



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO

DIVISION DE CIENCIAS E INGENIERIAS

**CUENCAS HIDROGRAFICAS
EN
QUINTANA ROO**

**COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADA EN INGENIERIO AMBIENTAL**

**PRESENTA:
ARLEN YAZMÍN POOT BACAB**

**REVISORES:
M.C. JOSE MARTÍN RIVERO RODRIGUEZ
BIOL. LAURA PATRICIA FLORES CASTILLO
M.C. JUAN CARLOS ÁVILA REVELES**



INDICE

	Pagina
ÍNDICE GENERAL	2
ÍNDICE DE ANEXOS	5
INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVOS	12

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES DE LAS CUENCAS

1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA.....	13
1.1.1. Características del agua.....	14
1.1.2 Relación del agua con las cuencas.....	15
1.1.3 Importancia de las cuencas para los seres vivos.....	15
1.2 DEFINICIÓN DE UNA CUENCA.....	16
1.2.1 Cuencas hidrográficas e hidrológicas.....	17
1.2.2 Como se forman las cuencas.....	18
1.3 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS CUENCAS.....	19
1.4 TIPOS DE CUENCAS.....	20
1.4.1 Partes de una cuenca.....	20
1.4.2 Zonas de funcionamiento de las cuencas.....	21
1.5 INFILTRACIÓN O TRASPORTE DEL AGUA EN LAS CUENCAS.....	21
1.5.1 Flujo del agua.....	22
1.6 FUNCIONES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.....	22
1.6.1 Beneficios de las cuencas hidrográficas.....	23
1.6.2 Servicios ambientales.....	23

CAPÍTULO II MANEJO DE CUENCAS EN MEXICO

2.1 MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS EN MÉXICO.....	24
2.1.1 Consejo de cuencas en México.....	25
2.1.1.1 Organismos de cuencas.....	26
2.1.2 Estructura de los consejos de cuencas.....	26



2.1.3 Misión y objetivos de los consejos de cuenca.....	27
2.1.4 Organización y funcionamiento de consejo de cuencas.....	28
2.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN MÉXICO.....	29
2.2.1 Características de las principales cuencas en México.....	31
2.2.2 Problemática que sufren las cuencas.....	34
2.3 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.....	35
2.3.1 Consejos de cuencas de la Península de Yucatán (CCPY).....	36

CAPITULO III GENERALIDADES DE QUINTANA ROO

3.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO.....	37
3.2 ESTRUCTURA SOCIOECONOMICA.....	38
3.2.1 Población.....	38
3.2.1.1 Distribución de la población.....	38
3.2.2 Infraestructura.....	38
3.2.2.1 Abastecimiento del agua.....	38
3.2.2.2 Abastecimiento de agua a la población.....	39
3.2.2.3 Balance Hidrológico Anual.....	40
3.2.2.4 Economía.....	40
3.3 ENTORNO NATURAL.....	42
3.3.1 Características Geológicas.....	42
3.3.2 Orografía.....	42
3.3.3 Suelos.....	43
3.3.4 Litorales e Islas.....	43
3.3.5 Hidrografía.....	44
3.4 CLIMA.....	45
3.4.1 Temperatura.....	46
3.4.2 Precipitación Pluvial.....	46
3.4.3 Los Vientos.....	47
3.5 FENOMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS.....	47
3.5.1 Sequías.....	47
3.5.2 Ciclones.....	48
3.5.3 Inundaciones.....	48
3.6 CALIDAD DEL AGUA EN QUINTANA ROO.....	48
3.6.1 Calidad del agua superficial y subterránea.....	48
3.6.2 Contaminación e impacto ambiental.....	49
3.6.3 Fuentes de contaminación.....	50



CAPITULO IV CUENCAS DE QUINTANA ROO

4.1 CUENCAS HIDROLOGICAS DE QUINTANA ROO.....	52
4.2 REGIONES HIDROLOGICAS PRIORITARIAS.....	53
4.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.....	59
4.5 CONSECUENCIAS A LA SOCIEDAD DEL MAL MANEJO.....	60

CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	62
5.2 Recomendaciones.....	64
5.3 Referencias bibliográficas.....	66



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pagina
ANEXO 1. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.....	70
ANEXO 2. Límites permisibles de características químicas.....	71
ANEXO 3. Límites permisibles de características radiactivas.....	72
ANEXO 4. Subdivisiones de las cuencas.....	73
ANEXO 5. Formación de una cuenca.....	74
ANEXO 6. Tipos de cuencas.....	75
ANEXO 7. Cuenca alta, mediana y baja.....	76
ANEXO 8. Zonas de funcionamiento de las cuencas.....	77
ANEXO 9. Ruta que siguen los flujos de agua de lluvia en el suelo.....	78
ANEXO 10. Zonas de flujo de agua montaña abajo.....	79
ANEXO 11. Funciones de las cuencas.....	80
ANEXO 12. Beneficios de las cuencas.....	81
ANEXO 13. Regiones administrativas de la republica mexicana.....	82
ANEXO 14. Conformación de los consejos de Cuencas de México.....	83
ANEXO 15. Objetivos de los consejos de cuencas.....	84
ANEXO 16. Principales cuencas de México.....	85
ANEXO 17. Ubicación de la Región XII en México.....	86
ANEXO 18. Diagnostico de la región XII.....	87
ANEXO 19. Precipitación pluvial y principales ríos en la península de Yucatán.....	88
ANEXO 20. Regiones estatales.....	89
ANEXO 21. Principales localidades de Quintana Roo.....	90
ANEXO 22. Cobertura de servicios en las principales ciudades de Quintana Roo.....	91
ANEXO 23. Localidades con el servicio de agua potable según municipio.....	92
ANEXO 24. Principales usos del suelo.....	93



ANEXO 25. Ubicación del uso potencial agrícola.....	94
ANEXO 26. Agricultura y vegetación.....	95
ANEXO 27. Localización de las características geológicas del estado.....	96
ANEXO 28. Ubicación de los cuerpos de agua de Quintana Roo.....	97
ANEXO 29. Localización de los climas de Quintana Roo.....	98
ANEXO 30. Registro de temperatura media.....	99
ANEXO 31. Localización de las principales temperaturas.....	100
ANEXO 32. Precipitación total anual de Quintana Roo.....	101
ANEXO 33. Precipitación pluvial de Quintana Roo.....	102
ANEXO 34. Programa hidráulico regional 2002 – 2006.....	103
ANEXO 35. Ubicación de los tipos de cuenca en Quintana Roo.....	104
ANEXO 36. Localización de los únicos ríos en Quintana Roo.....	105
ANEXO 37. Principales cuerpos de agua de Quintana Roo.....	106
ANEXO 38. Regiones hidrológicas de Quintana Roo.....	107
ANEXO 39. Ubicación del área de estudio, cuenca Tulum.....	108



INTRODUCCIÓN

Una de las mayores necesidades dentro del desarrollo mundial lo constituye el recurso hídrico, cuya cantidad y calidad se ve amenazada cada día por las deficientes e inoperantes políticas de manejo y aprovechamiento. El agua constituida como un valioso recurso, escaso en el tiempo y el espacio, sometido a la vulnerabilidad de la contaminación, de bajo costo y algunas veces sin las medidas legales de protección, requiere de un manejo integral que muchas veces no es puesto en la práctica.

En los diversos países se comprende cada vez mejor y se desarrollan crecientemente estrategias de participación para la planificación integral de las cuencas hidrográficas a nivel de proyectos, programas y planes que se impulsan en las regiones diferentes.

La cuenca es un concepto geográfico e hidrológico que se define como el área de la superficie terrestre por donde el agua de lluvia o de deshielo escurre, transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una principal y finalmente drena hacia un punto común de salida (CNA, 2007). Estas salidas pueden ser ríos, lagos, acuíferos o el mar, los cuales son de gran ayuda para poblaciones que habitan cerca de estas y que dependen de este recurso, ya que sirven para realizar todas las actividades que requieran de este líquido, tanto industriales, comerciales o agrícolas. Se dice que es un concepto geográfico ya que mediante estas se pueden ubicar un estado o una zona que se encuentre a su alrededor y se menciona también que es hidrológico porque forman parte del ciclo del agua.

Las cuencas son también conocidas como concavidades que la naturaleza ha creado en la superficie de la tierra mediante las fuerzas tectónicas, la fuerza del agua y sus corrientes, los tipos de suelos, y la vegetación. Pueden extenderse desde algunos kilómetros cuadrados hasta por cientos o miles. Estas cavidades son las receptoras de agua en la tierra, funcionando de forma similar a un embudo, tanto en la superficie de la tierra como en el subsuelo (CNA, 2007). Las corrientes de agua no siguen un camino trazado, sino que fluyen hacia el punto mas bajo de la superficie en donde se acumulan y es cuando forman los llamados cuerpos de agua; dando lugar a diversas actividades que demandan este importante recurso.



La contaminación y el mal uso de cuerpos de agua (sobreexplotación) y suelo por diversos factores además de los provocados por el hombre traen como consecuencia la disminución de la calidad del recurso hídrico originando serios problemas tanto ambientales como a la salud. Así, las poblaciones que dependen de este líquido para desarrollar sus actividades y el mismo ecosistema se ven afectadas por la contaminación del lugar.

En la mayoría de los casos las alteraciones que sufren las cuencas son generadas por las mismas poblaciones que habitan alrededor de éstas (actividades agrícolas, económicas e industriales). Otros factores que no son controlados y que alteran el ecosistema o las condiciones de las cuencas son los factores ambientales como los desbordes de cuerpos de agua, la lluvia en exceso que arrastra hasta las zonas mas bajas una serie de contaminantes (microorganismos, materia orgánica, residuos de sustancias, plaguicidas, fertilizantes etc.), que posteriormente son depositados en los cuerpos de agua (cuencas).

Así, el estudio de las cuencas es importante ya que de éstas se proveen del vital líquido poblaciones enteras para desarrollar sus actividades, haciendo necesario darle un tratamiento especial al agua para evitar su contaminación y mala calidad, pero sobre todo, prevenir el uso inadecuado del agua para poder seguir gozando de este importante recurso.

Muchos de los fenómenos de contaminación están asociados principalmente, a la inadecuada distribución del agua, a la utilización del recurso y a la falta de medidas para el ordenamiento y cuidado del mismo. De continuar estas tendencias, en el futuro podrían presentarse crisis de agua a niveles regional o local que afectarían la estabilidad del mundo, especialmente de las regiones de mayor escasez (Guerrero Villalobos, 1998).

En México, a través de la Comisión Nacional del Agua, se ha emprendido una reforma del sector hidráulico que contempla, entre otras medidas, la creación y el desarrollo de Consejos, Comisiones y Comités de Cuenca en las principales cuencas, subcuencas y acuíferos del país, en donde autoridades federales, estatales y municipales, así como representantes de los diversos usos del agua, coordinan acciones y concertan objetivos y planes para dar solución a los problemas asociados al aprovechamiento y uso del recurso (Guerrero Villalobos, 1998).



En México existe una alta demanda del agua en diversos municipios, esto debido al desarrollo de su economía y la población, los cuales como ya se menciono dependen de este liquido para realizar muchas actividades; por otro lado gran cantidad de cuerpos de agua se encuentran en tratamiento por el grado de contaminación; sin embargo, debido a su importancia las cuencas se encuentran en la mira para el cuidado del recurso y porque son puntos en los que se acumula el agua que posteriormente drenará hacia un cuerpo de agua (Guerrero Villalobos, 1998).

En Quintana Roo la contaminación de las aguas representa un serio riesgo para la salud humana y para los humedales costeros y ecosistemas marinos (Inegi, 2005).

Por el grado de contaminación en Quintana Roo, la Ley de Aguas Nacionales fundamenta la creación de los consejos de cuencas, definiéndolos como órganos colegiados de integración mixta, que son la instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre la Comisión Nacional del Agua, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, así como los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica (CONAGUA, 2007).

La Gerencia de Consejos de Cuenca con el apoyo de los ahora Organismos de Cuenca y Direcciones locales de la CONAGUA, promovió la instancia y operación de 17 Comisiones de Cuenca, 22 comités de cuenca y 76 Comités Técnicos de Aguas Subterráneas, que fungen como órganos auxiliares de los consejos de Cuenca (CONAGUA, 2007).

Con lo expuesto en párrafos anteriores, se resalta la importancia de realizar un trabajo que recopile información relativa al manejo de cuencas en Quintana Roo, mencionando su importancia, su funcionamiento, su estado actual, los casos de estudio etc. Asimismo, esta recopilación puede servir como referencia para proponer alternativas de saneamiento de cuerpos de agua con problemas de contaminación, y sobre todo, alternativas de prevención de la contaminación, tomando como referencia las experiencias que se encuentran en las bibliografías consultadas con respecto al manejo de las cuencas en México haciendo hincapié, en que la prevención y saneamiento de cuerpos de agua es un problema que debe ser analizado desde el punto de vista del manejo de cuencas.



JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial, el agua y la gestión de cuencas hidrográficas ocupan un lugar importante dentro de la temática ambiental. Si los recursos hídricos y las cuencas son manejados adecuadamente será más fácil también manejar los recursos asociados a los mismos y el medio ambiente como un todo. Por otro lado, la contaminación y la escasa disponibilidad del agua han originado, en la población de la mayor parte del mundo, serios problemas de salud que limitan el crecimiento económico y agrícola, y ocasionan alteraciones en los ecosistemas. Estos fenómenos están asociados, principalmente, a la inadecuada distribución del agua, a la utilización del recurso y a la falta de medidas para el ordenamiento y cuidado del mismo (Guerrero Villalobos, 1998).

Los problemas de degradación de suelos, deforestación, sobreexplotación y deterioro de recursos hídricos y pérdida de biodiversidad, dejaron de considerarse como simples datos estadísticos para constituir la causa de numerosos conflictos sociales. Este panorama propició temas relacionados con el agua y el manejo forestal se presente como asuntos de seguridad nacional (*Bernis, J.M. 2005*). Estos problemas ambientales han aumentado las cifras de contaminación; principalmente del recurso más importante que es el agua, ya que sin este muchas actividades sencillas no se podrían realizar, por lo tanto se ha convertido en un problema ambiental muy importante que afecta a todos los seres vivos y por el grado de afectación que pudiera causar se ha tomado mas medidas de prevención en el mundo, lo cual nos indica que en nuestro país (México) no estamos lejos de sufrir estas mismas consecuencias y tomar las misma medidas.

En la última década se ha fortalecido el sistema institucional para la gestión ambiental, principalmente en temas relacionados con los recursos hídricos. Sin embargo, durante este tiempo los problemas ocasionados por la escasez de agua, la disminución de su calidad y el aumento de desastres “naturales”, como inundaciones, se han registrado con mayor frecuencia (*Bernis, J.M. 2005*).

Estos problemas que ocurren varias partes del mundo, referente a la problemática ambiental del mal uso del agua y del mal manejo del agua, son factores que afectan a nuestro país y que se está sufriendo en varios estados de la Republica Mexicana y como se ha mencionado es debido a diversos factores naturales o provocados por los humanos y que en la actualidad estamos sufriendo



las consecuencias a nivel mundial y sobretodo como ya se menciono con este vital liquido que es al agua por la cual dependemos todos los seres vivos, es con la que se realizan las actividades básicas, por lo tanto sería muy catastrófico si nos quedáramos con este recurso biótico con el que pocos tienen la suerte de contar con él.

La conservación del agua constituye una preocupación cada día más vigente en nuestras sociedades, ya que es la principal fuente de energía, sin embargo los servicios ambientales se encuentran ya reconocidos internacionalmente, es decir que las cuencas prestan servicios que ayudan tanto a la población como a los ecosistemas ambientales; por tal motivo es necesario preservarlos, porque nos provee de diversos servicios ambientales que son indispensables para que exista el equilibrio ecológico entre la flora y la fauna.

Las experiencias de manejo de cuencas en América Latina se han ido adaptando a cada una de las realidades ambientales, socio-económicas, culturales y políticas de los países de la región (INEGI, 2005).

En las últimas décadas, la utilización de nuevas tecnologías ha cambiado el paradigma del estudio de los recursos naturales. Así, la evaluación y el manejo del recurso agua en una cuenca requiere de un enfoque integral, este debe considerar la cuestión geográfica como uno de sus componentes clave (INEGI, 2005).

El abasto de agua para el uso de la población y los servicios que demanda la agricultura, casi en extinción, y la industria, es el asunto más preocupante de los problemas que se suscitan en la actualidad. El agua es un elemento vital para el hombre y para su desarrollo, por lo que le ha sido indispensable conocer su distribución, caudal y posibilidades de aprovechamiento (Kumate y Mazari, 1990).

Existen los Consejos de Cuenca, los cuales son instancias de Coordinación y concertación entre la comisión Nacional del Agua, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la Cuenca, con el objeto de formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca y la Ley de Aguas Nacionales faculta su establecimiento (CONAGUA, 2006).



Los objetivos generales de los Consejos son: lograr el equilibrio entre la oferta y la demanda del agua en la cuenca para sus diversos usos; sanear las cuencas, subcuencas, acuíferos y cuerpos receptores de agua para prevenir, detener o corregir la contaminación; la conservación, preservación y mejoramiento de los ecosistemas; el uso eficiente del agua en todo su ciclo hidrológico e impulsar la cultura del agua que considere a este elemento como un recurso vital y escaso, difundiendo su valor económico social y ambiental (CONAGUA, 2006).

Por lo tanto una de las razones principales del estudio de las cuencas es poder determinar un mejor manejo para su sustentabilidad y preservación ya que los cuerpos de agua son una de las principales fuentes para satisfacer las necesidades de muchas poblaciones, además de que existe una mala calidad del agua es necesario tener una información mas profunda de este tema; por otro lado es necesario darle mayor privilegio a estos temas y planes o programas que existan referente a las cuencas con el fin de que todo el mundo se entere de la verdadera importancia que tiene el estudio y cuidado de las cuencas y sobre todo informar de el desequilibrio ecológico que puede afectar a toda el ambiente si se da un mal uso de este recurso.

OBJETIVO

- Realizar una investigación bibliográfica sobre el manejo de cuencas en el estado de Quintana Roo.

Objetivos específicos

- Presentar los estudios que se han realizado en las cuencas de Quintana Roo.
- Analizar la mejor información sobre el manejo de cuencas, para darlo a conocer entre estudiantes de carreras afines de tal manera que se pueda divulgar la información para preservar las cuencas.



CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En este capítulo se aborda la importancia, función principal y como es que son necesarias las cuencas para el ambiente, de igual manera una breve explicación de la formación de estas, con el fin de tener un conocimiento amplio en este tema de gran importancia para el mundo; así como también se abordan las características principales de las cuencas.

1.1 IMPORTANCIA DEL AGUA

La superficie del planeta tierra está conformado en su mayoría de agua, y este recurso esencial para la vida cubre cerca del 71% de su superficie, de eso una parte es agua salobre y el resto agua dulce, el agua ayuda a mantener el clima de la tierra, diluye algunos contaminantes y es esencial para toda forma de vida. Cierta cantidad de agua dulce en la tierra se recicla y purifica de manera constante en el ciclo hidrológico. Esta agua dulce es un recurso vital para la agricultura, la industria, el transporte y muchas otras actividades humanas (Miller y Tyler, 1992).

A pesar de su importancia mundial, el agua es uno de los recursos más deficientemente administrados en el planeta, ya que se le desperdicia y contamina. También se ha procurado hacerla poco disponible y aprovechable, fomentando aún más el desperdicio y contaminación de este vital recurso renovable. (Miller y Tyler, 1992).

En la actualidad y con el desarrollo de las grandes ciudades, ha proliferado la contaminación en todos los aspectos, tanto en materiales orgánicos o de uso común, así como residuos de contaminantes de industrias o de agricultores; todo esto afecta directamente al agua, lo que trae como consecuencia que exista una mala calidad de agua en varias partes de la republica mexicana (Miller y Tyler, 1992).

En los últimos 100 años, el crecimiento mundial ha incrementado la demanda de agua dulce, así como el aumento de los problemas de contaminación y deterioro de la calidad del agua, debido al escaso e inadecuado tratamiento de las aguas residuales y de los depósitos de basura, fuera de sitios de disposición final bien establecidos, se ha reducido



notablemente la disponibilidad de este líquido en el planeta. La desigual distribución regional y estacional del agua dulce dificulta su aprovechamiento sostenible. La disponibilidad natural de agua superficial se concentra en el sur del país, pero la población, la actividad económica y las mayores tasas de crecimiento ocurren en el centro y norte del territorio nacional (SEMARNAT a, 2006).

Los cuerpos de agua, superficiales o subterráneos, se ven sujetos a diversas presiones, ya sea en materia de su uso (a mayor volumen de agua utilizada, mayor generación de aguas residuales) o en los impactos que reciben al ser sumideros de fuentes de contaminación, puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación de cuerpos de agua son muy variadas, ya que va desde descargas domésticas e industriales hasta arrastres de suelos agrícolas (SEMARNAT a, 2006).

1.1.1 Características del agua

La Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad del agua de acuerdo a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas, así como también los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano. El agua para uso y consumo humano, denominada potable no debe contener contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y no causar efectos nocivos para la salud (NOM, 1994).

De acuerdo a sus características microbiológicas el agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año (NOM, 1994).

Las Características físicas y organolépticas, las que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio, deberán ajustarse a lo establecido en la norma *Anexo I* (NOM, 1994).



Las Características químicas, las debidas a elementos o compuestos químicos y que pueden causar efectos nocivos a la salud humana, deberá ajustarse a lo establecido en la norma oficial mexicana (*Anexo2*), los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad y las Características radiactivas, aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos que se deberán ajustar a lo establecido en la norma oficial mexicana (*Anexo3*). Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro). (NOM, 1994).

1.1.2 Relación del Agua con las cuencas

Durante largo tiempo se ha sabido que existe una relación íntima entre el suelo y el agua. Deducido de ello han surgido los principios de la conservación, cuyo propósito principal ha sido aplicar estos principios a la cuenca; ya que pocos comprenden la relación entre plantas, suelo y agua en el control del escurrimiento y la corriente (Stallings J, 1985).

Se estima que un 69% del agua que llega a los ríos en todo el planeta proviene de la lluvia y de nieve derretida en sus cuencas y el agua restante proviene de descargas de agua subterráneas (Miller y Tyler, 1992).

Una cuenca no solamente abarca la superficie, a lo largo y ancho, sino también la profundidad, comprendida desde el extremo superior de la vegetación hasta los estratos geológicos limitantes bajo la tierra. La cantidad de agua que entra a un lago o río está determinada por la abundancia de la precipitación que cae en la cuenca colectora, tanto de lluvia como de nieve (en las montañas la niebla y los estratos interceptados pueden ser una importante fuente adicional de precipitación), por el tamaño de la cuenca colectora y por la naturaleza de la vegetación y del suelo que rodea el cuerpo de agua (Glynn, Henry y Heineken, 1999).

Una cuenca interactúa con los diferentes recursos naturales (agua, suelo, cubierta vegetal, fauna, etc.) y los recursos construidos (carreteras, canales, presas, etc.) a través de diferentes acciones. Un grupo de estas acciones están orientadas a "aprovechar" los recursos naturales (usarlos, transformarlos o consumirlos) con fines de un desarrollo económico, a su vez, otro grupo de acciones están orientadas a "manejar" los recursos naturales (conservarlos, protegerlos, recuperarlos o preservarlos) cuyos objetivos son asegurar la sustentabilidad del ambiente (Aguilar L, 2008).



1.1.3 Importancia de las cuencas para los seres vivos

Los suministros de agua pueden ser tomados directamente de ríos, lagos y represas, pero el agua generalmente necesita algún tratamiento para ser potable. Comúnmente, ese tratamiento es la filtración para sacarle los sólidos suspendidos y sus patógenos, y también la cloración o algún otro tratamiento. Los ríos tienen un flujo variable y cantidades de sólidos suspendidos, y por lo tanto son comúnmente confinados a un dique para poder formar una reserva de gran volumen y para decantar y eliminar los sólidos suspendidos. El suministro de agua superficial requiere más tratamiento antes de ser enviada a los usuarios (APA, 2009).

Un elemento esencial para determinar la calidad del agua producida por una fuente superficial es identificar los límites de la cuenca que contribuyen a la fuente de agua. El tamaño de la cuenca determina la cantidad de agua que la fuente puede proveer con seguridad. Los usos de la tierra dentro de esa cuenca determinan la calidad de agua y su susceptibilidad a la contaminación como consecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos (APA, 2009).

El cambio del clima mundial y la contaminación atmosférica también podrían tener repercusión en los recursos de agua y su disponibilidad y, mediante el aumento del nivel del mar, podrían amenazar las áreas costeras bajas y los ecosistemas insulares pequeños. El recurso natural que genera impactos de mayor sensibilidad en la vida del hombre es el agua, especialmente el agua dulce o agua continental (RIRH, 2005).

En la "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua", realizada en Mar del Plata en 1977, se advirtió sobre la sensible disminución de los volúmenes de agua continental, básicamente alteración de ocurrencia de las lluvias, por variaciones climáticas, generadas entre otras, por la alteración del suelo; advirtiéndose que de no adoptarse medidas para proteger el medio ambiente, especialmente la cobertura de los bosques naturales, el agua disminuiría paulatinamente hasta poner en grave riesgo la supervivencia del hombre sobre la tierra. A partir de este anuncio, la Organización de las Naciones Unidas a través de la Organización para la Alimentación y la Agricultura FAO, reforzó la recomendación de prestar fundamental importancia al estudio, delimitación y preservación de las Cuencas (RIRH, 2005).



1.2 DEFINICIÓN DE UNA CUENCA

La Comisión nacional del agua (CONAGUA), define las cuencas como espacios geográficos donde los grupos y comunidades comparten identidades, tradiciones y cultura, y en donde socializan y trabajan los seres humanos en función de su disponibilidad de recursos renovables y no renovables. En las cuencas la naturaleza obliga a reconocer necesidades, problemas, situaciones y riesgos hídricos comunes, permiten la supervivencia de la especie, y la solidaridad en el cuidado y preservación de los recursos naturales (Guerrero V, 1998).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), define las cuencas como el agua que escurre en un río es captada en un área determinada, por lo general por la conformación del relieve. A esta área se le llama cuenca hidrológica. A su vez, las cuencas hidrológicas se agrupan en regiones hidrológicas.

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), define cuenca hidrológica como toda superficie de terreno y subsuelo por donde escurre el agua que alimenta un río. Las cuencas hidrológicas son áreas de desagüe y son las unidades geográficas en donde se desarrolla el ciclo hidrológico, y además brinda un hábitat a animales y plantas.

A pesar de la gran variedad de conceptos para definir una cuenca, en este caso me enfocare en la definición que menciona la Ley de Aguas Nacionales en su artículo 3, sección XVI en su DOF 29-04-2004 "Cuenca Hidrológica": Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parteaguas o divisoria de las aguas (aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad), en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la



unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y estas últimas están integradas por microcuencas (LAN, 2004).

1.2.1 Cuencas hidrográficas e hidrológicas

Cuenca hidrográfica: Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior (*Anexo4*). Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios (ECOAGUA, 2007).

Cuenca hidrológica: La definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo (ECOAGUA, 2007).

Generalmente el término “cuenca hidrográfica” se refiere a la definición geográfica de la misma, mientras que “cuenca hidrológica” se suele entender como una unidad para la gestión que se realiza dentro de la cuenca hidrográfica. Sin embargo, la Ley de Aguas Nacionales utiliza “cuenca hidrológica” con el mismo sentido que otras fuentes atribuyen a “cuenca hidrográfica”, que es el término correcto. Entonces una Cuenca Hidrográfica y una Cuenca Hidrológica son conceptos que se adaptan a un mismo propósito, es una concavidad donde se mueve el agua, lo que puede cambiar es la forma de estudiarla (Maza, 1999).

1.2.2 Como se Forman las Cuencas

Durante la Edad del Hielo, los hielos continentales abrieron incontables huecos en su lecho rocoso y formaron las múltiples cuencas lacustres que ahora cubren las regiones de intensa glaciación, algunos lagos importantes del mundo son producto de gigantescos movimientos de la corteza terrestre. También los volcanes pueden crear lagos al llenarse de agua sus cráteres y calderas, Las aguas también pueden quedar bloqueadas por presas de lava y formar un lago (Reader's Digest México, 2008).



El agua de escurrimiento superficial constituye el agente geomorfológico más importante del planeta, lo que propicia una actividad fluvial, sobre todo en época de lluvias, originando la presencia de ríos y arroyos perennes o intermitentes, los que realizan un trabajo de erosión hídrica que actúa a través del tiempo y del espacio, modificando el paisaje (SEMARNAP, 1999).

El área de la cuenca finaliza en un punto determinado y según ese punto o propósito, así será el apellido (adjetivo) de la cuenca, por ejemplo: cuenca productora de agua, cuenca fluvial, o simplemente cuenca, subcuenca y microcuenca, entre otras. Se relaciona con el espacio o área de terreno donde se desarrolla la biodiversidad, o sea las formas diferentes en que se desarrolla la vida animal y vegetal, con todo tipo de animales, plantas y árboles, alrededor de una montaña (*Anexo5*).

1.3 CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES DE LAS CUENCAS

Para Aparicio M. (1989). Las características más importantes de las cuencas se en listan a continuación:

- **El parteaguas** como se menciona es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa las cuencas de las cuencas vecinas.
- **El área de la cuenca** se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- **La corriente principal** de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.
- **El Escurrimiento**, es el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. Conviene dividir estos caminos en tres clases: escurrimiento superficial, escurrimiento subsuperficial y escurrimiento subterráneo.



Otras de las principales características con las que cuentan las cuencas son las siguientes, CRI (2006):

- **El color** amarillo natural en el agua de las cuencas altas se debe a ácidos orgánicos que no son de ninguna manera dañinos y que son similares al ácido tánico de té; esta característica solo la poseen algunas cuencas
- **Perímetro** es la longitud del límite exterior de la cuenca y depende de la superficie y la forma de la cuenca.
- **Forma** de una cuenca interviene de manera importante en las características de descarga de un río, particularmente en los eventos de gastos máximos.
- **Altura media** tiene influencia fundamentalmente en el régimen hidrológico, puesto que la tiene sobre las precipitaciones que alimentan al ciclo hidrológico de la cuenca.

1.4 TIPOS DE CUENCAS

El agua de lluvia que escurre y transita o drena a través de una red de corrientes que fluyen hacia una corriente principal y por ésta hacia un punto común de salida que puede ser un almacenamiento de agua interior, como un lago, una laguna, el embalse de una presa o pequeños cuerpos de agua, se llama *cuenca endorreica*, también se le denomina cuenca cerrada. Cuando sus descargas llegan hasta el mar se les denominan *cuencas exorreicas* (CNA, 2007).

Arreicas (Anexo6): es aquella cuyas aguas no desembocan ni en lagos ni en mares, pues se evaporan o se infiltran en el terreno. Los arroyos y aguadas pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico (INEGI-INE-CONAGUA, 2007).

1.4.1 Partes de una cuenca

Dentro de una cuenca se pueden distinguir: la parte alta, la parte media y la parte baja (*Anexo7*). En las partes altas, la topografía normalmente es empinada y generalmente están cubiertas de bosque. Tanto en la parte alta como en la parte media se encuentran la gran mayoría de las nacientes y los ríos; las partes bajas, a menudo tienen más importancia para la agricultura y los asentamientos humanos, porque ahí se encuentran las áreas más planas.



En estas tres partes (*Anexo7*) pasa el flujo de agua o drena hasta llegar al lugar en donde se depositara, estas partes de la cuenca son:

a) Cuenca alta: Es la parte de la cuenca en la cual predomina el fenómeno de la socavación. Es decir que hay aportación de material terreo hacia las partes bajas de la cuenca, visiblemente se ven trazas de erosión.

b) Cuenca media: Es la parte de la cuenca en la cual mediamente hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

c) Cuenca baja: Es la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección (IGOOA, 2008).

1.4.2 Zonas de funcionamientos de las cuencas

Las cuencas hidrográficas se pueden subdividir en tres zonas (*Anexo8*) de funcionamiento hídrico principales (ECOAGUA, 2007):

a) Zona de Cabecera de las Cuencas Hidrográficas: garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad.

b) Zonas de Cabecera y Captación: Transporte en condiciones de Cuencas Semiáridas. México posee un elevado porcentaje de su territorio en este tipo de paisajes, lo cual propicia una alta fragilidad hidro-ecológica.

c) Zonas de Emisión de los Acuíferos. Las lagunas costeras regulan el funcionamiento de los ecosistemas marinos adyacentes. Los manglares están considerados entre los ecosistemas más productivos y la actividad socioeconómica asociada a los mismos abarca actividades forestales, pesqueras, turístico-recreativas y otras (Maza, 1999).

1.5 INFILTRACIÓN O TRASPORTE DEL AGUA EN LAS CUENCAS



El agua que escurre de las montañas o de valles proviene de deshielos (precipitación), pero principalmente de las lluvias que caen constantemente en las partes altas de las Cuencas, éstas drenan a las partes más bajas de la superficie de la tierra, donde son acumuladas y posteriormente buscan salidas alternas para llegar a cuerpos de agua mas grandes (*Anexo9*). Sin embargo todos los flujos tienen diferentes características y condiciones para trasladarse, drenar o infiltrarse y poder llegar a su destino final (Miller y Tyler, 1992).

En la mayor parte de los ecosistemas naturales hay relativamente pocos escurrimientos pluviales y más bien la vegetación detiene la lluvia; el agua se infiltra en el suelo poroso y recarga las capas freáticas. Cuando los bosques se talan o los campos se rozan, el ciclo normal del agua cambia de la infiltración y la recarga de las aguas freáticas a los escurrimientos pluviales, con lo que el agua lluvia corre a los ríos y arroyos casi de inmediato

1.5.1 Flujo del agua

El flujo de agua que drena hacia abajo se efectúa en tres fases en un sistema pluvial (*Anexo10*). Debido a las diferencias en las condiciones ambientales y a la superficie de la tierra, en cada fase, un sistema pluvial consta de una serie de diferentes ecosistemas. Primero los arroyos torrenciales o corrientes de tierras altas montañosas con agua fría, clara, que resbala por laderas inclinadas. Cuando esta agua turbulenta fluye y salta hacia abajo en caídas y rápidos, disuelve grandes cantidades de oxígeno del aire, sin embargo la caída es lenta debido a la cantidad de factores ambientales que disminuyen su velocidad (Miller y Tyler, 1992).

En la segunda fase, las corrientes de manantial se unen para formar corrientes de elevaciones más bajas, con mayor anchura y profundidad, que fluyen descendiendo por laderas suaves y siguen un camino sinuoso o tortuoso a través de valles amplios. Aquí el cauce de la corriente es más ancho y profundo y encuentra menos obstáculos. Como resultado el flujo del agua es menos turbulento, pero su velocidad es más alta. El agua más caliente y otras condiciones encontradas en esta fase pueden sustentar una variedad de especies (Miller y Tyler, 1992).



Gradualmente, estas corrientes llegan a ríos más anchos y profundos que forman meandros (curva descrita por el curso de un río cuya sinuosidad es pronunciada) a través de valles planos y anchos. Las corrientes que forman meandros a veces se van enderezando, y haciendo más profundas y anchas, lo que favorece la navegación fluvial y ayuda a reducir las inundaciones y la erosión de las riberas (Miller y Tyler, 1992).

1.6 FUNCIONES DE LAS CUENCAS

En las diferentes cuencas que existen a lo largo de nuestro país, es posible encontrar diversidad de flora y fauna que van creando distintos ecosistemas. Éstos, a su vez, van generando intercambio de materia y flujo de energía que pueden constituirse como un propio sistema. Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema; dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos (*Anexo11*).

1.6.1 Beneficios de las cuencas

Se pueden enumerar varias expectativas, las cuales se mencionan en tres partes: ambientales, económicos y sociales (*Anexo12*).

En cuanto a los beneficios ambientales: ha dejado claro muestras de mayor retención de agua con la consiguiente infiltración y recarga de acuíferos, también se ha observado un reverdecimiento de pastos perennes en tramos restaurados y se ha logrado retener una buena parte del suelo erosionado en las riberas de los ríos.

1.6.2 Servicios ambientales

Los servicios ambientales hidrológicos, son los servicios que brindan los bosques y selvas y que inciden directamente en procesos tan importantes como la capacidad de recarga de los mantos acuíferos, el mantenimiento de la calidad de agua, la reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo y la reducción de las corrientes durante los eventos extremos de precipitación (SEMARNAT, 2005).

Los servicios ambientales de las cuencas ayudan al ambiente en varias formas, con el fin de minimizar la contaminación y aportar recursos al ambiente para hacer un balance con el ambiente y este recurso, algunos servicios son los siguientes (CONAF, 2008):



Los flujos hidrológicos de las cuencas tienen diversos usos, algunos directos (agricultura, industria, agua potable, etc.), dilución de contaminantes, generación de electricidad, regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión de semillas y larvas de la biota.

Los ciclos bioquímicos: almacenamiento y liberación de sedimentos, almacenaje y reciclaje de nutrientes, almacenamiento y reciclaje de materia orgánica, detoxificación y absorción de contaminantes.

La Producción biológica: creación y mantenimiento de hábitat, mantenimiento de la vida silvestre, fertilización y formación de suelos, así como también mantiene la vida silvestre en el entorno y al interior de la cuenca. La descomposición: procesamiento de la materia orgánica, es decir, reciclaje de la materia orgánica y procesamiento de desechos humanos.



CAPITULO II

MANEJO DE CUENCAS EN MÉXICO

En este capítulo, se aborda la información necesaria para conocer como están integrados los consejos de cuencas, sus objetivos y su funcionamiento, con el fin de tener un amplio conocimiento respecto a la forma en que se manejan estos, se menciona también las cuencas que existen en México y la problemática que pudiera existir, así como también se menciona sobre las cuencas de la Península de Yucatán.

2.1 MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

Es la aplicación de principios y métodos para el uso racional e integrado de los recursos naturales en la cuenca, fundamentalmente agua, suelo y vegetación, para lograr una producción óptima y sostenida de estos recursos, con el mínimo deterioro ambiental, para beneficio de los pobladores de la cuenca y de las poblaciones vinculadas a ella (Cisneros, Bert y Jan, 2008).

La meta central es establecer unidades de manejo de cuencas, para propósitos de planeación y de gestión ambiental. Se ha elegido la cuenca por la importancia del agua interrelacionado con todos los recursos (bosque, suelo, fauna) ya que desde las partes altas hasta los ríos interacciona con otros elementos (INE a, 2007).

La Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946 (en adelante SRH), realizó siguiendo criterios hidrográficos; los límites de cada una de estas regiones, se difundieron a través de los boletines hidrológicos donde además se incorporó información sobre estaciones hidrométricas, hidrología superficial, poblaciones y límites estatales (INE-INEGI-CONAGUA, 2007).

Las 37 regiones hidrológicas sirven para hacer más eficaz la administración de los recursos Hidráulicos. La agrupación de las cuencas se basa principalmente en rasgos orográficos e hidrográficos, de tal manera que cada región hidrológica se distingue por su tipo de relieve y escurrimientos, presentando características similares en su drenaje.

La CNA realizó una nueva reagrupación de las 37 regiones hidrológicas y delimitó 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA) con la finalidad de facilitar la administración del agua (*Anexo13*). Debido a la necesidad de coordinación, los límites de estas 13 RHA se



ajustaron a límites municipales. A pesar de que ello facilita los acuerdos de gestión, esta división geopolítica, no coincide con los límites hidrológicos naturales, da lugar a que algunos espacios geográficos que físicamente están en una RH sean administrados por una RHA que no corresponde a esa región hidrológica (INE-INEGI-CONAGUA, 2007).

En estas 13 Gerencias (*Anexo13*) se desconcentran las tareas, funciones y facultades a cargo de la Comisión Nacional del Agua y se atienden todos los asuntos de competencia federal en el ámbito de sus respectivos territorios, mismos que corresponden con grandes macrocuencas o con grupos de cuencas más pequeñas.

2.1.1 Consejos de cuencas en México

Para facilitar la coordinación de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno en México: Federal, estatal y Municipal, y para propiciar la concertación de objetivos, metas, estrategias, políticas, programas, proyectos y acciones, entre la autoridad federal del agua y los usuarios del agua debidamente acreditados, grupos y organizaciones diversas de la sociedad, la Ley de Aguas Nacionales (LAN), contempla y ordena el establecimiento de consejos de cuencas (Guerrero V, 1998).

Los consejos de cuencas son órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, incluyendo el Organismo de Cuenca, las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica (LAN, 2004).

Los consejos de cuencas cuentan con organizaciones auxiliares al nivel de subcuenca, microcuenca y acuífero, denominadas respectivamente Comisiones de cuenca, Comités de cuenca y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas. A estos últimos también se les denomina “COTAS”(Guerrero V, 1998).

Una reagrupación más de las cuencas fue hecha para la formación de los consejos de cuenca. Para ello, se tomaron como base los parteaguas de las regiones hidrológicas y se delimitaron 26 unidades, de tal forma que todo el territorio nacional queda ubicado en uno de estos 26 consejos de cuenca. Es una división pragmática para facilitar la participación social, estas regiones no corresponden a cuencas hidrográficas específicas, sino a conjuntos



de ellas, por lo que la administración del agua se complica. Algunos de los nombres de los consejos no corresponden a cuencas hidrográficas, sino a ríos, a porciones de estados o a regiones costeras específicas.

2.1.1.1 Organismos de cuencas

Los Organismos de Cuenca, son unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas, con carácter autónomo que esta Ley les confiere, adscritas directamente en "la Comisión", cuyas atribuciones, naturaleza y ámbito territorial de competencia se establecen en Ley y se detallan en sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por "la Comisión" (LAN, 2004).

Con base en las disposiciones de la Ley, "la Comisión" organizará sus actividades y adecuará su integración, organización y funcionamiento al establecimiento de los Organismos de Cuenca referidos, dichos Organismos de Cuenca funcionarán armónicamente con los Consejos de Cuenca en la consecución de la gestión integrada de los recursos hídricos en las cuencas hidrológicas (LAN, 2004).

La instalación y puesta en marcha de los consejos de cuenca en todo el país constituye quizás el cambio más significativo realizado en los últimos años al sistema mexicano de gestión del agua con miras a descentralizar las decisiones. Actualmente existen 25 Consejos de Cuenca, a los que se suman órganos auxiliares creados en el ámbito territorial de subcuencas, microcuencas y acuíferos con el propósito de atender asuntos específicos y ampliar las posibilidades de intervención de usuarios y gobiernos locales. México es quizás el único país del mundo que ha emprendido una tarea de organización de los usuarios del agua (Chávez Z, 2003).

2.1.2 Estructura de los consejos de cuencas

El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en su Art. 15 define que formarán parte de los Consejos de Cuenca (*Anexo 14*):

- A) El Director General de la Comisión Nacional del Agua, quién lo presidirá y tendrá voto de calidad en caso de empate.

- B) Los Vocales Gubernamentales que son los titulares de los Gobiernos Estatales que forman parte de la cuenca, quienes tienen voz y voto.



C) Un representante de los usuarios de la cuenca por cada tipo de uso que se haga del recurso. Quienes participan por lo menos en igual número que los vocales gubernamentales y cuentan con voz y con voto

D) Como invitados con voz, pero sin derecho a voto, están representadas también otras organizaciones de la sociedad como universidades, institutos, Organizaciones no Gubernamentales, Presidentes Municipales y organismos y entidades diversas tanto del sector público como del privado.

E) Finalmente la estructura de los Consejos de Cuenca comprende una Secretaría Técnica que es asumida por un representante de la Comisión Nacional del Agua, designado por su titular y es el encargado de suministrar toda la información técnica requerida para las deliberaciones del Consejo. El Secretario del Consejo, tiene voz pero no tiene voto.

2.1.3 Misión y objetivos de los consejos de cuenca

Los consejos de cuenca, cuya misión consiste en promover la gestión integrada del agua en sus respectivas cuencas, con el fin de contribuir al desarrollo de la sociedad, sin detrimento de la integridad del ciclo hidrológico o los sistemas naturales que dependen de él (Guerrero V, 1998).

Para cumplir la misión y lo previsto, los consejos tendrán, como objetivos (*Anexo15*) la organización y participación de la sociedad en Consejos, Comisiones y Comités de Cuenca derivados de los problemas y retos asociados al agua, con el fin de proponer y promover la ejecución de planes, programas y acciones (Guerrero V, 1998):

- 1) Ordenar los Diversos Usos del Agua. Se analiza y discute, cómo conciliar en cada cuenca la oferta de agua disponible con la demanda existente y qué hacer para prevenir y controlar la contaminación de las corrientes y cuerpos de agua
- 2) Saneamiento de las Cuencas y Cuerpos Receptores de Agua para Prevenir su Contaminación.
- 3) Promover y Propiciar el Reconocimiento del Valor Económico, Ambiental y Social del Agua. Por las condiciones de escasez relativa y contaminación existentes, es



imprescindible alentar en la sociedad el reconocimiento del valor del agua, como un bien económico de uso público y benéfico, al mismo tiempo que se difunde el valor e impacto social y ambiental de sus usos y aprovechamientos.

4) Conservar y Preservar el Agua y los Suelos de las Cuencas. La sustentabilidad del desarrollo, exige cuidar los recursos naturales y especialmente el agua.

5) Eficientar los Usos Actuales del Agua es un objetivo impostergable. En la agricultura y en las ciudades hay evidencias de los desperdicios y usos ineficientes del agua (Guerrero V, 1998).

2.1.4 Organización y funcionamiento de consejo de cuencas

Los consejos de cuenca se crearon por mandato de la Ley de Aguas Nacionales y fueron y son alentados por la Comisión Nacional del Agua (CNA), son instancias de coordinación y concertación entre la CNA, las dependencias e identidades de los gobiernos federal, estatal o municipal y los representantes de los usuarios de la cuenca (Chávez Z, 2003).

Se organizan al nivel de subcuenca y microcuenca; es decir territorios de menor tamaño a una macrocuenca pero que forman parte de su área tributaria de drenaje. Se forman para la resolución de problemas que por su gravedad o complejidad requieren de atención especializada o temporal, como pueden ser problemas específicos de contaminación, distribución de aguas superficiales, sequías severas ó desastres naturales de diverso tipo (Chávez Z, 2003).

Los Consejos de Cuenca y sus organizaciones auxiliares al nivel de subcuenca, microcuenca y acuífero son también:

- Instancias colegiadas para prevenir y dar cauce a los conflictos asociados a la distribución y usos del agua.
- Organizaciones plurales que se conforman para identificar, analizar, caracterizar, diagnosticar y pronosticar los problemas, situaciones, demandas y necesidades de agua en una cuenca hidrológica.
- Foros para conciliar propósitos, sumar voluntades y recursos y definir planes y programas que tienen la finalidad de aumentar la eficacia en la gestión del agua;



mejorar su administración, procurar el saneamiento de sus corrientes, cauces y cuencas, y ordenar y eficientar sus usos, manejo y aprovechamiento.

Son funciones específicas de los Consejos de Cuenca:

- Conocer y difundir los lineamientos generales de la política hidráulica nacional y regional, y proponer aquellos que reflejen la realidad del desarrollo hidráulico a corto, mediano y largo plazos, en el ámbito territorial del Consejo de Cuenca
- Promover la participación de las autoridades estatales y municipales, así como de los usuarios y grupos interesados de la sociedad, en la formulación, aprobación, seguimiento, actualización, y evaluación de la programación hidráulica de la cuenca o cuencas de que se trate en los términos de la Ley
- Promover la integración de comisiones de trabajo de diversa índole, que permitan analizar y en su caso, plantear soluciones y recomendaciones para la atención de asuntos específicos relacionados con la administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos, el fomento del uso racional del agua y la preservación de su calidad
- Concertar con la Comisión Nacional del Agua las prioridades de uso y los demás instrumentos previstos en la programación hidráulica, conforme a lo dispuesto en la ley y su reglamento, así como los mecanismos y procedimientos para enfrentar situaciones extremas de emergencia, escasez, sobreexplotación, contaminación de las aguas o deterioro de los bienes a cargo de la Comisión
- Apoyar las gestiones necesarias para la concurrencia de los recursos técnicos, financieros, materiales y tecnológicos que requiera la ejecución de las acciones previstas en la programación hidráulica
- Participar en el desarrollo de los estudios financieros que lleve a cabo la Comisión, con objeto de determinar los montos de las contribuciones de los usuarios para apoyar la ejecución de los programas de la Comisión, que beneficien a los usuarios de la cuenca o cuencas comprendidas en el ámbito territorial del Consejo de Cuenca
- Participar o intervenir en los demás casos previstos en la Ley y su Reglamento para los Consejos de Cuenca (Guerrero V, 1998).

2.2 CUENCAS HIDROGRÁFICAS EN MÉXICO



Durante los últimos años, la degradación ambiental en México ha pasado a ser un tema principal en el debate nacional tomando connotaciones que afectan la gobernabilidad y la sustentabilidad de la sociedad en su conjunto. Los problemas de degradación de suelos, deforestación, sobreexplotación y deterioro de recursos hídricos y pérdida de biodiversidad, dejaron de considerarse como simples datos estadísticos para constituir la causa de numerosos conflictos sociales. Este panorama propició que en la agenda actual, temas relacionados con el agua y el manejo forestal se presenten como asuntos de seguridad nacional (Guerrero V, 1998).

El territorio de México está formado por múltiples cuencas (*Anexo16*). Algunas de las más importantes cuencas exorréicas corresponden a los grandes ríos nacionales, cada uno de estos importantes ríos tiene corrientes alimentadoras que se forman con las precipitaciones que caen sobre sus propios territorios de drenaje a las que se les llama cuencas secundarias o subcuencas. A su vez, cada subcuenca tiene sus propios sistemas hidrológicos que alimentan sus caudales de agua (CNA, 2007).

En el mapa (*Anexo16*) se presenta la división del país en cuencas hidrológicas, indicando mediante colores la abundancia de agua en cada cuenca (CNA, 2007).

En México existen cerca de 42 ríos principales que transcurren en tres vertientes: occidental o del Océano Pacífico, oriental o del Océano Atlántico (Golfo de México y Mar Caribe), y la interior cuyos ríos desembocan en lagunas interiores (Agua, 2009).

Debido al régimen climático del país, en casi todos los ríos existe una diferencia notable entre el volumen de agua que llevan en la época de secas y el de lluvia. Esta variación está acentuada por las obras de retención de agua y su uso para irrigación, de tal manera que muchos de los ríos que originalmente eran permanentes, ahora se vuelven intermitentes, por lo menos en algunos tramos de su recorrido. En amplias zonas la deforestación y la erosión del suelo producen un aumento en el escurrimiento superficial y la disminución de la infiltración del agua de lluvia (Agua, 2009).

En cuanto a lagos y lagunas, la mayor parte de las formaciones naturales son de origen endorreico o están ligadas con los litorales. Las cuencas endorreicas son originadas por la obstrucción del drenaje superficial debido a fenómenos volcánicos o tectónicos o



como consecuencia de la aridez, pues los cauces no llevan suficiente agua para que ésta recorra todo el camino hasta el mar. Las lagunas costeras son comunes en zonas donde la planicie mal drenada hace contacto con el mar (Agua, 2009).

La distribución del agua en el país presenta fuertes contrastes. En el sureste, que abarca cerca de 15% del territorio del país, se concentra 42% de los escurrimientos fluviales; mientras que en el altiplano del centro y la parte norte del país, 36% del territorio, se localiza sólo 4% de los escurrimientos (Agua, 2009).

2.2.1 Características de las principales cuencas en México

La distribución del volumen de agua dulce en México con que cuentan diversas cuencas está dividida entre:

- Lluvia 1,522,000 m³
- Ríos 412,000 m³
- Presas 180,000 m³
- Lagos y lagunas 14,000 m³

De acuerdo a la ubicación que tienen las cuencas en la Republica Mexicana estas ayudan a desarrollar diversas actividades tanto recreativas como personales y a tener un equilibrio con los ecosistemas. Sin embargo la precipitación se distribuye de manera desigual a lo largo del territorio. En la zona norte sólo se tiene un escurrimiento de 3% del total, en un área equivalente a 30% del país. El sureste cuenta con 50% de la disponibilidad de agua, con una proporción de 20% de la superficie global. La región central, que ocupa 50% de la extensión territorial de México, tiene 47% de la disponibilidad de escurrimientos. En esta porción es donde se presenta una densa concentración poblacional. Algunas de las cuencas de México son las siguientes: (Agua, 2009).

Cuenca Lerma Chápala. Constituye un paradigma de desarrollo económico sin planificación ambiental, que ha dado lugar a múltiples problemas sociales, políticos y ambientales. Se ubica en la porción centro occidental de México y comprende al norte, las sierras de Pénjamo, Guanajuato y Sierra Gorda; en su parte central comprende la planicie de Chápala, El Bajío Guanajuatense y la Sierra de San Andrés; al sur se encuentra la Sierra de Amealco y la región de los lagos de Pátzcuaro, Yuriria y Cuitzeo;



al sureste la Sierra de las Cruces y una porción de la región del Nevado de Toluca; La cuenca Lerma-Chápala tiene un área de 53,591km², que representa aproximadamente el 3% de la extensión total del territorio nacional. En ella habita el 11% de la población Mexicana (INE b, 2009).

Cuenca del río Lagartero. Se extiende sobre el Municipio de Arriaga y Cintalapa, Chiapas, ocupando la porción limítrofe con el Estado de Oaxaca, en la vertiente sur de la Sierra Madre de Chiapas ecorregión conocida como Sierra y Planicie Costera de Chiapas. La zona de captación se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera La Sepultura. La mayor parte de la cuenca se ubica en el municipio de Arriaga, que forma parte del área de influencia del Distrito de Desarrollo Rural y de la Región Económica Istmo-Costa. La superficie total de la cuenca es de 28,530ha que representa el 17% del total de dicha Región (INE b, 2009).

Cuenca del río Bravo. Es una cuenca de más de 457 mil km². El 51% de su territorio se encuentra en los Estados Unidos de Norteamérica y el 49% es territorio mexicano. El cauce principal sirve de límite fronterizo entre México y los EUA por más de 2 000km. En la parte mexicana de la cuenca residen poco más de 8 millones de personas y es una de las zonas de mayor crecimiento demográfico (7% anual), por lo que el manejo y administración eficaz de los recursos hídricos constituye uno de los grandes desafíos.

Cuencas de los Ríos Grijalva y Usumacinta. En el Sur, México limita con las Repúblicas de Guatemala y Belice, y a través de éstos países se vincula con la región Centro Americana. El primero nace en Tabasco y el otro en Guatemala. Los dos riegan las llanuras de Tabasco, que son las más bajas del país, juntos tienen una longitud de 600 km. En su cauce se han construido las plantas hidroeléctricas más importantes del país. El Usumacinta se divide en tres corrientes al desembocar, pero conserva su nombre; también sirve de frontera entre México y Guatemala. En la vertiente Occidental o del Pacífico existen alrededor de 100 ríos, entre los que destacan, por su caudal, los ríos Balsas, Lerma-Santiago y Verde (Agua, 2009).

Cuenca Papaloapan. Se nutre de diversos afluentes hasta desembocar en el Golfo de México a la altura del puerto de Alvarado, en Veracruz. A lo largo de los kilómetros que lo conforman, sus aguas se tornan tranquilas al ser contenidas, en diversas etapas de su camino, entre las enormes paredes de concreto que forman las presas hidroeléctricas;



que abastecen de agua potable y energía eléctrica a la región. Su longitud es de 900 km; a sus orillas habitan 3,398,992 personas en tres estados de la república: Puebla, Oaxaca y Veracruz, con una extensión de 51,025.52 Km² (INE b, 2009).

El **Valle de México** hasta el siglo pasado era una cuenca cerrada. Actualmente drena artificialmente parte de sus aguas hacia el Golfo de México a través de la cuenca del Río Pánuco. Para satisfacer las necesidades de agua que demanda la zona metropolitana de la Ciudad de México, en la que residen 19.6 millones de personas, se conecta con las cuencas de los Ríos Lerma y Balsas las que transfieren parte de sus disponibilidades.

Cuenca río Balsas. Tiene una longitud de 771 km. En este río se encuentran importantes plantas generadoras de electricidad como la central de Infiernillo. Su cuenca forma una depresión, del mismo nombre, y desemboca en el Océano Pacífico con el nombre de río Zacalutla (Agua, 2009).

Cuenca de río Lerma. El área de captación cuyo colector principal es el Río Lerma, incluyendo el lago de Chapala y las áreas de captación de otras corrientes que descargan directamente en él, localizado sobre el tramo inicial del Río Santiago, a su salida del lago de Chapala. En su recorrido el Río Lerma atraviesa los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Este importante río y las presas que alimenta, se encuentran monitoreados por estaciones hidrométricas y climatológicas a lo largo de su recorrido; esta información es recopilada por la Comisión Nacional del Agua, mediante sus Gerencias Estatales y Regionales, para después ser almacenada en una base de datos del Sistema de Información Hidroclimatológica (SIH) (CNA, 2009).

Cuenca río Pánuco. Su longitud es de 600 km, nace con el nombre de Moctezuma en la cuenca oriental de la Meseta de Anáhuac y desemboca en el Golfo, en el puerto de Tampico (Agua, 2009).

Cuenca río Mayo. Se forma con las corrientes que se desplazan por barrancas hasta las sierras profundas del estado de Chihuahua donde recibe el nombre de Moris, y desciende hacia Sonora, donde se le une el río Cedros, cuyas aguas alimentan la presa Mocúzari. A un lado del río está la ciudad de Álamos, el Mayo desemboca en el golfo de California, cerca de Tabaré.



Cuenca río Yaqui. Cuenta con 554 km de longitud, baja de la Sierra Madre Occidental hasta desembocar cerca del puerto de Guaymas. Este río se aprovecha para regar extensos terrenos que forman el valle del Yaqui, de 450mil hectáreas.

Los principales lagos y lagunas son: Guzmán, Santa María y Palos, en Chihuahua; Parras en Coahuila; Santa Ana en Tabasco; Laguna de Términos en Campeche; Chápala entre Jalisco y Michoacán; Pascuaro en este último Estado, y los lagos de Zumpango, San Cristóbal, Xaltocán, Texcoco, Xochimilco, y Chalco, en el Valle de México entre otras.

2.2.2 Problemática que sufren las cuencas

De la extracción total de agua en el país, 77% se destina a las actividades agropecuarias, 14% al abastecimiento público, y 9% a la industria autoabastecida, agroindustria, servicios, comercio y termoeléctricas. El 48.5% del agua destinada al sector agropecuario es utilizado de riego; 69% del agua extraída de los acuíferos padece de grandes carencias tecnológicas y de infraestructura, por lo que su eficiencia en el uso del agua es de solamente 46 %. Más de la mitad del agua que se extrae para uso agrícola no se usa en los cultivos y se “pierde” por infiltración al subsuelo y evaporación a la atmósfera. Una parte de ésta regresa al ciclo hidrológico, los acuíferos, a través de la filtración, y a los cuerpos superficiales por medio de la evapotranspiración. La extracción es cada vez más cara y los acuíferos están cada vez más sobreexplotados (SEMARNAT, 2006).

Por su ubicación y características geográficas, México presenta una gran vulnerabilidad ante los fenómenos hidrometeorológicos. La parte sur del territorio nacional es sumamente vulnerable a ciclones y huracanes, y en la parte centro y norte lo es ante sequías, muchas veces extremas. Esta vulnerabilidad es creciente simplemente por el aumento de la población y por la proliferación de asentamientos humanos. Ese mismo crecimiento con frecuencia ha devastado los sistemas ecológicos y, con ellos, la protección ante esos fenómenos meteorológicos (SEMARNAT, 2006).

Por su parte, la deforestación da origen a la erosión, los deslizamientos, los azolves, el aumento de la escorrentía o la reducción en la recarga de los acuíferos. Pero además, el



calentamiento del planeta está afectando a los regímenes naturales de precipitación, impactando con ello en los escurrimientos a las cuencas (SEMARNAT, 2006).

A continuación se enlistan actividades o desastres naturales que ocasionan o causan una problemática ambiental en las cuencas y que a la larga trae como consecuencia una disminución en las cuencas más importantes y la contaminación del agua:

Riesgos Naturales

- Inundaciones
- Aluviones
- Deslizamientos

Deterioro del suelo

- Desertificación
- Erosión
- Incendios forestales / quemas
- Sobrepastoreo
- Sobre utilización agrícola

Conflictos en el uso de los Recursos

- Contaminación
- Eutroficación
- Aumento de demandas para energía hidroeléctrica
- Aumento de requerimientos hídricos para riego
- Sobre explotación de los recursos: tierra, aguas y vegetación

2.3 CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

La Región XII, Península de Yucatán (*Anexo17*), es una de las trece regiones definidas con base en criterios hidrológicos, en el proceso de modernización del sector hidráulico.

La Región XII, incluye en su totalidad a los estados de Yucatán y Quintana Roo, y en su mayor parte al estado de Campeche (98%), con excepción del municipio de Palizada, representando así una superficie regional de 138,399.91 km², 7% de la nacional (*Anexo18*). Cuenta con tres ríos de importancia: Candelaria y Champotón en Campeche y Río Hondo en Quintana Roo.

La región se describe como una gran superficie plana y de baja altitud; su principal rasgo fisiográfico es la Sierrita de Ticul, con una extensión de 110 km y elevaciones cercanas a los 200 msnm. Prevalecen los climas cálidos y cuenta con una precipitación



media anual de 1,159 mm, (*Anexo19*), cerca de 60% superior a la media nacional. Su colindancia con el mar Caribe y el Golfo de México. Las precipitaciones máximas se presentan en la parte sureste y suroeste, y las precipitaciones mínimas en la parte costera norte, observándose una distribución equitativa de la lluvia media en toda la zona localizada de suroeste y centro de la Península (CNA, 2002).

Los resultados del diagnóstico regional contratado por la CNA en 1997, señalan que la Península de Yucatán corresponde a una cuenca hidrológica abierta, con un solo acuífero cárstico de tipo libre. La incidencia tan alta de la precipitación pluvial y la ausencia notable de escurrimientos superficiales, indican una alta permeabilidad en toda su superficie. La recarga del acuífero se produce de manera uniforme, siguiendo el patrón de distribución de la precipitación.

La mayor parte de la Península de Yucatán carece de drenaje superficial, pues se trata de una extensión de poco relieve y sustrato permeable, por lo que casi toda la circulación de agua es subterránea (Agua, 2009).

Los principales fenómenos meteorológicos que afectan año tras año están relacionados con la época: en el verano e invierno se observan los nortes o frentes fríos; y en los meses de abril y mayo se presenta un período relativamente seco. A partir del mes de mayo y hasta octubre, la situación meteorológica en la entidad se ve fuertemente influenciada por la presencia de ondas tropicales cuyo potencial de humedad es importante, se presenta entonces la temporada anual de lluvias (CNA, 2002).

2.3.1 Consejos de cuencas de la Península de Yucatán (CCPY)

El consejo de cuenca de la península de Yucatán (CCPY) es presidido por el Director General de la Comisión Nacional del Agua y esta integrado por los ejecutivos de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán así como por representantes de los Usuarios de Aguas Nacionales de los sectores agrícola, industrial, pecuario, público urbano y servicios (CONAGUA, 2006).

Este órgano fue creado desde 1999. En el acta de instalación del Consejo se acordó la integración de un Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE). El consejo además de cumplir con las reglas de operación establecidas en el marco legal correspondiente,



promueve la Gestión integrada de los Recursos Hídricos en la Península de Yucatán, con el fin de contribuir al desarrollo de la sociedad (CONAGUA, 2006).

En Quintana Roo operan como células de apoyo al CCPY los cinco comités Estatales de Usuarios de los sectores agrícola, pecuario, industrial, servicios y público urbano así como el Grupo de Trabajo Especializado en Saneamiento y el Comité de Playas Limpias Cancún Rivera Maya (CONAGUA, 2006).



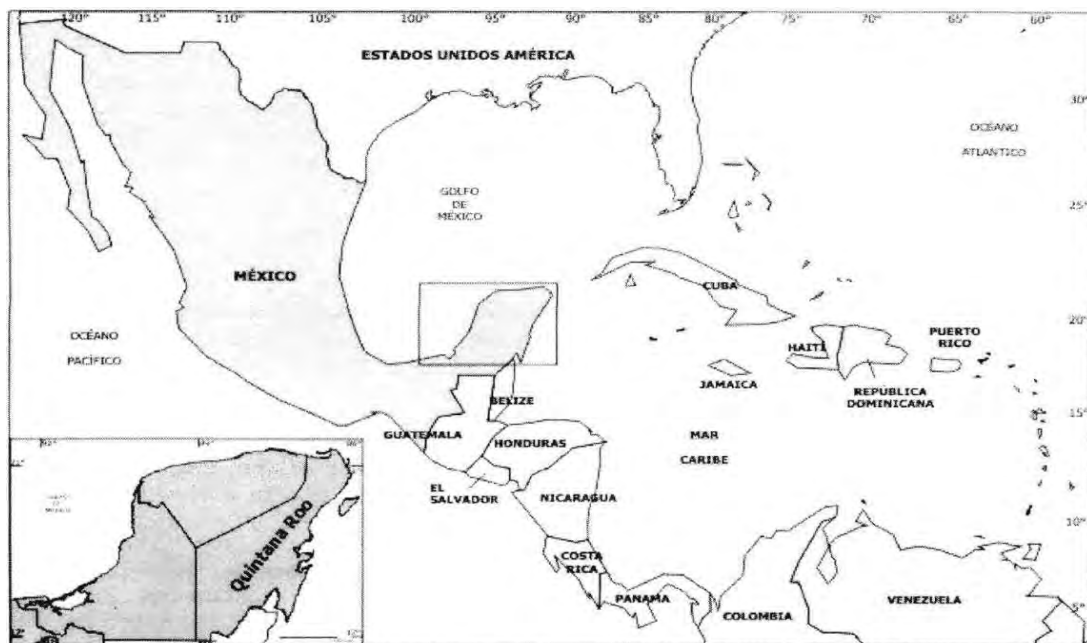
CAPITULO III

GENERALIDADES DE QUINTANA ROO

En este capítulo se mencionaran las características más importantes del estado de Quintana Roo así como la calidad del agua de acuerdo a las cuencas que se ubiquen ahí; también se mencionaran los fenómenos meteorológicos que pudieran ocasionar un deterioro en la calidad de las cuencas.

3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

Quintana Roo es uno de los estados que conforman las 32 entidades federativas de México (Figura1). Se ubica al este de la Península de Yucatán, en la frontera con Centroamérica. Colinda con los estados de Yucatán hacia el noroeste y Campeche al oeste; al norte con el Golfo de México; al sur el Río Hondo delimita su frontera con Belice y Guatemala, cuenta con una superficie de 53,701 km² (Campillo, C, 1988).



Fuente: INEGI, 2001.

Figura1. Localización geográfica del estado de Quintana Roo.

Único estado con litoral bañado por el mar Caribe (Figura1). Se localiza entre las coordenadas geográficas: Al norte 21°37', al sur 17°53' de latitud norte; al este 86°42', al oeste 89°20' de longitud oeste. El estado de Quintana Roo representa el 2.2% de la superficie del país y tiene una extensión territorial de 18,760 km² (INEGI, 1999).



3.2 ESTRUCTURA SOCIOECONÓMICA

Como destino turístico, capta más de 4,000 MDD anuales que equivalen al 33% de las divisas que ingresan al país; Recibe poco más de 11 millones de turistas anualmente; Sus puertos marítimos Cozumel y Costa Maya, ocupan los lugares 1 y 2 como destinos de cruceros y captan el 55% de visitantes. El estado de Quintana Roo, cuenta con 4 regiones (*Anexo20*), definidas por sus características ambientales, económicas y sociales (Gobierno del estado, 2006).

3.2.1 Población

De acuerdo con el Censo general de población y vivienda 2005, INEGI: En este año la población total o absoluta del estado de Quintana Roo es de 1,135,309 habitantes, que significa el 1.1% de la población en el país, siendo urbana el 82% y rural 18% en nueve municipios. Asimismo, el monto poblacional aumentó en 432 mil personas respecto al Censo de Población de 2000. De igual forma, el número de residentes se duplicó de 226 mil a 493 mil residentes, de éstos 50.4% son hombres y 49.6%, mujeres; durante 2005-2009, la entidad con mayor tasa de crecimiento continúa siendo Quintana Roo, con 3.83% (INEGI, 2009).

3.2.1.1 Distribución de la población

En Quintana Roo se distinguen tres localidades (*Anexo21*) por su densidad de población, Cancún, Chetumal y Playa del Carmen, que concentran 763 909 residentes, equivalente a 67.3% de la población estatal. El municipio de Benito Juárez es el más poblado de la entidad al concentrar la mitad (50.5%) de la población estatal, le sigue en importancia Othón P. Blanco con 19.3%, en conjunto estos dos municipios concentran aproximadamente 70% de la población estatal (INEGI, 2009).

3.2.2 Infraestructura

Quintana Roo cuenta con obras de infraestructura como las redes de agua potable, las carreteras, los edificios escolares, las viviendas, los hospitales entre otros (INEGI, 2009).

3.2.2.1 Abastecimiento del agua

Las ciudades turísticas de Quintana Roo, han dado lugar a nuevas formas urbanas que han surgido sobre todo en las costas, dirigidas especialmente para un turismo de playa (Velázquez T, 2006).



A pesar de que los indicadores de consumo de agua/habitante/m³, es inferior al promedio nacional, las reservas de agua superficial y subterránea no están perfectamente identificadas y aunque la Comisión Nacional de Agua señala que no existen problemas de abasto a las ciudades del estado, las tendencias del crecimiento de la población son de las más altas del país, esperando para el año 2025 una población cercana a los 8 millones de habitantes para la península de Yucatán (Velázquez T, 2006).

Se estimó que para 2005, la afluencia turística para Quintana Roo sería cercana a los 4 millones 500 mil visitantes, los cuales demandarán servicios de agua y ésta a su vez de tratamiento para su reutilización. El corredor turístico Cancún-Tulum de 120 km de longitud, tiene contemplado la construcción de 23 mil cuartos adicionales a los ya existentes (*Anexo22*), lo cual representa un reto para el suministro de agua potable independientemente del abastecimiento de este vital líquido a la población residente (Velázquez T, 2006).

3.2.2.2 Abastecimiento de agua a la población

En Quintana Roo, los servicios de agua potable y saneamiento se prestan a través de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, organismo público descentralizado del Gobierno del Estado, quien a su vez ejerce la rectoría en los municipios concesionados (Capa, 2009). En la zona norte del estado la concesión integral de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento son prestados a través de Desarrollos Hidráulicos de Cancún – AGUAKAN (AGUAKAN, 2007).

El estado de Quintana Roo, a diferencia del resto de la Península de Yucatán, se ubica en una zona de manantiales, afloraciones de agua subterránea, fresca y dulce; de lagunas, aguadas naturales y cenotes, cuyo manto freático se encuentra a muy pocos metros de la superficie, lo que significa que no se necesitan sistemas especiales para tener agua de reserva (CAPA, 2009).

El abastecimiento de agua en el estado es una prioridad, las localidades urbanas tienen una cobertura del 98.48%, las localidades entre 2 mil 500 y 50 mil habitantes, mantienen una cobertura del 97.22%. Los hogares asentados en localidades entre 100 y 2 mil 500 habitantes que disponen de agua en sus viviendas representan el 87.64%; en 2008 se logró en la localidad de Cozumel una cobertura del 99% en el servicio de agua.



En el *Anexo23*, se muestran los sistemas domiciliarios instalados y localidades con el servicio de agua potable según el municipio (Gómez N, 1998).

3.2.2.2 Balance Hidrológico Anual

Se utiliza solo el 13% del agua disponible, por lo que se tiene suficiencia, al menos para los próximos 20 años, existe una disponibilidad de 2,959 m³/hab/año. Hay un precipitación de 65 374 mm³/año y una evapotranspiración de 50 336.8 mm³/año; descarga al mar 4 500 mm³/año; descarga al Río Hondo 1 500 mm³/año; descarga a Yucatán 1 350 mm³/año; infiltración 15 037.2 mm³; descargas 7 350.0 mm³; disponibilidad bruta 7 687.2 mm³; extracciones por bombeo 223.1 mm³ (Velázquez T, 2006).

- Recarga natural: 8,274Mm³
- Descarga natural: 4,918Mm³
- Disponibilidad total: 3,256Mm³
- Volumen utilizado: 423 Mm³

3.2.3 Economía

La economía ocupa el quinto lugar a nivel nacional, la inversión extranjera y privada nacional, específicamente en el sector turismo, están detrás del gran crecimiento económico. Existe una tasa de crecimiento anual promedio de 3.7%; el Estado contribuye con el 1.34% del Producto Interno Bruto Nacional. En el *anexo24* y *25* se muestran los principales usos del suelo de Quintana Roo que aportan a la economía. (INFD, 2005).

Las principales actividades económicas que se desarrollan en el estado son las siguientes:

Agricultura: participa con el 0.19% del PIB de la agricultura nacional. La superficie sembrada es de aproximadamente 120 mil Ha. de las cuales el 97% es de temporal (INFD, 2005).

Las principales áreas agrícolas se localizan en el sur del Estado, donde se siembra principalmente (*Anexo26*), caña de azúcar, chile jalapeño y arroz; en el Municipio de José María Morelos, en el centro del Estado se tienen áreas mecanizadas y con riego donde se siembra principalmente sandía, frutales y hortalizas. El cultivo de maíz y frijol



está generalizado en toda la superficie estatal, pero en su mayor parte los rendimientos son muy bajos debido al tipo de suelo que no permite la mecanización y la falta de infraestructura de riego, limitando la producción a nivel de autoconsumo en su mayor parte (INFD, 2005).

La factibilidad para realizar agricultura Mecanizada estacional es de tan sólo 1.7%, en tanto que la Manual continua con 16.6%, se puede desarrollar en los terrenos ubicados en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Othón P. Blanco, Solidaridad, Lázaro Cárdenas y la Isla Cozumel (INEGI, 2005).

Ganadería: participa con el 0.32% del PIB ganadero nacional. Existe un potencial de 460 mil Ha. aptas para la cría de ganado bovino, porcino y avícola que no es utilizado. Las principales especies explotadas son el ganado bovino con aproximadamente 110 mil cabezas, el ganado porcino con 150 mil cabezas y las abejas con aproximadamente 107 mil colmenas (INFD, 2005).

A nivel familiar se crían borregos, cerdos, lagartos, venados, avestruces y aves de corral. Las principales áreas ganaderas se localizan en el municipio de Othón P. Blanco, al sur de la entidad, y en el municipio de Lázaro Cárdenas en el norte, además de la actividad pecuaria y sobre todo apícola que se desarrolla en el centro del estado (INFD, 2005).

Pesca: Participa con el 1.32% del PIB pesquero nacional. Con 860 Km. de litoral y 264 mil Ha. de bahías, esteros y lagunas propicias para la acuicultura, principalmente la captura de especies como la langosta, el camarón y el caracol (INFD, 2005).

El volumen de captura es de aproximadamente 4 mil toneladas anuales. La pesca es realizada en su mayoría en pequeñas embarcaciones, que no se alejan mucho de las costas (INFD, 2005).

Turismo: Es la actividad más importante del Estado participando con un PIB nacional de 11.3%. La derrama económica en 1997 fue alrededor de 2,707 millones de dólares. La afluencia turística para ese año fue de 5.5 millones de turistas, incluyendo visitantes de Belice y pasajeros de cruceros. El 81% de los turistas son extranjeros. El principal medio de transporte de los turistas es la vía aérea, en vuelos fletados con destino a



Cancún y Cozumel, también es importante el arribo de cruceros turísticos internacionales que llegan a Cozumel, Playa del Carmen y Cancún y por último la vía terrestre que utilizan los visitantes de Belice que llegan a Chetumal (INFD, 2005).

3.3 ENTORNO NATURAL

El entorno natural es de gran importancia en la vida económica de una región; en Quintana Roo está determinado por su sustrato geológico, sus suelos, su clima, sus ecosistemas entre ellos de particular significación la selva mediana subperennifolia y el amplio litoral (Gómez N, 1998).

3.3.1 Características Geológicas

Quintana Roo forma parte de la península de Yucatán que es un elemento de la provincia fisiográfica denominada Llanura costera del Atlántico del Norte, la península de Yucatán es de muy reciente formación, data de fines del cenozoico superior y del cuaternario, en la tabla 1 se muestra la geología de Quintana Roo.

Tabla 1. Geología de Quintana Roo

Era	Periodo	Roca o suelo	% de la superficie estatal
Cenozoico	Cuaternario	Sedimentaria	10.14
		Suelo	0.36
	Terciario	Sedimentaria	89.50

Fuente: INEGI, 2005.

La roca más abundante en la entidad es la sedimentaria, tanto del Terciario (89.5%) como del Cuaternario (10.1%), ambos Periodos pertenecientes a la Era del Cenozoico (63 millones de años); la roca sedimentaria del Terciario se localiza en todo el estado excepto en la vertiente oriental, que es ocupada por la roca sedimentaria del Cuaternario, paralela a la costa; incluso la isla Cozumel es del mismo tipo de roca; el suelo abarca 0.4% de la superficie estatal, se ubica al noreste, aldeaño a la laguna Yalahán, en el *anexo27* se localizan las características geológicas del estado.

3.3.2 Orografía

El relieve es escaso ya que Quintana Roo carece de montañas. Solamente existe una suave declinación de oeste a este; esto es hacia el Mar Caribe. A pesar de esto se tiene una impresión de ser una zona plana y dura. La Sierra Baja llamada Puuc alcanza



solamente 60 msnm, pero se eleva a partir de Maxcanú, hacia el oeste y con el nombre de Sierra Alta corre paralela a la costa; se detiene antes de Champotón, tuerce al noreste, cruza la región de los Chenes, se interna en Quintana Roo, se dirige al sur y se une a las cordilleras de Guatemala y Chiapas. Sus estribaciones llegan hasta el oeste de la Laguna de Bacalar y a los márgenes del Río Hondo.

3.3.3 Suelos

La composición del suelo determina su aptitud para un tipo de vegetación. En Quintana Roo existen los siguientes tipos de suelos (Gómez N, 1998):

Tzekel: Son pedregosos o están constituidos por una delgada capa de tierra sobre la roca caliza que aflora constantemente. Ocupa la zona norte y su color tiene muchos matices que oscilan del café claro al rojo oscuro.

K´ankab – Tzekel: Son una transición entre el Tzekel y el K´ankab su color varia del rojo oscuro al café-grisáceo. Por las lluvias que arrastran la tierra y la depositan se han formado estos suelos que tienen drenaje. Se encuentran estas tierras en el centro, norte y este del Estado.

K´ankab: Son de coloración roja oscura por la presencia de compuestos de hierro. Son los más profundos del Estado se encuentran en pequeños manchones, su drenaje es excesivo.

Ak´alché: Son suelos de color gris negro de textura arcillosa. Ocupan el sur del estado y otros lugares de la entidad. Son inundables; en épocas de lluvias y su drenaje es deficiente.

Eek´lu´um: Son adecuados para la agricultura por su abundante contenido de humus. Su color es negro y se localiza en diferentes lugares, entre ellos las zonas limítrofes con los bajos o Ak´alches.

Yax Hom: Humífero, húmedo, arcilloso, de color café. Es considerado el suelo de mayor fertilidad. Se localiza al pie de colinas. También mencionamos las arenas del cordón litoral que son propias para el cultivo del cocotero.

3.3.4 Litorales e Islas



El litoral Quintanarroense tiene una longitud de 900 Km. (860 con el mar Caribe y 40 con el canal de Yucatán). La zona de contacto entre el continente y el mar presenta características típicas como son: aguas muy claras de poca profundidad sobre rocas calcáreas de origen coralígeno que ofrecen brillantes matices de azul y verde; las arenas de las playas frente al mar Caribe son de color blanco y suave textura. La mayor parte de sus costas tienen una vegetación exuberante (Gómez Navarrete, 1998). En el litoral del estado existen muchos accidentes geográficos: islas, bahías, puntas, cabos, bancos, cayos, lagunas, canales etc., por sus características se distinguen cuatro tramos de litoral.

El primer tramo corresponde al litoral del Golfo de México o del canal de Yucatán. Se inicia en boca de Conil y termina en cabo Catoche. Sus costas son bajas con playas angostas y largas, sus aguas son de tonalidades verde claro. En esta extensión se encuentra la laguna de Yalahau o Yalahán, el archipiélago de Holbox e islotes arenosos (Gómez N, 1998).

El segundo tramo se inicia en cabo catoche y termina en Puerto Juárez. La costa es baja y la presencia de islotes, cayos, dunas, bajos, dificulta la navegación. Las aguas son poco profundas y con coloración verde claro. En este tramo se encuentran: isla contoy, isla blanca, isla mujeres y boca de nichacté (Gómez N, 1998).

El tercer tramo parte de Cancún y concluye en X-kalac. Las playas son amplias y con arena fina y blanca, tienen algunos alcantarillados como en Tulúm. Frente a la costa existe una barrera de arrecifes. Las aguas son transparentes y con vivos matices de azul. Se ubican en esta porción de litoral las bahías de la Ascensión y del espíritu santo, la isla de Cozumel, boca paila, punta Cancún, punta Allen, punta herrero y el banco chinchorro (Gómez N, 1998).

El cuarto tramo se inicia en el canal de bacalar, bordea la parte de la Bahía de Chetumal y finaliza en la desembocadura del Río Hondo. La costa se presenta con rocas y lodo, con aguas turbias y de poca profundidad. En la Bahía de Chetumal se localiza la isla de Tamalcab (Gómez N, 1998).

3.3.5 Hidrografía



Debido a la permeabilidad del estado (la cual origina cenotes y corrientes subterráneas). El único río del estado es el Río Hondo al sur de la entidad que además es frontera con Belice. Tiene una longitud aproximada de 160 km, una profundidad media de 50 mts. Aunque la precipitación pluvial es considerable, el agua de lluvia se infiltra en la capa de roca caliza y forma sus cauces subterráneos. Los mantos freáticos forman un sistema de estructuras tipificadas en la península de Yucatán por las grutas, los cenotes, aguadas y lagunas (*Anexo28*).

Los cenotes son pozos naturales que se forman por la acción de las corrientes subterráneas que ocasionan desplomes de las capas de roca caliza permitiendo que el agua aflore. En el territorio del estado de Quintana Roo existen numerosas lagunas, aguadas, ciénagas y pozas. También cuenta con dos regiones hidrológicas (RH): la RH32 Yucatán Norte (Yucatán) y la RH33 Yucatán Este (Quintana Roo) esta última es de carácter internacional, ya que se prolonga hasta la república de Guatemala y Belice. Entre los cuerpos de agua mencionamos las siguientes en la tabla2 (Gómez N, 1998):

Tabla 2. Principales cuerpos de Agua.

Nombre	Ubicación	Nombre	Ubicación
L. Conil	Quintana Roo	L. Mosquitero	Bahía de Chetumal y otras
L. Chakmochuk	Quintana Roo	L. Boca Paila	Cuencas Cerradas
L. Bacalar	Bahía de Chetumal y otras	L. Chile Verde	Bahía de Chetumal y otras
L. Nichupté	Quintana Roo	L. Nohbec	Bahía de Chetumal y otras
L. San Felipe	Bahía de Chetumal y otras	L. Paytoro	Cuencas Cerradas
L. Chunyaxchý	Cuencas Cerradas	L. Ocom	Cuencas Cerradas
L. Chichancanab	Cuencas Cerradas	L. Esmeralda	Cuencas Cerradas
L. Campechén	Cuencas Cerradas	L. La Virtud	Bahía de Chetumal y otras

Fuente: Monografías, 2009.

3.4 CLIMA

El clima de una región es resultado de la combinación de la temperatura, la humedad, el viento, que concurren y se observa en un tiempo determinado.

El clima cálido subhúmedo con lluvias en verano se distribuye en toda la zona continental de Quintana Roo y en las islas Contoy y Mujeres; su temperatura media anual varía entre 24° y 28°C y la precipitación total anual, entre 700 y más de 1 500mm, a lo largo de la línea de costa, muestra una humedad mayor, debido a que la precipitación total anual va de 1300 a más de 1500mm; y los terrenos del extremo



noreste, incluyendo el sur de Cancún, así como dos pequeñas áreas en el centro y otra más en el occidente, presentan humedad baja, ya que la precipitación total anual es menor de 1 100mm (INEGI,2005).

En Quintana Roo se presentan los tres subtipos de clima AW (*Anexo29*), tropical lluvioso con lluvias en verano.

- Subtipo Aw0 con 1000mm de precipitación pluvial, ocupa el noreste del estado.
- Subtipo Aw1 con 1300mm de precipitación pluvial ocupa la porción oriental desde la bahía de la ascensión hasta la bahía de Chetumal y la ribera de Río Hondo, Cancún y Boca de conil tienen el mismo subtipo de clima.
- SubtipoAw2 con más de 1500mm de lluvias al año, ocupa la mayor superficie del estado con parte del municipio de Lázaro Cárdenas, el municipio de Solidaridad, el municipio de José María Morelos, parte de los municipios de Felipe Carrillo Puerto y Othón P. Blanco hasta la colindancia con Campeche y Yucatán.

El clima AM (Tropical lluvioso de Monzón) corresponde a la isla de Cozumel con una precipitación anual de más de 1500mm (Gómez N, 1998).

3.4.1 Temperatura

Las temperaturas en Quintana Roo (*Anexo30*) a lo largo del año oscilan de los 21°C a los 28°C considerándose la temperatura media anual en el rango 24°C a 26°C. Las temperaturas mínimas se registran en Kantunilkin con 21°C de diciembre a enero y las temperaturas máximas se presentan en Felipe Carrillo Puerto con 28°C de mayo a septiembre (INEGI, 2005).

La única isoterma representada en Quintana Roo es la de 26°C, lo que indica que la temperatura media anual es similar en toda la entidad, debido a la escasa elevación sobre el nivel del mar que presenta todo el territorio estatal, como se observa en el *anexo31* de Orografía. Sin embargo, se puede mencionar que prácticamente en toda la zona costera (incluyendo Cancún, Isla Cozumel e Isla Mujeres), en dos áreas al oeste y



otra al sur de la entidad, se presentan temperaturas ligeramente mayores a 26°C (INEGI, 2005).

3.4.2 Precipitación Pluvial

La precipitación pluvial en Quintana Roo es de 1000 mm, a más de 1500 mm, en los meses de mayo a octubre con una disminución intraestival o canícula en el mes de agosto. Las lluvias se presentan por los vientos alisos dominantes, (*Anexo32*) (Gómez N, 1998).

Quintana Roo tiene en su extremo norte la representación menor de sus isoyetas (*Ver anexo33*) (líneas referentes a valores de igual precipitación total anual medida en milímetros), corresponden al rango menor de 800 a 1 000 mm que coincide con el de la Isla Contoy ubicada a una igual latitud; los rangos de precipitación se incrementan en dirección suroeste. Quintana Roo recibe una influencia importante de humedad proveniente del Mar Caribe que favorece los rangos de más alto valor para isoyetas de 1 300 a 1 500mm, se aprecian en una franja aparentemente vertical desde las localidades de Kantunilkín, Playa del Carmen y Cozumel, pasando por Bahía de la Ascensión y Del Espíritu Santo, hasta llegar a Bahía de Chetumal y una porción pequeña al extremo suroeste del estado. Hacia el centro-oeste de la entidad se distribuyen las isoyetas intermedias, que van de un rango menor de 1 100 a 1 300mm, en una zona donde se localiza José Ma. Morelos, Felipe Carrillo Puerto y Chetumal (INEGI, 2005).

3.4.3 Los Vientos

Los vientos que inciden en el clima de Quintana Roo pueden clasificarse en vientos regulares, vientos periódicos y huracanes. Los vientos regulares son los alisos que dominan en el verano y principio de otoño con dirección este-sureste. Los vientos periódicos llamados nortes cuyo centro de origen se localiza en Canadá, descienden hacia México pasando por los Estados Unidos de Norteamérica, siguiendo la dirección norte-suroeste. Dominan a fines de otoño y durante el invierno. En Quintana Roo ocasionan perturbaciones meteorológicas en la parte norte con fuertes vientos y marejadas. Estos vientos penetran con menos intensidad hacia el sur del estado al no hallar barreras montañosas que detengan su avance (Gómez N, 1998).

3.5 Fenómenos hidrometeorológicos

3.5.1 Sequías



En los últimos 56 años, se han presentado un total de 14 sequías. Con un promedio ligeramente superior a las 4 sequías por año. Las zonas que más frecuentemente afectadas corresponden a la parte centro y norte, en que se presenta en promedio una sequía cada 5 años. Dadas las características de la región, donde prácticamente se depende del agua subterránea, los daños producidos son de grado menor y sólo han afectado a la agricultura, aunque cuando la sequía se prolonga por largos periodos, también afecta a la ganadería (Velásquez T, 2006).

3.5.2 Ciclones

Entre los años 1886 y 1995, en la Península de Yucatán han ingresado 108 ciclones y/o huracanes, por lo que, en promedio, se presenta prácticamente uno cada año (Velásquez T, 2006).

La época en que se forman los huracanes y amenazan las costas de Quintana Roo es entre los meses de mayo y noviembre. Los ciclones que azotan nuestras costas se forman en áreas oceánicas situadas al oeste de África y el mar de las Antillas, es ahí donde nacen y emprenden el largo recorrido que a veces los lleva hasta el interior continental de Norteamérica (Gómez N, 1998).

3.3.3 Inundaciones

La Región continuamente se ve afectada por inundaciones, debido a la topografía y a la frecuente presencia de ciclones y tormentas tropicales, que generan ráfagas constantes de precipitación; estas inundaciones han ocasionado pérdidas humanas y materiales a las poblaciones (Velásquez T, 2006).

3.6 CALIDAD DEL AGUA EN QUINTANA ROO

Existe una Red Nacional de Monitoreo superficial en Río Hondo con seis y 12 estaciones respectivamente para aguas subterráneas. Estudios especiales: Laguna Nichupté en Cancún, Laguna Chacmochuk y Bahía de Chetumal (Velásquez T, 2006).

La calidad del agua se divide en tres regiones geográficas: a) la costa de Quintana Roo tiene agua de regular calidad (agua sódico-clorurada); b) en la parte central de norte a sur se cuenta con agua de calidad media (cálcico bicarbonatada), y c) la parte oeste del estado cuenta con aguas duras (sulfato cálcico).



Se han realizado infinidad de estudios entorno a la contaminación que existen en diversas cuencas del estado de Quintana Roo, con el objetivo de determinar la calidad del agua de estas cuencas y de tal manera poder concluir si se están sobreexplotando estos recursos. Muchos de estos estudios se han realizado para determinar si las cuencas que existen en Quintana Roo son aptas para uso humano (Velásquez T, 2006).

3.6.1 Calidad del Agua Superficial y Subterránea

Debido a la abundante precipitación pluvial de la Región y a las características topográficas y geológicas de la Península de Yucatán (*Ver anexo34*), el volumen renovable del acuífero, principal fuente de abastecimiento actual y futura para todos los usos, es muy superior a la demanda de agua esperada a largo plazo; sin embargo el acuífero es muy vulnerable a la contaminación, básicamente por intrusión salina y por acción antropogénica y su captación que enfrentan severas restricciones debido al riesgo de provocar su salinización por ascenso del agua salada localizada abajo del agua dulce en gran parte de la Región.

Puede establecerse que el agua superficial, donde se incluyen Ríos, Lagunas y litorales, requiere mayor tratamiento para abastecimiento público; para el uso recreativo se considera aceptable pero no recomendable; para la pesca y vida acuática es dudosa para especies sensibles; gran parte de la materia contaminante proveniente de las fosas sépticas y plantas de tratamiento de aguas negras que se trasladan a través del flujo subterráneo.

La alta permeabilidad del subsuelo facilita la incorporación de la lluvia al acuífero y con ello su renovación. En general, el agua tiene una calidad aceptable con respecto al contenido de materia orgánica, excepto cerca y bajo las grandes ciudades en donde los desechos municipales son vertidos en el subsuelo.

La calidad del agua subterránea puede resumirse de la siguiente manera: el 34% del territorio tiene agua de buena calidad (sólidos totales disueltos < 1,000 mg/l); en el 22% no puede aprovecharse el recurso y en el 44% el agua presenta salinidad fuera de la normal pero sin exceder los 2500 mg/l, concentración que permite su uso aunque con restricciones.



Las sales de Calcio y de Magnesio predominan, por lo que se clasifican a las aguas dentro del grupo de aguas duras. En grado de dureza hacen que estas aguas sean inadecuadas para usos domésticos o industriales. Las aguas provenientes de pozos son duras y las del escurrimiento superficial son blandas, para determinar la dureza en un cuerpo de agua será necesario aplicar la NMX-AA-072-SCFI-2001 (CONAGUA a, 2009).

3.6.2 Contaminación e impacto ambiental

El saneamiento básico y la higiene son deficientes, principalmente por falta de acceso al agua para uso y consumo humano con una adecuada calidad bacteriológica, y la ausencia de sistemas apropiados de manejo de excretas, se asocian con la contaminación microbiana, probablemente proveniente de las heces fecales humanas y animales, que se filtran o derraman de los sistemas sépticos (SEMARNAT b, 2006).

Los cuerpos de agua, se ven sujetos a diversas presiones, ya sea en materia de su uso (a mayor volumen de agua utilizada, mayor generación de aguas residuales) o en los impactos que reciben al ser sumideros de fuentes de contaminación, puntuales o difusas. Las fuentes de contaminación son muy variadas, ya que va desde descargas domésticas e industriales hasta arrastres de suelos agrícolas y deposiciones atmosféricas de compuestos volátiles que son transportados a largas distancias. Cada vez son más las sustancias químicas que impactan en estos cuerpos receptores (SEMARNAT b, 2006).

Los indicadores que se utilizan para determinar si un cuerpo de agua está contaminado son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (actualmente, la CNA utiliza estos dos parámetros, mientras define un nuevo Indicador de Calidad del agua ICA que sustituya al que tradicionalmente se ha utilizado); sin embargo, dada la gran variedad de compuestos tóxicos orgánicos e inorgánicos que llegan a las aguas superficiales, también se toman en cuenta los que indica la Norma Oficial Mexicana, NOM-127 (SEMARNAT b, 2006).

3.6.3 Fuentes de contaminación

Una de las principales fuentes de contaminación del agua es la agricultura. Los agricultores podrían reducir drásticamente la escorrentía en las aguas superficiales y la filtración a los acuíferos de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas empleando cantidades prudentes de lo mismo y no utilizando ninguno en absoluto sobre la tierra. Los granjeros



también podrían plantar zonas amortiguadoras de vegetación permanente entre los campos cultivados y las aguas superficiales próximas.

Los criadores de ganado pueden controlar la esorrentía e infiltración del estiércol de los corrales plantando amortiguadores, y no estableciendo corrales en terrenos próximos al agua superficial cuando la tierra este en pendiente hacia el agua.

Otros son los agentes que causan enfermedades (patógenos), bacterias, virus, protozoos y parásitos que se introducen en el agua desde los desagües domésticos y los residuos humanos y animales no tratados. Los nutrimentos inorgánicos de las plantas son otra clase de contaminante del agua.

El agua también puede contaminarse por una variedad de productos químicos orgánicos, como el petróleo, la gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes de limpieza y detergentes y muchos otros compuestos químicos.

El incremento de material solido proveniente del Ingenio azucarero, que es arrastrado hacia los cuerpos de agua o que son depositados directamente son una de las principales fuentes de contaminación de los cuerpos de agua, y es una de las principales actividades económicas con que cuenta Quintana Roo.

Otro factor que contamina el agua, en especial los acuíferos son los pozos de absorción, ya que tienen contacto directo y por el mal uso que se le dan a estos, contaminan los mantos freáticos.



CAPITULO IV

CUENCAS DE QUINTANA ROO

En el cuarto capítulo se mencionaran donde se localizan las principales cuencas del estado de Quintana Roo y se mencionan también algunos casos de estudios de cuencas que se han realizado en diversas partes del estado con el propósito de darnos un enfoque de la calidad de las aguas de las cuencas.

4.1 CUENCAS HIDROLÓGICAS EN QUINTANA ROO

El estado de Quintana Roo comprende dos Regiones Hidrológicas, la Yucatán Norte y Yucatán Este (Tabla3). La primera, se ubica en el extremo norte del territorio estatal, ahí se encuentran la Cuenca Quintana Roo con aproximadamente la tercera parte de la superficie estatal y los cuerpos de agua L. Nichupté, L. Chakmochuk y L. Conil; también en esta Región se localiza la Cuenca Yucatán en pequeñas porciones del estado. A la segunda Región denominada Yucatán Este, le corresponden también dos Cuencas que ocupan poco menos de 70% de la entidad; llamadas Bahía de Chetumal y otras donde se aprecian las corrientes superficiales Hondo, Azul, Escondido y Ucum, además de los cuerpos de agua L. Bacalar, L. San Felipe, L. Mosquitero, L. Chile Verde, L. Nohbec y L. La Virtud; mientras que Cuencas Cerradas se tienen únicamente cuerpos de agua y son: L. Chunyaxché, L. Chinchancanab, L. Campechen, L. Boca Paila, L. Paytoro, L. Ocom y L. Esmeralda. (Ver *anexo35*) (INEGI 2005).

Tabla 3. Regiones hidrológicas de Quintana Roo.

Región	Cuenca	% de la superficie estatal
Yucatán Norte (Yucatán)	Quintana Roo	31.00
	Yucatán	0.77
Yucatán Este (Quintana Roo)	Bahía de Chetumal y otras	34.76
	Cuencas Cerradas	33.47

Fuente: INEGI, 2005.

Su suelo está formado por la misma roca caliza, en Othón P. Blanco se encuentran las únicas aguas superficiales de todo el territorio, lo que da una muy importante característica al territorio, pues ahí podemos encontrar el Río Hondo que tiene su afluente del Río azul. El Río Hondo (*Ver anexo36*), es límite internacional entre México y Belice, hoy es una de las principales regiones del municipio donde se encuentran poblaciones como Álvaro Obregón (PROFEPA, 2007).



En Othón P. Blanco encontramos una serie de lagunas (*Ver anexo37*), entre las que destaca la Laguna de Bacalar, también llamada la Laguna de los Siete Colores, por estar constituida por siete cenotes cuyas aguas desbordaron y constituyeron las laguna, es la más grande de las lagunas y la más conocida de todas, tiene un extensión aproximada de 42 kilómetros de largo por solo 2 kilómetros de ancho, junto a ella se encuentra la población de Bacalar, además están la Laguna Guerrero, comunicada a través de un pasaje con la Bahía de Chetumal, la Laguna Agua Salada, la Laguna Chile Verde y la Laguna San Felipe, la combinación de ríos, lagunas y aguadas intermitentes que durante las épocas de lluvia llegan prácticamente a estar unidas todas por agua, permitieron crear un importante medio de comunicación desde la Bahía de Chetumal hacia el interior del territorio que facilitó mayormente su desarrollo a otras partes del estado. Casi junto al Río Hondo y cercana a Subteniente López y Huay Pix se encuentra la Laguna Milagros, más pequeña que todas las anteriores.

4.2 REGIONES HIDROLÓGICAS PRIORITARIAS

En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) tiene como función coordinar, apoyar y promover acciones relacionadas con el conocimiento y uso de la diversidad biológica mediante actividades orientadas hacia su conservación y manejo sostenible. En mayo de 1998, la CONABIO inició el Programa de Regiones Hidrológicas Prioritarias, con el objetivo de obtener un diagnóstico de las principales subcuencas y sistemas acuáticos del país considerando las características de biodiversidad y los patrones sociales y económicos de las áreas identificadas. Este programa junto con los Programas de Regiones Marinas Prioritarias y Regiones Terrestres Prioritarias forma parte de una serie de estrategias instrumentadas por la CONABIO para la promoción a nivel nacional para el conocimiento y conservación de la biodiversidad de México, en el *anexo38* se muestran la regiones hidrológicas prioritarias de la Península de Yucatán (Agua, 2009).

LAGUNA CHICHANCANAB (RH.99): Abarca los estados de Quintana Roo y Yucatán con una extensión de 627.88 km², los recursos hídricos principales son lagunas Chichancanab y Esmeralda, posee una salinidad: 2.4 g/l y unos suelos de tipo Vertisol, Luvisol y Rendzina. Cuenta con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y temperatura promedio anual 26 -28 °C. Precipitación total anual 1100-1200 mm. Los



principales poblados que abarca esta laguna son José Ma. Morelos, Dziuché, Bulukax y su actividad económica principal es pesca y agricultura (CONABIO, 2009).

Chichankanab es un sistema de lagos de agua dulce que corren de norte a sur a lo largo de más de 20Km. El sistema está compuesto por la laguna Chichankanab, la mayor en extensión, con un total de 452.02 hectáreas. Al norte de la misma se encuentran dos pequeños cuerpos de agua más con 1.14 y 0.77 hectáreas respectivamente. Al sur se encuentran cuatro lagunas denominadas Esmeralda con las siguientes superficies: 48.6 ha, 69.89 ha, 9,68 ha, y 4.5 ha. Los alrededores inmediatos de los cuerpos de agua están cubiertos por 1,412.3 ha de zonas inundables de manera temporal con sabanas de pastos y una rara población de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Las lagunas están rodeadas por un mosaico de vegetación secundaria arbórea y arbustiva, pastizales artificiales, zonas agrícolas y selvas medianas subperennifolias. La laguna cuenta con por lo menos cinco especies de peces dulceacuícolas endémicas a la laguna. La formación del sistema lagunar, el segundo de agua dulce más grande de la Península de Yucatán es producto de una fractura geológica (FIR, 2004).

Problemática que se presenta:

- Modificación del entorno: quema de vegetación ribereña para ser sustituida por andadores de piedra y concreto, lo que elimina microhábitats críticos para muchas especies.
- Contaminación: por materia orgánica y agroquímicos.
- Uso de recursos: introducción del pez tilapia *Oreochromis mossambicus*.

CONTOY (RH. 103): Se ubica en el estado de Quintana Roo, con una extensión de 2,785.2km², los Recursos hídricos principales son Laguna Yalaháu y Chacmochuk, lagunas costeras, ciénagas, Es la reserva de acuíferos más importante del noreste de la península de Yucatán. El agua subterránea forma todo un sistema de estructuras tipificadas por los cenotes y las cavernas. Las sabanas inundables propician el escurrimiento y la captación de agua de lluvia, cuenta con suelos tipo Regosol, Gleysol, Litosol, Luvisol, Rendzina y Zolonchak (rocas sedimentarias calcáreas), muy planos; la hidrografía se regula con la microtopografía, un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28oC. Vientos Alisios del SE al NW, la Actividad económica principal es la ganadería, agricultura tradicional, turismo, pesca,



cacería, apicultura, explotación forestal y de sal. Los principales poblados que abarca son Cabo Catoche, Isla Holbox, Contoy, Punta Arena, Kantunil (CONABIO, 2009).

Problemática que se presentan:

- Modificación del entorno: asentamientos irregulares, sobrepastoreo por ganado. Zona fuertemente perturbada por ciclones, quemas no controladas, explotación forestal y pesca sin manejo adecuado. Amenazada fuertemente por crecimiento urbano y construcción de caminos. Introducción de fauna exótica a la isla de Contoy.
- Uso de recursos: uso de trampas no selectivas y tráfico ilegal de especies. Actividad forestal, turística, pesquera y pecuaria. Cacería furtiva. Saqueo de nidos de tortuga. La región constituye una importante fuente de abastecimiento de agua y recursos forestales

ISLA MUJERES (RH. 104): Se ubica en el estado de Quintana Roo, con una extensión de 181.66 km², los recursos hídricos principales son lagunas costeras y cenotes, sus aguas subterráneas cuentan con una capa delgada de agua dulce, sus suelos son de tipo Rendzinas y sus climas cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1000-1100 mm, abarca el poblado de Isla Mujeres.

Problemática que presentan:

- Modificación del entorno: impacto por turismo y por la industria salinera. Prácticamente no existen ya cuerpos de agua dulce.
- Uso de recursos: pesca y explotación de sal.

CORREDOR CANCÚN - TULUM (RH. 105): Se ubica en el estado de Quintana Roo, con una extensión de 1,715km², los recursos hídricos principales son aguas subterráneas depositadas en lagunas de Chakmochuk y Nichupté, cenotes, estuarios, humedales, sus suelos son de tipo Litosol, Rendzina y Zolonchak. Los suelos se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y fértil, que descansa sobre roca caliza y sus climas son cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28 oC. Precipitación total anual 1000-2000 mm, abarca los poblados de Cancún, Playa del Carmen, Pto. Morelos, Tulum, Akumal, Xel-ha.



Problemática que presentan:

- Modificación del entorno: perturbación por complejos turísticos, obras de ingeniería para corredores turísticos, desforestación, modificación de la vegetación (tala de manglar) y de barreras naturales, relleno de áreas inundables y formación de canales.
- Contaminación: aguas residuales y desechos sólidos.
- Uso de recursos: pesca ilegal en la laguna de Chakmochuk y plantaciones de Cocos nucifera tasiste.

COZUMEL (RH. 106): Se ubica en el estado de Quintana Roo y cuenta con una extensión de 482.03km², los recursos hídricos principales son lagunas costeras, cenotes, humedales y se bañan con aguas subterráneas y contienen una capa delgada de agua dulce, sus suelos son de tipo Rendzina y su clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Temperatura promedio anual 26-28°C. Precipitación total anual 1500-2000 mm, abarca los poblados de Cozumel, Cedral, Chancanab, Caleta, San José, Chenrio.

Problemática que presentan:

- Modificación del entorno: desforestación, construcción de muelles y hoteles.
- Contaminación: basura, intrusión salina y aguas residuales.
- Uso de recursos: pesca ilegal; tráfico ilegal de especies; presión sobre las poblaciones de tortugas.

CENOTES TULUM - COBÁ (RH. 107): Se ubica en el estado de Quintana Roo y cuenta con una extensión de 1,422.67 km², los recursos hídricos principales son cenotes que contienen aguas subterráneas (única fuente de agua), cuenta con suelo pedregoso tipo Litosol y Rendzinas y clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1300-2000 mm, abarca los poblados de Tulum y coba.

Problemática que presenta:

- Modificación del entorno: turismo excesivo y desforestación.
- Contaminación: aguas residuales.
- Uso de recursos: introducción del pez tilapia *Oreochromis mossambicus*.



SIAN KA'AN (RH. 108): Se ubica en el estado de Quintana Roo (*Ver anexo39*) y tiene una extensión de 5,517.15 km², los recursos hídricos principales son laguna Chunyaxche, cenotes, lagunas costeras, lagos, humedales, marismas, que se comunican con canales y ríos subterráneos, geológicamente la zona está constituida por calizas granulosas, llamadas sascab, que no se han mineralizado cuenta con suelos tipo Gleysol, Zolonchak, Litosol y Rendzinas y con un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1300-2000 mm. Abarca los poblados de Punta Herrero, Punta Allen, Felipe Carrillo Puerto, Chunyaxchem, Muyil, Uaymil, Chumpón, Vigía Chico, Tres Reyes.

Caracterización de la Cuenca

La Cuenca Tulúm tiene una extensión de 1,157.84 Km², correspondiendo al 26.20% del territorio del municipio de Solidaridad (4,419 km²). Está comprendida en la provincia fisiográfica de Yucatán y la Región Hidrológica No.32 (Yucatán Norte). En esta zona, no se encuentran escurrimientos superficiales de importancia (INEGI, 2005).

Problemática que presenta:

Por una parte falta de oportunidades de desarrollo y alternativas económicas (Suelos inadecuados para agricultura, falta de tecnología agrícola, falta de alternativas productivas) con Pérdidas económicas en la comercialización de productos, en las zonas rurales y un acelerado desarrollo en la zona costera sin los servicios necesarios de saneamiento y manejo de residuos, así como de salud, educación y vivienda (INE, 2009).

- Modificación del entorno: desarrollos turísticos desordenados.
- Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*. Manejo inadecuado de pesquerías de langosta. Uso de trampas no selectivas.

HUMEDALES Y LAGUNAS DE LA BAHÍA DE CHETUMAL (RH. 109): Se ubica en el estado de Quintana Roo y tiene una extensión de 3,230.31 km², los Recursos hídricos principales son laguna Bacalar, Xul-Há y Mariscal, cenotes, humedales, pantanos, bahías; su clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1300-2000 mm y se ubica en las poblaciones de Chetumal, Bacalar y Majahual



Problemática que presenta:

- Modificación del entorno: aguas subterráneas impactadas por el urbanismo; manglar impactado por la carretera; dragados, desforestación y agricultura intensiva.
- Contaminación: aguas residuales en aumento, agroquímicos, materia orgánica, basura, derivados del petróleo y contaminación industrial; flujo constante de contaminantes hacia ríos. Uso de recursos: varias especies de palmas amenazadas por desforestación y el mero por sobrepesca; trampas no selectivas en canales. Introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus*.

RÍO HONDO (RH. 110): Se localiza en el estado de Quintana Roo y tiene una extensión de 2,688.54km², los recursos hídricos principales son cenotes, lagunas Milagros, Encantada, humedales y los loticos son ríos Hondo y Azul, arroyo Aguadulce, manantiales; cuenta con suelos de tipo Regosol, Vertisol y Rendzina y su clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura promedio anual 24-28°C. Precipitación total anual 1200-1500 mm, abarca las poblaciones siguientes, la Unión, Sabidos, Juan Sarabia, Agua Blanca.

El Río Hondo frontera de México con Belice. El río es navegable y tiene una anchura media de 5 m. y una profundidad promedio de 18. En la zona del Río Hondo se encuentra el Estero de Chac, aguas de poca profundidad que conectan a la Laguna Milagros y la Laguna de Bacalar (INEGI, 2005).

El Río Hondo es el único cuerpo superficial importante. Su cuenca tributaria tiene una extensión de 9,958 km², y tiene una extensión de 125 km; tiene una profundidad promedio de 10 y 50 m. de ancho, sus aguas son depositadas en la Bahía de Chetumal, sus afluentes más importantes son el río Azul y los arroyos San Román y Ucúm (CNA, 2002).

Actualmente en el Estado se cuenta con una Comisión de Cuenca del Río Hondo, cuyo ámbito territorial tiene una longitud aproximada de 209 km (CONAGUA c, 2009).

Problemática que presentan:



Amenazas a la Calidad de Agua por falta de tratamiento de aguas residuales (Nitrógeno, DOB, turbiedad), contaminación Industrial, Procesamiento en la industria azucarera (caña de azúcar) causando fuentes puntuales de contaminación y desechos sólidos provenientes de la explotación avícola (Belice).

- Modificación del entorno: desforestación debida al incremento en la agricultura y ganadería y al uso intensivo forestal.
- Contaminación: por agroquímicos y materia orgánica.
- Uso de recursos: introducción de tilapia *Oreochromis mossambicus* y O; uso de venenos para pesca y trampas no selectivas. Abastecimiento de agua para riego.

4.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Quintana Roo tiene 860 Km. de litoral, más del 30% del territorio del estado es área natural protegida, la fuente de abastecimiento es el agua subterránea, el crecimiento de Chetumal, la ciudad capital, se ha dado en torno a su bahía lo que trae como consecuencia una fuerte contaminación en el agua, esto debido en otras razones a la mala educación ambiental de cada persona (CAPA, 2008).

Quintana Roo se ve afectada periódicamente por fenómenos hidrometeorológicos extremos, tales como eventos ciclónicos, así como, por periodos de escasa o nula precipitación. La Región ha sido afectada en promedio, por un ciclón por año; los cuales a su paso han dejado una infinidad de daños que se ven afectados tanto en la población, así como en las cuencas, estos fenómenos hidrometeorológicos a su paso van causando una serie de daños ambientales que a la larga trae diversas consecuencias tanto en el agua, aire, ecosistema; en las cuencas pueden dañar la calidad del agua de estas cuando se depositan en ellas contaminantes que son arrastrados por estos fenómenos o que son tirados directamente en la cuenca (CAPA, 2008).

La disponibilidad natural anual del agua es de 26,498 millones de m³, comparados con los 1,548 millones de m³ utilizados por los diferentes sectores, se puede decir que tenemos una alta disponibilidad con 8,051 m³/hab./año. Por lo que, el gran problema común para toda la región, no es la disponibilidad del recurso, sino la contaminación del mismo (CAPA, 2008).



La contaminación de las aguas representan un riesgo para la salud humana y la salud ambiental de los extensos humedales costeros de Quintana Roo, los cuerpos de agua dulce y los ecosistemas marinos, incluyendo el arrecife de coral (CONAGUA, 2006).

Actualmente, las políticas que rigen el uso y aprovechamiento del agua en el país son escasas y debido a las características de la península y en específico de Quintana Roo, obligan a la búsqueda del establecimiento y aplicación de una adecuada normatividad que se adecue a las necesidades en materia de legislación sobre el aprovechamiento del agua en la región (CONAGUA, 2006).

Ante el acelerado crecimiento de Quintana Roo y de sus actividades económicas, se corre el riesgo de que los cuerpos de agua se vean afectados por descargas de agua residuales no tratadas y los desechos sólidos. Es necesario profundizar sobre el conocimiento del funcionamiento de los sistemas hidrológicos de la entidad (CONAGUA, 2006).

La deforestación está vinculada con los cambios de uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas y a la tala clandestina. Asimismo, es importante señalar el impacto del tráfico ilegal de materias primas, productos y subproductos forestales de flora y fauna silvestre. La frontera sur también enfrenta la problemática relacionada con las plagas y enfermedades forestales que son, en gran parte, consecuencia del tráfico ilegal (SEMARNAT, 2008).

4.5 CONSECUENCIAS A LA SOCIEDAD DEL MAL MANEJO

La excesiva contaminación que están sufriendo nuestras cuencas ha traído como consecuencia que muchas poblaciones se vean afectadas por la escasez de este vital líquido, sufriendo diversas enfermedades por la contaminación de estas.

Otra consecuencia que puede ocasionar es la que Científicos y ambientalistas consideran como la intrusión de agua salobre a los mantos freáticos del territorio de Quintana Roo, con la consecuente disminución de agua dulce, es la principal amenaza que enfrentaría el estado como efecto de la sobre explotación de acuíferos.

El fenómeno impactaría la zona sur del estado, donde lagunas, pantanos, pastizales y



tierras agrícolas, son las más vulnerables a ser contaminadas con la intrusión salina. En la vida urbana las consecuencias serían el desabasto de agua por la reducción de las precipitaciones y por la disminución en la recarga de los mantos acuíferos y, por otro lado, las inundaciones ocasionadas por precipitaciones extremas.

La influencia antrópica y la falta de planeación sobre el cuidado del agua van en detrimento y deterioro del recurso hídrico y de la salud de ecosistemas frágiles. El identificar las fuentes de contaminación y determinar el impacto que éstas generan en el manto acuífero y en los diversos cuerpos de agua del Estado es prioritario (CNA, 2002).

Actualmente, existe una enorme presión sobre los recursos naturales; la demanda y la contaminación del agua se incrementan de una manera exponencial. En conjunto con esta problemática se entrelaza un amplio espectro de preocupaciones ambientales que se extienden al agotamiento de los acuíferos subterráneos, la emisión de tóxicos asociada a la producción, el uso y la descarga de agentes contaminantes (CNA, 2002).



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Las cuencas son la fuente principal de toda comunidad y población ya que estas nos proveen de agua que es lo que utilizamos para realizar cualquier actividad básica en nuestras casas así como hacer funcionar grandes maquinarias; por lo tanto el estudio y conocimiento de estas es importante e indispensable para tener un enfoque amplio de cómo las cuencas toman un papel muy importante a la hora de proporcionarnos el agua que es básico para todos las especies y por lo tanto es necesario tener los conocimientos requeridos para cuidar las cuencas.

Es muy importante tener en cuenta que en la actualidad las cuencas están sufriendo terribles impactos a través del tiempo, esto debido principalmente a la insuficiente información con la que cuenta la mayoría de las personas referente a la contaminación ambiental y en especial a la contaminación del agua y suelo que son las que afectan y alteran directamente a las cuencas y por consiguiente dañan a todos los que dependen de ellas. Hay que tener en cuenta también que la sobre población que se ha venido incrementando sobre todo en los municipios del norte hace que este vital liquido que nos proveen las cuencas se vayan demandando su valor, dando como resultado que exista un rezago en algunas pequeñas comunidades.

Es indispensable tener en cuenta las consecuencias que podrían surgir al seguir incrementando la contaminación al ambiente en el mundo, ya que podría darse un impacto definitivo en las cuencas reduciéndose hasta agotarse y desaparecer y con esto vernos todos las especies que requerimos día con día de este vital liquido afectadas; ya que el daño seria tanto para los humanos como para animales y plantas que juntos somos un balance y que al afectarse uno de los tres se tendrían consecuencias terribles en el ambiente.

Por lo tanto debemos minimizar los índices de contaminación en nuestro estado, país y el mundo para poder seguir disfrutando de lo que nos proporcionan las cuencas que son el agua y que dependemos totalmente de ellas para poder obtenerlas; es necesario involucrarnos más en estos temas ambientales ya que nos ayudan a saber cómo podremos ayudar a reducir la contaminación



que hoy en día es uno de los problemas principales del planeta y que sin embargo pocos son los que se interesan y ayudan a reducir la contaminación.

Es necesario también educar a las personas en estos temas desde que inician su labor en las escuelas de nivel básico para que vayan tomando conciencia del terrible daño que le estamos ocasionando al planeta tierra con nuestros actos y que estas consecuencias que provocamos y van surgiendo nos afectan a todos ya que muchas de los factores bióticos son indispensables para nuestras vidas como es al agua; cada día se está reduciendo y los seres vivos se están incrementando y las generaciones futuras son las que sufrirían el resultado de nuestra de una mala educación ambiental.

Una de las principales fuentes de abastecimiento para las especies son las cuencas y tenemos la fortuna de que el estado de Quintana Roo cuente con unas de ellas, lo cual nos hace un Estado Megadiverso debido a la gran cantidad de Recurso naturales con las que contamos y que conociendo un poco más acerca de este tema “las cuencas” podremos brindarle el valor que se merecen ya que entonces sabremos que dependemos totalmente de ellas para poder subsistir en el planeta tanto, seres humanos como animales y plantas. Para tomar conciencia solo es cuestión de animarnos a ampliar nuestro conocimiento y darle una oportunidad a todos los temas ambientales y de esta manera poder entender el gran valor que debe tener el cuidar el planeta tierra donde vivimos y que nos brinda muchos beneficios sin ningún costo.

Debemos tomar conciencia que el planeta tierra es un lugar con muchas maravillas que nos proporciona tanto en factores bióticos y abióticos, así como Flora y fauna y lo único que nos pide el planeta tierra es un poco de respeto.



5.2 Recomendaciones

1. Fortalecer e impulsar el desarrollo de proyectos de investigación en materia de conservación y manejo de los recursos naturales en cuencas hidrográficas, a través de acuerdos y mecanismos de coordinación con los tres niveles de gobierno y sectores académico, social y privado.
2. Identificar, diseñar y elaborar conceptos y métodos para el desarrollo de estudios y proyectos relacionados con el manejo integral de cuencas hidrográficas, para determinar las posibles problemáticas.
3. Formular propuestas de políticas públicas para el manejo integral de cuencas, con el fin de minimizar la contaminación de estas.
4. Desarrollar programas y actividades de capacitación en materia de manejo de cuencas, para crear conciencia en cada persona del cuidado de estos recursos.
5. Diseñar materiales de apoyo para participar en foros, proyectos de investigación, y acuerdos internacionales relacionados con la conservación y manejo de los recursos naturales en cuencas, para poder realizar talleres de Educación Ambiental en torno a las cuencas y su preservación, mantenimiento y cuidado en el Estado.
6. Impartir cursos de Educación Ambiental con temas relacionados a las cuencas, proporcionando desde que es una cuenca hasta cómo cuidarlas y preservarlas para el futuro de otras generaciones; y hacer que se sigan impartiendo estos cursos para su mayor conocimiento.
7. Por medio de las diversas comunicaciones, tanto radio y televisión, realizar programas ambientales con el fin de llegar a todo tipo de usuarios e influir un poco en sus actos con respecto al cuidado del ambiente.
8. Con la Institución encargada del cuidado, preservación y mantenimiento de las Cuencas CONAGUA, lograr que se permita que jóvenes Universitarios con ideas y acciones para la minimización de la contaminación de cuencas hidrográficas, establezcan y expongan opiniones,



proyectos para realizarlos en caso de que alguno salga favorecido. Es decir darle oportunidad a los Universitarios del Estado.

9.- Que la Universidad apoye los diversos proyectos ambientales con el fin de preservar el planeta tierra y darle prioridad a nuevas ideas.

10.- Promover entre estudiantes universitarios, ingenieros, biólogos, licenciados o carreras a fines al cuidado del medio ambiente concursos para realizar proyectos para la preservación del ambiente y en especial las cuencas y proporcionarles becas para incentivarlos.

11.- Que el gobierno del estado provea a las diversas comunidades que lo necesitan la implementación de drenaje y plantas de tratamiento así como la implementación de rellenos sanitarios.



5.3 Referencias bibliográficas

- AGUA. (2009). Ríos, lagos, lagunas de México.
[http://www.agua.org.mx/index.php?option=com_content&view=section&id=11&Itemid=33].
- AGUAKAN. (2007). AGUAKAN, tu Operadora de Agua.
[<http://www.aguakan.com/nav/empresa.html>].
- Aguilar L, C. (2008). El Agua y las Cuencas Hidrográficas. [<http://www.condesan.org/eforos/paramos2/ProgramaTema3.htm>].
- APA. (2009). Hidrología; el ciclo hidrológico. American Planning Association.
[<http://www.planning.org/planificacion/2/4.htm#a5>].
- Aparicio M, F. J. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie. (1ª ed). México, D.F: Editorial Limusa SA. de CV.
- Campillo, C. H. (1988). Diccionario Quintana Roo: Enciclopedia Regional. Fernández Editores, México.
- CAPA. (2008). Programa de cultura del agua: Un caso exitoso en Quintana Roo.
[<http://seia.guanajuato.gob.mx/document/ENCA2006/CulturaAguaQR.pdf>].
- CAPA. (2009). Historia y presente. [<http://www.capa.gob.mx/index.php/demo>].
- Chávez Z, G. (2003). Desafíos para consolidar los consejos de cuenca: Nuestras responsabilidades con el presente y el futuro. México, D.F.
- Cisneros F, Bert De B. Y Jan F. (2008). Consideraciones en el marco del manejo integral de cuencas. [<http://ibcperu.nuxit.net/doc/isis/7517.pdf>].
- CNA. (1997). Modelo conceptual del acuífero de la Península de Yucatán.
[<http://www.conagua.gob.mx>].
- CNA. (2002). Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero península de Yucatán, estado de Yucatán. [<http://www.conagua.gob.mx/&Itemid=33>].
- CNA. (2007). Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México.
[<http://www.conagua.gob.mx/ocavm/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=510b0111-d204-4734-957a-a14f8064598c%7CConsejos%20de%20Cuenca%7C0%7C5%7C0%7C0%7C0>].



CNA. (2009). Contabilidad Hidrológica de la Cuenca del Río Lerma. [<http://www.cna.gob.mx/LermaWeb/LWprin0.htm>].

CONABIO. (2009). Regiones hidrológicas prioritarias. [<http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/marinas.html>].

CONAF. (2008). Cuenca y su clasificación, Cuencas Hidrográficas. [http://educacionambiental.conaf.cl/?seccion_id=be7a6164c6835b948931d896a30e13a0&unidad=7].

CONAGUA. (2006). El sistema Hidrológico de Quintana Roo, Memorias del foro estatal de Investigación científica y desarrollo tecnológico. Playa del Carmen, Quintana Roo: Imprenta Impresureste.

CONAGUA a. (2009). Establecimiento de una red piezométrica de la zona cañera de Álvaro Obregón, municipio de Othón P. Blanco, Quintana Roo. [<http://www.conagua.gob.mx/DLQroo07/Noticias/Informe%20de%20la%20Red%20piezometrica.pdf>].

CONAGUA b. (2009). Antecedentes Históricos de la metodología. [<http://www.conagua.gob.mx/ocpy/Espaniol/e5b360fe4831%7CCONSEJOS%20DE%20CUENCAS%7C5%7C0%7C0%7C0%7C0>].

CONAGUA c. (2009). Comisión de cuenca del río hondo. [<http://www.conagua.gob.mx/dlqroo/Espaniol/TmpContenido.aspx?id=a8d0772d-70bb-480b-8264-c6e788de06e3%7C%20CCRH%7C0%7C0%7C7%7C0%7C0>].

CRI. (2006). Centro de Recursos Idrisi-México. ¿Cómo Caracterizar una Cuenca?. [<http://idrissi.uaemex.mx/>].

ECOAGUA. (2007). Cuencas Hidrográficas. [<http://educasitios.educ.ar/grupo068/?q=node/98>].

ECOAGUA. (2008). Importancia del Agua. [<http://educasitios.educ.ar/grupo068/?q=node/95>].

FIR. (2004). Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, Laguna de Chichankanab. [<http://ramsar.conanp.gob.mx/documentos/fichas/51.pdf>].

CONAGUA. (2007). Los Consejos de Cuencas y los Comités de Playas Limpias. Comisión Nacional del Agua. Folleto. Chetumal, Quintana Roo.

Glynn J., Henry W., Y Heinke, Gary. (1999). Ingeniería Ambiental. (2ª ed.). Editorial Pearson

Gómez N, J A. (1998). Historia y Geografía de Quintana Roo. (1ª ed). Quintana Roo, México.



Guerrero V, G. (1998). Los Consejos de Cuenca en México. Definiciones y Alcances. México, D.F.

IGOOA. (2008). Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Agua Potable. Río Apataclo. [http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica].

INE a. (2007). Manejo Integral de Microcuencas. [<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/452/perez.html>].

INE b. (2007). La cuenca como unidad de planeación ambiental. [<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/estudios/397/cruz.html>].

INE. (2009). Diagnóstico socio-ambiental de cuencas hidrográficas de México. [<http://www.ine.gob.mx/cuencas-proyectos>].

INEGI. (1999). Ubicación Geográfica, aspectos geográficos de Quintana Roo. [http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/qroo/ubic_geo.cfm?c=1203&e=23&CFID=650572&CFTOKEN=81656488].

INEGI. (2005). Quintana Roo, climas. [<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=23>].

INEGI. (2009). Estadísticas y datos nacionales, Datos de Quintana Roo. [<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2006/indigenas06.pdf>].

INEGI-INE-CONAGUA. (2007). Delimitación de las Cuencas Hidrográficas de México. [http://mapas.ine.gob.mx/website/fichas_tecnicas/doc-cuencas-hidro.pdf].

INFD. (2005). Enciclopedia de los Municipios de México, Actividad económica. [<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/qroo/econ.htm>].

Kumate J y Mazarí M (1990), Problemas de la Cuenca de México; El colegio nacional; México

Ley de Aguas Nacionales (LAN). 1/1992, de diciembre. Publicada en el Diario Oficial de la Federación.

Maza, J. (1999). Humedales formados por los ríos que bajan de la sierra del Soconusco. Al fondo la Reserva de la Biosfera. [<http://www.cambioclimaticoysseguridadnacional.org/biblioteca/53920687931388.pdf>].

Gobierno del estado. (2006). IV Foro mundial del agua, Los retos del agua en Quintana Roo. [http://www.worldwaterforum4.org.mx/sessions/FT4_43/LOS%20RETOS%20DEL%20AGUA%20EN%20QUINTANA%20ROO.pdf].



Miller Jr., Y Tyler G. (1992). Ecología y Medio Ambiente. Editorial Iberoamericana, SA. de CV.

Morales L, J A. (2005). Estrategia de manejo y conservación de recursos hídricos para la zona de Influencia Norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK).

[http://74.125.95.104/search?q=cache:xo2u0TV4pQJ:www.ine.gob.mx/dgioece/cuencas/descargas/cong_nal_06/tema_04/05_judith_morales.pdf+cuenca+tulum&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=mx].

NOM-127-SSA. 1/1994 de Noviembre. Norma Oficial Mexicana publicada en el diario oficial de la federación.

PROFEPA. (2007). Regiones y cuencas hidrológicas.

[<http://www.profepa.gob.mx/PROFEPA/DelegacionesPROFEPA/QuintanaRoo/InformacionGeneraldelEstado/Regionesycuencashidrol%C3%B3gicas.htm>].

RIRH. (2005). Red Interamericana de Recursos Hídricos. Cuencas en la Mira. [http://www.portalagrario.gob.pe/hidro_cuenca.shtml].

SANAA. (2004). Servicio Autónomo Nacional de Acueducto y Alcantarillados. Cuencas Hidrográficas. [<http://www.sanaa.hn/familia/familia/Historia%20No%204.pdf>].

Reader's Digest México. (2008). ¿Cómo se Forman la Mayoría de los lagos?. [<http://www.selecciones.com/acercade/art.php?id=991>].

SEMARNAP. (1999). Biodiversidad. [http://repositorio.ine.gob.mx/ae3/ae_333.72_m495-16.pdf].

SEMARNAT a. (2006). La gestión ambiental en México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: Adobe Reader. pdf.

SEMARNAT b. (2006). Problemática ambiental de la región, situación específica. [<http://www.semarnat.gob.mx/presenciainternacional/fronterasur/Paginas/Problematicambientaldelaregionsituacionespecifica.aspx>].

SEMARNAT. (2005). Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental De México. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México: Impreso en UNDP.

Stallings J. H. (1985). El suelo, su uso y mejoramiento. (2ª ed.). México: Editorial Continental, C.E.C.S.A. SA. de CV.

Velásquez T, D. (2006). Agua y población en la península de Yucatán: caso Quintana Roo. Revista Caos. Volumen1 P. 42 – 47. Quintana Roo: Adobe Reader. pdf.

A N E X O S

A N E X O 1

Límites permisibles de características físicas y organolépticas

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

Fuente: NOM, 1994.

A N E X O 2

Límites permisibles de características químicas

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO ₃)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno)	6,5-8,5

en unidades de pH	
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 – D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

Fuente: NOM, 1994.

A N E X O 3

Límites permisibles de características radiactivas

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/l
Radiactividad alfa global	0,56
Radiactividad beta global	1,85

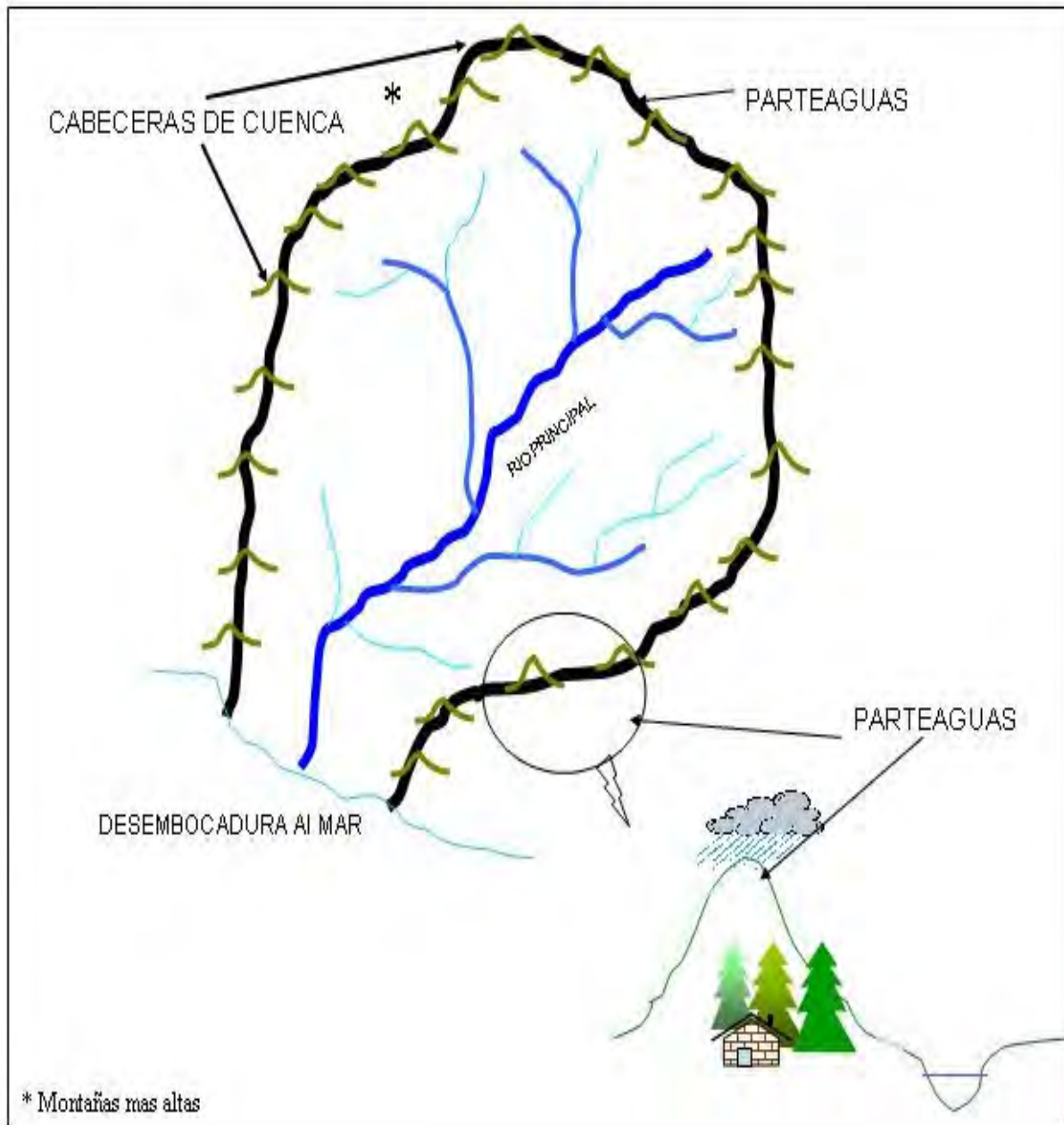
Fuente: NOM, 1994.

A N E X O 4



Fuente: Guerrero Villalobos, 1998.
Subdivisiones de las Cuencas. Se muestran ubicadas la subcuenca, macrocuencas y microcuenca.

A N E X O 5



Fuente: SANAA, 2004.

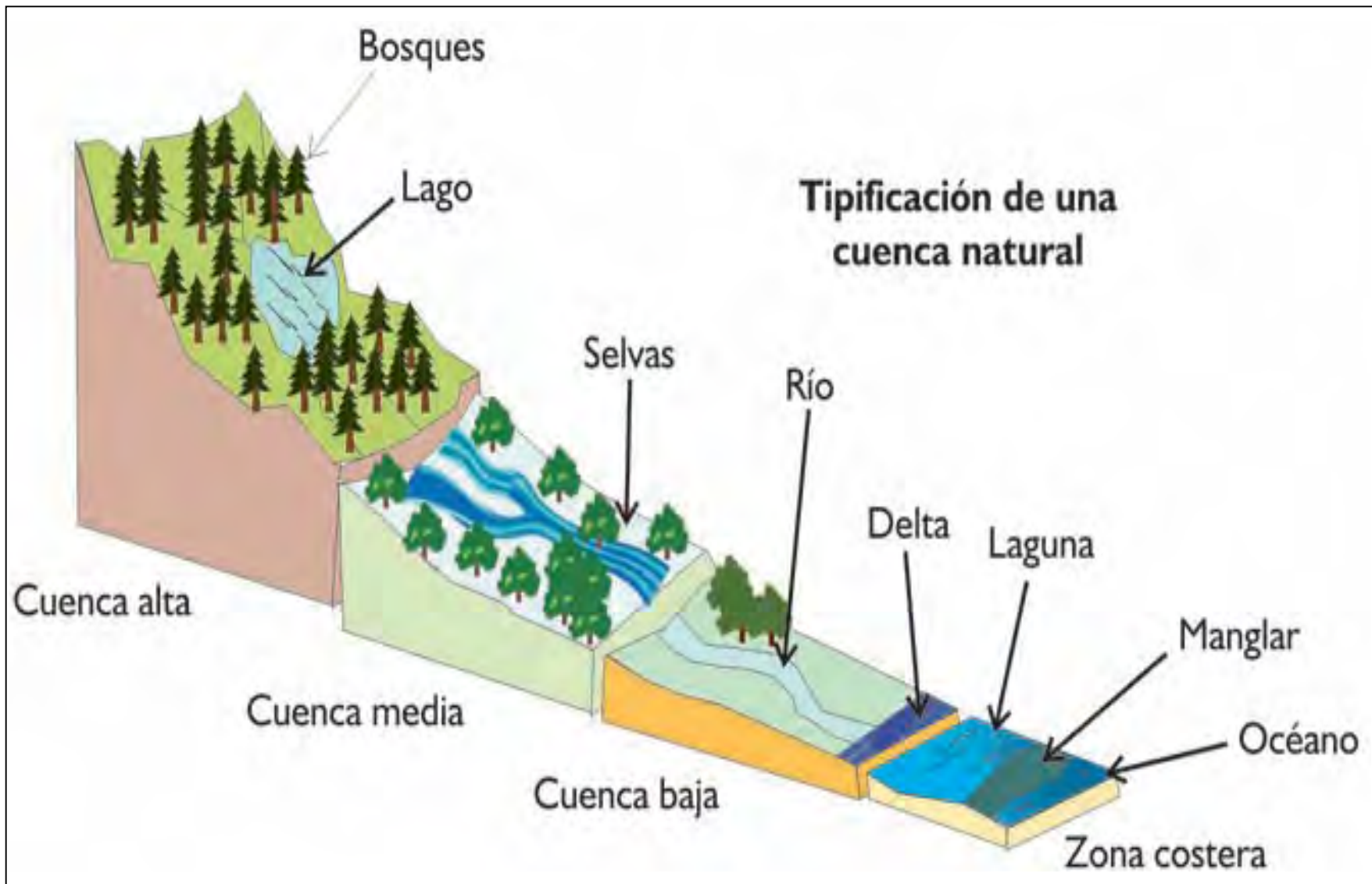
Formación de una Cuenca. Se muestra las delimitaciones de las cuencas y donde se encuentra ubicado cada uno.

A N E X O 6



Fuente: Guerrero Villalobos. 1998.
Tipos de Cuencas.

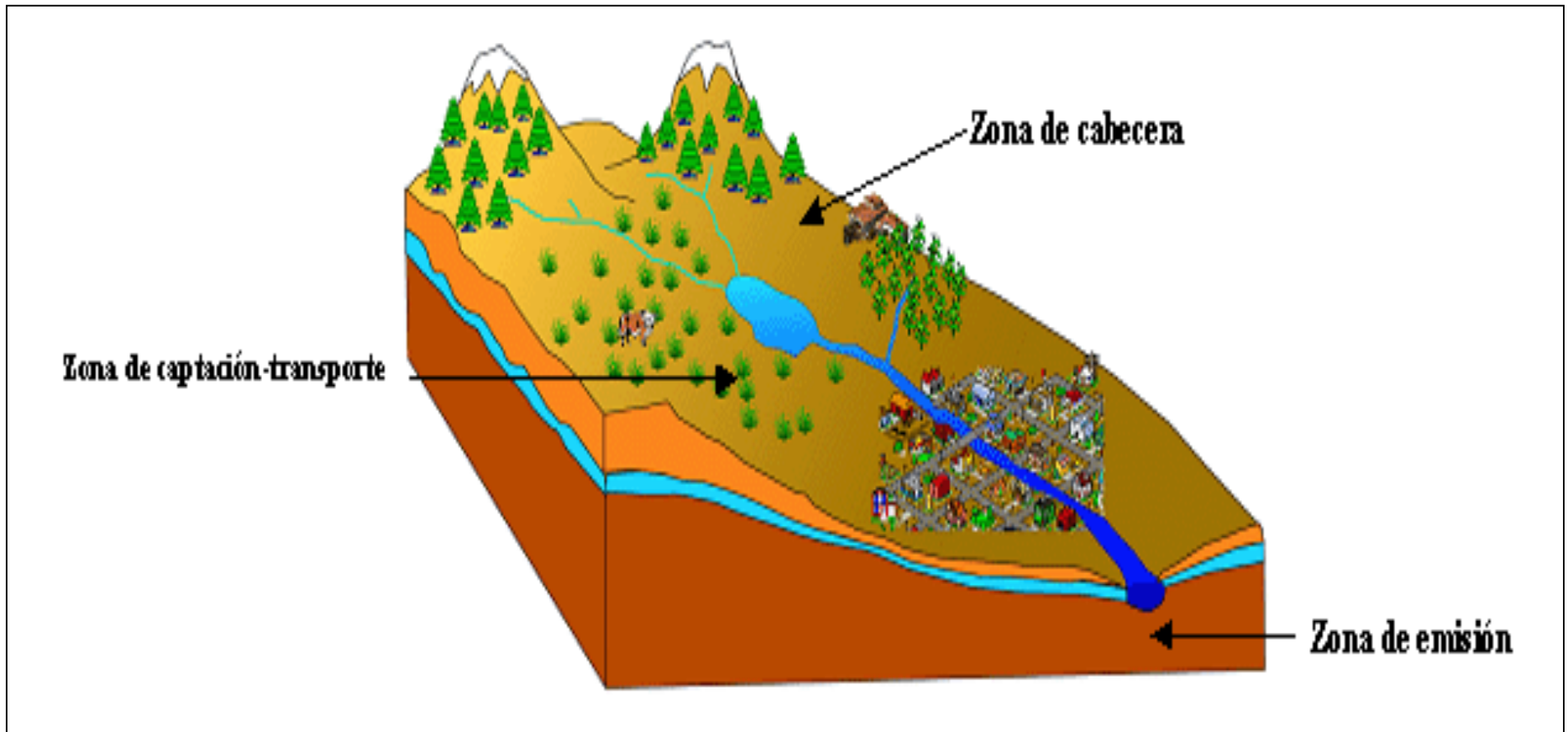
A N E X O 7



Fuente: Semarnat, 2006

Cuenca alta, mediana y baja.

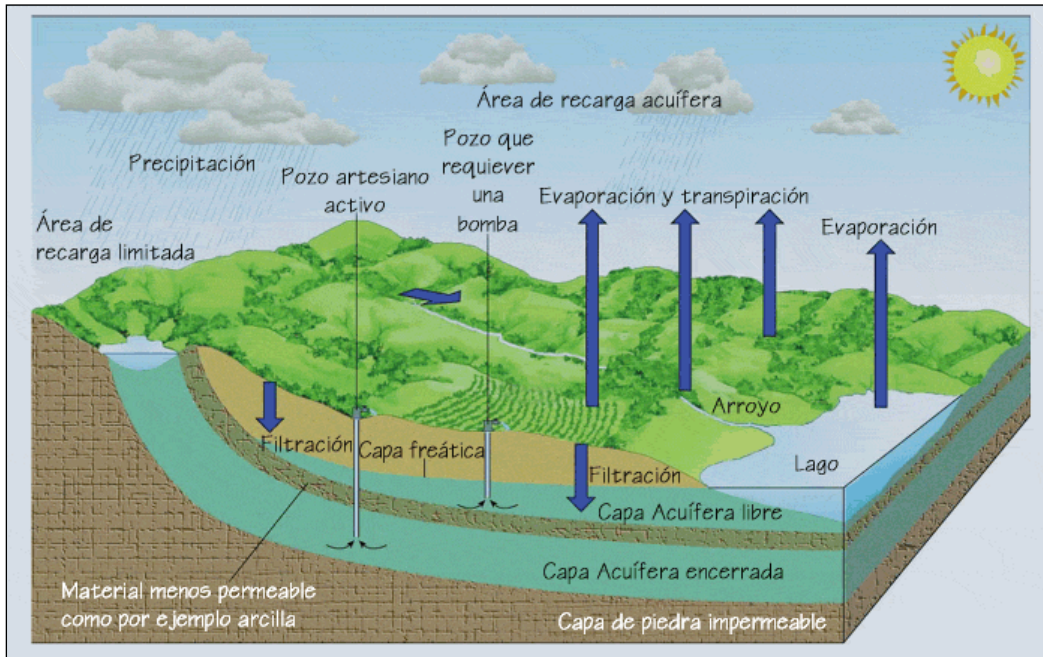
A N E X O 8



Fuente: ECOAGUA, 2007

Zonas de funcionamiento de las cuencas hidrográficas.

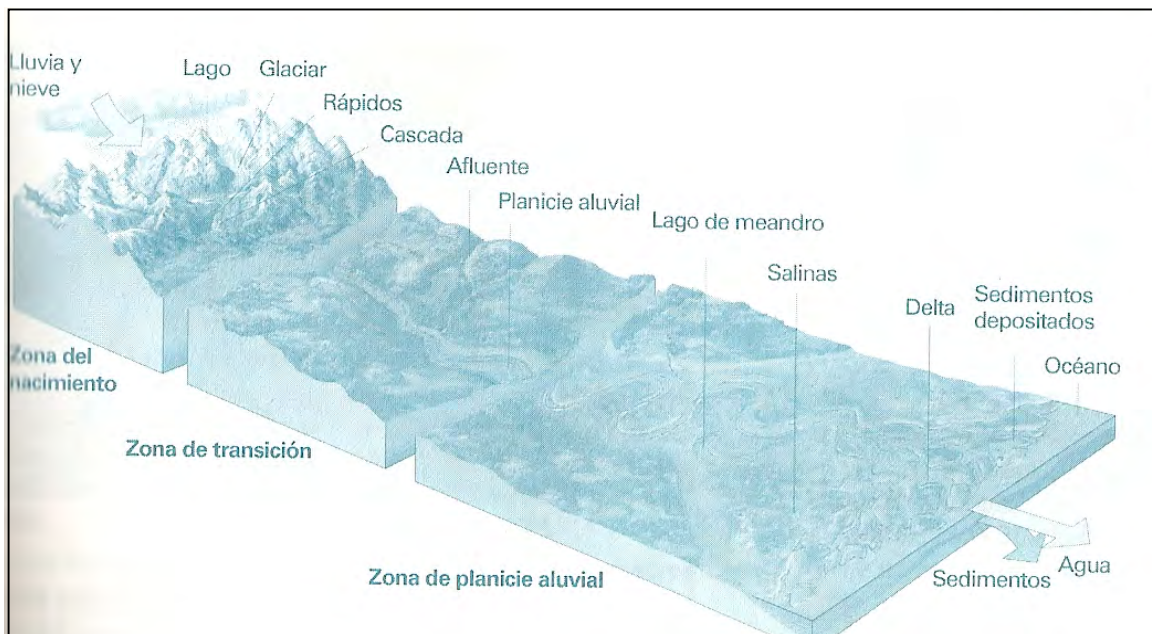
A N E X O 9



Fuente: Miller, 1992.

Ruta que siguen los flujos de agua de lluvia en el suelo y el lugar donde llegan.

A N E X O 10



Fuente: Miller, 1992

Zonas de flujo del agua montaña abajo: arroyos de montaña (cabecera y con menor elevación; y ríos que desembocan en el océano).

A N E X O 11

FUNCIONES DE LAS CUENCAS			
HIDROLOGICA	ECOLOGICA	AMBIENTAL	SOCIOECONÓMICA
<p>1.- Captación de agua de las diferentes fuentes para formar y alimentar el escurrimiento de ríos, lagunas, esteros, quebradas y arroyos.</p> <p>2.- Almacenamiento naturalmente del agua por el tiempo que las condiciones climáticas, geográficas y ambientales lo permitan.</p> <p>3.- Descarga del agua como escurrimiento, ya sea por la superficie terrestre o por las capas subterráneas.</p> <p>4.- Mantenimiento de la calidad del agua en cuanto a nivel de oxígeno, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y pH.</p>	<p>1.- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.</p> <p>2.- Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones con las características físicas y biológicas del agua</p> <p>3.- Ser el sustento de las comunidades bióticas que la habitan.</p> <p>4.- Ayudar a la conservación de la flora y fauna y los diferentes ecosistemas de la cuenca.</p> <p>5.- Mantenimiento de microclimas (temperatura, evapotranspiración, humedad, precipitaciones y viento).</p>	<p>1.- Constituyen sumideros de CO². Hacer de banco de colección de material vegetal vivo</p> <p>2.- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos. Vehículo de transporte de nutrientes y sedimentos.</p> <p>3.- Conserva la biodiversidad de flora y fauna.</p> <p>4.- Mantiene la integridad y la diversidad de los suelos. Evitar el deterioro y erosión de los suelos</p>	<p>1.- Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.</p> <p>2.- Constituyen un recurso fundamental, en lo que se refiere al abastecimiento de agua potable para las ciudades.</p> <p>3.- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad, así también lugares para la promoción del turismo.</p> <p>4.- Piscicultura y pesca: obtención de alimentos como peces y otros.</p>

Fuente: CONAF, 2008.

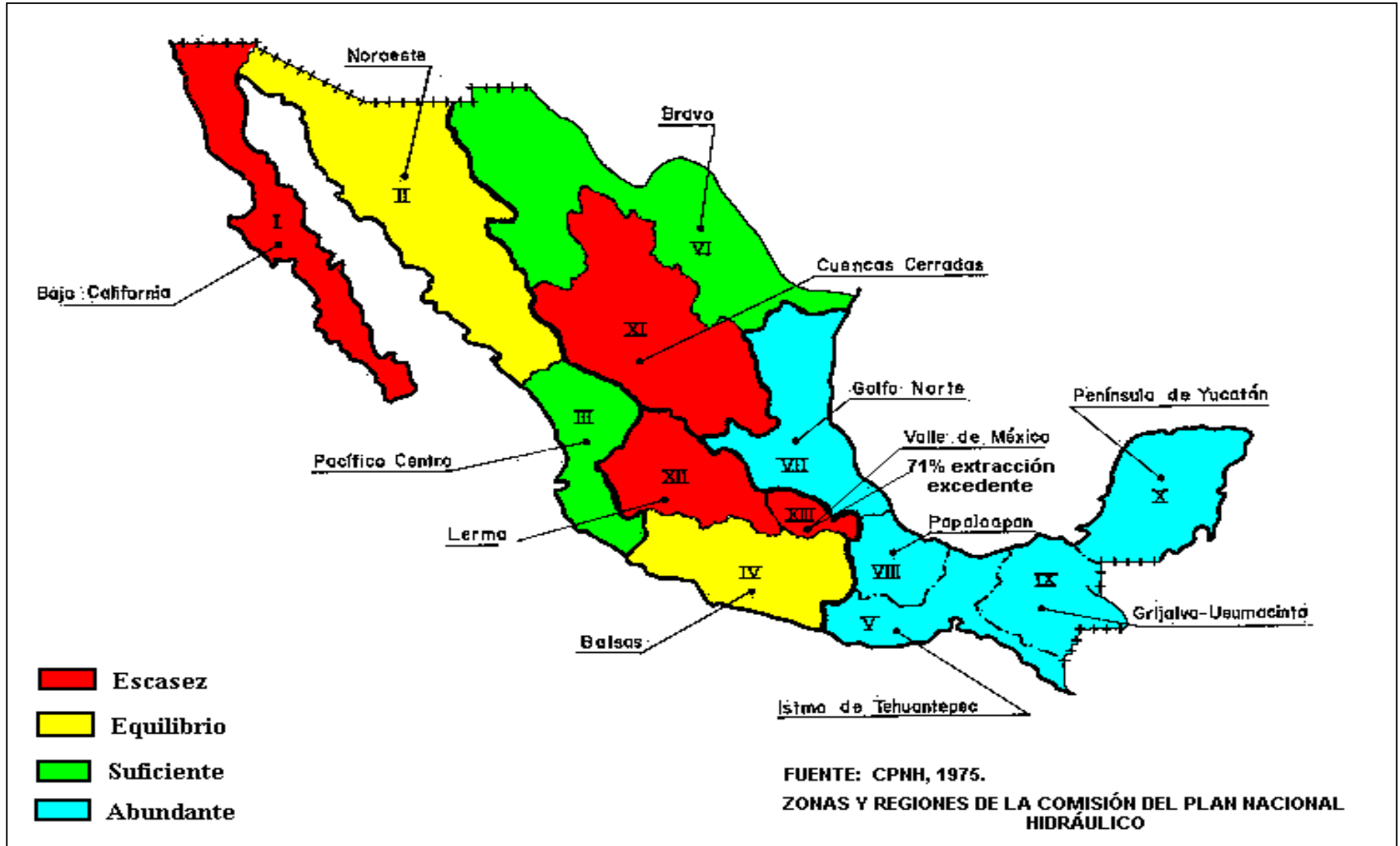
A N E X O 12

Beneficios que aportan las cuencas. Tanto a la comunidad como al ecosistema que se encuentren a su alrededor.

BENEFICIOS DE LAS CUENCAS		
Beneficios Ambientales	Beneficios Económicos	Beneficios Sociales
1. Incremento en la calidad y cantidad de captación de agua de lluvia, y del aprovechamiento de los escurrimientos, la cual se puede utilizar para cubrir las necesidades domésticas y de abrevaderos de ganado.	1. Se genera un mayor ingreso por unidad de superficie, generando alimento para las familias, además de producir mayor cantidad de materia seca para alimento del ganado.	1. Incremento de empleos con las actividades de recreación.
2. Aumento en la infiltración del subsuelo ayudando a la recarga de acuíferos.	2. Se incrementa el valor de las parcelas al controlarse la erosión, asegurando el equilibrio de los recursos naturales.	2.- Convivencia con la naturaleza por las actividades de recreación.
3. Reducción y control de la pérdida de suelo, lo que permite reducir el deterioro en parcelas, y evitar el azolvamiento hacia terrenos e infraestructura ubicadas en la zona baja de la cuenca.	3. Se generan alternativas productivas con la creación de UMAS.	3.- Incremento de Turismo para el estado.
4. Aumento de la cobertura vegetal y mantenimiento de la existente.	4. Se generan empleos temporales, con la construcción de presas.	

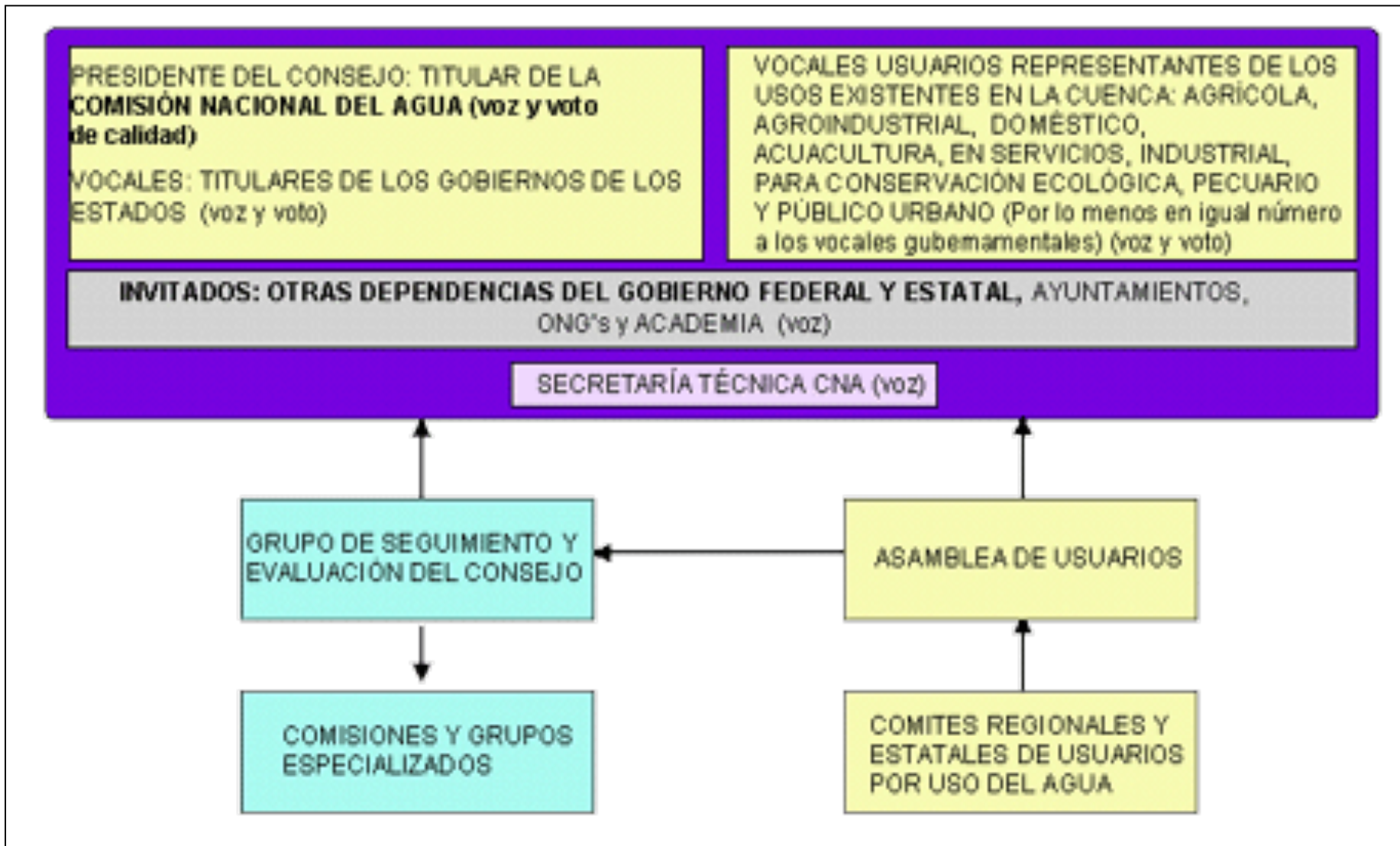
Fuente: INE, 2007.

ANEXO 13



Fuente: Guerrero Villalobos, 1998.
 Regiones Administrativas de la República Mexicana.

A N E X O 14



Fuente: Guerrero Villalobos, 1998.

Conformación de los consejos de cuencas en México

A N E X O 15



Fuente: Guerrero Villalobos, 1998.
Objetivo de los consejos de cuenca

ANEXO 16



Fuente: CNA, 2009.
Principales Cuencas de México

Se ilustran en color rojo, las localidades con más de 500 mil habitantes hasta 1995, y en líneas de color azul los ríos más caudalosos del país. Las zonas representadas en color verde más claro tienen poca agua, y las más oscuras, la tienen en mayor cantidad. Los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas, ubicados en las cuencas más húmedas, tienen un escurrimiento superficial mayor a los 10 mil litros por persona al año. En cambio, estados como Baja California, Baja California Sur o Coahuila tienen un escurrimiento superficial disponible no mayor a los 200 litros por persona.

A N E X O 17

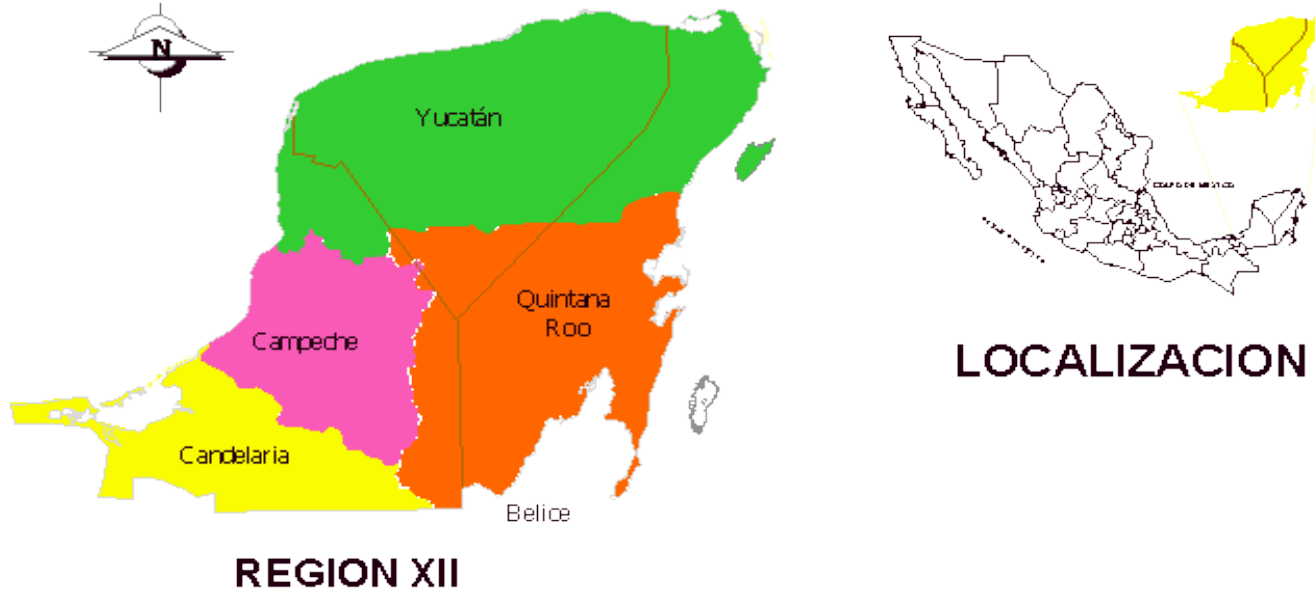


Fuente: CONAGUA, 2009.

Ubicación de la Región XII en México; Organismo de cuenca en la Península de Yucatán.

A N E X O 18

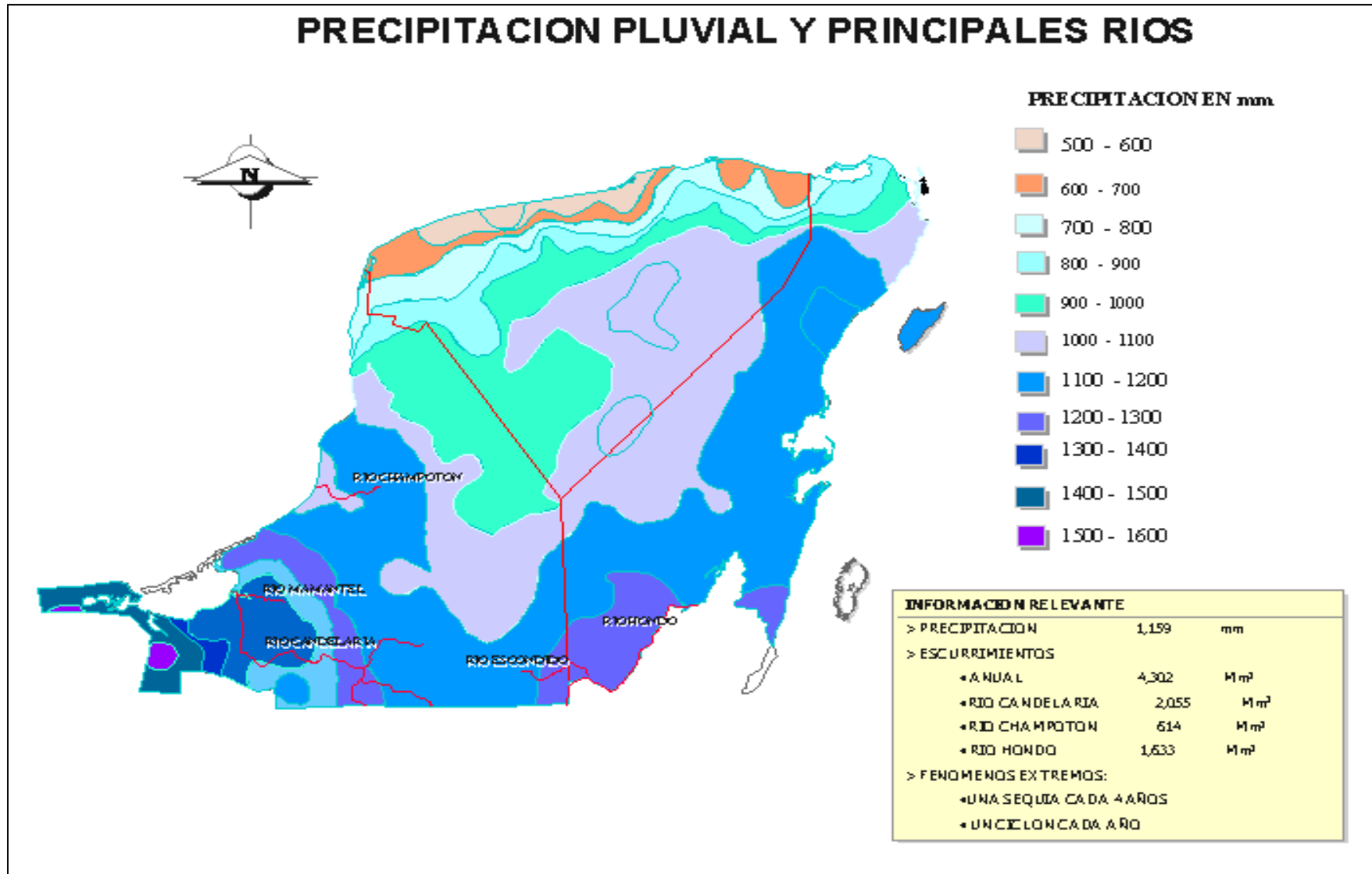
REGION XII, PENINSULA DE YUCATAN



INFORMACION RELEVANTE			
SUPERFICIE:	138,400	Km²	(7% del Nacional)
SUBREGIONALIZACION			
CANDELARIA RH-30	19,647	Km²	
CAMPECHE RH-31	21,735	Km²	
YUCATAN RH-32	57,399	Km²	
QUINTANA ROO RH-33	39,619	Km²	

Fuente: CNA, 1997.
Diagnóstico de la Región XII, Península de Yucatán.

A N E X O 19



Fuente: CNA, 1997.

Precipitación pluvial y principales ríos en la Península de Yucatán

A N E X O 20

REGIÓN CARIBE NORTE (Amarillo)

Actividades Económicas

Turismo y Comercio

REGIÓN FRONTERA SUR (Rosado)

Actividades Económicas

Agronegocios, Gobierno

y Comercio



REGIÓN MAYA (Verde)

**Actividades Económicas, Agronegocios,
Gobierno y Comercio**

**RESERVA DE LA BIOSFERA DE
SIAN KA´AN Y UAMIL (Naranja)**

Fuente: México, 2006.
Regiones Estatales.

A N E X O 21

Principales localidades de Quintana Roo.

Población total de las principales localidades según sexo, 2005

Localidad	Total	Hombres	Mujeres
Cancún	526 701	265 547	261 154
Chetumal	136 825	67 039	69 786
Playa del Carmen	100 383	52 284	48 099
Cozumel	71 401	36 392	35 009
Felipe Carrillo Puerto	21 530	10 601	10 929
Tulum	14 790	7 575	7 215
Alfredo V. Bonfil	13 822	6 997	6 825
Isla Mujeres	11 147	5 707	5 440
José María Morelos	10 424	5 151	5 273
Kantunilkín	6 383	3 254	3 129

Fuente: INEGI, 2009.

A N E X O 22

Cobertura de servicios en las principales ciudades de Quintana Roo.

	Cancún	Chetumal	Cozumel	Playa del Carmen	
Agua Potable					Totales
Población	381 643	141 059	53 349	29 612	605 633
Caudal suministrado (litros por segundo)	1 826	642	423	300	2 891
Cobertura	79.8%	95.9%	77.1%	31.0%	80.9%
Numero de tomas	77 715	32 204	10 210	2 453	122 582
Infraestructura	126 pozos en 7 zonas de capacidad con diámetros entre 14" y 36"	24 pozos, 3 acueductos de 24", 20" y 14" de diámetro de 43 Km, 43 Km y 20 Km.	145 pozos, próxima mente entrarán en operación 30, gasto extracción 0.85 l.p.s aprox.	15 pozos, acueducto de 15 Km de 20" de diámetro. En el 2001 operaba n 12 pozos.	
Alcantarillado y saneamiento					
Caudal aguas residuales (litros por segundo)	1451	327	116	82	1976
Caudal de aguas residuales. Que se capta.	798	102	105	60	1065
Caudal con tratamiento (litros por segundo)	798	102	105	30	1035
Cobertura real	41.9%	25.0%	74.5%	18.9%	39.7%
Numero de descargas	40843	7906	9856	1490	60095

Fuente

: CNA, 2002.

A N E X O 23

Localidades con el servicio de agua potable según municipio.

Municipio	Sistema	Tomas Domiciliarias				Localidad con servicio
		Total	Domesticas	Comerciales	Industriales	
Benito Juárez	1	39,741	37,589	1,812	340	4
Cozumel	1	7,588	7,232	213	143	1
Felipe C. Puerto	1	8,557	8,471	86		61
Isla Mujeres	1	1,825	1,593	132	100	1
José María Morelos	1	5,335	5,276	54	5	57
Lázaro Cárdenas	1	3,588	3,552	32	4	28
Othón P. Blanco	2	34,935	33,472	1,152	311	108
Solidaridad	2	2,625	2,286	257	82	16
Estado	10	104,194	99,471	3,738	985	276

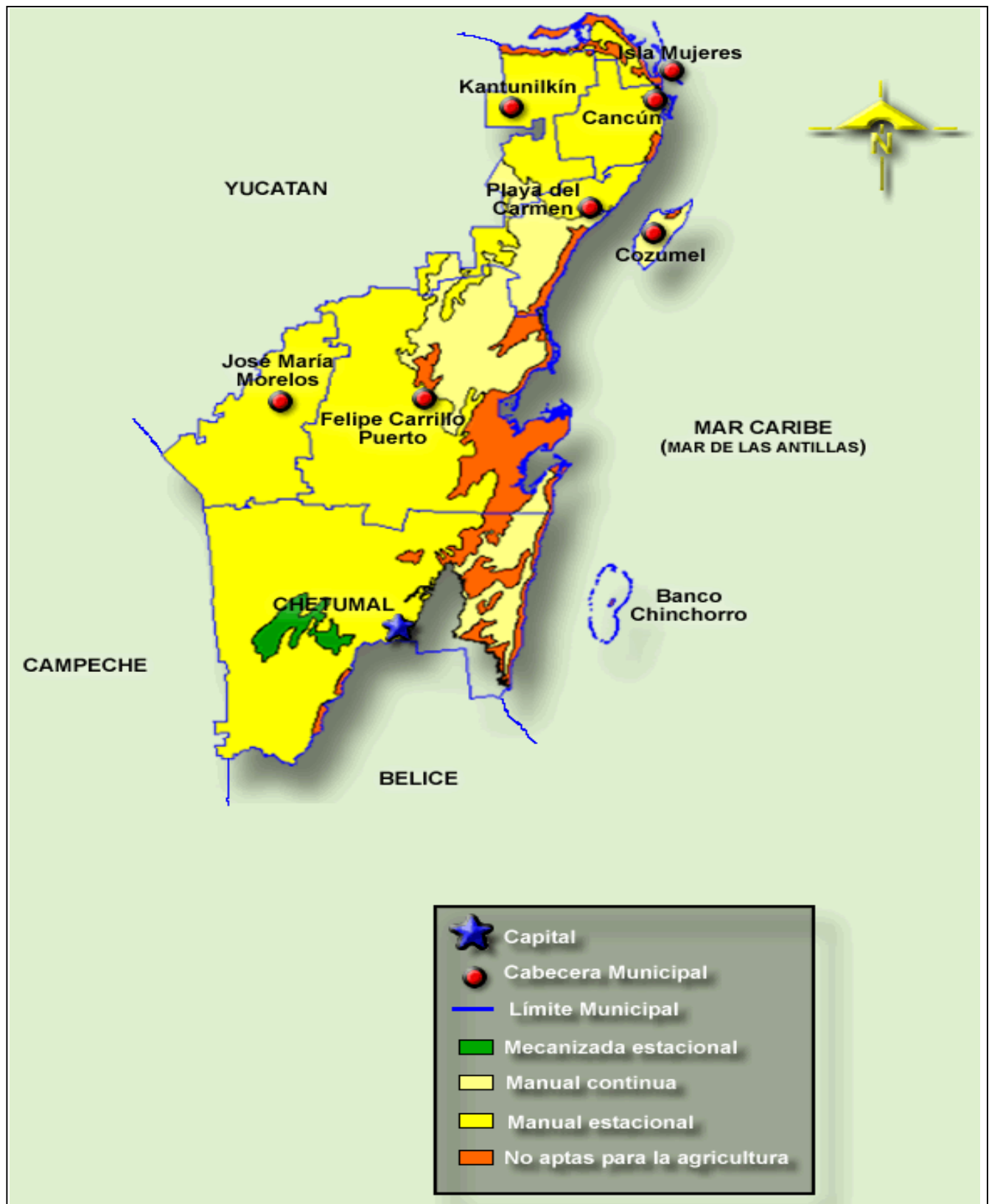
Fuente: Gómez Navarrete, 1998.

A N E X O 24

Principales usos del suelo

Concepto	Descripción	Estatal
Uso Agrícola	Mecanizada estacional	1.73
	Manual continua	16.58
	Manual estacional	69.94
	No aptas para la agricultura	11.75
Uso Pecuario	Para el desarrollo de praderas cultivadas	1.73
	Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal	0.40
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal	86.84
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino	0.47
	No aptas para uso pecuario	10.56

A N E X O 25



Ubicación del uso potencial agrícola.

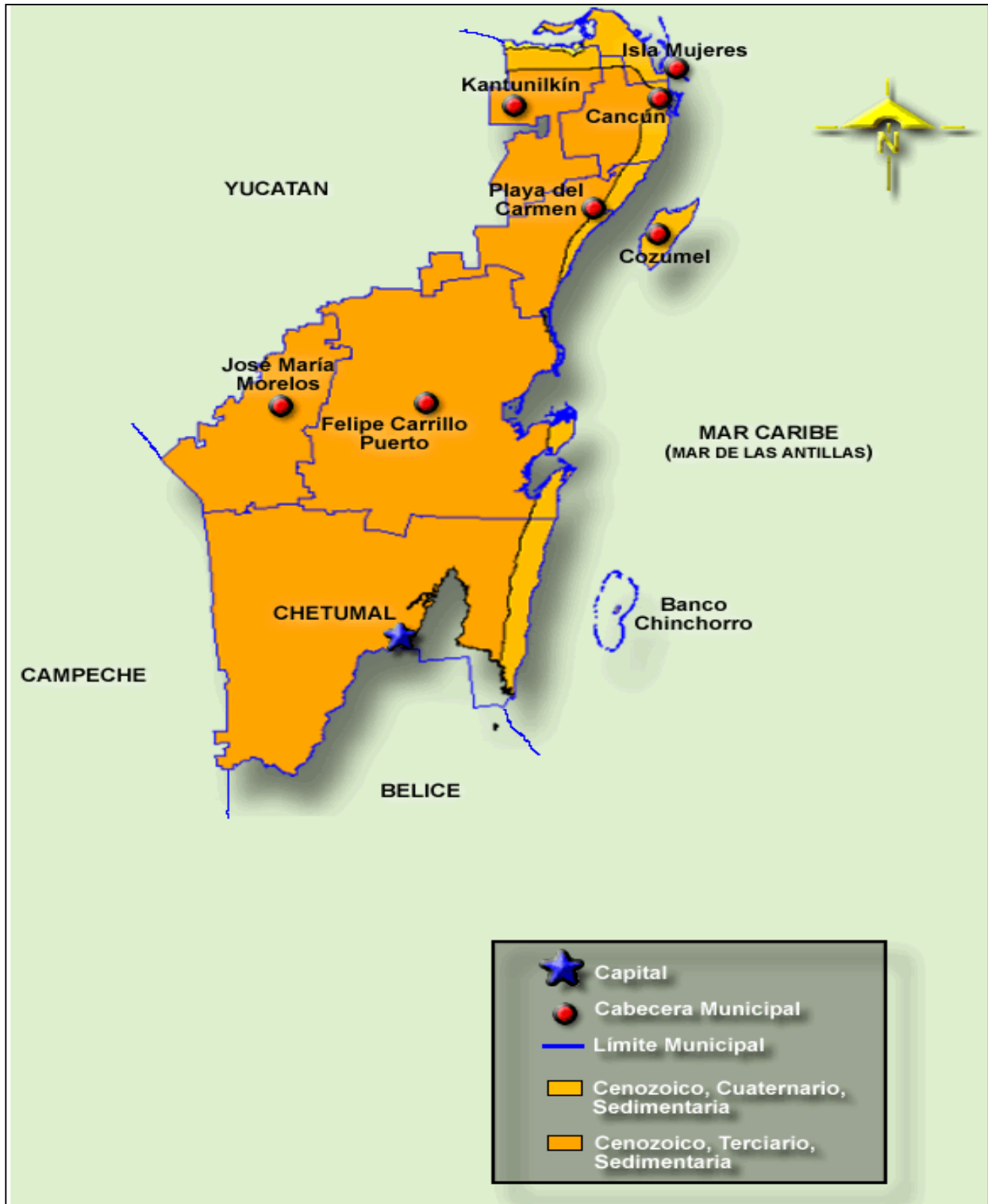
A N E X O 26

Agricultura y vegetación

Concepto	Nombre científico	Nombre local	Utilidad
Agricultura			
0.05 % de la superficie estatal	<i>Zea mays</i>	Maíz	Comestible
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frijol	Comestible
	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Comestible
	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar	Industrial
Pastizal			
0.72 % de la superficie estatal	<i>Panicum maximum</i>	Zacate guinea	Forraje
	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Zacate estrella	Forraje
Selva			
89.92 % de la superficie estatal	<i>Manilkara zapota</i>	Zapote	Comestible
	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Maderable
	<i>Bursera simaruba</i>	Chakah	Leña
	<i>Lysiloma sp.</i>	Tsalam	Leña
	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	Forraje
Manglar			
3.03 % de la superficie estatal	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	Construcción
	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle blanco	Construcción
	<i>Conocarpus erectus</i>	Mangle botoncillo	Construcción
Tular			
5.75 % de la superficie estatal	<i>Typha sp.</i>	Tule	Artesanal
Otro			
0.53 % de la superficie estatal	<i>Coccoloba uvifera</i>	Nii-che	Comestible
	<i>Pseudophoenix sargentii</i>	Kuka	Ornamental

Fuente: INEGI, 2005.

ANEXO 27



Fuente: INEGI, 2005

Localización de las Características Geológicas del estado

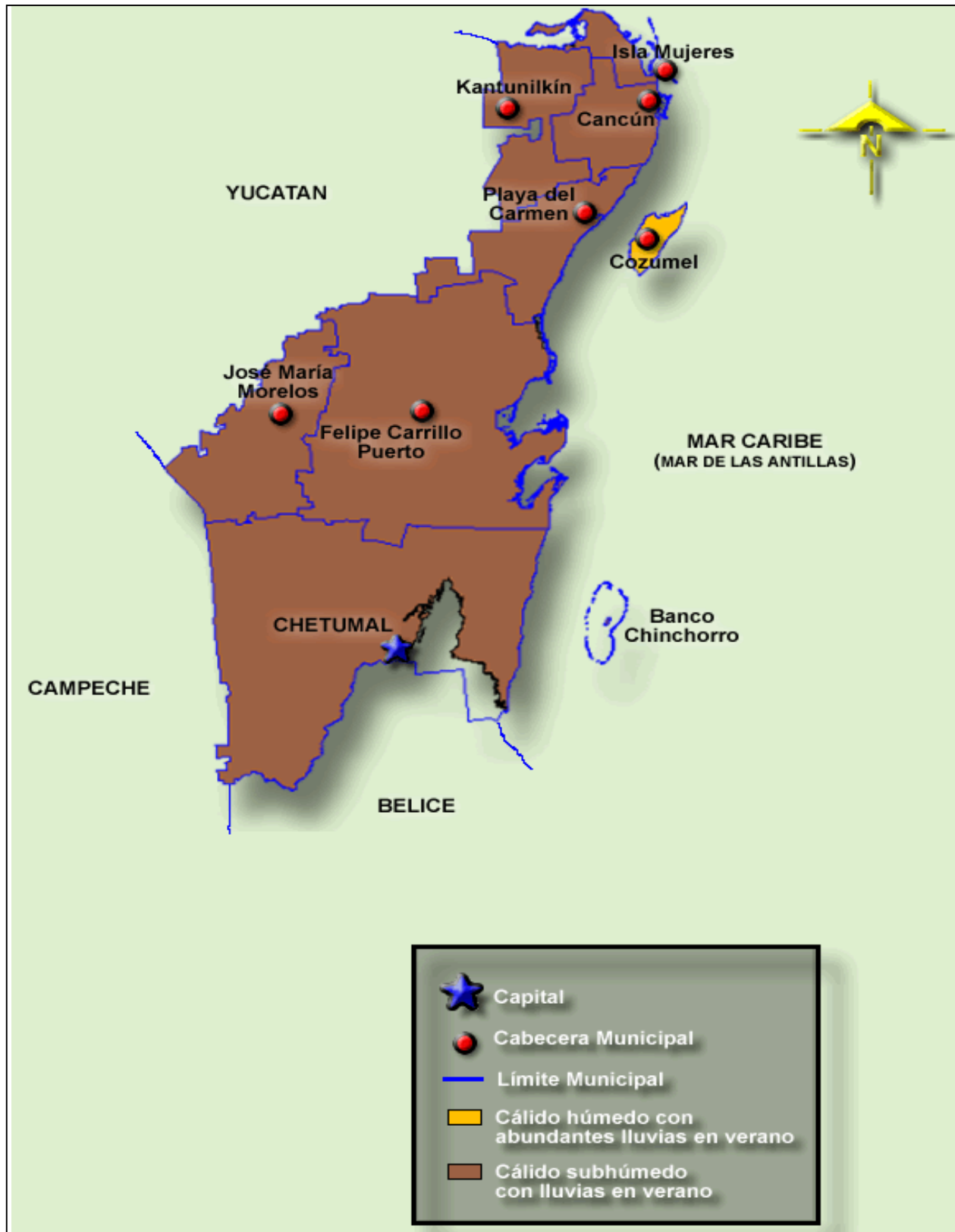
A N E X O 28



Fuente: Google Earth.

Ubicación de los cuerpos de agua de Quintana Roo.

A N E X O 29



Fuente: INEGI, 2005.

Localización de los climas de Quintana Roo.

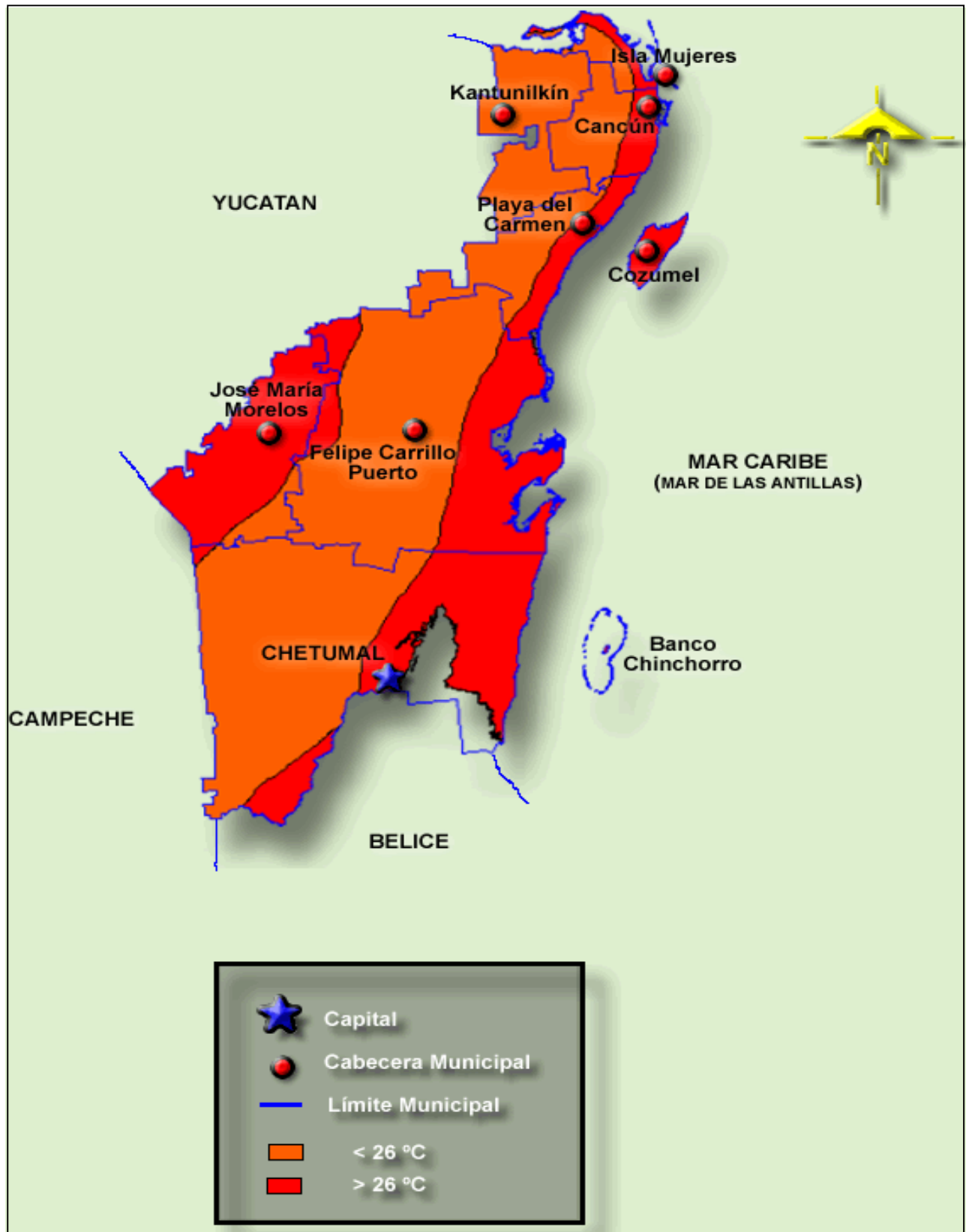
A N E X O 30

Registro de temperaturas media.

<i>Estación</i>	<i>Periodo</i>	<i>Temperatura promedio</i>	<i>Temperatura del año más frío</i>		<i>Temperatura del año más caluroso</i>	
			<i>Año</i>	<i>Temperatura</i>	<i>Año</i>	<i>Temperatura</i>
X-pichil	1961-1999	26.6	1984	25.3	1972	27.8
Chetumal	1953-1999	26.4	1965	24.4	1997	27.8
Felipe Carrillo Puerto	1953-1999	26.1	1971	24.5	1994	27.2
Kantunilkín	1953-1999	24.6	1996	22.8	1960	25.6

Fuente: INEGI, 2005.

A N E X O 31



Fuente: INEGI, 2005.

Localización de las principales temperaturas.

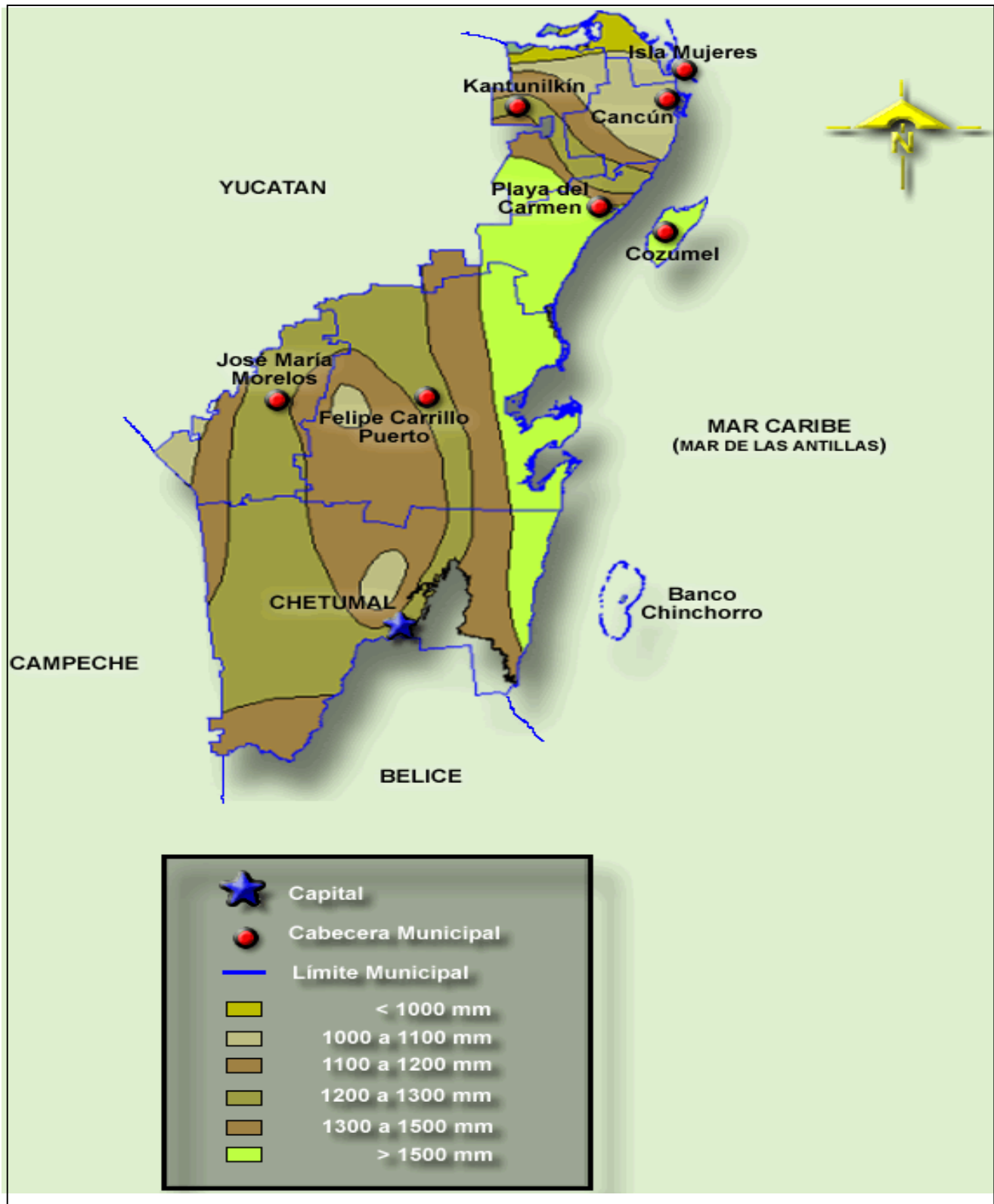
A N E X O 32

Precipitación total anual de Quintana Roo.

<i>Estación</i>	<i>Periodo</i>	<i>Precipitación promedio</i>	<i>Precipitación del año más seco</i>		<i>Precipitación del año más lluvioso</i>	
			<i>Año</i>	<i>Precipitación</i>	<i>Año</i>	<i>Precipitación</i>
X-pichil	1961-1999	1 061.6	1972	614.9	1966	1,691.0
Chetumal	1953-1999	1 289.7	1987	793.5	1954	2,186.5
Felipe Carrillo Puerto	1953-1999	1 275.7	1970	595.5	1984	2,097.7
Kantunilkín	1953-1999	1 393.0	1974	670.1	1988	2,664.5

Fuente: INEGI, 2005.

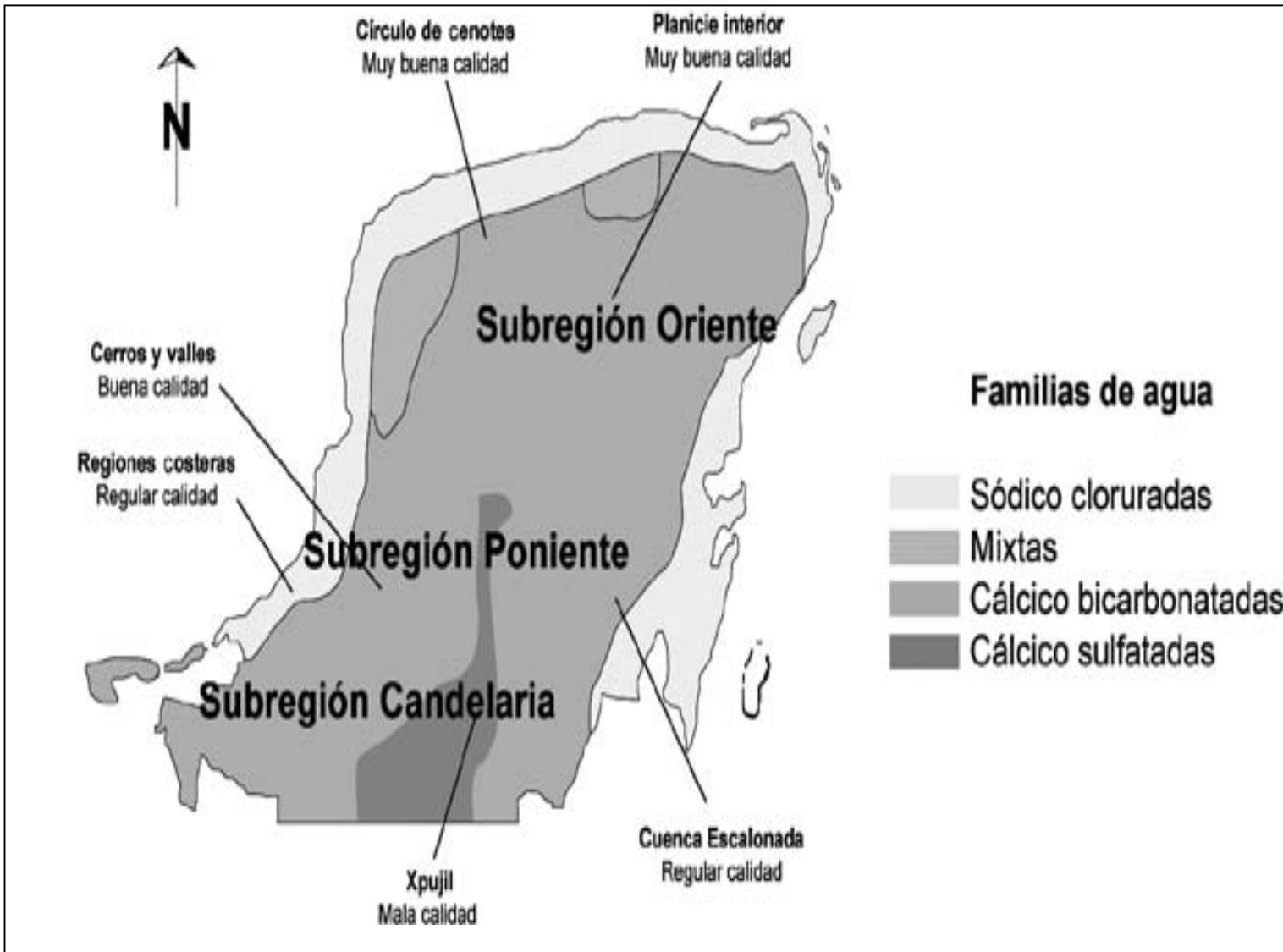
A N E X O 33



Fuente: INEGI, 2005.

Precipitación pluvial de Quintana Roo.

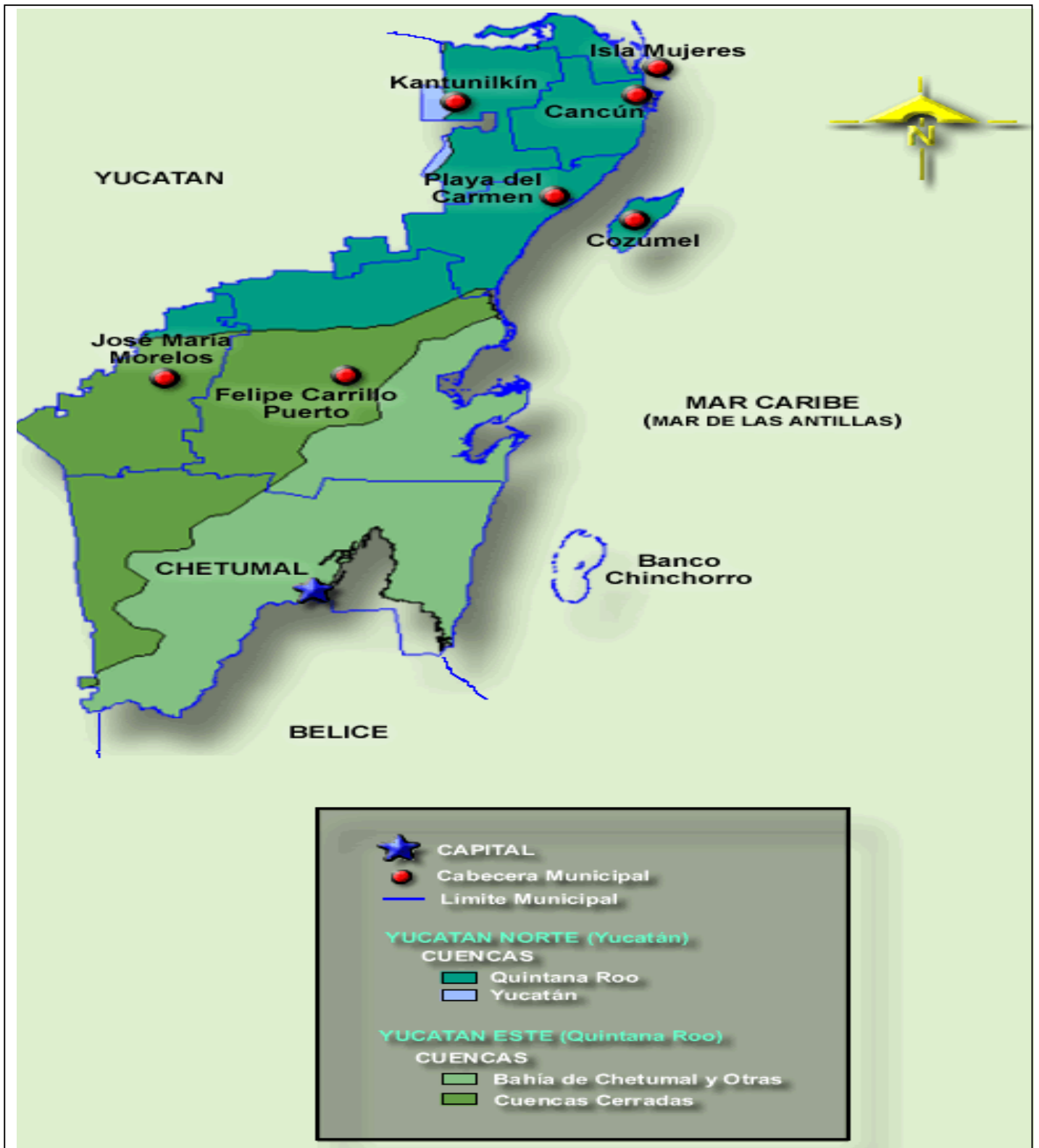
A N E X O 34



Fuente: CONAGUA, 2009.

Programa Hidráulico Regional 2002-2006, Región XII. Península de Yucatán

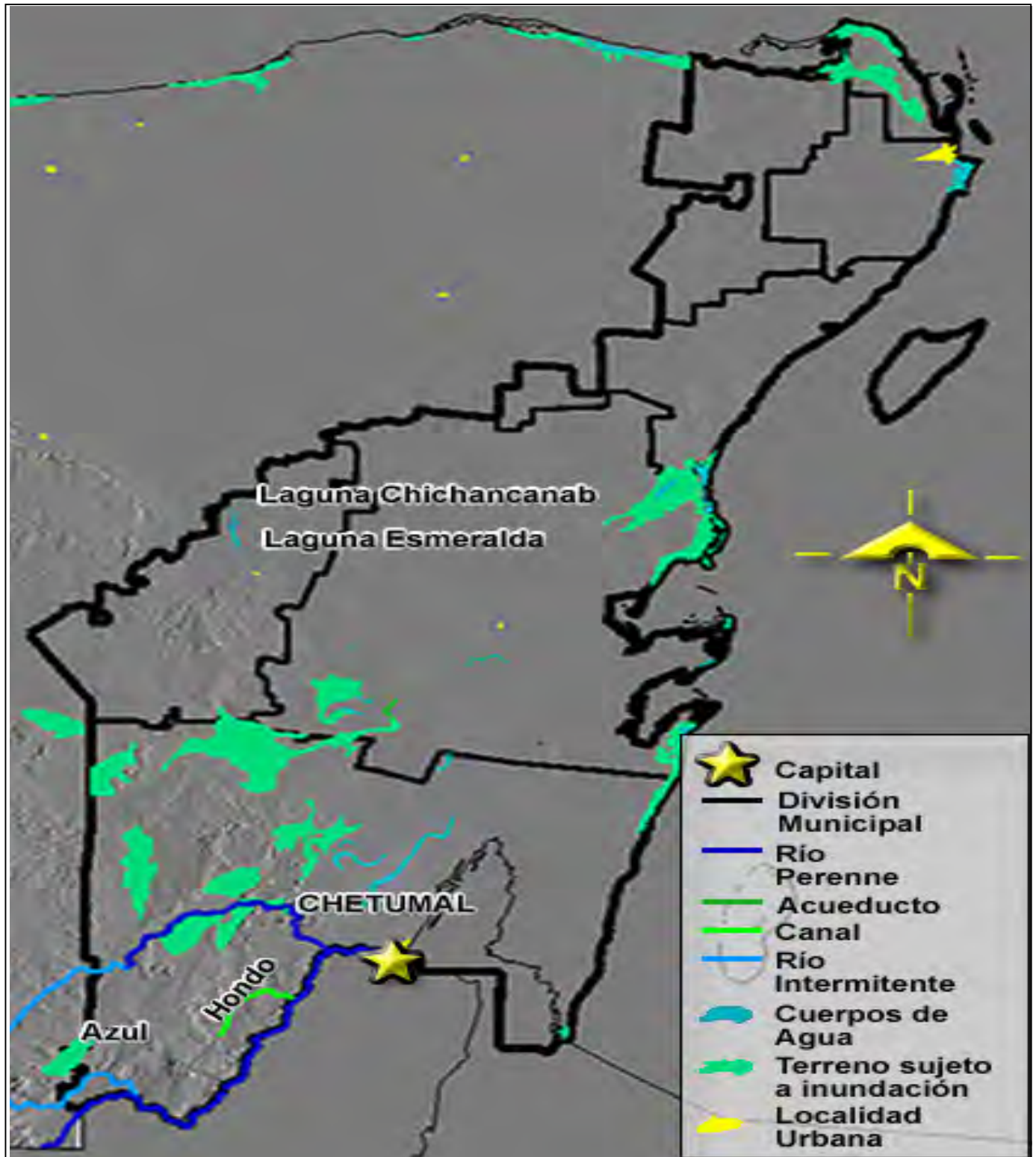
A N E X O 35



Fuente: INEGI, 2005.

Ubicación de los Tipos de cuencas en Quintana Roo.

ANEXO 36



Fuente: INEGI, 2005.

Localización de los únicos ríos de Quintana Roo.

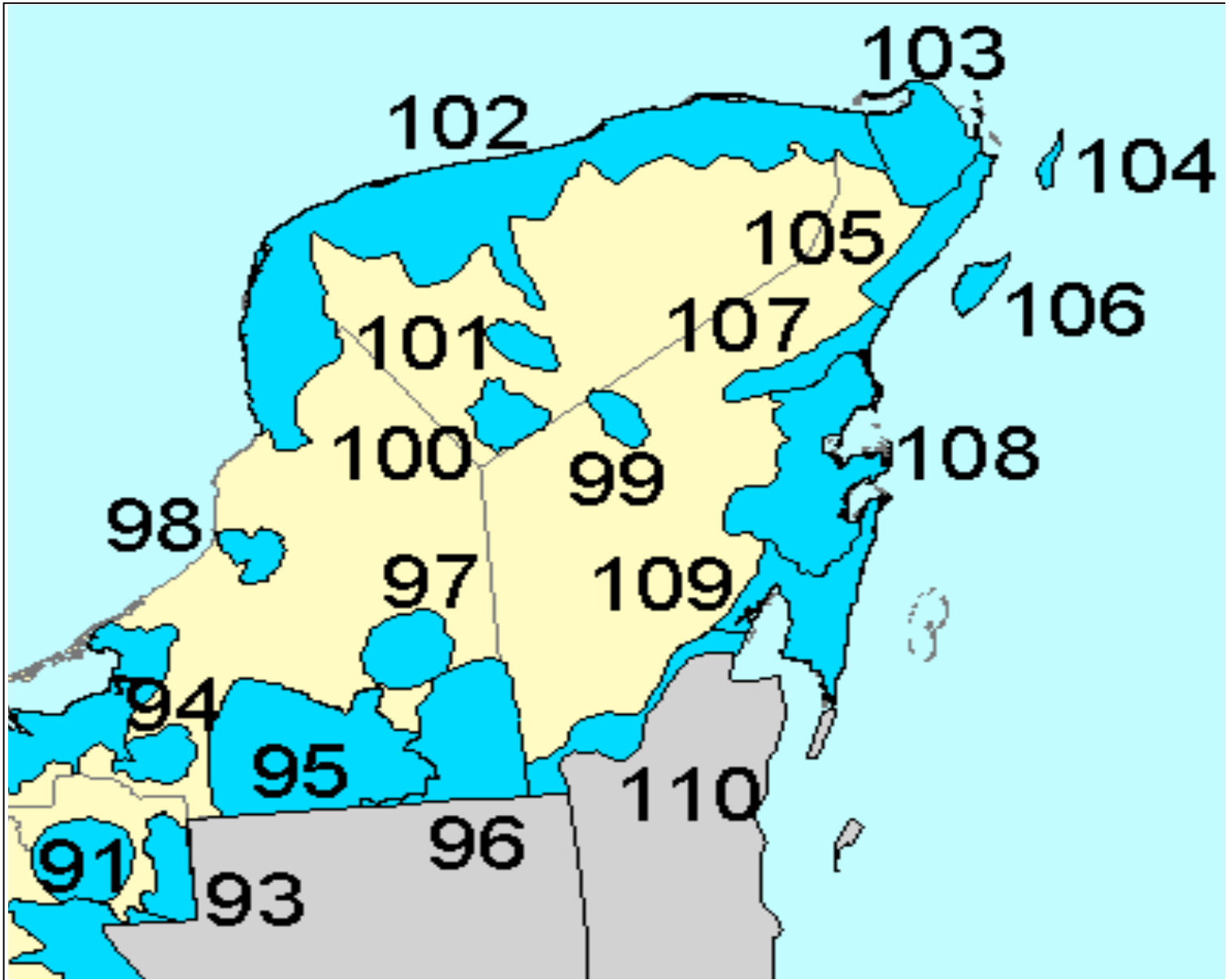
A N E X O 37

Principales cuerpos de agua de Quintana Roo.

<i>Nombre</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Nombre</i>	<i>Ubicación</i>
L. Conil	Quintana Roo	L. Mosquitero	Bahía de Chetumal y otras
L. Chakmochuk	Quintana Roo	L. Boca Paila	Cuencas Cerradas
L. Bacalar	Bahía de Chetumal y otras	L. Chile Verde	Bahía de Chetumal y otras
L. Nichupté	Quintana Roo	L. Nohbec	Bahía de Chetumal y otras
L. San Felipe	Bahía de Chetumal y otras	L. Paytoro	Cuencas Cerradas
L. Chunyaxché	Cuencas Cerradas	L. Ocom	Cuencas Cerradas
L. Chichancanab	Cuencas Cerradas	L. Esmeralda	Cuencas Cerradas
		L. La Virtud	Bahía de Chetumal y otras

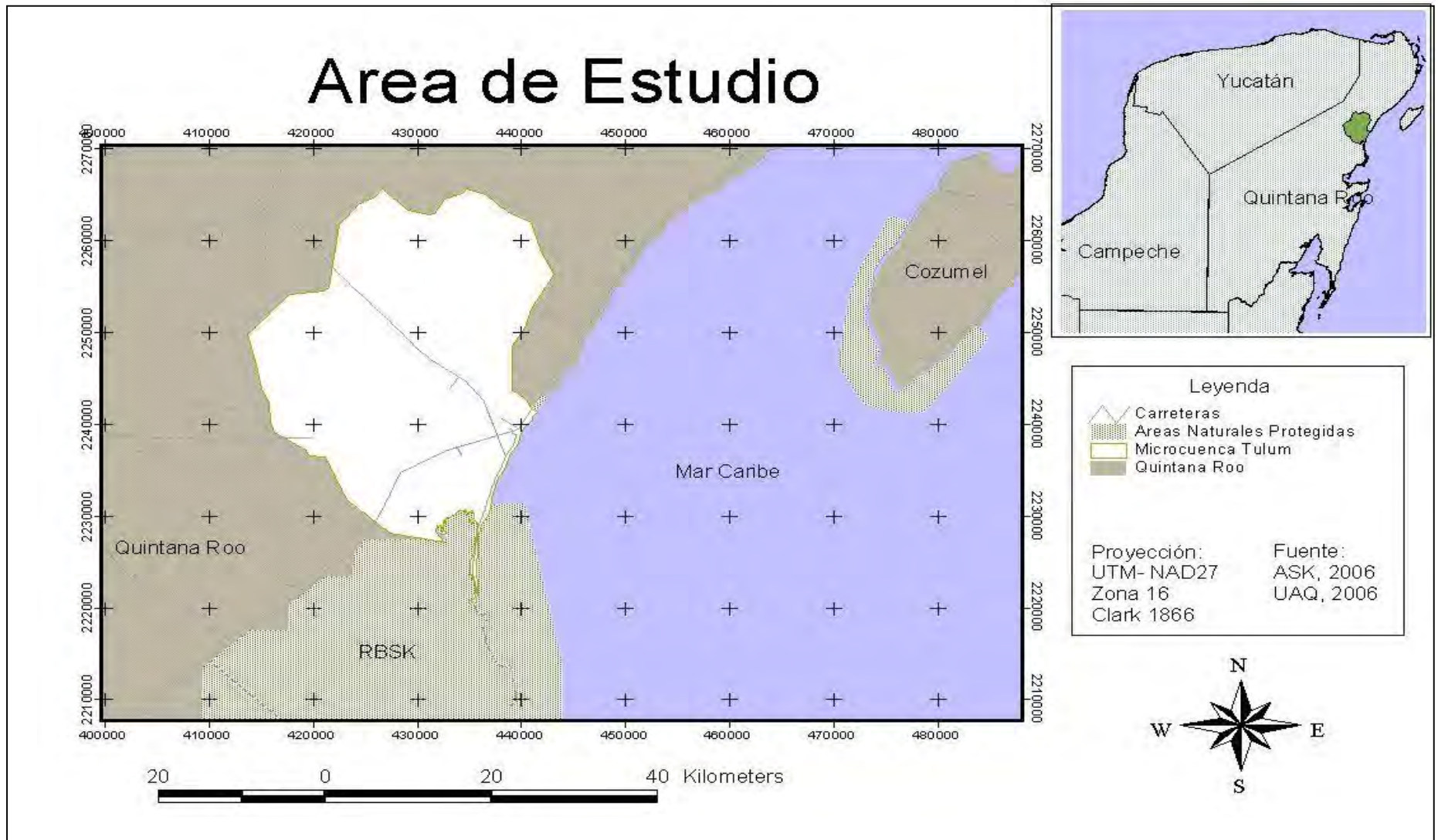
Fuente: INEGI, 2005.

A N E X O 38



Fuente: Google Earth.
Regiones Hidrológicas Prioritarias de Quintana Roo.

ANEXO 39



Fuente: Morales, 2005
Ubicación del área de estudio, Cuenca Tulum