriza por poseer gran riqueza natural y varios ecosistemas críticos, lo que ha dado pauta para que una gran porción del territorio se encuentre bajo algún estatus de protección. En el aspecto de conservación, el Estado se ha proyectado como una entidad vanguardista en el sistema nacional de ANP y los primeros ordenamientos ecológicos del territorio decretados en México.

Aproximadamente el 25% del área total estatal está bajo protección Federal o Estatal, en la actualidad el Estado cuenta con un total de 20 ANP, 12 de carácter federal con un total de 995,494.06 ha, 7 estatales con 284,968.63 ha y una privada con 1,492 ha, lo que hace un total de 1'281,954.69 ha bajo régimen de protección, además hay 2 áreas propuestas, 1 federal y una estatal con un total de 591,480 ha lo cual sumado a lo ya decretado nos daría un total de 1'873,434.69 ha.

4.9 Amenazas naturales.

Deben entenderse como amenazas naturales, todos aquellos eventos originados en la dinámica natural del planeta en sus diferentes componentes y que al manifestarse en un espacio dado en el cual se dan actividades humanas, su aparición causa daño a los sistemas productivos, los bienes y hasta la vida misma del hombre. Existen diferentes tipos de fenómenos originados en el ambiente y que tienen la capacidad de causar daño a las poblaciones y grupos humanos asentados en un espacio determinado.

En Quintana Roo las condiciones son ideales para cuatro formas de amenazas a las actividades del hombre, primeramente los huracanes, inundaciones, en segundo lugar las marejadas de tormenta e incendios en las fechas de mayor temperatura en la zona por falta precisamente de agua superficial y la abundancia de materiales inflamables originados en la dinámica natural de los ecosistemas de la región. Cabe mencionar que por su ubicación geográfica, se encuentra expuesto año con año a la posibilidad de huracanes.

Las amenazas naturales más importantes en Quintana Roo son:

a) Huracanes. Son fenómenos normales en el Estado y lejos de ser un modelo ideal, son estructuras asimétricas en las cuales el ojo tiende a ser de forma oval debido al desplazamiento del centro de baja presión a velocidades y en direcciones diferentes y generalmente impredecibles. También la posición que tiene el centro de baja presión respecto al centro del ojo es asimétrico por influencia de la velocidad y dirección del desplazamiento del fenómeno (Boose et al., 1994).

El radio sobre el cual se encuentran los vientos máximos sostenidos con fuerzas de huracán es normalmente menos a 100 km, hallándose los vientos intensos confinados generalmente al anillo del huracán en una distancia no mayor a los 5 km alrededor del ojo (Boose et al., 1994).

Estas características hacen de los huracanes fenómenos extremadamente peligrosos, por un lado la fuerza de los vientos que los generan fácilmente destruye las formaciones vegetales, en particular cuando tienen zonas de alteración en las cuales el perfil de alturas de la misma se altera de manera abrupta y por otro lado, la humedad arrastrada por estos fenómenos en general se deposita en forma de lluvias torrenciales que, aún considerando la porosidad del suelo en la Península, tardan horas o incluso días en profundir al subsuelo.

De este modo en mucho son los huracanes los que proporcionan las condiciones y los materiales necesarios para aumentar la probabilidad de aparición de las dos amenazas mencionadas inicialmente, las inundaciones en un primer momento inmediato al paso del fenómeno y posteriormente los incendios al secarse los materiales provenientes de la vegetación dañada por los vientos (desde la defoliación de los vientos más suaves, hasta los árboles derribados por los vientos más intensos).

b) Marejadas de tormenta. La marejada de tormenta puede representar, dependiendo de las condiciones de fondo del mar y del perfil de pendientes tanto del fondo marino como del perfil de la zona costera se presentan incrementos en

el nivel medio del mar de hasta 4.5 m. En Quintana Roo por su latitud y oleajes que pueden superar los 8 metros de valle a cresta. En un fenómeno de este tipo, son las áreas de menor altura y las más cercanas a la línea de costa las que se encuentran sometidas a una mayor probabilidad de ser afectadas por la marejada, de este modo las zonas con alturas cercanas a un metro sobre el nivel medio del mar y que se encuentran sobre la línea de costa son las que se encuentran más amenazadas, disminuyendo la amenaza hacia tierra adentro por el efecto amortiguador tanto del terreno como de la vegetación y de las mismas construcciones que se encuentran en la costa. Otro de los elementos que influye de manera determinante en la penetración de la marejada de tormenta en la costa es el perfil de la misma, en las zonas donde hay humedales y en los sitios en que el perfil de la costa es bajo y extendido, se tendrá una mayor penetración de la marejada que en los sitios en que la vegetación es más alta, los cordones de dunas son más extensos y altos o en los que la costa se corta de manera abrupta como son las playas rocosas cercanas a la parte central del Estado.

c) Inundaciones. Las zonas más susceptibles de sufrir inundaciones severas se encuentran situadas hacia la zona centro y suroeste del Estado, donde la combinación de las formaciones cársticas y los procesos geomorfológicos consecuencia de la estructura tectónica subyacente generan un relieve más irregular para el Estado.

Las zonas costeras en la región del norte y noreste son zonas que se encuentran en mejores condiciones para afrontar los fenómenos del tipo inundaciones, particularmente aquellos derivados exclusivamente de las precipitaciones anuales en la región ya que la pendiente del terreno y la cercanía con el mar hacen de estas zonas espacios con rápido drenaje, de modo que las inundaciones que se llegan a presentar son de corta duración y raramente generan avenidas de consideración.

La zona con mayores riesgos de inundación es la parte sur del Estado, particularmente la porción occidental del municipio de Othón P. Blanco, debido a que las dos principales carreteras que unen la capital del Estado con el resto de la

República, se encuentran pasando por zonas donde las probabilidades de inundaciones durante la temporada de lluvias, y por precipitaciones excepcionales consecuencia de huracanes, son particularmente altas.

Estas zonas son importantes desde el punto de vista de la planeación porque delimitan espacios en los cuales las poblaciones son más vulnerables y se encuentran expuestas a mayores posibilidades de quedar aisladas.

Por último la consecuencia de estos fenómenos en su aspecto menos entendido hasta tiempos recientes es la modificación de las características de la cobertura del suelo en el Estado, el deterioro de la cobertura vegetal y su transformación en materiales combustibles conforme la humedad del medio disminuye, proporciona el combustible necesario para conformar una región altamente susceptible a los incendios.

d) Incendios. La temporada de sequo que sigue normalmente a la de huracanes y nortes en la península, favorece que el material vegetal se seque y se convierta en un material sumamente inflamable que cubre extensas áreas del territorio del Estado, particularmente en la zona norte del mismo y aquellos espacios en los cuales los suelos son generalmente más delgados pero ricos en materia orgánica.

Las probabilidades de incendio guardan una relación muy cercana a la distribución de los espacios susceptibles a inundaciones, incrementándose en aquellos en los cuales la probabilidad de inundación baja más sensiblemente. Este comportamiento es lógico considerando que la cantidad de combustible y la calidad del mismo están dados por la cobertura vegetal del suelo y la cantidad de esta cobertura que es reciclada en los ecosistemas asociados cada año.

Así en los espacios en los que la humedad que se conserva es menos, y encontramos vegetación de tipo caducifolio o subcaducifolio o en los cuales la vegetación primaria ha sido eliminada por desmontes para abrir espacios agrícolas que han sido posteriormente abandonados, son los sitios en los cuales la probabilidad de incendios es menor (PEOT, 2004).

CAPITULO V. SELECCIÓN DE EJIDOS PARA EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN QUINTANA ROO.

5.1 Aplicación de los criterios técnicos de las Reglas de Operación del Programa para el Pago de Servicios Ambientales Hidrológicos.

Como se mencionó, el presente trabajo busca llegar a la determinación de los ejidos del Estado de Quintana Roo que tengan las mayores posibilidades de ser seleccionados como beneficiarios del Acuerdo para el otorgamiento de pagos del Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos publicado en el DOF el 3 de octubre de 2003 y modificado el 18 de Junio de 2004.

Para definir las zonas de elegibilidad para el PSAH se consultaron los Criterios Técnicos establecidos en el Artículo 10 de la Sección I del Capítulo III del citado Acuerdo.

Criterio I. "Que contengan predios con un porcentaje de cubierta forestal igual o mayor al 80% de la superficie total, correspondiente a bosques y selvas".

Quintana Roo cuenta con una superficie total de 5'084,300 ha de las cuales 4'732,325 ha (SEMARNAT, 2000) se encuentran cubiertas de vegetación forestal por lo que existen altas posibilidades de que las áreas elegibles cumplan con el porcentaje requerido, sin embargo, la información de los tipos de vegetación y su superficie debe ser corroborada una vez que los dueños de los predios, o representantes ejidales, soliciten el pago mediante una imagen de satélite o fotografía aérea digital con una antigüedad no mayor de un año según lo establece el Artículo 9 "Características de Pagos".

Criterio II. "Que estén localizadas en zonas críticas para la recarga de acuíferos, catalogadas como sobre explotadas mediante el Acuerdo emitido por la CNA, publicado en el D.O.F. el 31 de Enero de 2003; o en zonas con aguas superficiales donde haya problemas de escasez, de calidad del agua, de sedimentos, o en zonas de riesgo de desastres hidrológicos".

Quintana Roo no está catalogado como zona crítica para la recarga de acuíferos según el acuerdo emitido por la CNA, sin embargo, es una zona de riesgo de desastres por fenómenos hidrometeorológicos. En 2002, el ciclón Isidore demostró que no sólo la zona costera es vulnerable por este tipo de fenómenos siendo que, entre otras regiones del Estado, el municipio de José María Morelos resultó severamente afectado.

Además de lo anterior, varios municipios del Estado a excepción del municipio Othón P. Blanco, se encuentran enlistados entre las zonas elegibles que fueron seleccionadas por la CONAFOR, mismos que se refieren en la tabla 5.1.

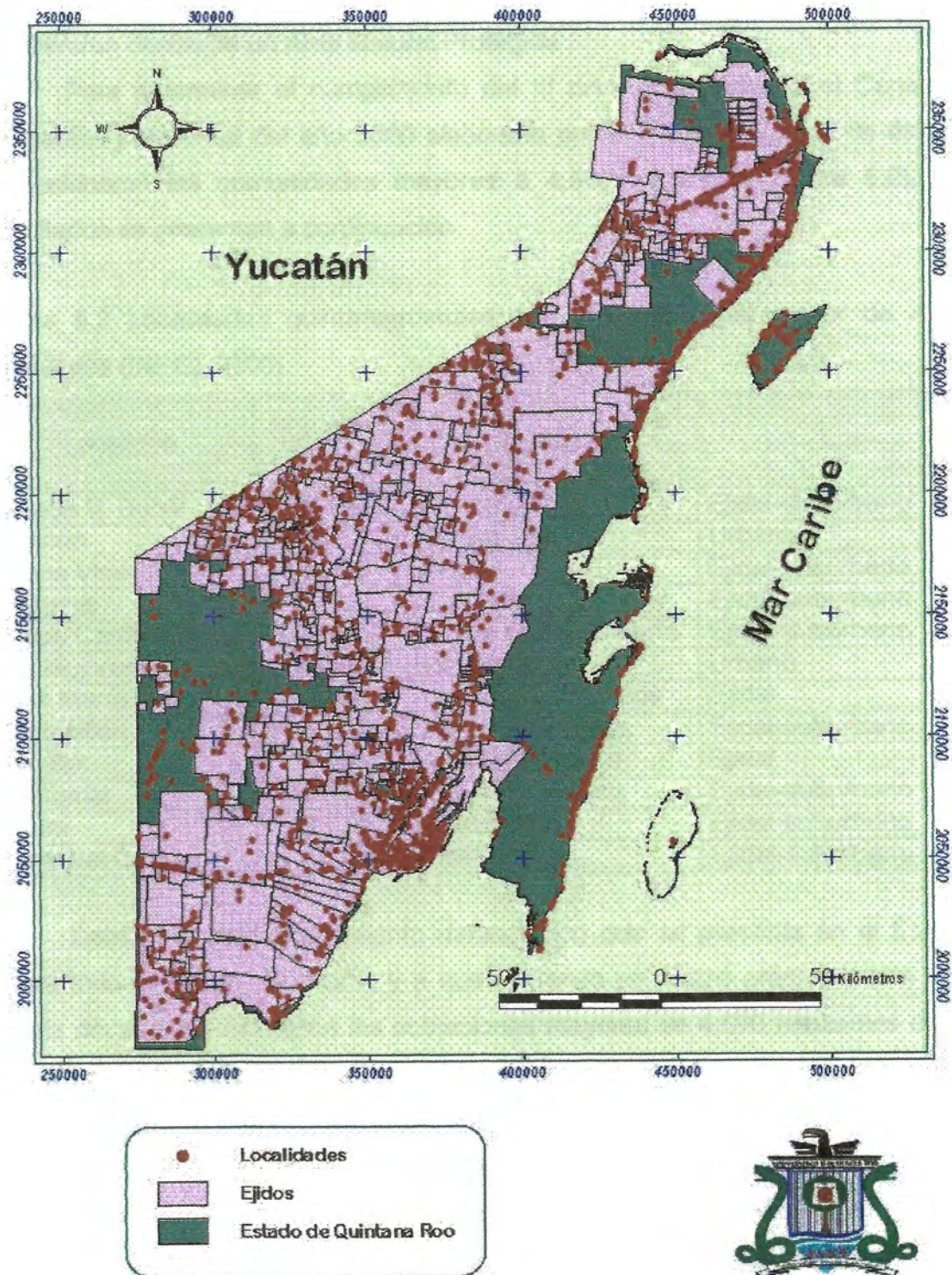
Tabla 5.1 Superficies elegibles en los municipios de Quintana Roo.

Zonas elegibles	Superficie elegible en Q. Roo (ha)	Superficie elegible en México (ha)
Benito Juárez	304,866.30	3'795,989.08
Felipe Carrillo Puerto		
Isla Mujeres		
José María Morelos		
Lázaro Cárdenas		
Solidaridad		

Fuente: CONAFOR, 2004.

En la figura 5.1 se presenta el total de localidades y ejidos quintanarroenses que se tomaron en cuenta para el análisis realizado en el presente trabajo.

Figura 5.1 Localidades y ejidos del Estado de Quintana Roo (elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2000 y PEOT, 2004).



Criterio III. “Que estén vinculadas con el abastecimiento de agua a centros poblacionales de más de 5,000 habitantes; o que se ubiquen dentro de las montañas listadas en el Anexo 2 de las presentes Reglas de Operación; o que se encuentren dentro de un Área Natural Protegida”.

Para determinar el cumplimiento del III criterio se consultó el Censo de Población y Vivienda del año 2000 elaborado por el INEGI y a partir de éste se seleccionaron las comunidades mayores a 4,500 habitantes (Tabla 5.2). Los resultados se presentan a continuación.

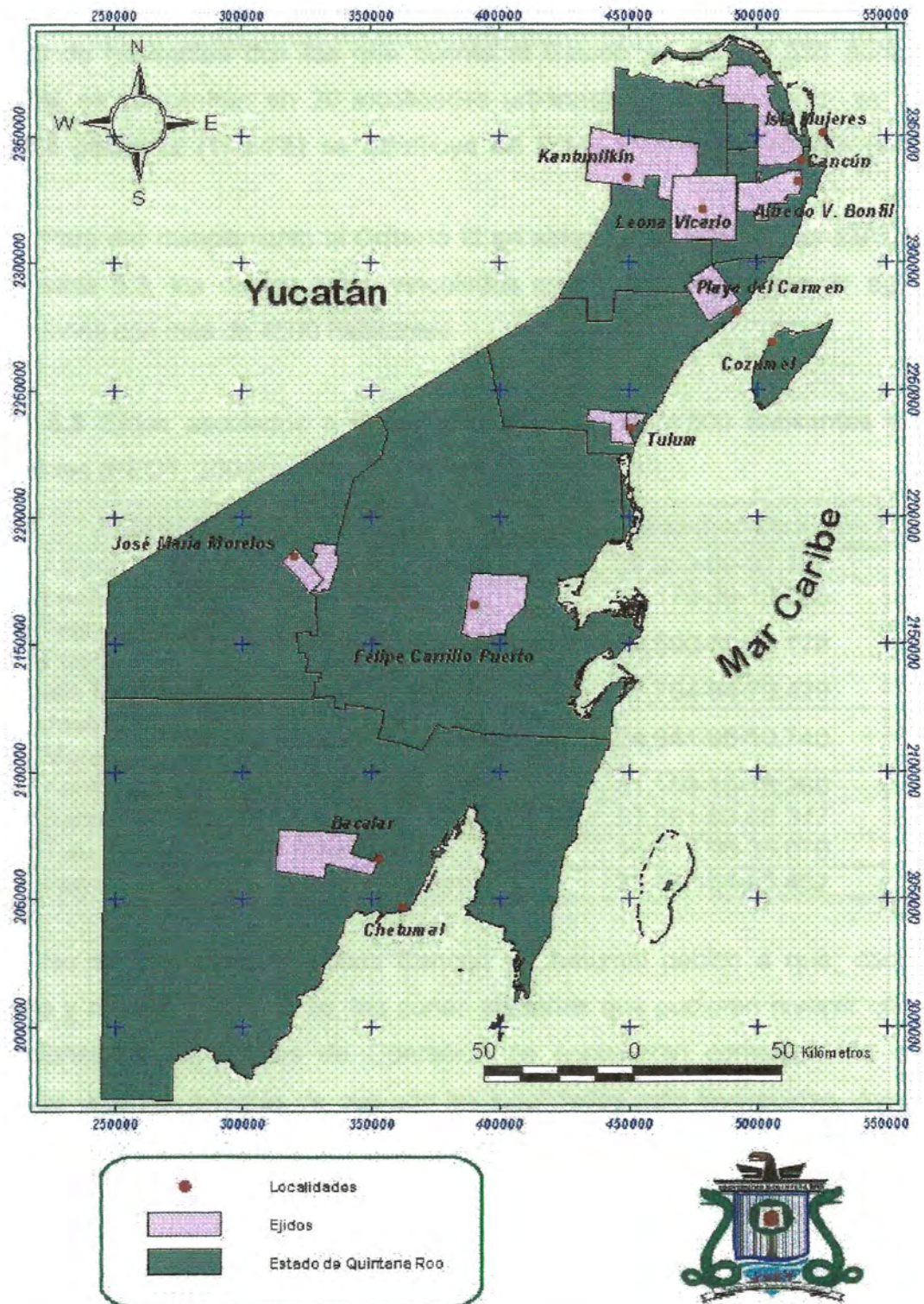
Tabla 5.2 Localidades quintanarroenses con población total mayor de 4,500 habitantes (INEGI, 2000).

Localidad	Número de Habitantes	Municipio	Tipo
Alfredo V. Bonfil	8,148	Benito Juárez	Ejidal-suburbano
Cancún	397,191	Benito Juárez	Urbano
Leona Vicario	4,599	Benito Juárez	Ejidal-suburbano
Cozumel	59,225	Cozumel	Ejidal-suburbano
Felipe Carrillo Puerto	18,545	Felipe Carrillo Puerto	Ejidal-suburbano
Isla Mujeres	10,024	Isla Mujeres	Urbano
José María Morelos	9,446	José María Morelos	Ejidal
Kantunilkín	5,782	Lázaro Cárdenas	Ejidal-suburbano
Bacalar	9,239	Othón P. Blanco	Ejidal
Chetumal	121,602	Othón P. Blanco	Ejidal-suburbano
Tulum	6,733	Solidaridad	Ejidal-suburbano
Playa del Carmen	43,613	Solidaridad	Ejidal-suburbano

Debido al rápido crecimiento demográfico que se presenta en el Estado, sobre todo en su porción norte, y a que el Censo se realizó prácticamente hace media década, se incluyeron las poblaciones mayores de 4,500 habitantes dando como resultado la inclusión de Leona Vicario entre las localidades seleccionadas.

Las zonas resultantes están representadas en la figura 5.2, simbolizando a las localidades mayores a 4,500 habitantes y los ejidos correspondientes.

Figura 5.2 Localidades mayores de 4,500 habitantes y ejidos relacionados con las mismas (elaboración propia a partir de datos de INEGI, 2000 y PEOT, 2004).



El Estado de Quintana Roo presenta una marcada heterogeneidad en la distribución de la población pues la concentración de los núcleos urbanos está íntimamente asociada con las fuentes de trabajo y de servicios, así tenemos que el total de habitantes con los que cuenta el Estado es de 721,535 personas (82.46% se concentran en 20 localidades urbanas). El complemento, es decir 153,425 personas (17.54%) se distribuye en 2,147 localidades rurales (INEGI, 2000).

Para dar cumplimiento al **Criterio III** se seleccionaron los ejidos señalados en la tabla 5.3, los cuales están vinculados con el abastecimiento de agua a poblaciones con más de 4500 habitantes.

Tabla 5.3 Ejidos asociados a localidades mayores de 4,500 habitantes y sus superficies (PEOT, 2004).

Localidad	Ejido	Área (hectárea)
Alfredo V. Bonfil	Alfredo V. Bonfil	29,969-99-92.187
Leona Vicario	Leona Vicario	65,170-39-10.728
Felipe Carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto	49,590-60-84.178
Isla Mujeres	Isla Mujeres	57,764-84-70.429
José María Morelos	José María Morelos	24,941-95-10.740
Kantunilkín	Kantunilkín	81,159-15-18.268
Bacalar	Bacalar	53,561-93-68.347
Tulum	Tulum	16,917-96-35.076
Playa del Carmen	Playa del Carmen	23,112-54-55.462

No se seleccionaron ejidos Cancún y Chetumal debido a que, dado su tamaño y ritmo de crecimiento, las zonas aledañas que pudieran cumplir con las condiciones de las Reglas de Operación se encuentran contempladas como reservas urbanas, además de que son las localidades más favorecidas, desde el punto de vista económico del Estado.

Una vez completado el primer paso de la selección de los ejidos, se debe comprobar que al interior de sus poligonales se cumple la condición de tener predios mayores de 4,000 ha con una cobertura forestal (selvas) de por lo menos 80% (ver tabla 5.4), para lo cual se llevó a cabo la intersección de los polígonos de los ejidos con el mapa de vegetación de Quintana Roo. Los resultados se muestran en las figuras 5.3 y 5.4.

Tabla 5.4 Superficie de selvas al interior de los ejidos seleccionados (PEOT, 2004).

Ejido	Tipo de Selva	Superficie (hectárea)	% del Ejido
Alfredo V. Bonfil	Alta y mediana subperennifolia	26,565-41-48.891	88.64
Leona Vicario	Alta y mediana subperennifolia	62,396-51-04.426	95.74
Felipe Carrillo Puerto	Alta, mediana y baja subperennifolia	42,071-92-74.472	84.84
Isla Mujeres	Alta y mediana subperennifolia; mediana y baja caducifolia y subcaducifolia	38,682-40-29.728	66.97
José María Morelos	Alta y mediana subperennifolia; mediana caducifolia y subcaducifolia	19,156-37-00.686	76.80
Kantunilkín	Alta y mediana subperennifolia; mediana caducifolia y subcaducifolia	64,133-50-24.206	79.02
Bacalar	Alta, mediana y baja subperennifolia	50,796-55-26.628	94.84
Tulum	Alta y mediana subperennifolia	16,669-83-97.583	98.53
Playa del Carmen	Alta y mediana subperennifolia.	22,059-20-29.522	95.44

Figura 5.3 Vegetación al interior de los ejidos seleccionados pertenecientes a la zona norte del Estado (elaboración propia con base en PEOT, 2004).

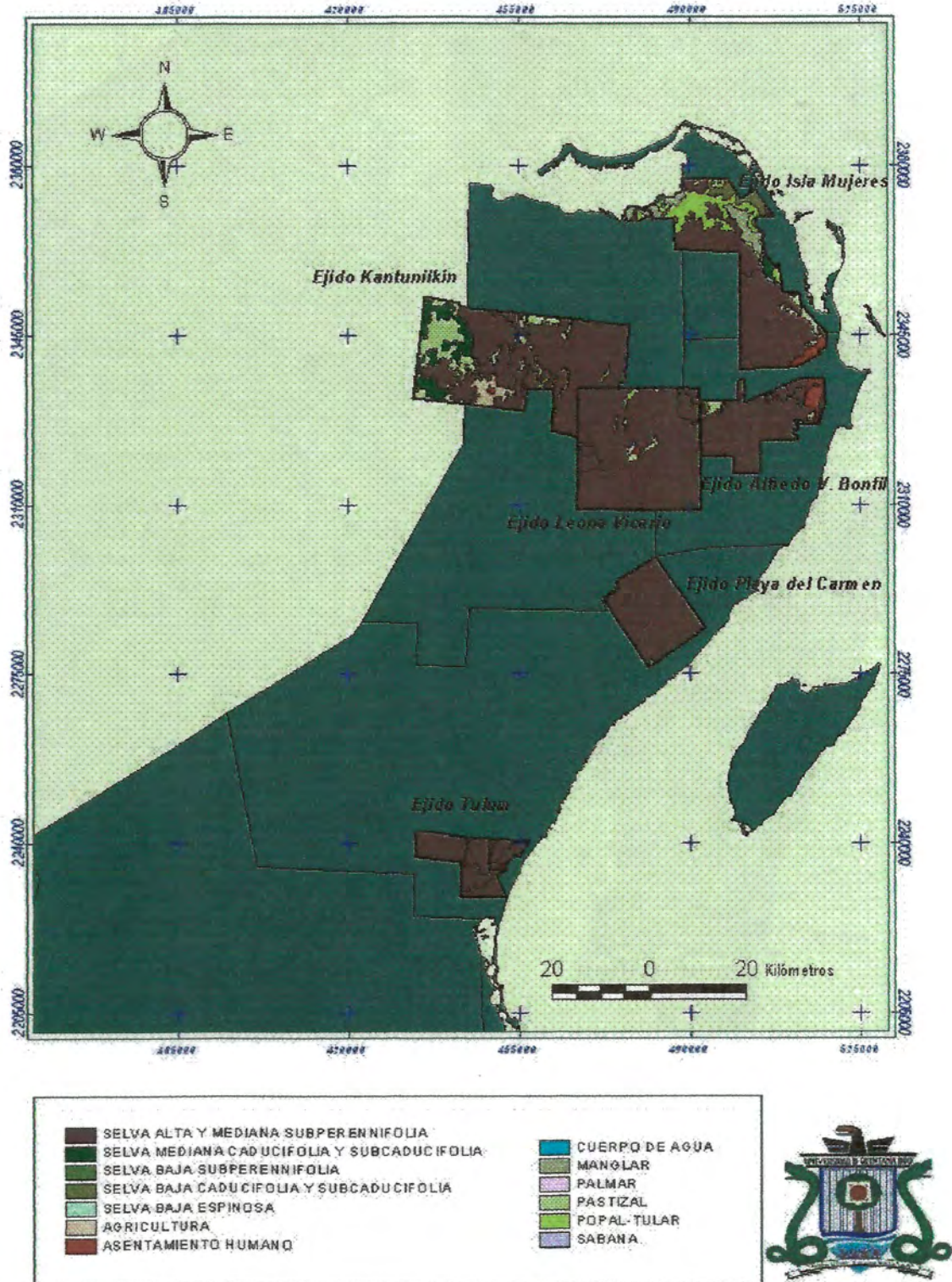
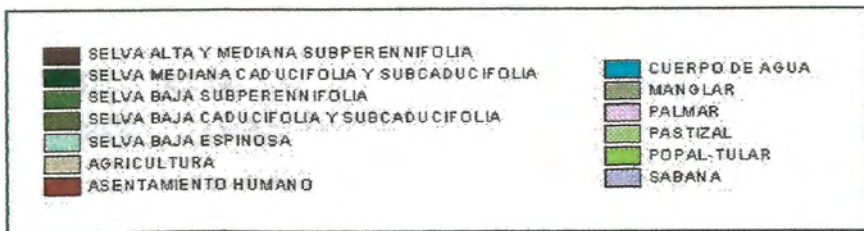
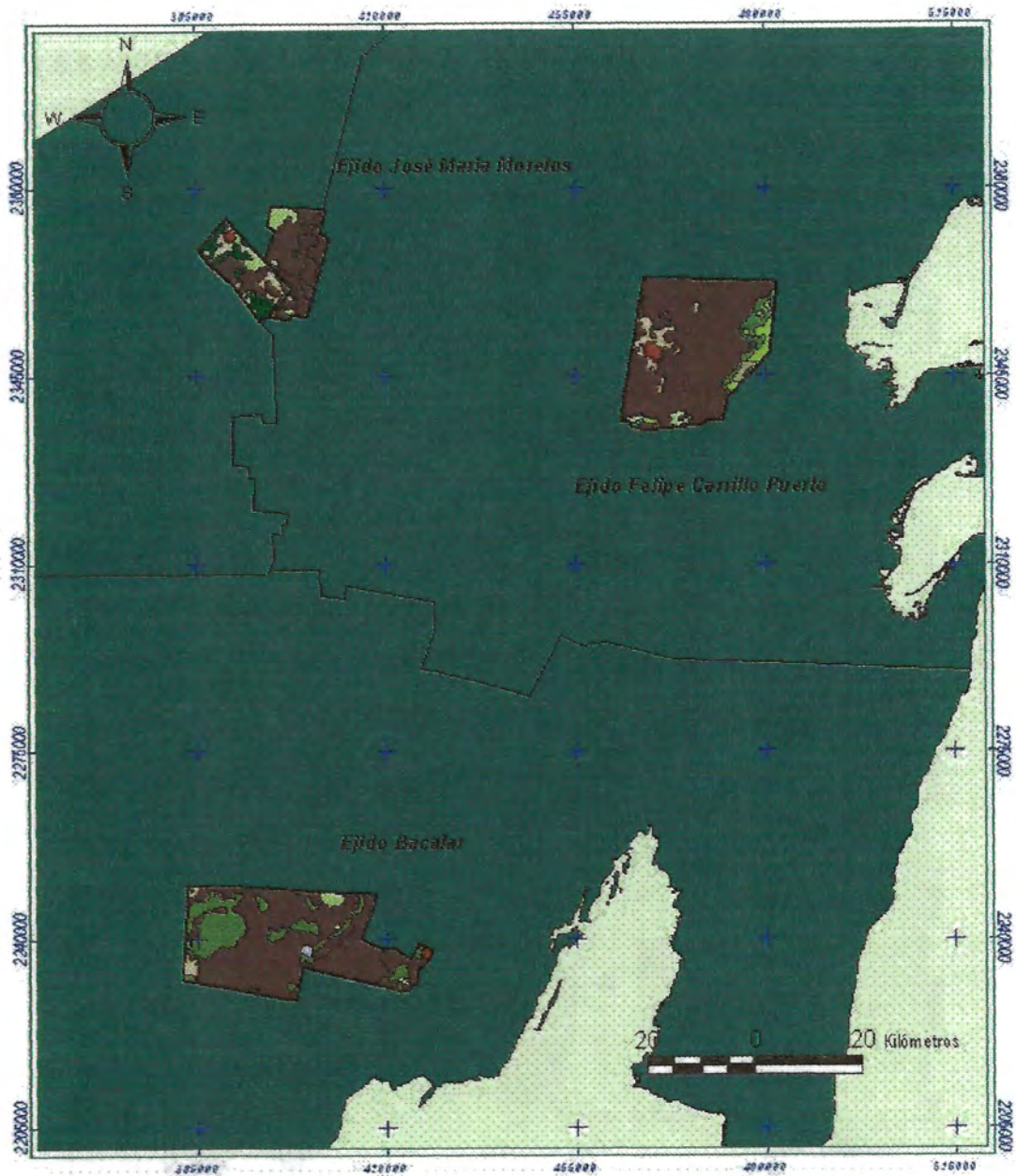
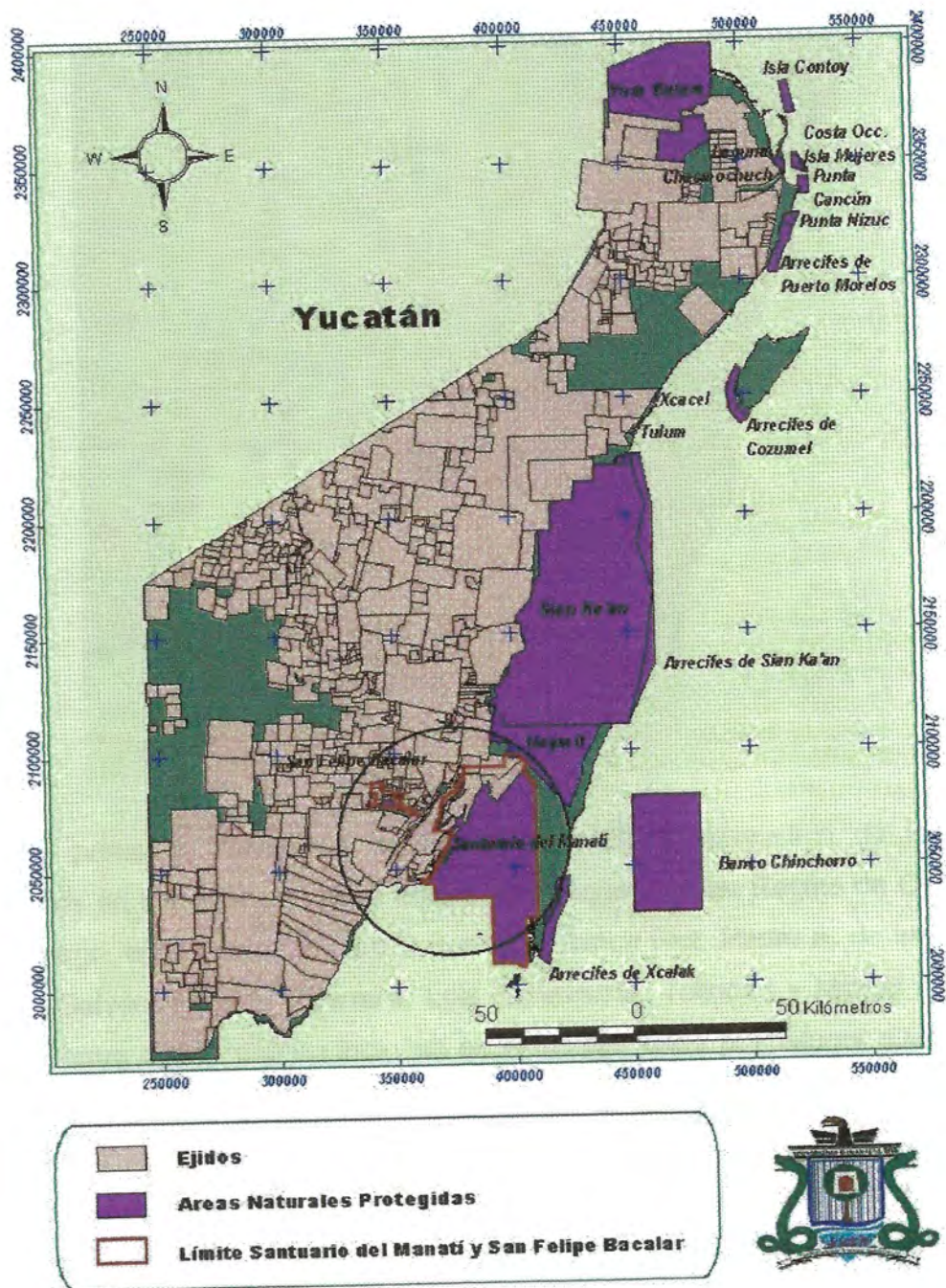


Figura 5.4 Vegetación al interior de los ejidos seleccionados pertenecientes a la zonas centro y sur del Estado (elaboración propia con base en PEOT, 2004).



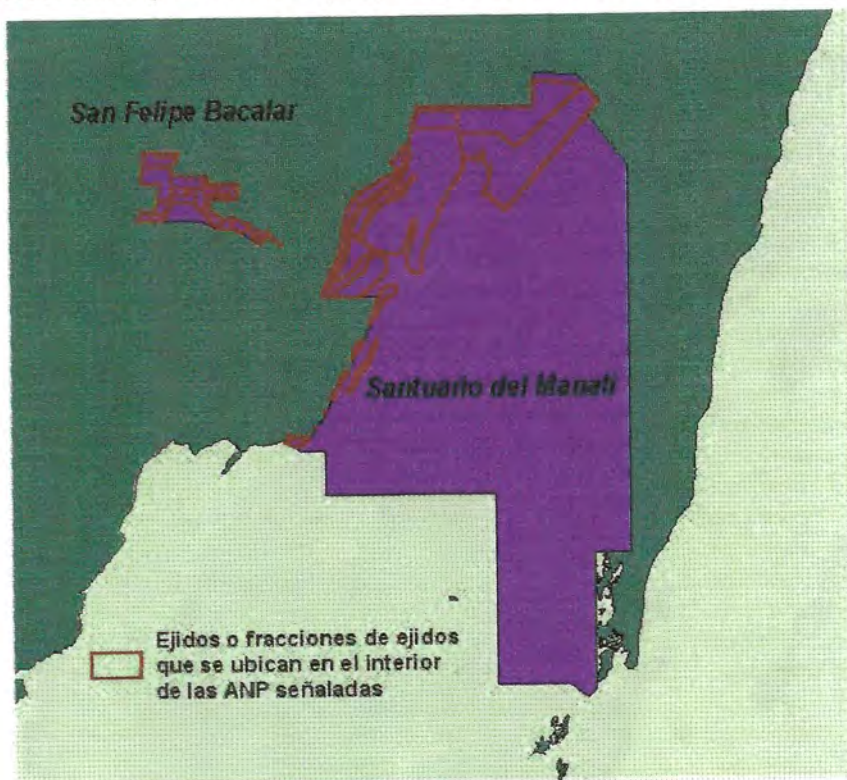
Para la revisión del apartado del **Criterio III** referente a las zonas ubicadas al interior de las ANP se elaboró la figura 5.5.

Figura 5.5 ANP y ejidos de Quintana Roo (elaboración propia con base en PEDU, 2002 y PEOT, 2004).



En la figura 5.5 se puede apreciar que prácticamente ninguna Área Natural Protegida incluye en su interior a algún ejido, salvo por las poligonales de San Felipe Bacalar y del Santuario del Manatí, ambas de jurisdicción estatal (ver figura 5.6).

Figura 5.6 Detalle de los ejidos que encuentran dentro de San Felipe Bacalar y del Santuario del Manatí (elaboración propia con base en PEOT, 2004).



El presente trabajo no contempla el análisis exhaustivo de los ejidos contenidos en las ANP con base en las condiciones de las Reglas de Operación, sin embargo, ejidos como Lázaro Cárdenas, Blanca Flor, Pedro A. de los Santos, Úrsulo Galván, Laguna Guerrero, Luis Echeverría, Tollocán y Miguel Hidalgo y Costilla, entre otros, podrían incluirse en investigaciones posteriores relacionadas con el tema.

Por último, y con la finalidad de establecer prioridades en la lista de ejidos se realizó la sobreposición del mapa de los ejidos seleccionados con el mapa de precipitación promedio anual, lo que permite observar cuáles son las zonas del

Estado con mayor captación de agua pluvial y por ende de aportación a la recarga del acuífero. En la figura 5.7 y la tabla 5.5 se presentan los resultados.

Figura 5.7 Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados (elaboración propia con base en PEDU, 2002 y PEOT, 2004).

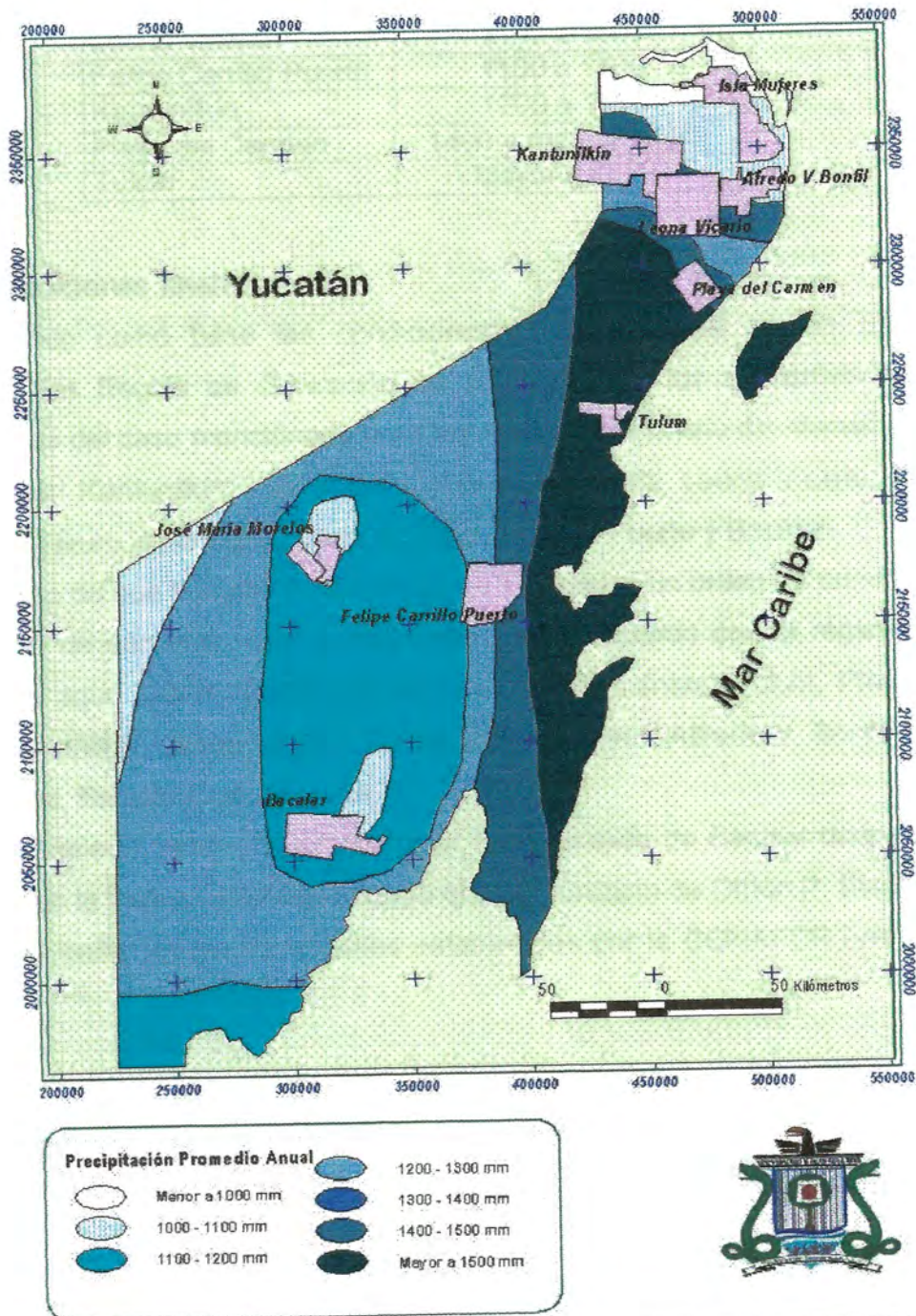


Tabla 5.5 Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados.

Ejido	Precipitación pluvial promedio anual (Mm ³)
Isla Mujeres	Menor a 1100
Bacalar	1000 a 1200
José María Morelos	1000 a 1200
Alfredo V. Bonfil	1000 a 1400
Leona Vicario	1100 a 1500
Felipe Carrillo Puerto	1100 a 1500
Kantunilkín	1200 a 1500
Playa del Carmen	1400 a más de 1500
Tulum	Mayor a 1500

5.2 Consideraciones finales.

Tomando como base las condicionantes establecidas en los criterios técnicos de las Reglas de Operación se seleccionaron los siguientes ejidos, además de los del caso mencionado para las ANP del Santuario del Manatí y San Felipe Bacalar: Kantunilkín, Isla Mujeres, Alfredo V. Bonfil, Leona Vicario, Playa del Carmen, Tulum, José María Morelos, Felipe Carrillo Puerto y Bacalar.

En caso de que hubiera la necesidad de establecer un orden de prioridades para el pago de servicios, éste podría definirse de acuerdo con el régimen de captación de agua pluvial, quedando de la siguiente manera: Tulum, Playa del Carmen, Kantunilkín, Leona Vicario, Felipe Carrillo Puerto, Alfredo V. Bonfil, José María Morelos, Bacalar e Isla Mujeres.

Debe hacerse notar que en cualquier caso, el ejido de Bacalar ocuparía el último lugar en la lista de prioridades dado que el municipio de Othón P. Blanco no se encuentra entre las zonas elegibles establecidas por la CONAFOR (ver tabla 5.1).

CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La deforestación es una de las causas a las que se atribuye la sedimentación en represas, la escasez de agua durante la temporada de secas, las inundaciones y los graves daños causados durante fenómenos meteorológicos, sin embargo, se piensa que los ecosistemas forestales juegan un papel primordial en la prestación de servicios ambientales hidrológicos, a la fecha son muy escasos los datos tanto cualitativos como cuantitativos que establecen la relación entre la cobertura vegetal y servicios ambientales hidrológicos.
- El PSAH es un programa que introduce actividades que generan ingresos a comunidades, sin embargo, aunque se desconoce la aceptación por parte de los beneficiarios en Quintana Roo.
- Es un programa muy riesgoso, ya que no se puede garantizar que el dueño del ejido continúe en el proyecto para conservar sus áreas debido a que existe un mayor beneficio económico por la tala de árboles. Considerando que el costo que tiene el m³ de árbol es de aproximadamente \$3,500.00 (CONAFOR, 2004) ; y que el PSAH otorga de \$300.00 a \$400.00 por hectárea, es mucho más atractivo talar árboles que conservan los bosques.
- Los servicios ambientales hidrológicos son aprovechados por personas que viven a grandes distancias de los bosques, beneficiando a los habitantes de tierras bajas reduciendo los costos en los tratamientos de agua potable, reduciendo el asolve de sedimentos en presas y lagunas, evitando los deslaves e inundaciones en las tierras más bajas, etc. Esta problemática resulta por un lado en el beneficio de unos y por otro en la falta de remuneración para quienes mantienen los bosques.

- De acuerdo con el diagnóstico de amenazas naturales consultado en el PEOT 2004, los riesgos principales para el Estado de Quintana Roo son los huracanes, los incendios, las inundaciones y las marejadas de tormenta, los dos últimos en alguna medida pueden ser amortiguados en parte por la cobertura vegetal. En el caso de las inundaciones protegiendo las zonas bajas de deslaves y arrastre de sedimentos, y en el de marejadas, los bosques de manglar protegen las zonas cercanas a la costa.
- Debido a la abundante precipitación pluvial característica de la región y a las peculiares características topográficas y geológicas de la península de Yucatán, el volumen renovable del acuífero es muy superior a las demandas de agua extraída de pequeños caudales para usos agrícola, doméstico y abrevadero, en un número mucho menor pozos con profundidades de 40 a 100 m, sin embargo el acuífero es muy vulnerable a la contaminación por las condiciones geohidrológicas propias de la zona.
- La gran capacidad de infiltración y la poca pendiente topográfica del terreno, alrededor de 80% de la precipitación pluvial se infiltra; el 20% restante se distribuye entre la intercepción de la densa cobertura vegetal, el escurrimiento superficial y la captación directa de los cuerpos de agua: áreas de inundación, lagunas y cenotes. Lo cual hace que el subsuelo sea la única fuente permanente de agua dulce que posee el Estado de Quintana Roo.
- Tomando como base el mapa de Quintana Roo (**Figura 5.7** Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados) que establece las zonas con los diferentes intervalos de precipitación pluvial, en la siguiente tabla se ordenan los ejidos que reciben de mayor a menor cantidad de agua de lluvia.

Tabla 5.5 Precipitación promedio anual en los ejidos seleccionados.

Ejido	Precipitación pluvial Mm ³
Tulum	Mayor a 1500
Playa del Carmen	1400 a más de 1500
Kantunilkin	1200 a 1500
Felipe Carrillo Puerto	1100 a 1500
Leona Vicario	1100 a 1500
Alfredo V. Bonfil	1000 a 1400
José María Morelos	1000 a 1200
Bacalar	1000 a 1200
Isla Mujeres	Menor a 1100

- Los ejidos resultantes de la sobreposición de mapas que reúnen los criterios técnicos establecidos por el Acuerdo que establece las reglas de operación para el otorgamiento de pago de servicios ambientales emitido por SEMARNAT son:

Alfredo V. Bonfil, Leona Vicario, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, José María Morelos, Kantunilkin, Bacalar, Tulum y Playa del Carmen, arrojando un área total de 402,183 ha y un total de 175,354 habitantes.

- Los resultados aquí obtenidos en la sobreposición de mapas deben ser verificados en campo para asegurar que la cobertura vegetal sea mayor o igual al 80%.
- Es recomendable considerar poblaciones inferiores a las que establece el acuerdo, ya que en estos casos las áreas con cubierta vegetal se encuentran menos perturbadas al mismo tiempo la decisión de integrarse al PSAH se ve con mayores posibilidades y cada ejidatario obtiene mayores ganancias.

- Dado que lo que pretende el PSAH es mantener en buenas condiciones los acuíferos deben considerarse los flujos de las corrientes subterráneas; así como los puntos de extracción.
- Debe considerarse que al proporcionar un mayor beneficio económico, por el PSAH, se hace más atractiva la conservación que la explotación forestal.
- Cabe mencionar que el presente documento únicamente está considerando el PSAH, sin embargo dependiendo de las características particulares de cada zona, los ejidos también podrían vender sus servicios ambientales por captura de carbono, conservación de la biodiversidad o belleza escénica, trayendo mayores beneficios para los propietarios.

BIBLIOGRAFIA

- Armijo, N., 1999, *Las sociedades civiles de productores forestales en Quintana Roo*, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Barrera de Jorgensen, A., 1993, *Chicle Extraction and Forest Conservations in Quintana Roo*, México, tesis de maestría. Universidad de Florida, Gainesville, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Baskin, Y. 1997. *The Work Of Nature: How The Diversity Of Life Sustains Us* Washington: Island Press, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Boletín No. 54 del WRM (World Rainforest Movement), enero de 2002, <http://www.wrm.org.uy/boletin/54/Mexico.html>. México.
- Bonfin, Antonio, 1997, *Quintana Roo entre tiempos: Política, poblamiento y explotación forestal 1872-1925*, Chetumal, Quintana Roo en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Boose, E.R., Foster y Floret, 1994, *Hurricane Impacts to Tropical and Temperate Forest Landscape. Ecol Monographs* en Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, 20004, México.
- Bosch, J. y J. Hewlett. 1982. *A Review of Catchment Experiments to Determine the Effects of Vegetation Changes on Water Yield and Evapotranspiration*. Journal of Hydrology, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Bruijnzeel, L.A. 1990. *Hydrology of Moist Tropical Forests and Effects of Conservation: A State of Knowledge Review*. Paris: UNESCO International Hydrological Programme, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.

- Bruijnzeel, L.A. 2000. *Hydrology of Tropical Montane Cloud forests: A Reassessment*. Amsterdam: Tropical Environmental Hydrology Programme, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Burstein, J., Chapela G. y Mendoza, Aguilar J., de León E., enero de 2002, *Informe sobre la Propuesta de Pago de Servicios Ambientales en México*, México, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Calder, 1999, *The Blue Revolution: Land Use and Integrated Water Resource Management*. London: Earthscan, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Carabias, L., Tudela J. y F.; Julio de 2000, *El cambio Climático: una amenaza global*, el Primer Foro de Divulgación sobre cambio climático, SEMARNAT, en Rosa, H. y Kandel, S., 2002, *Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México*, México.
- Careaga, L.V. y L.C.V. Vallarta, 1996, *Quintana Roo: historiografía regional, instituciones y fuentes documentales*, Editora Norte Sur, Chetumal, Quintana Roo en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- CNA, 2002, *Determinación de la disponibilidad de agua, en el acuífero cerros y valles, Estado de Quintana Roo*, México.
- CONAFOR, enero – febrero de 2003, *Por Primera Vez en el País Productores Forestales Reciben Pago por Servicios Ambientales*, México.
- CONAFOR, SEMARNAT, 2003, *Gestión para el uso sustentable de los bosques Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de Recursos Forestales en México-PROCYMAF*. México.
- CONAFOR, 2004, Entrevista con expertos.
- Chomitz, K.M. y K. Kumari. 1998. *The Domestic Benefits of Tropical Forest Preservation: A Critical Review Emphasizing Hydrological Functions*. World Bank Research Observer, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.

- Espinoza N., Gatica J., Smyle J., junio de 1999, Ruta (ed.), *El Pago de Servicios Ambientales y el Desarrollo Sostenible en el Medio Rural*, Costa Rica.
- Forsyth, T. 1996. Science, Myth, And Knowledge: Testing Himalayan Environmental Degradation in Thailand. Geoforum, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Galleti, H. A., 1992, *Aprovechamientos e industrialización forestal; Desarrollo y perspectivas*, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Galleti, Hugo, 1999, "La selva maya en Quintana Roo (1983-1996). Trece años de conservación y desarrollo comunal" en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Gómez-Pompa, A. Y D. A. Brainbridge, 1995, "Tropical Forestry as If People Mattered", en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- González, George R. And María ELIA Gastelum, sin fecha, "Overview of the Environmental Laws of México"; Haight, Brown & Bonesteel, LLP.
- Hamilton, L.S. y P.N. King. 1983. *Tropical Forest Watersheds: Hydrologic and Soils Response to Major Uses and Conversions*. Boulder: Westview Press, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- INEGI, 2000, XII Censo de Población y Vivienda Resultados Preliminares.
- Jenkins, M., 2003, *La Venta de Servicios Ambientales Forestales*, México.
- Konrad, Herman W. 1991, "Capitalism on the Tropical-Forest Frontier: Quintana Roo 1880s to 1930", en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- La casa en el 115, Diciembre de 2003,
http://casa115.typepad.com/blog/2003/12/pago_de_servici.htm.
- Lanly, J. P., 1995, "The Status of Tropical Forests", en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Lusielli, Casio, 2003, Foro de Servicios Ambientales, México.

- Merino Pérez, Leticia, 1996, *Revaloración de la selva y manejo forestal. La experiencia de la Organización de Ejidos Productores Forestales de la Zona Maya de Quintana Roo*, tesis, México, UNAM, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Murphy, P. G. y A. E. Lugo, 1995, *Dry Forests of Central America and the Caribbean*, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Myers, N., 1997, *The World's Forests and Their Ecosystem Services*, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Nava, A. E., J. A. Gómez Navarrete, J. F. Gómez Navarrete, 1990, *Quintana Roo: síntesis monográfica*, Fondo de Publicaciones y Ediciones Gobierno de Quintana Roo. Chetumal, Quintana Roo, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Palacio-Prieto, J.L., et al., 2000, *La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional, 2000*, Boletín del Instituto de Geografía de la UNAM, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- Programa Estatal de Desarrollo Urbano, Gobierno del Estado de Quintana Roo, 22 de Abril de 2002.
- Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, Gobierno del Estado de Quintana Roo, Gobierno del Estado de Quintana Roo-Universidad de Quintana Roo, 22 de Abril de 2000, [htt://qroo.gob.mx/seduma/peot/peot.htm](http://qroo.gob.mx/seduma/peot/peot.htm).
- Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales (PNMARN) 2001-2006, SEMARNAT, México.
- Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Bacalar, Gobierno del Estado de Quintana Roo-Universidad de Quintana Roo, 2000.
- Roper, C.S. y A. Park, 1999, *The Living Forest: Non-Market Benefits of Forestry*, Proceedings of an International Symposium, Edinburgh 24-28 June 1996,

- Forestry Commission. London: HMSO, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- Rosa, H. y Kandel, S., enero de 2002, *Informe sobre la propuesta de pago por servicios ambientales en México*, México.
- Schmidt, R., J.K. Berry y J.C. y Gordon, 1999. *Forests to Fight Poverty: Creating National Strategies*. New Haven: Yale University Press, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- SEMARNAT, 2000,
http://www.carpetas.semarnat.gob.mx/estadisticas/informe_2002/02_vegetacion/2.1_vegetacion/index.shtml.
- SEMARNAT, 2002, Inventario Forestal Nacional Periódico, 1992-1994,
<http://www.semarnat.gob.mx:16080/produccion/general/inv2/presentacion.shtml>.
- SEMARNAT, INE Y CONAFOR, noviembre de 2003, *La venta de Servicios Ambientales Forestales*, México.
- Sharma, N. P., 1992. *Managing the World's Forests: Looking For Balance Between Conservation and Development*, en INE, SEMARNAT, CONAFOR, 2003, *La venta de servicios forestales*, México.
- UQRoo-PEOT-2000, Universidad de Quintana Roo, 2000, Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Bacalar, Quintana Roo (caracterización y diagnóstico).
- Whigham, DF., I. Olmsted, E. C. Cano, M. E. Harmon, 1991, *The impact of hurricane Gilbert on trees, litterfall and woody debris in dry tropical forest in the northeastern Yucatan peninsula*, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.
- World Bank, 2000, México – Mesoamerican Biological Corridor Project, en Armijo N. y Llorens Carlos, 2004, *Uso, Conservación y Cambio en los Bosques de Quintana Roo*, México.