

Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN.
Unidad, Mérida.
Departamento de Ecología Humana

Uso y manejo del agua urbana como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis que presenta
Mauricio Cecilio Domínguez Aguilar
para obtener el grado de **Maestro en Ciencias**
con **Especialidad en Ecología Humana.**

Director de tesis:

Dra. Ana García de Fuentes.

Codirector de tesis:

Dr. Juan Córdoba y Ordóñez

Comité Asesor:

Dr. Federico Dickinson Bannack
Arq. Alfredo Alonzo Aguilar, M. en C.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposa por su ayuda, amor y comprensión que inspiran mi vida. Gracias Fabiola.

Dedico esta tesis también a mis padres, Ing. Cipriano Domínguez y Ojeda y Sra. Edith Aguilar Palma por todo su cariño y el ejemplo de perseverancia y tolerancia que han sido a lo largo de toda mi vida.

Finalmente dedico esta tesis a mis hermanos Cipriano, Edith y Sofía por ser parte importante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios por todo lo que me ha dado, aun sin merecer y por haber terminado esta tesis.

Agradezco especialmente a la Dra. Ana García de Fuentes por haber dirigido esta tesis y compartir sus conocimientos conmigo; al Dr. Juan Córdoba y Ordóñez por codirigirme y a los miembros de mi comité asesor (Dr. Federico Dickinson Bannack y Arq, Maestro en Ciencias Alfredo Alonzo Aguilar) por sus recomendaciones, las cuales han sido fundamentales para esta investigación.

Agradezco al Dr. Eduardo Batllori Sanpedro por su colaboración al revisar los criterios de evaluación de calidad del agua de esta investigación. Agradezco también a todos los miembros del Laboratorio de Cartografía del Departamento de Ecología Humana, en particular a la Licenciada Adriana Sánchez Moo por sus asesorías y tiempo que me dedicó en diversas ocasiones.

Agradezco a todos los informantes claves y autoridades relacionadas con la problemática del agua urbana en Cancún, por ayudarme a comprender con sus explicaciones las complejas relaciones que explican la misma.

Agradezco a todos los amigos del CINVESTAV por acogerme en sus instalaciones durante la elaboración de esta tesis y en especial a los maestros e investigadores del Departamento de Ecología Humana por los invaluables conocimientos que han compartido conmigo.

Agradezco también a todos mis compañeros de generación por todas las vivencias y solidaridad.

Por último, pero no por ello menos importante quiero agradecer al CONACyT, por los recursos económicos que me otorgó, sin los cuales hubiera sido difícil desarrollar la tesis.

CONTENIDO	
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
ABREVIACIONES	3
I. INTRODUCCIÓN	4
I.1. Antecedentes y área de estudio	5
I.2. Justificación	8
I.3. Hipótesis	9
I.4. Objetivo general	9
I.5. Objetivos particulares	10
II. MARCO TEÓRICO	11
II.1. El ambiente urbano en México y Latinoamérica y sus modelos de análisis	12
II.1.1. Procesos de urbanización en los países latinoamericanos y México a principios del siglo XXI	13
II.1.2. Calidad del medio ambiente urbano en México y Latinoamérica	16
II.1.3. Segregación y fragmentación urbana	21
II.1.4. Modelos urbanos	26
II.2. El agua urbana	32
II.2.1. Infraestructura del agua urbana	32
II.2.2. Problemática del agua urbana	35
II.2.3. Políticas recientes sobre el agua urbana en México	38
II.3. Desarrollo sustentable (DS)	41
II.3.1. Antecedentes y surgimiento del concepto desarrollo sustentable	43
II.3.2. Discusión del concepto desarrollo sustentable	45
II.3.3. Capacidad de carga, sensibilidad y resiliencia	49
II.3.4. Indicadores para la evaluación del desarrollo sustentable	50
II.3.5. Desarrollo sustentable, migración y pobreza	52
II.4. Desarrollo urbano sustentable (DUS)	55
III. MATERIALES Y MÉTODOS	58
III.1. Marco Metodológico	59
III1.1. Elementos para evaluar el funcionamiento del ambiente urbano y sistemas de indicadores	59
III1.2. Modelos estratégicos ambientales (MEA)	61
III1.3. Modelos sustentables (MS)	63
III1.4. Modelo de Gonzáles y Romero	65
III1.5. Enfoque ecológico	67
III1.6. Sistemas de información geográfica (SIG)	69
III1.7. Criterios de calculo y calidad del agua	70
III.2. Metodología de la Investigación	77
III.2.1. Integración del indicador “Uso y manejo del agua urbana” para el análisis de la sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo	77
III.2.2. Metodología <i>ad hoc</i> para el análisis de la sustentabilidad de Cancún, Quintana Roo	79
III.2.2.1. Delimitación del área de estudio	81
III.2.2.2. Integración del SIG	82

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

III.2.2.3. Determinación de los datos de la estructura urbana de Cancún y los mecanismos de incorporación de la tierra a la mancha urbana	83
III.2.2.4. Determinación de los datos de densidad de población	86
III.2.2.5. Determinación de los datos de la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable	87
III.2.2.6. Determinación de los datos de la dotación de agua potable	88
III.2.2.7. Determinación de los datos del consumo y pérdidas de agua potable	89
III.2.2.8. Determinación de los datos de la producción de aguas servidas	89
III.2.2.9. Determinación de los datos de la cobertura y problemática de los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas	90
III.2.2.10. Determinación de los datos de la producción de lodos residuales	92
III.2.2.11. Determinación de los datos de la calidad del agua urbana	93
III.2.2.12. Determinación de los actores que intervienen en el uso y manejo del agua urbana en Cancún	94
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
IV.1. El proceso de urbanización de Cancún y su estructura urbana resultante	96
IV.2. Relación entre la estructura urbana y el uso y manejo del agua urbana en Cancún	110
IV.3. Problemática del agua potable en Cancún	117
IV.4. Problemática de las aguas servidas en Cancún	132
IV.5. Patrones de insustentabilidad urbana en Cancún, Quintana Roo a partir del análisis del uso y manejo del agua urbana	151
V. CONCLUSIONES	157
V.1. Conclusiones sobre el proceso de urbanización y la estructura urbana de Cancún	158
V.2. Conclusiones sobre el patrón de uso y manejo del agua urbana en Cancún	159
V.3. Conclusiones sobre las tendencias de no sustentabilidad urbana de Cancún	161
BIBLIOGRAFÍA	165
ANEXOS	171

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Calidad del aire en ciudades latinoamericanas selectas, 1990	18
Tabla 2.2. Problemas ambientales urbanos y situación de acuerdo con el grado de desarrollo de la ciudad	20
Tabla 2.3. Indicadores ambientales y socioeconómicos PSR	51
Tabla 3.1. Indicadores para evaluar la sustentabilidad de ambientes urbanos según el <i>Dobris Report</i> elaborado por la <i>European Environment Agency</i>	61
Tabla 3.2. Factores y variable comunes empleados en los modelos sustentables en el nivel urbano-regional	63
Tabla 3.3. Factores y variable comunes empleados en los modelos sustentables en el nivel urbano	64
Tabla 3.4. Dotación de agua según nivel de ingreso o uso del suelo	72
Tabla 3.5. Parámetros para evaluar la calidad del agua a partir del criterio Embalses Naturales y Artificiales, Uso Público Urbano (C) de la norma NOM-001-ECOL-1996	76
Tabla 3.6. Límites permisibles de Coliformes Fecales dependiendo del uso del agua	76
Tabla 3.7. Calidad del agua a partir del parámetro Oxígeno Disuelto	77
Tabla 3.8. Calidad del agua a partir del parámetro estado trófico	77
Tabla 3.9. Variables del indicador de sustentabilidad urbana denominado “Uso y manejo del agua urbana” en Cancún, Quintana Roo	80
Tabla 3.10. Criterio de clasificación de las zonas habitacionales por niveles económicos	85
Tabla 3.11. Criterio de dotación de agua potable ala ciudad de Cancún por sector de análisis	88
Tabla 4.1. Extracciones de agua al acuífero en la Zona Norte de Quintana Roo	120
Tabla 4.2 Dotación estimada del agua en Cancún por zonas de la ciudad, 2003	123
Tabla 4.3. Análisis de la problemática del agua potable por zonas en Cancún, Quintana Roo	128
Tabla 4.4. Análisis de la problemática de las aguas servidas por zonas en Cancún, Quintana Roo, 2003	136
Tabla 4.5. Diferencias en las estadísticas sobre la cobertura del drenaje en Cancún, Quintana Roo, 2003	140
Tabla 4.6. Calidad del agua urbana de Cancún a partir de muestras de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos e índice trófico	146
Anexo 1. Tabla de densidad promedio de población por zonas de Cancún, Quintana Roo, 2003	172
Anexo 5. Tabla con los valores per cápita anuales de las variables del Indicador “uso y manejo del agua urbana” de la ciudad de Cancún, Quintana Roo, 2003	176

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2.1. Población rural y urbana de Latinoamérica y el Caribe, 1950-1995	14
Gráfica 4.1. Curva de demanda futura de agua de la Zona Metropolitana de Cancún	121
Anexo 2. Gráfica de densidad promedio de población por zonas de Cancún, Quintana Roo	173
Anexo 3. Gráfica por zonas con uso del suelo de las variables del Indicador “Uso y manejo del agua urbana” de la ciudad de Cancún, Quintana Roo, 2003	174
Anexo 4. Gráfica por zonas con usos del suelo de las variables del Indicador “Uso y manejo del agua urbana” de la ciudad de Cancún, Quintana Roo, 2003 en porcentaje	175
Anexo 6. Gráfica de las variables del indicador “uso y manejo del agua urbana” de la ciudad de Cancún, Quintana Roo a partir del análisis de los sistemas de abastecimiento de agua potable, 2003	177
Anexo 13. Gráfica de las variables del indicador “uso y manejo del agua urbana” de la ciudad de Cancún, Quintana Roo a partir del análisis de los sistemas de tratamiento y desalojo de aguas servidas, 2003	184
Anexo 17. Gráfica de producción de lodos residuales por zonas con usos del suelo en la ciudad de Cancún, Quintana Roo, 2003	188

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1.1. Localización de la ciudad de Cancún, Quintana Roo	5
Mapa 4.1. Mecanismos de incorporación de tierra a la mancha urbana en Cancún, Quintana Roo, 2003	99
Mapa 4.2. Usos del suelo en Cancún, Quintana Roo, 2003	102
Mapa 4.3. Estructura urbana de Cancún Quintana Roo, 2003	103
Mapa 4.4. Densidad de población en Cancún, Quintana Roo, 2003	106
Mapa 4.5. Zonas de pozos de extracción para agua potable de Cancún, Quintana Roo, 2003	122
Mapa 4.6. Cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003	125
Mapa 4.7. Dotación de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003	127
Mapa 4.8. Problemática del agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003	130
Mapa 4.9. Cobertura de los sistemas de tratamiento y desalojo de aguas servidas en Cancún, Quintana Roo, 2003	134
Mapa 4.10. Problemática de las aguas servidas en Cancún, Quintana Roo, 2003	142
Anexo 7. Mapa de consumo de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003	178
Anexo 8. Mapa de consumo de agua potable (en porcentaje) de Cancún, Quintana Roo, 2003	179
Anexo 9. Mapa de pérdidas de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003	180
Anexo 10. Mapa de pérdidas de agua potable en porcentaje en Cancún, Quintana Roo, 2003	181
Anexo 11. Mapa de producción de aguas servidas en Cancún, Quintana Roo, 2003	182
Anexo 12. Mapa de producción de aguas servidas (en porcentaje) de Cancún, Quintana Roo, 2003	183
Anexo 14. Mapa de la problemática de las aguas servidas (en porcentaje) de Cancún, Quintana Roo, 2003	185
Anexo 15. Mapa de producción de lodos residuales en Cancún, Quintana Roo, 2003	186
Anexo 16. Mapa de producción de lodos residuales (en porcentaje) en Cancún, Quintana Roo, 2003	187

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Tipificación general de usos del suelo para el proceso de modelado gráfico, Cancún	32
Figura 2.2. Representación de los objetivos del desarrollo sustentable, según Dourojeanni	47
Figura 2.3. Lugar de encuentro de los Principios y políticas de la sustentabilidad urbana	57
Figura 4.1. Modelo conceptual de funcionamiento hidromecánico del acuífero de la Zona Norte de Quintana Roo	118
Figura 4.2. Supermanzana 18, Cancún, Zona habitacional de nivel económico alto	135
Figura 4.3. Supermanzana 64, Cancún, Zona habitacional de nivel económico bajo	135
Figura 4.4. Planta de tratamiento de aguas residuales <i>Poktapok</i> . Zona hotelera, Cancún	145
Figura 4.5. Planta de tratamiento de aguas residuales “Norte”. Ciudad Cancún	145

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 4.1. Esquema de relaciones entre los actores que intervienen en la estructura urbana y el uso y manejo del agua urbana en Cancún, Quintana Roo, año 2003	111
Diagrama 4.2. Modelo de uso y manejo del agua urbana (Agua Potable y Aguas Servidas) de Cancún, Quintana Roo	119

ABREVIACIONES

AGUAKAN. Empresa privada concesionaria de los servicios de agua urbana.

ABJ. Ayuntamiento de Benito Juárez.

AGEB. Área Geo-estadística Básica, unidad Básica del INEGI.

BMO-FONATUR. Baja Mantenimiento y Operación.

CAPA. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo.

CNA. Comisión Nacional del Agua.

DS. Desarrollo Sustentable.

DUS. Desarrollo Urbano Sustentable.

FONATUR. Fondo Nacional de Fomento al Turismo.

GEQROO. Gobierno del Estado de Quintana Roo.

G.F. Gobierno Federal.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INFOVIR. Instituto del Fomento a la Vivienda y Regulación de la Tierra de Quintana Roo.

INVIQROO. Instituto de Vivienda de Quintana Roo.

SLN. Sistema Lagunar *Nichupté*.

PDDUC. Programa de Desarrollo Urbano de Cancún.

Z.H. Zona Hotelera.

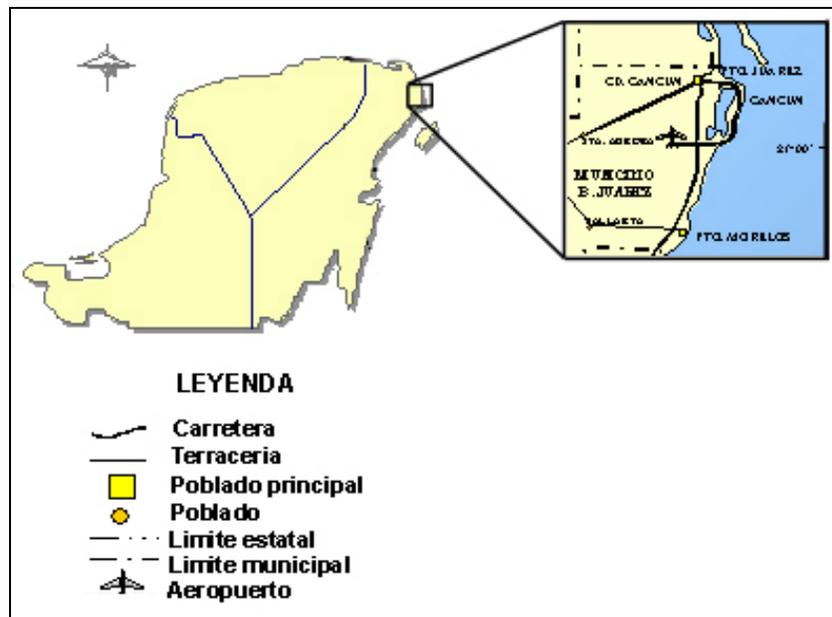
“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

I. INTRODUCCIÓN

I.1. Antecedentes y área de estudio

La ciudad de Cancún (Mapa 1.1), ubicada en la Península de Yucatán, México representa un caso fuera de serie en lo que respecta al estudio no sólo de ciudades nuevas, sino también del crecimiento demográfico y las afectaciones al medio ambiente, pues pasó de 426 a 405,339 habitantes entre 1970 y 2000, (INEGI, 2000). A principios de este siglo, el municipio de Benito Juárez contaba con el 48% de la población total del estado de Quintana Roo; y Cancún, su capital, alcanzó una tasa media de crecimiento anual del 9.22% para el mismo periodo, ocupando con esto el segundo lugar en crecimiento a nivel nacional, siendo sólo superada por la ciudad de Playa del Carmen, también en Quintana Roo (INEGI, 2000) y con la cual tiene una estrecha relación. La actividad económica más importante del municipio es el turismo, siendo las actividades del sector primario poco significativas (Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004).



Mapa 1.1. Localización de la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Fuente: CNA, 2001 a.

La ciudad de Cancún se ubica en el estado de Quintana Roo, que se encuentra mayormente cubierto por selva mediana sub-perennifolia y cuenta con bellas playas, cenotes y lagunas entre las que destaca la laguna *Nichupté*. El sustrato geológico de la zona está formado por rocas calizas altamente permeables y su máxima elevación sobre el nivel del mar de 10 metros. La región cuenta con un clima cálido y sub-húmedo con lluvias en verano e invierno y se encuentra en una zona de alta incidencia de huracanes (Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; UADY, 1999).

En Cancún, que fue anunciado como El primer desarrollo turístico integralmente planeado de México, se utilizó un modelo de desarrollo urbano que contemplaba dos áreas, que son la zona hotelera para la residencia temporal de los turistas, que se extiende a todo lo largo de la isla de barrera, y la ciudad de Cancún en tierra firme, para residencia de la población permanente que soporta a la anterior. En la realidad se pueden identificar otras zonas, tales como los asentamientos de creación espontánea tanto al suroeste como al norte de la ciudad de Cancún, en el corredor carretera Mérida-Puerto Juárez; y los asentamientos denominados Ejido Alfredo V. Bonfil y Puerto Juárez que ya existían con anterioridad, siendo el primero el más reciente. En su mayoría estas zonas han sido ocupadas por los segmentos de población de ingresos bajos (Arnaiz y Dachary, 1994), lo que ha creado una marcada segregación y fragmentación urbana del equipamiento e infraestructura (García y Córdoba, 2002 a), así como problemas sociales y ecológicos.

Económicamente hablando, Cancún ha sido un éxito hasta ahora, aunque en los últimos años factores exógenos como son la modalidad del turismo, la competencia con

otros sitios turísticos, sin mencionar los efectos del huracán Gilberto, han hecho que el margen de rentabilidad de la actividad turística haya disminuido, lo cual afecta a la población local que tiene en la actividad turística el eje de su economía y de esta dependen prácticamente todas las demás actividades económicas de la ciudad (Hiernaux, 1999; Wiese, 1996).

El proceso de urbanización de Cancún comparte características comunes con prácticamente todas las ciudades contemporáneas de países en vías de desarrollo, es decir, un patrón de segregación urbana, inmigración masiva, crecimiento explosivo, existencia de grandes zonas “marginadas” dentro y en la periferia de la ciudad, demanda de grandes cantidades de recursos, agua, energía y producción de gigantescas cantidades de desechos y contaminación (Dickenson, 1985).

Cancún es un buen caso para estudiar la sustentabilidad urbana, pues se ve afectada en formas muy complejas por problemas ambientales cuyo surgimiento, así como el funcionamiento del sistema urbano, dependen de la interacción de sus componentes naturales, sociales, construidos y económicos. Los problemas ambientales urbanos de Cancún, al igual que en cualquier ciudad, amenazan aspectos como la salud de sus habitantes y las actividades económicas y seguramente son factores negativos que afectan zonas distantes de la ciudad como es el caso de la contaminación de las aguas que servirán a otro asentamiento humano aguas abajo.

El análisis de la sustentabilidad urbana implica estudiar el medio ambiente urbano de manera integral y a diferentes escalas, es decir, considerando todas las interrelaciones de sus aspectos ambientales, económicos, sociales y en muchos casos

institucionales. Esto supone estudios multidisciplinarios desarrollados en largos periodos de tiempo, sin embargo, existen alternativas como el abordar una problemática urbana específica desde la perspectiva de la sustentabilidad, a la que posteriormente se le pueden ir sumando otros estudios para así finalmente integrar todas las investigaciones en un análisis integral de sustentabilidad urbana. La estrategia descrita fue utilizada para abordar el estudio de la sustentabilidad urbana de Cancún. Es así que, después de analizar los problemas ambientales de la ciudad de Cancún se identificó la problemática del agua urbana (agua potable y aguas servidas) como factor determinante en su sustentabilidad debido a que tiene implicaciones directas con los aspectos que integran el concepto del desarrollo sustentable.

I.2. Justificación

La ecología humana tiene como una de sus ramas de trabajo el estudio del uso que los seres humanos hacemos del medio ambiente y sus recursos, por lo que en la presente tesis se analiza el uso de un recurso que es primordial en todo ecosistema, el agua. El ecosistema o medio ambiente seleccionado es el urbano debido a que en la actualidad es el que concentra a más de la mitad de la población mundial y en específico la ciudad de Cancún, la cual es un caso único debido a su corta vida, pero gran magnitud y complejidad urbana.

El discurso sobre la sustentabilidad urbana está actualmente en construcción por teóricos alrededor de todo el mundo. Sin embargo, importantes instituciones como la Organización de las Naciones Unidas, han identificado aspectos determinantes en la

sustentabilidad de cualquier asentamiento humano, como el agua potable y las aguas servidas que en esta tesis las hemos conjuntado bajo el título “agua urbana”. El presente trabajo aborda el uso en Cancún del agua urbana desde el paradigma de la sustentabilidad y lo contextualiza dentro del proceso de urbanización seguido en la localidad.

A partir de los anteriores párrafos, además de que no se ha desarrollado otro estudio similar acerca de Cancún (hasta donde se tiene conocimiento) se justifica la relevancia de la presente tesis, la cual utilizará el poder explicativo que la problemática del uso y manejo del agua urbana tiene y que envuelve aspectos económicos, socioculturales, ambientales e incluso institucionales para valorar si el desarrollo de Cancún se apega a un criterio de sustentabilidad o no.

I.3. Hipótesis

El uso y manejo del agua urbana actual en Cancún, Quintana Roo evidencia patrones de insustentabilidad urbana debido a que el desempeño individual y conjunto de sus componentes (factores sociales, económicos y ambientales) presentan tendencias al deterioro.

I.4. Objetivo general

Evaluar la sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo, a partir del desarrollo y análisis del indicador “uso y manejo del agua urbana”.

I.5. Objetivos particulares

1. Establecer, cartografiar y modelar las características de la estructura urbana de Cancún a partir de la interacción entre los actores sociales actuales.
2. Establecer, cartografiar y modelar el uso y manejo del agua urbana en Cancún a partir de la interacción entre los actores sociales, la estructura urbana de la ciudad y el medio ambiente.
3. A partir del objetivo anterior, evaluar si el uso y manejo del agua urbana de Cancún evidencia patrones de sustentabilidad urbana o no, es decir, si este uso y manejo:
 - desperdicia y contamina el recurso hídrico, afectando así al medio ambiente y comprometiendo la viabilidad del turismo que es la actividad económica principal de la ciudad y
 - es o no equitativo, en términos sociales y económicos.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. El ambiente urbano en México y Latinoamérica y sus modelos de análisis

Existen importantes discusiones epistemológicas acerca del hecho urbano. El concepto de ciudad se ha definido a partir de la cantidad y densidad de población, morfología, división del trabajo etcétera, así como también se le considera como expresión y soporte de “la civilización” (Ducci, 2001). Por su parte Hiernaux (2001) refiere la ciudad a “la calidad de vida y a la permanencia de principios de identidad a lo urbano”, es decir a un estilo de vida urbano y toma como ejemplos la *civita* romana y la *polis* griega, sin embargo, el estilo de vida urbano occidental “moderno”, el cual además se ha generalizado rápidamente en el mundo, es muy diferente y tiene resultados diferenciados en todos los elementos que se podrían considerar como parte del concepto de calidad de vida.

La urbanización es definida como el aumento en la proporción de la población urbana y el aumento de poblados urbanos en un territorio, teniendo una relación directa con el crecimiento económico en puntos específicos del territorio (Dávila, 1998). Por su parte, el desarrollo urbano o proceso de urbanización sería el conjunto de características sociales, económicas, culturales, ambientales, etcétera que describen cómo se da este aumento de población y poblados urbanos.

En fechas recientes se ha buscado construir el concepto de ecosistema urbano a partir de la transferencia a las ciudades de conceptos tomados de la ecología. Es así que las ciudades se han empezado a ver como nodos de flujo de materia y energía, sistemas abiertos no autosuficientes, etcétera (Odum, 1992). Esta concepción implica serios riesgos si se reduce la realidad urbana que es compleja a modelos explicativos

forzados (Fernández, 1994). El hecho urbano actual es complejo en cuanto a sus componentes y procesos, así como en sus materializaciones formales, por eso en su estudio es necesario:

1. Conocer un repertorio amplio de modelos urbanos, así como sus justificaciones teóricas, y
2. Utilizar un concepto más holístico que permita analizar de manera integral todos los componentes del hecho urbano.

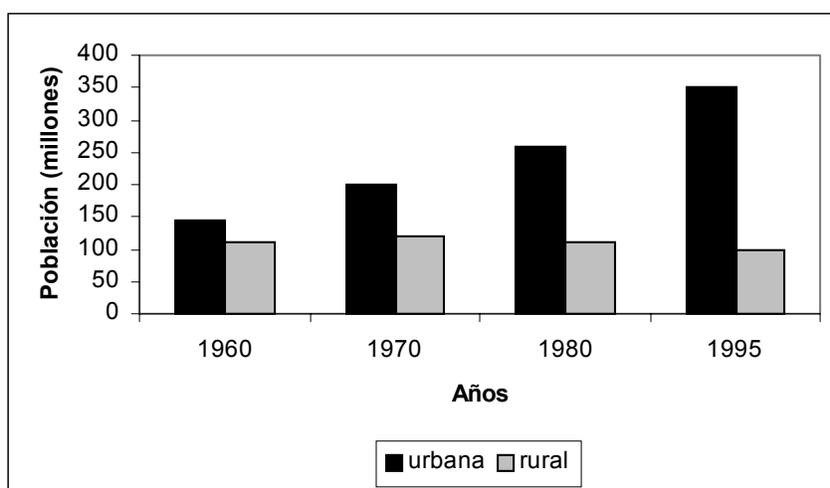
En este orden de ideas el medio ambiente urbano es un concepto adecuado que integra los elementos naturales, aquellos transformados por el hombre y las actividades económicas, de distribución de servicios y sociales que se encuentran en constante interacción (González y Romero, 2001).

II.1.1. Procesos de urbanización en los países latinoamericanos y México a principios del siglo XXI

La discusión sobre el medio ambiente urbano actual en México y Latinoamérica se contextualiza en los procesos de urbanización más cercanos, los cuales han pasado por varias etapas, siendo la más reciente la de la globalización de la corriente económica neoliberal (Garza, 1999; Hiernaux, 2001).

En la década de 1940, México y Latinoamérica tenían con pocas excepciones un perfil demográfico rural el cual empezó a cambiar rápidamente a partir de la Segunda Guerra Mundial. Los gobiernos de los países latinoamericanos vieron en la industrialización y el establecimiento de nuevos polos de desarrollo (zonas agrícolas mecanizadas, mineras, turísticas, etcétera) la fórmula para desarrollar sus economías.

En algunos casos las políticas proteccionistas también formaron parte de las estrategias nacionales. Estas políticas tuvieron profundos efectos pues reorganizaron la región al concentrar población en algunos puntos del territorio (Gráfica 2.1). Esta situación tuvo como algunas de sus consecuencias la reafirmación y creación de zonas ganadoras y perdedoras, desequilibrios en la jerarquía urbana regional, así como un aumento en la afectación de ciertos recursos naturales (Dávila, 1998; Garza, 1999).



Gráfica 2.1. Población rural y urbana de Latinoamérica y el Caribe, 1950-1995. Fuente: Dávila, 1998.

Por su parte la región sureste de México, donde se encuentra Cancún, comparte con el patrón ya descrito la característica fundamental del paso de un esquema rural a otro urbano, pero con la particularidad de tener una preponderancia en las actividades terciarias, en particular del turismo. Este cambio no sólo afectó a los pequeños asentamientos rurales ya existentes, sino que principalmente implicó la creación de nuevas ciudades, como Cancún y Playa del Carmen.

La planeación urbana en los países latinoamericanos es una herramienta que ha sido utilizada por los gobiernos de la región en su intento por organizar y controlar las

actividades y problemas que se han producido como consecuencia del modelo de desarrollo seguido (Iracheta, 1997). Sin embargo, los logros de esa planeación han sido parciales y en algunos casos se han creado nuevos problemas debido a los límites que la ideología capitalista le impone al desarrollo urbano.

De manera general, pero sobre todo diferencial la población de las ciudades mexicanas y latinoamericanas ha experimentado una mejoría en sus condiciones de vida que se ha reflejado en acceso a servicios de salud, educación, aumento en la esperanza de vida, etcétera (Dávila, 1998). Sin embargo, también se han acumulado diferencias abismales en lo que respecta a la calidad de vida de los habitantes de las mismas siendo su rasgo más característico “la marginación”¹ (Dickenson, 1985). Es importante darnos cuenta que “la marginación” y la pobreza son resultado de aspectos económicos, sociales y políticos (UN-HABITAT, 2003 a), es decir, del modelo de desarrollo seguido en la región y al mismo tiempo son causa de problemas ambientales que han creado verdaderos círculos viciosos, los cuales representan un reto muy grande a resolver para la sociedad latinoamericana actual y futura.

El neoliberalismo económico que desde las dos últimas décadas del siglo XX se ha impuesto como modelo de desarrollo en los países de la zona representa una nueva dimensión en el proceso de urbanización y organización regional latinoamericano que ha traído nuevos problemas ambientales y retos en la gestión del medio ambiente urbano. Algunas de las materializaciones de la globalización en la región son el

¹ Algunos autores sostienen que “la marginación” no existe como tal, pues a un estas zonas o sectores “marginados” interactúan con el resto de los componentes del sistema urbano y por lo tanto no están “marginados” o hechos a un lado.

reforzamiento del esquema de desarrollo económico en puntos específicos en los que, de acuerdo a sus características y potencial económico el capital y la población se concentran; la creación de redes de ciudades; la creciente hegemonía de las actividades terciarias en las economías de las ciudades y la sustitución del Estado por el mercado en el control de los procesos de desarrollo y satisfacción de necesidades básicas (Banco Mundial, 2002; Borja y Castells, 1997; Garza, 1999; Hiernaux, 2001).

II.1.2. Calidad del medio ambiente urbano en México y Latinoamérica

Según la agenda del programa UN-HABITAT de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), a nivel mundial los problemas ambientales más serios que afectan a las ciudades son: inadecuados recursos financieros; déficit de oportunidades de trabajo; aumento de personas sin hogar y asentamientos irregulares; incremento de la pobreza y aumento de la brecha social entre ricos y pobres; aumento en la inseguridad y crimen; inadecuada y deteriorada existencia de edificios, servicios e infraestructura; déficit en equipamiento recreacional, de educacional y de salud; uso inapropiado de la tierra; inseguridad en la tenencia de la tierra; aumento en el tráfico; incremento en la contaminación; inadecuado abastecimiento de agua y servicios de saneamiento; descoordinación en el desarrollo urbano e incremento en la vulnerabilidad a desastres.

Según el Banco Mundial (2003) en México y Latinoamérica la causa principal de todos los problemas mencionados en el párrafo anterior es el aumento indiscriminado

de la población urbana, y es que en esta región la población urbana aumentó en más de 200 millones de 1960 a 1995 (Dávila, 1998). En oposición a esta visión neomaltusiana otros autores buscan las causas en la disparidad del ingreso de los habitantes de la región, producto del modelo de desarrollo económico y urbano seguido (Dávila, 1998). En su aspecto ambiental, el rápido proceso de urbanización de Latinoamérica se tradujo en inadecuadas condiciones de salubridad, contaminación del medio ambiente y explotación y depredación de recursos naturales, que fueron posibles debido en parte, a la falta de marcos reguladores, planeación y supervisión adecuados (Dávila, 1998).

La contaminación del agua es uno de los problemas ambientales urbanos más graves de la región debido a las deficiencias y déficit de sistemas de tratamiento de aguas residuales. El 60% de la población de México y Latinoamérica no tienen acceso a servicios de alcantarillado, mientras el 90% de las aguas residuales son descargadas sin ningún tratamiento en diferentes tipos de acuíferos (Guimaraes, 1997). Con estos porcentajes no es extraño que muchos ríos hayan pasado a convertirse en drenajes a cielo abierto. La contaminación del agua puede ser ocasionada por fuentes inorgánicas u orgánicas. Un indicador de contaminación orgánica es el oxígeno disuelto (DBO_5) el cual se forma a partir de la descomposición de la materia orgánica. En México la norma oficial NOM-001-ECOL-1996 establece que el límite máximo permisible de DBO_5 en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales es de 30mg/l (CNA, 2002).

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

La excesiva explotación del recurso hídrico es otro aspecto importante relacionado al manejo del agua, así como la baja cobertura y eficiencia en los sistemas de distribución, sobre todo en las zonas periféricas de las ciudades de alto crecimiento. De hecho, se estima que unos 100 millones de personas que viven en ciudades latinoamericanas no tienen acceso alguno a los servicios de agua, saneamiento, etcétera (Dávila, 1998). La contaminación del aire es un problema relativamente nuevo, pero presente en la mayoría de las ciudades latinoamericanas. Sin embargo, la magnitud de contaminantes presentes son diferentes entre ciudades (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Calidad del aire en ciudades latinoamericanas selectas, 1990.

Ciudad	Contaminantes del aire					
	Dióxido de azufre	Partículas suspendidas	Plomo Atmosférico	Monóxido de Carbono	Dióxido de nitrógeno	Ozono
Buenos Aires	No hay datos	Moderado-pesado	Bajo	No hay datos	No hay datos	No hay datos
Cd. de México	Serio	Serio	Moderado-pesado	Moderado-pesado	Moderado-pesado	Serio
Río de Janeiro	Moderado-pesado	Moderado-pesado	Bajo	Bajo	No hay datos	No hay datos
Sao Paulo	Bajo	Moderado-pesado	Bajo	Moderado-pesado	Moderado-pesado	Serio

Fuente: Dávila, 1998. Notas: Bajo: baja contaminación, cumpliendo de manera normal los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Moderado-pesado: los lineamientos de la OMS se exceden en uno de dos factores. Serio: los lineamientos de la OMS se exceden en más de uno de dos factores.

El manejo y disposición final de desechos sólidos en las ciudades mexicanas y latinoamericanas crean problemas ambientales que afectan a todos los estratos de la población por sus implicaciones en la salud humana. La recolección de desechos sólidos es deficiente y no llega a cubrir toda la basura producida, como lo reportan investigaciones llevadas a cabo en la ciudad de Guatemala y Bogotá, según las cuales

en años recientes sólo una tercera y quinta parte del total de desechos eran recolectadas, respectivamente, siendo el destino del resto los tiraderos clandestinos u hogueras a cielo abierto (Dávila, 1998). Otro aspecto importante a considerar en el análisis y solución de este problema es la búsqueda de lugares y tecnologías adecuadas para la ubicación de los sitios de disposición final. En su vertiente socioeconómica el medio ambiente urbano latinoamericano también se encuentra en graves problemas debido nuevamente al modelo de desarrollo urbano seguido. Aquí el problema más grave es la pobreza urbana la cual en 1990 afectaba a más de 117 millones de personas en la región, (CEPAL, 1993 mencionado en Guimaraes 1997). Otro problema social presente en las ciudades desde ya hace mucho tiempo, pero que en últimas fechas se ha exacerbado a niveles peligrosos, es la segregación de la población, la cual se refleja en la diferenciación en la calidad de servicios, vivienda, niveles de seguridad, etcétera (Castells, 1997). Sólo en Latinoamérica y el Caribe se calcula que 128 millones de residentes urbanos (31.9% de la población urbana total de la región) viven en zonas donde se experimentan los estragos de la segregación y marginación (UN-HABITAT, 2003 b).

A pesar de este panorama sombrío los problemas urbanos en México y Latinoamérica no son consecuencia obligada de la urbanización tanto entre ciudades como al interior de una misma ciudad (Banco Mundial, 2003). Este desempeño ambiental urbano diferencial es relacionado con el grado de desarrollo (Tabla 2.2). En este mismo orden de ideas, Orishimo (1982 citado en Finco y Nijkamp, s.f.) sostiene que no hay una relación directa entre el tamaño de las ciudades y el grado de degrada-

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Tabla 2.2. Problemas ambientales urbanos y situación de acuerdo con el grado de desarrollo de la ciudad.

Zona del problema	Estrato bajo	Estrato medio-bajo	Estrato medio-alto	Estrato alto
Servicio de suministro de agua	Baja cobertura, elevada contaminación bacteriana, cantidad inadecuada para la higiene.	Bajo acceso por parte residentes pobres y vecindarios informales	Confiable por lo general, pero creciente demanda causa escasez en el suministro del recurso	Suministro adecuado pero elevado consumo total; cierta preocupación con contaminantes residuales
Saneamiento	Cobertura muy baja, defecación abierta en algunos vecindarios y baja relación sanitarios públicos-residentes; alto riesgo de enfermedades diarreicas	Mejor cobertura de letrinas y sanitarios públicos; pero mal mantenidos; baja cobertura de alcantarillado	Mejor acceso a servicios sanitarios mejorados, pero todavía un elevado número de residentes en las grandes ciudades no está cubierto, la mayor parte de las descargas de aguas servidas no está tratada.	Plena cobertura; la mayor parte de las aguas servidas reciben tratamiento.
Recursos hídricos	Mezcla de drenaje de agua usada y agua de lluvia hacia cuerpos de agua limpia, causando contaminación bacteriana y sedimentación	Riesgo de contaminación de aguas subterráneas debido a letrinas mal mantenidas y aguas servidas sin tratar	Pozos privados extraen el agua subterránea; contaminación severa por causa de descargas industriales y municipales	Altos niveles de controles de afluentes y tratamiento para reducir la contaminación

Fuente: Banco Mundial, 2003. Nota: Las ciudades se agrupan por producto estimado de ciudad (ingreso promedio de ciudad calculado mediante métodos de cuentas nacionales). La muestra es de ciudades (incluyendo países de la OCDE) con datos disponibles y no es estadísticamente representativa. El ingreso bajo se define como producto ciudad por debajo de US \$750 *per cápita* al año; ingreso medio-bajo: US \$751-2,499; ingreso medio-alto: US \$2,500-9,999; ingreso alto, superior a US \$10,000.

ción ambiental que sufren, sino más bien ésta se relaciona con el uso del suelo, el sistema de transporte y el arreglo espacial de la ciudad que son factores importantes de cualquier modelo de desarrollo urbano.

II.1.3. Segregación y fragmentación urbana

El fenómeno de la segregación urbana que se da en las ciudades contemporáneas y en especial en las ubicadas en países en vías de desarrollo ha sufrido cambios cuantitativos y cualitativos en lo que respecta a sus características y causas. En las ciudades antiguas la segregación urbana se daba respecto a la ubicación tanto dentro de la mancha urbana de barrios según su origen étnico, como de las personas dentro de los edificios o complejos habitacionales. En la actualidad la segregación urbana (que sigue teniendo su variante respecto a la procedencia étnica) responde más a aspectos económicos, de modernización y la aparición de un nuevo fenómeno denominado fragmentación urbana que tiene como resultado una desintegración social, llamada “archipelización” (Prévot, 2001) a través del surgimiento de nuevas zonas especializadas con desequilibrios de infraestructura y equipamiento, así como fenómenos de privatización de servicios urbanos. En su conjunto, esta situación refuerza la aparición de nuevas jerarquías que rompen los antiguos patrones de organización y funcionamiento de las ciudades (centro-periferia, norte-sur, etcétera), en especial los esquemas de integración social, vecindad-solidaridad y la valorización del espacio público (Prévot, 2001; Zoido, 2000).

La fragmentación urbana es relativamente nueva, pues aparece a partir de década de 1940, cuando ciertas ciudades empezaron a experimentar nuevos esquemas de crecimiento económico, pero también a la importación de modelos urbanos como *“the intimate society”* de Europa y EUA. También, la disminución de la clase media y los procesos de informalización de las fuentes de trabajo en las ciudades están directamente relacionados con la fragmentación urbana, pues la disminución en los estándares de calidad de vida de la población afectada (exclusión del seguro social, beneficios laborales, etcétera) se refleja en el surgimiento de fenómenos sociales, cambio de estrategias de supervivencia y, por supuesto, en el espacio urbano. En todo el mundo, pero de manera especial en América Latina y México, este patrón de urbanización ha aumentado junto con el número de ciudades, pasando de unas cuantas ciudades muy grandes a muchas ciudades intermedias que experimentan etapas de crecimiento económico; a este fenómeno Lopes de Souza (2001) lo denomina sub-urbanización extendida, la cual viene acompañada por la denominada desconcentración metropolitana que se refuerza por las mejoras en los campos del transporte y la comunicación, lo que a su vez resulta en una desconcentración de actividades, aunque no necesariamente económica y administrativa. La desconcentración, aunque supondría un alivio para las grandes metrópolis en lo que respecta a sus altos niveles de pobreza y conflictos sociales, también significa la migración de importantes sectores de la población, así como la aparición de segregación y fragmentación urbana de una manera más generalizada en el territorio. A este conjunto de síntomas urbanos Lopes de Souza (2000) los denomina crisis

metropolitana. Actualmente la estructura, organización y funcionamiento de las ciudades no se puede explicar sin la utilización en conjunto de estos conceptos.

Existen dos tipos de segregación urbana. La primera, denominada segregación social, es definida por Zoido (2000) como la separación de la población dentro de la ciudad de acuerdo a sus características socioeconómicas, étnicas o sociales. La segunda, llamada segregación funcional se refiere a la diferenciación especializada en el uso del suelo. Sin embargo, para Castells (1997) la segregación urbana es simplemente la división social reflejada en el espacio urbano. En países en vías de desarrollo la segregación urbana se acompaña de problemas complejos, como la inadecuada dotación de equipamiento, infraestructura y la vulnerabilidad a desastres naturales o provocados por el hombre en detrimento de la calidad de vida y seguridad de la población (Dickenson, 1985). Según Zoido (2000) las pautas de la segregación socioeconómica se funden con la naturaleza del suelo urbano, de tal modo que en los lugares más alejados del centro de la ciudad o de peor calidad es donde cabe hallar la mayor segregación urbana. El resultado de la segregación urbana es la desarticulación visual y funcional de la ciudad, que impacta en la manera en que ésta es entendida por sus habitantes, de aquí surgen las asociaciones que los habitantes hacen acerca de su fracaso o éxito económico, pues la segregación urbana se relaciona con status dentro de la comunidad (García y Pérez 1995).

La fragmentación urbana, como ya se ha empezado a esbozar, supone la desintegración del conjunto urbano en múltiples unidades que incluyen el mercado del trabajo, sistema de transporte, autoridad ciudadana, vivienda, etcétera, pero también

una involución del centro de la ciudad. La fragmentación urbana expresa una disociación social de las partes en relación con un conjunto urbano, una ruptura que puede llegar a la autonomía total, una fragmentación de la sociedad urbana como unidad y su reemplazo por una serie de territorios marcadamente “identitarios” (Prévot, 2001). Esta fragmentación también se plasma en un nuevo esquema de proximidad geográfica y distancia social entre ricos, pobres, nuevos pobres, etcétera, pero en espacios herméticamente cerrados, lo que establece relaciones asimétricas entre las partes de la ciudad. Lo anterior queda demostrado, por ejemplo, con la situación actual de las zonas empobrecidas del Brasil donde el aumento de la violencia y el miedo a la inseguridad han obligado a cambiar patrones de desplazamiento entre los habitantes de las mismas (Lopes de Souza, 2001).

Por otra parte en numerosos trabajos como el de Jon Bitoum (citado en Prévot, 2001) la noción de fragmentación está igualmente asociada al proceso de creación de territorios *ad hoc* o barrios de exclusión (condominios exclusivos en Brasil) en los que se despliegan las nuevas políticas sociales. Para Lopes de Souza (2001) los factores que han contribuido a la segregación y fragmentación (tomando como caso de estudio Brasil y en especial las clases socioeconómicas altas) son:

1. Un paisaje urbano crecientemente caracterizado por la pobreza y la informalidad.
2. El deterioro de la calidad de vida en los distritos élites, reflejada en mala infraestructura o su saturación, alta densidad habitacional y contaminación.
3. El deseo de una mayor exclusividad social.

4. El deseo de vivir en un ambiente más limpio y seguro.

En resumen, el fenómeno de fragmentación social (o fragmentación sociopolítica para Lopes de Souza) se da en toda la mancha urbana exacerbando los contrastes entre los diferentes estratos socioeconómicos de la sociedad citadina (Prévot, 2001). Esta fragmentación va acompañada del concepto de ciudad dual, una y otro acentuados por las nuevas formas de estructuración económica, privatización, concesión e inclusive la globalización. El concepto de ciudad dual se basa en la hipótesis de que las evoluciones económicas que caracterizan las grandes metrópolis, especialmente las *global cities* implican un declive de las clases medias que en gran medida habían constituido la ciudad “fordista”, es decir de la polarización entre ricos y pobres en la sociedad. La fragmentación urbana tiene como resultado la modificación de los usos y las prácticas de la ciudad, aunque algunos autores sostienen que es más operativo que el antiguo esquema centro-periferia (Prévot, 2001).

Las ciudades nuevas, ya sean espontáneas o planificadas, presentan las mismas características de segregación y fragmentación urbana que las ciudades antiguas; o sea que son producto de la modernización y del modelo económico imperante. Lo importante a resaltar en el caso de las ciudades nuevas planificadas (como Cancún) es la manera sistemática en que los urbanistas aplican de manera discrecional la segregación y la fragmentación como elementos primordiales del diseño, pues con ello quieren evitar interacciones entre grupos que presenten diferencias básicamente de carácter socioeconómico y cultural y también por intereses económicos.

II.1.4. Modelos urbanos

Un modelo urbano es, por un lado, una formulación analítica simplificada de la realidad urbana existente que facilita su análisis desde diversas perspectivas o la intervención sobre ella. Por otro lado, es un orden deseado para una ciudad como opción de futuro que pretende corregir los problemas y desajustes generados en el presente (Zoido, 2000). Estos modelos se estudian desde perspectivas que se enfocan en sus aspectos estructurales, funcionales, socio-económico o históricos y se pueden organizar en modelos explicativos, históricos o ideales. Los modelos descriptivos tienen como objetivo explicar los mecanismos, procesos y actores que participan en la construcción del ambiente urbano, dentro de esta categoría han surgido diferentes propuestas como la de Burgess y Hoyt que pertenecieron a la corriente ecologista de la escuela de Chicago, la de Castells, de la escuela francesa y la de Harris-Ullman, que sostiene que las ciudades disponen de centros múltiples que se atraen y vinculan entre sí mediante el transporte. Por otra parte, los modelos históricos resaltan las características de los asentamientos urbanos haciéndolos coincidir con las etapas previas, contemporáneas y posteriores a la revolución industrial, dado que ésta marcó cambios importantes en las ciudades, afectando así a sus habitantes. Finalmente los modelos ideales representa la búsqueda de un orden en el funcionamiento y estructura de la ciudad, la sociedad y sus relaciones (Zoido, 2000).

Actualmente en las ciudades se están dando combinaciones de fenómenos urbanos nuevos y antiguos, como el explosivo crecimiento demográfico, la segregación y fragmentación urbana, la globalización que ha tenido como consecuencia la

disminución de los trabajos formales bien remunerados y por ende la existencia de altas tasas de empleo informal, frecuentemente mal pagado, entre otros, que, en conjunto, están generando nuevos modelos de ciudad como el de ciudad dual de Prévot (2001) que señala la polarización entre las características tanto de la ciudad como de sus pobladores. Entre los nuevos modelos urbanos que incluyen la creación de ciudades como resultado de políticas urbanas nacionales podemos encontrar la propuesta de ciudades implantadas fuera de regiones urbanizadas con la intención de aminorar los impactos negativos producto de la urbanización o aprovechar nuevas fuentes de recursos; ciudades que surgen en regiones urbanizadas pero sin continuidad con la mancha urbana, para casos donde la dependencia económica es fuerte, pero se quiere evitar una aglomeración excesiva y las unidas a las manchas urbanas existentes, que pueden ser satélites o de tipo dormitorio. El tamaño de las ciudades nuevas se ve influido por su vocación, las ciudades existentes o la creación de otras ciudades nuevas (Galanta, 1997).

Por su parte, los modelos de estructura urbana² utilizados en zonas turísticas siempre han considerado en su diseño indicadores como los recursos turísticos existentes, el contexto, la secuencia del desarrollo, la organización espacial y la variación de acuerdo al mercado (Zoido 2000). Otros modelos, aunque no de estructura, hacen énfasis en el desarrollo de las zonas turísticas desde una perspectiva espacio-temporal, como el modelo de Gormsen o en aspectos económicos, como el de Peck y Leping, que plantea que un crecimiento lento de la actividad turística posibilita no sólo

una mayor participación local en el financiamiento y desarrollo de actividades económicas inducidas, sino el control del desarrollo y la menor gravedad de los impactos socioeconómicos (Vera, 1997). En contraste, Callizo (s.f.) afirma que no hay un paradigma de las morfologías y procesos, ya que, en un mismo tramo litoral se pueden dar combinaciones de distintos factores específicos con notables diferencias.

Los modelos urbano-turísticos se pueden clasificar según su origen, su ubicación y su funcionalidad y estructura. De acuerdo a su origen, las ciudades turísticas pueden ser de carácter espontáneo o planeado, también llamadas integrales. Los desarrollos turísticos espontáneos se caracterizan por surgir a partir de ciudades ya existentes, en las cuales aparece la demanda del servicio turístico como resultado de esfuerzos individuales que disparan el crecimiento de la población. En estos centros el ordenamiento urbano es de carácter *a posteriori*. Por su parte, los asentamientos planeados o integrales pueden ser de distintos tamaños, pero se caracterizan por planificar el ordenamiento urbano *a priori*, o sea antes de la construcción de la infraestructura de la ciudad; en el caso de grandes centros urbanos esta tarea ha sido responsabilidad del gobierno. Estos asentamientos humanos pueden tener diferentes enfoques dependiendo del tipo de clientela a la que estén dirigidos (Zoido, 2000; Vera, 1997; Callizo, s.f.). De acuerdo a su ubicación, las ciudades turísticas pueden ser: turística litoral costera y turística de tras-país, estas últimas pueden haber surgido a partir de aspectos de contaminación y agotamiento de ciudades turísticas litorales, de

² La estructura urbana es el arreglo físico del espacio urbano que incluye los aspectos de usos del suelo, características físico-ambientales del sitio y las socioeconómicas de la población.

políticas nacionales o del cambio en la preferencia de los turistas (Vera 1997; Zamorano, s.f.).

Los desarrollos urbano-turísticos puede ser enfocados a un turismo de masas, de carácter extensivo, o no. Desde este punto de vista la subdivisión de Callizo (s.f.) es muy ilustrativa al dividir los desarrollos de este tipo en integral-extensivo y espontáneo-extensivo. Los centros integrales-extensivos son centros artificiales creados en ambientes con vocación previa distinta, con un precio de suelo muy elevado, donde se ubican hoteles de gran turismo. Sus estructuras espaciales pueden ser poli-nucleares en cuanto a alojamiento y trabajo se refiere. La morfología de algunas de sus zonas adopta rasgos estereotipados de superficie de agua, puerto deportivo y equipamiento que normalmente son puestos por un grupo limitado de promotores y se olvida del tras-país. Los centros espontáneos-extensivos sufren de un crecimiento rápido desordenado producto del cambio de actividades económicas; estos asentamientos también se olvidan del tras-país y pueden presentar diversas estructuras espaciales como, por ejemplo, las bipolares (playa-centro urbano) o poli-nucleares en cuanto a alojamiento, trabajo, diversión, atractivos etcétera; en ellos la anarquía y la improvisación son constantes. El esquema urbano poli-nuclear en cuanto a los atractivos turísticos, de diversión, y del alojamiento es importante en cuanto que condiciona los desplazamientos de los turistas y los pobladores locales, la interacción o no entre ellos, la segregación y el acceso a los bienes del paisaje tanto urbano como natural, mismos que suelen también ser vistos como externalidades, dado que inciden en la calidad de vida y bienestar de los individuos.

De manera general, se puede decir que los centros poli-nucleares favorecen la segregación urbana, que puede ser producto de la geomorfología del lugar y/o tamaño de la ciudad (Vera 1997; Pierre y Giotart, 1991). Los desarrollos urbano-turísticos maduros presentan problemas de saturación y obsolescencia lo cual los ha llevado a estados de reestructuración y diversificación de las mismas. Es así que, a partir de estas problemáticas, han surgido modelos reestructurados o alternativos, como son los centros puntuales fuera de los centros urbanos, que niegan la estructura urbana y adquieren independencia. Algunas de sus categorías son los hoteles “todo incluido”, tiempo compartido, cohabitación, etcétera. Según Vera (1997), estos centros son nuevas versiones de estandarización y masificación, puesto que las soluciones son idénticas en casi todos los destinos maduros. Si no son vigiladas, estas tendencias de reestructuración pueden ser contraproducentes, pues crean más competencia, privatizan el paisaje y mantienen el modelo de reparto injusto de la riqueza. Otras dos aproximaciones que han adoptado muchos destinos turísticos maduros son la creación de parques temáticos y la incorporación del concepto de sustentabilidad en sus modelos (una discusión amplia sobre este concepto se puede revisar en los apartados II.3. y II.4.).

El proceso de urbanización de la costa norte del estado mexicano de Quintana Roo, llamado coloquialmente “Caribe Mexicano”, se ha materializado de manera diferencial en sus centros urbanos, creando así una variedad de modelos de estructura urbana, los cuales se han visto influenciados por las condiciones socioeconómicas, políticas e inclusive naturales de la región. A pesar de sus diferencias, estos centros

urbanos comparten algunas características similares entre si, como la segregación funcional, que pueden ser relacionadas con algunos de los modelos discutidos anteriormente, como el de la ciudad dual de Prevot (2001) y el integral-extensivo de Callizo (s.f.). Los centros urbanos aquí referidos han sido estudiados por García y Córdoba (2001 y 2002 b), quienes han desarrollado un modelo conceptual denominado “Ciudad Gemela” que da cuenta de la realidad urbana de las ciudades de la zona a partir del análisis de su estructura urbana.

De manera particular, el modelo de Cancún como ciudad gemela, (García y Córdoba, 2002 b) se desarrolló a partir de la tipificación general de sus usos del suelo (Figura 2.1) y tiene como características: 1. La construcción de un asentamiento urbano-turístico planificado a partir del criterio de segregación no sólo funcional, sino también social, dio como resultado la creación y posterior ampliación de un núcleo poli-funcional en tierra firme, que es la ciudad gemela al Cancún turístico, pero sin vista al mar, que da habitación y servicios a la población local de ingresos altos y medios y el Cancún turístico, constituido por una zona hotelera en la barra arenosa frente al mar. Estas dos ciudades son, simultáneamente independientes e interdependientes, pues se excluyen para algunos aspectos y se necesitan para otros. 2. La existencia de dos asentamientos humanos previos, Puerto Juárez, y Alfredo V. Bonfil, donde se asentaba gente autóctona y que inicialmente fueron ignorados por el nuevo desarrollo urbano turístico, pero, al paso del tiempo fueron absorbidos por la mancha urbana; Alfredo V. Bonfil ha experimentado una tendencia de crecimiento similar a la de la ciudad al mismo tiempo y que a continuación se explica; 3. La aparición de amplias zonas de

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

crecimiento irregular, con características precarias, pero heterogéneas en cuanto a funciones, que han formado una estructura radial que parte del centro planificado, las cuales a través de un proceso de transición y consolidación van mejorando su calidad urbana del centro a la periferia.

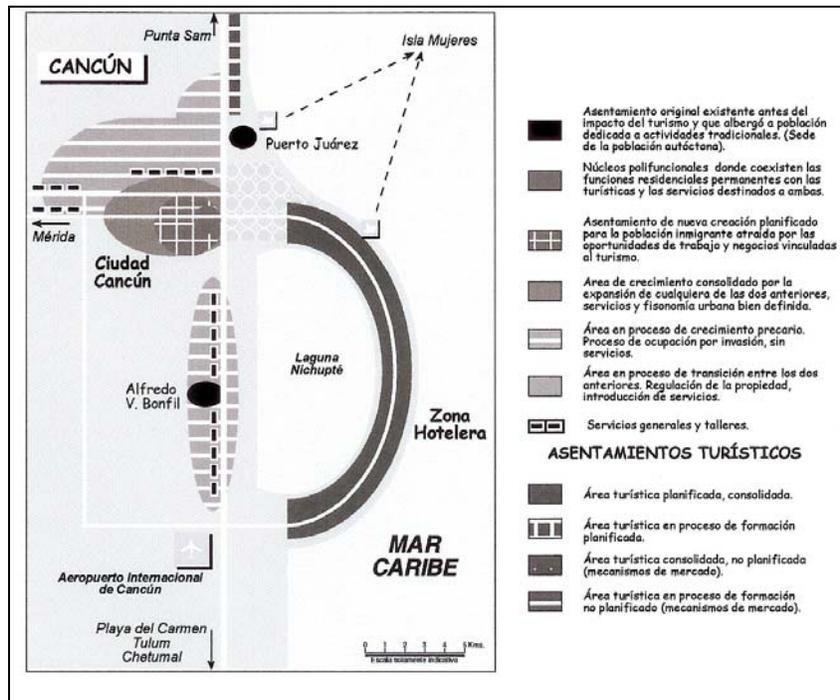


Figura 2.1. Tipificación general de usos del suelo para el proceso de modelado gráfico, Cancún. Fuente: García y Córdoba, 2002 b.

II.2. El agua urbana

II.2.1. Infraestructura hidráulica urbana

La infraestructura hidráulica urbana la componen los sistemas de suministro de agua potable y de desalojo y tratamiento de aguas servidas. Los primeros se pueden calificar de acuerdo a los niveles de satisfacción del servicio o el nivel de recuperación de la inversión. De acuerdo a este criterio se define si la comunidad tendrá tomas

particulares de agua potable en su predios o estas serán comunitarias, es decir, una que servirá a un número dado de residentes (Bazant, 2000). Otro sistema de abastecimiento de agua potable es la distribución por medio de carros cisterna o pipas (UN-HABITAT, 2003 a), que se puede dividir en operado por dependencias gubernamentales o por vendedores privados.

Por otra parte, las posibles fuentes de abastecimiento de agua potable pueden ser el acuífero subterráneo, ríos, lagos e inclusive el mar (Bazant, 2000). El agua, para que se pueda considerar potable, debe satisfacer las normas de calidad que, en el caso de México, están establecidas en la norma oficial mexicana (NOM) 127-SSA1-1994. Los métodos para potabilizar el agua incluyen la desinfección con cloro, osmosis inversa, etcétera.

Los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas se pueden dividir en de pequeña y gran envergadura. Dentro de los primeros se encuentran las fosas sépticas y los denominados “cespol”. Las fosas sépticas retienen los sólidos contenidos en las aguas servidas y requieren de una zona de secado o absorción para eliminar los líquidos; funcionan como una pequeña planta de tratamiento mediante un proceso principalmente anaeróbico de eliminación de microorganismos; aunque pueden ser una buena opción para el control de la contaminación, las fosas sépticas requieren un constante mantenimiento, porque de lo contrario pueden generar serios problemas de contaminación, en especial en ciertas condiciones del suelo y geológicas específicas, como la alta permeabilidad. Por su parte, los sistemas de desalojo de aguas servidas individuales denominados cespel consisten en un hueco o grieta en el terreno donde se

deja escurrir lentamente las aguas servidas sin ningún tratamiento. Este sistema puede incluir un tanque enterrado en el subsuelo, frecuentemente llamado sumidero, el cual sólo funciona como un depósito temporal de las aguas servidas en su camino al hueco en el terreno. Este sistema, aunque de bajo costo, representa un peligro de contaminación muy serio (Bazant, 2000).

Otros sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas de gran envergadura forzosamente implican la construcción de un sistema de alcantarillado público; sin embargo la diferencia entre ellos radica en la tecnología de tratamiento, la cual puede incluir sistemas de tratamiento primario y secundario; lagunas de desecación y la dilución (Bazant, 2000). Los sistemas de tratamiento de aguas servidas denominados primarios implican la separación de los sólidos del agua corriente por medio de cámaras de molido y tanques de sedimentación, mientras que el tratamiento a un nivel secundario implica el filtrado y desinfección del agua (Bazant, 2000).

El sistema de lagunas de desecación utiliza bacterias y algas para la purificación del agua, la cual se lleva al cabo en un tanque que no deben sobrepasar 1.5 m de profundidad, debido a que los organismos necesitan luz solar. El sistema funciona bajo una relación entre el flujo y la evaporación. Aunque bien operados no representan una amenaza de contaminación, estos sistemas se deben ubicar lejos de las fuentes de abastecimiento de agua y de zonas residenciales. Por su parte, los sistemas de dilución consisten en diluir en $0.707 \text{ m}^3/\text{seg}$ de agua por cada 30 m^3 de aguas servidas. La escala de este sistema “depende del volumen de agua corriente usado como agente para el desalojo de aguas” servidas y representa un peligro de contaminación de aguas

corriente abajo. Para utilizar este sistema se debe prestar mucha atención a las características del cuerpo receptor, condiciones del suelo, geológicas, etcétera (Bazant, 2000).

Una vez tratada por alguno de los anteriores sistemas, la disposición final del agua servida es controlada por diversas normas ecológicas, que prestan atención a su calidad final. Dentro de los posibles sitios de disposición final tenemos los pozos profundos, ríos, lagos, el mar o la reutilización para regar áreas verdes y cultivos.

II.2.2. Problemática del agua urbana

El uso y manejo del agua urbana, además de poseer un lado técnico, puede ser fácilmente relacionados con otros aspectos económicos, sociales y ambientales. Es así que en ciertos escenarios urbanos, cuando la presión de las actividades humanas sobre el uso y manejo del agua urbana se vuelve muy intensa, en estas empiezan a surgir situaciones que hacen cada vez más complejo, difícil y costoso el correcto funcionamiento del sistema hidráulico urbano, lo que se refleja en problemas ambientales y de sustentabilidad; es decir, en ineficacia en el uso de los recursos naturales, inequidad social y afectaciones económicas.

La problemática del agua urbana a nivel global y nacional es muy grave, como lo han denunciado Lahera (2000) y UN-HABITAT (2003 a). El primer punto de esta problemática es el abismal déficit que existe en la introducción de la infraestructura de agua potable, drenaje y saneamiento de aguas servidas. En Latinoamérica, a principios del año 2000, este déficit afectaba a más de 117 millones de pobladores de áreas

urbanas y rurales, mientras que en México lo hacía a más de 20 millones de habitantes de zonas urbanas (Lahera, 2000; UN-HABITAT, 2003 a). Según UN-HABITAT (2003 a) estos déficits de infraestructura básica son los culpables de la propagación de epidemias de enfermedades curables que han cobrado la vida de miles de personas, como sucedió en Kenia, Tanzania y Uganda en 1997 y 1998; en otros casos, sus consecuencias han sido el colapso de economías regionales, como sucedió en Perú en 1991, donde por culpa de esta situación se produjeron pérdidas en la industria pesquera y turismo que ascendieron a \$1.5 billones de dólares estadounidenses.

Sin embargo, como parte de los elementos que influyen en la problemática del agua urbana está la falta de cultura del agua, como ha sido señalado por autores como Kay (1999), el cual sostiene que cuando los usuarios no están consientes y/o no pagan el valor real del uso y manejo del agua urbana tienden a usarla inadecuadamente. Según Lahera (2000) a esta situación colaboran los subsidios que, so pretexto de ayudar a la población más necesitada, evitan que se refleje el costo real del agua, además de que se ha detectado que estos subsidios benefician más a la población de mayores ingresos que son los que más consumen. En otros sitios, como Nairobi, la situación es aún más inaceptable, pues se ha documentado que en las zonas más pobres un litro de agua suministrada por vendedores privados cuesta de cinco a siete veces más que lo que paga por él cualquier habitante estadounidense (UN-HABITAT, 2003 a).

Según Lahera (2000), un grave problema al que se enfrentan las ciudades en la búsqueda de satisfacer sus necesidades de agua potable es el hecho de que existe

una gran dispersión y no hay coincidencia entre las zonas donde se asientan las grandes concentraciones de población y las posibles fuentes de abastecimiento del vital líquido, sin mencionar la obsolescencia y fallas en los sistemas de distribución de agua potable que hacen que se pierda por filtraciones hasta la mitad del agua extraída.

Las extracciones masivas de agua potable afectan el equilibrio ecológico de zonas distantes de donde se usa el agua, mientras que la contaminación de los acuíferos por parte de las ciudades afecta a las poblaciones aguas abajo (Lahera, 2000). De hecho según UN-HABITAT (2003 a), en Latinoamérica y el Caribe la contaminación de los acuíferos debido a aguas servidas urbanas es la principal causa que imposibilita su aprovechamiento para consumo humano. Por otra parte, Kay (1999) insiste en que la mayoría de los sistemas sanitarios requiere menos agua que los convencionales sistemas de drenaje y plantas de tratamiento, lo cual podría disminuir no sólo las extracciones sino también la contaminación. Por otro lado, a nivel mundial el déficit de infraestructura de drenaje y sanidad es muy grave y en algunos casos inaceptable, como sucede en Nairobi, donde 150 personas o más tienen que compartir diariamente un inodoro (UN-HABITAT, 2003 a).

Una de las principales razones por la cual las autoridades municipales no pueden resolver la demanda de infraestructura de agua potable, drenaje y sanitaria en las ciudades, es el constante crecimiento de sus poblaciones, aunque en algunos casos también influyen aspectos legales y políticos que limitan la competencia de esas autoridades. Muchas veces y a pesar de no ser provistos con la infraestructura urbana

necesaria, se establecen asentamientos irregulares, lo cual genera aun más complejos problemas sociales y ambientales relacionados con el agua.

II.2.3. Políticas recientes sobre el agua urbana en México

El análisis de las políticas recientes sobre el agua urbana en México se puede dividir en tres etapas que van de 1948 a 1983, 1983 a 1989 y de 1989 a la fecha, las cuales tienen características particulares, en algunos casos contradictorias; sin embargo, un rasgo común que comparten es su carácter intergubernamental, pues en el diseño y ejecución de las mismas participan los tres niveles de gobierno, federal, estatal y municipal. Los otros actores que tienen injerencia, ya sea en la formulación o aplicación de las políticas en materia del agua urbana, son la sociedad, grupos organizados y el sector empresarial (Pineda, 2002).

Durante la primera etapa (de 1948 a 1983), los sistemas urbanos de agua estuvieron a cargo fundamentalmente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, dependencia federal, y se caracterizó por la centralización en la administración del recurso y de las inversiones en infraestructura, a través de las juntas federales de agua, aunque también se utilizaron en menor grado algunas formas de administración local. Otra característica de esta época fue la nula participación de la sociedad. Debido a que durante esta época se experimentó en México un gran crecimiento urbano, el esquema centralizado en la administración del recurso y la prestación de los servicios relacionados se volvió obsoleta rápidamente. Como respuesta a esta situación, se implementaron varias iniciativas, como la transferencia de estas responsabilidades a la

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, sin embargo, todo concluyó en que en 1980 se descentralizara el manejo del agua urbana a los gobiernos estatales, mientras que la responsabilidad en la introducción de la infraestructura la conservó el gobierno federal (Pineda, 2002).

La segunda etapa, de 1983 a 1989, se caracterizó en principio por la transferencia de las obligaciones en materia del agua urbana a los gobiernos municipales a raíz de los cambios impulsados en el artículo 115 constitucional por el presidente Miguel de la Madrid, los cuales tenían como objetivos otorgar a esos gobiernos mayor autonomía, tanto en temas de planeación, como de servicios e inclusive presupuestarios, pues se consideraba que los municipios, por ser más cercanos a las comunidades, atenderían de mejor manera sus necesidades. Sin embargo, la ley también contempló que los gobiernos estatales pudieran jugar un papel importante en respaldo a los municipios. En la práctica lo que realmente sucedió es que la descentralización se hizo del nivel federal hacia los gobiernos estatales que, de acuerdo a sus criterios o intereses, transfirieron o no la responsabilidad de los servicios públicos urbanos a los municipios (sólo una tercera parte de los estados transfirieron esta responsabilidad a los municipios). Otro aspecto que imposibilitó que los municipios pudieran encargarse de los servicios del agua urbana fue la cancelación de diversos impuestos municipales a favor de la creación del impuesto al valor agregado (IVA), el cual se reparte de manera injusta, pues los municipios vieron mermados sus ingresos significativamente. Así, esta combinación de factores tuvo como consecuencia que

muchos sistemas municipales de suministro de agua urbana se deterioraran significativamente (Pineda, 2002).

La tercera etapa, iniciada en 1989, se enfocó a la solución de problemas técnicos, la introducción de un enfoque capitalista neoliberal en la prestación del servicio y la creación de la Comisión Nacional del Agua (CNA) que se encargaría de diseñar y coordinar la política federal en la materia y la regulación de los distritos de riego y las grandes obras de infraestructura hidráulica del país. La característica principal de esta etapa fue la creación y asignación de los servicios del agua urbana a organismos operadores que podían ser estatales, municipales o inclusive de la iniciativa privada (a través de concesiones y otras fórmulas legales), a los cuales se les dotó de autonomía administrativa y autosuficiencia financiera, es decir la libertad para establecer sus propias tarifas por los servicios prestados; en principio, estos ingresos se deberían reinvertir en el mejoramiento de los servicios, lo que en la práctica real no ha ocurrido siempre, pues la presencia de empresas privadas ha implicado que las ganancias sean repartidas entre los accionistas de las empresas (Pineda, 2002).

La participación de la iniciativa privada a través de concesiones, subcontratos, etcétera, se ha impulsado principalmente a través del esquema BOT por sus siglas en inglés que significan construir, operar y transferir. Hasta la fecha en México sólo en los organismos operadores de Aguascalientes, Cancún, Distrito Federal y Navojoa, participa la iniciativa privada (Pineda, 2002) bajo supervisión gubernamental. Es importante mencionar que las razones para justificar la participación de la iniciativa privada han sido que los sistemas municipales o estatales encargados no son capaces

ni financiera, ni técnicamente de hacerse cargo de los servicios del agua urbana, sin embargo las empresas privadas sólo se interesan en ciertas ciudades que les ofrecen economías de escala para poder obtener ganancias importantes (UN-HABITAT, 2003 a) como en es el caso de Cancún.

Otra práctica que ha sido utilizada por el gobierno es subsidiar tanto el agua potable como el tratamiento de aguas servidas, la cual se ha demostrado que no favorece a los más pobres, quienes son los que menos agua consumen y por lo general no cuentan con servicios de drenaje, ni tampoco ayuda a generar una cultura sobre el cuidado del agua (Lahera, 2000).

II.3. Desarrollo sustentable (DS)

Existen muchas connotaciones para la palabra desarrollo; por ejemplo, Maser (1997) analiza dos propuestas, la primera, de las cuales, lo define como un crecimiento material a través de la industrialización centralizada (o progreso social = salud económica). En la segunda, lo define como civilidad, tolerancia social y relaciones de largo plazo con el medio ambiente. Como se puede apreciar, las anteriores connotaciones del concepto desarrollo no son necesariamente opuestas.

Por su parte la sustentabilidad puede ser definida como la continuidad de algo a través del tiempo (Maser, 1997). O, según el diccionario Larousse (2001), como algo que sirve para que una cosa no decaiga, se extinga y que continúe en la forma que se expresa. A partir de estos conceptos se acuñó otro que buscaba su integración en uno

sólo denominado desarrollo sustentable. En este contexto la sustentabilidad se convierte en una propiedad del desarrollo.

En el contexto internacional diversos autores han hecho esfuerzos por estandarizar el concepto, así como difundir sus principios los cuales serán discutidos más adelante. Algunos ejemplos de lo anterior son las dos Cumbres de la Tierra 1992 y 2002 y las dos Conferencias de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos (Habitat I y II) las cuales adoptaron la visión de la Comisión *Bruntland* de la *World Commission on Environment and Development* (WCED) que lo definen como:

“El desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas propias”.

La WCED acuña esta definición haciendo un llamado a la atención mundial para considerar nuestro planeta como un sistema integrado por aspectos sociales, económicos, ecológicos y políticos, el cual necesita iniciativas y acciones colectivas para asegurar la continuidad dentro de un marco de condiciones cambiantes. La definición de desarrollo sustentable habla de límites a nuestro desarrollo (cosa que no se ajusta a los principios del modelo capitalista) y de cambio de actitudes y forma de vida, así como de utilización de tecnología. El desarrollo sustentable también significa pensar en términos de todos los sistemas con todas sus implicaciones, relaciones y consecuencias (Zamorano, s.f.). Por su parte Maser (1997) define el desarrollo sustentable como:

“Estilo de vida que promueve la sustentabilidad a través de decisiones concientes, la simplicidad, el autoconsumo y que reconoce las relaciones de uno con su ambiente inmediato y el mundo en su totalidad...también, es un proceso no lineal de un sistema de pensamiento a través del cual el significado social de la riqueza no material, valores cualitativos y la herencia de diversidad e identidad cultural pueden ser utilizados en la toma de decisiones que buscan la justicia social y ambiental para todas las cosas vivas presentes y futuras”.

II.3.1. Antecedentes y surgimiento del concepto desarrollo sustentable

El concepto de desarrollo sustentable es un concepto polémico que surgió a fines del siglo pasado con la crisis de los postulados modernistas y la crisis ambiental. Este concepto ha permeado a todos los ámbitos de la sociedad, en la cual tiene diferentes grados de aceptación y comprensión. Este concepto integra aspectos de racionalidad y equidad y nos presenta los retos y paradigmas más grandes como seres humanos individuales y sociedad (Bárcena, 2000).

Sin duda la especie humana (*Homo sapiens*) es la que más impacto tiene sobre los ecosistemas del planeta. Desde su aparición en la tierra ha modificado su medio ambiente, estas modificaciones se han ido tecnificando a través del tiempo. Aunque la tecnificación no es la única variable en el proceso de adaptación del hombre a su entorno, sí ha ayudado en buena medida a que otras variables, como la explosión demográfica, aparezcan en escena. Aunque el grado de tecnificación de las

civilizaciones antiguas (occidentales y no occidentales) variaba, existe evidencia de que el impacto que éstas tenían sobre la naturaleza era menor al actual. Lo anterior cambió en el siglo XIX con la llegada del neoclasicismo y el modernismo, pues cambiaron de una manera nunca antes vista la relación existente del hombre con la naturaleza. Desde la perspectiva neoclásica la explotación de la naturaleza no tenía límites y la posición modernista colocaba a los seres humanos por encima de la naturaleza. Esta nueva relación estaba influenciada por la teoría de la evolución, la especialización en la adquisición de conocimiento, la aceleración de la transformación de la naturaleza y posteriormente, el desarrollo económico; menciona que estos cuatro factores definen los límites humanos que existen en el desarrollo de las fuerzas productivas y que el modernismo representa un intento de enfrentarse a los problemas de la naturaleza a través de la referencia a las leyes naturales. En la década de 1970 la filosofía modernista (que ya venía acarreado incongruencias) llega a su punto de crisis cuando algunos sectores de la población mundial aceptan que la explotación indiscriminada de recursos naturales, aumento constante en los niveles de vida de los miembros de ciertas sociedades, crecimiento sin control de la población, generación de enormes cantidades de desperdicios, etcétera, estaban amenazando diversos modelos de apropiación de la naturaleza que practican las poblaciones humanas (en particular la capitalista) y en grado extremo conduciendo al planeta al colapso (Barcena, 2000). Estos problemas se transformaron en verdaderos desafíos para los gobiernos mundiales, pues tienen elevados costos económicos, que agudizan problemas de salud y sociales, como la pobreza (CEPAL; 1991).

En este contexto surge el concepto de desarrollo sustentable que pretende cambiar la situación de incertidumbre sobre el desarrollo futuro de la humanidad, de hecho para algunos autores la sustentabilidad significa la última diferencia entre la supervivencia y la extinción de la sociedad capitalista y tal vez de la humanidad misma (Maser, 1997). El concepto de desarrollo sustentable se deriva del ecodesarrollo y la economía ambiental que a su vez se originaron de la fusión de la economía convencional y del ecologismo en la búsqueda de un mejor uso de los recursos naturales (Provencio, 1997).

Por otro lado el desarrollo sustentable es uno de esos conceptos que busca legitimar sus propias proposiciones mediante el recurso de lo que se suponen valores universales. Trata de reforzar el concepto de progreso mediante una refinación de sus prácticas, en este sentido se convierte en una metodología, meta normativa, modelo de planificación y una estrategia que incluye una gestión decidida del medio ambiente (Barcena 2000).

II.3.2. Discusión del concepto desarrollo sustentable

La discusión sobre el concepto de desarrollo sustentable (global y local) se a convertido en un paradigma que llama nuestra atención y acción política acerca de nuestros estilos de vida actuales que se caracterizan por su alta tasa de agotamiento de recursos, decaimiento de la calidad del medio ambiente e incremento en disparidades socioeconómicas (Finco y Nijkamp, s.f.). La sustentabilidad no será el resultado directo de una estrategia de desarrollo a corto plazo sino de una de largo

plazo mediante la cual se modifiquen los problemas arriba mencionados. El concepto de desarrollo sustentable está relacionado con el concepto de bienestar, el cual varía de persona a persona, pues es condicionado por valores y experiencias personales, perspectivas y educación (MNRofC, 1995).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL (1991), la sustentabilidad del desarrollo requiere un equilibrio dinámico entre todas las formas de capital (humano, natural, físico y financiero) y acervos (institucional y cultural) que participan en el esfuerzo del desarrollo económico y social de los países.

Según Haughton y Hunter (1994, mencionados en Gonzáles y Romero, 2001) los principios del desarrollo sustentable son:

1. Equidad intergeneracional
2. Equidad intrageneracional
3. Responsabilidad transfronteriza

Según Dourojeanni (1997, mencionado en Gonzáles y Romero, 2001) los objetivos del desarrollo sustentable son:

1. El crecimiento económico
2. La equidad (social, económica y ambiental)
3. La sustentabilidad ambiental

Los objetivos mencionados por Dourojeanni (1997) son representados en un triángulo (Figura 2.2), en el centro del cual a través de la interacción entre los mismos se puede lograr el desarrollo sustentable.

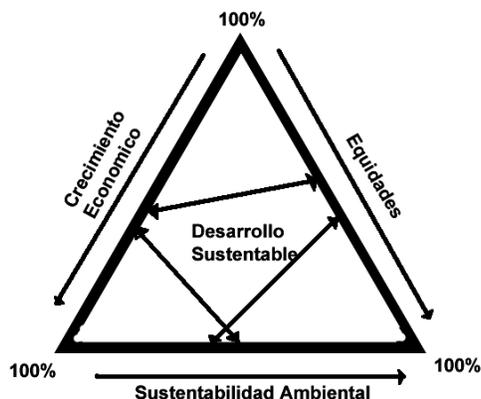


Figura 2.2. Representación de los objetivos del desarrollo sustentable según Dourojeanni, 1997. Fuente: Gonzáles y Romero, 2001.

Según Barcena (2000) se pueden dividir de manera general las interpretaciones acerca del desarrollo sustentable en dos grupos. Por un lado se tiene a los que consideran que se debe parar por completo el crecimiento económico en la medida que este afecte al medio ambiente. El segundo grupo (el mayoritario, formado por los grupos que detentan el poder económico) plantea que el crecimiento ilimitado si es compatible con la sustentabilidad en la medida que este se enmarque dentro de políticas ambientales. Esta postura es criticada, pues utiliza al concepto para legitimar aspectos económicos y políticos, en este orden de ideas Guimaraes (1997) afirma que el desarrollo sustentable no existe y no es posible de ser logrado. Por otra parte, en América Latina y el Caribe los estudios sobre desarrollo sustentable se abordan desde dos ángulos. El primero se refiere a las dimensiones ambientales del desarrollo económico y social. El segundo enfoque aborda la sustentabilidad analizando el desarrollo a través del espacio y del tiempo. A partir de estas dos concepciones se pueden destacar los siguientes aspectos: La sustentabilidad no puede ser entendida

sólo a un nivel macroeconómico y la capacidad de sustentar una actividad de desarrollo depende del nivel y desempeño de otras actividades económicas (CEPAL, 1991).

Otro aspecto que actualmente se discute acerca de la sustentabilidad es si se le puede considerar un concepto absoluto o no; ante esta interrogante, Maser (1997) nos dice que el concepto si es absoluto, por lo tanto no hay niveles y sostiene que el hecho de decidir sustentar algo implica el que otra cosa no va a ser sostenida. Por su parte, Finco y Nijkamp (s.f.) nos hablan de tipos de sustentabilidad en su propuesta metodológica; para ellos hay sustentabilidad fuerte cuando todos los aspectos del concepto (económicos, ambientales y sociales) tienen un desempeño favorable, mientras que si la combinación del análisis da un desempeño mediocre estaríamos, dependiendo del caso, frente a una sustentabilidad débil o “insustentabilidad” débil. Sólo en caso de que todos los aspectos del concepto tengan un desempeño negativo se estaría frente a un caso de “insustentabilidad” fuerte.

Las políticas ambientales son un aspecto importante, más no el único, en la solución de los problemas ambientales, pero varían entre países y zonas, pues no todos tienen el mismo conjunto de necesidades y problemas; también es cierto que las relaciones entre estos países y/o zonas dificultan la actualización de las mismas políticas debido, como siempre a dicotomías entre las necesidades económicas y los recursos naturales. Otro aspecto que interviene en la ecuación es el Estado, que tiene un doble papel al ser por un lado promotor del desarrollo y por otro protector del medio ambiente (Bryant y Sinnead, 1997). El Estado frecuentemente adopta medidas aisladas y desordenadas que buscan solucionar problemas específicos sin tener una visión

integral del problema, ya sea porque no lo comprende o porque no tiene la voluntad de adoptar medidas que afecten el modelo económico existente. Después de revisar algunos aspectos sobre el concepto desarrollo sustentable se puede ver que éste es controversial; sin embargo, según Maser (1997) las ambigüedades que existen alrededor del mismo no están en el concepto en si, sino en las implicaciones de sustentabilidad en un contexto dado.

II.3.3. Capacidad de carga, sensibilidad y resiliencia

En el proceso de construcción del paradigma de la sustentabilidad de las relaciones entre las poblaciones humanas y el ambiente se han tomado conceptos de las ramas biológicas, como el de capacidad de carga que en ecología se define como la cantidad de individuos que pueden ser sostenidos dentro de una unidad de área, ecosistema, etcétera, sin incurrir en procesos de degradación ambiental. También se ha discutido que este concepto debe hacer referencia a las condiciones (óptimas) en las cuales estos individuos pueden ser sostenidos, pues algunos ambientes pueden sostener un número creciente de individuos a costa de un decremento en las condiciones de calidad de vida de sus habitantes.

En el caso de las poblaciones humanas la relación no es tan directa, pues la relación entre ellas y la naturaleza esta mediada por procesos más complejos, como los culturales, como lo manifiesta Leff cuando menciona que la capacidad de carga varía en cada ecosistema, en función del número de pobladores que se asientan en él, pero sobre todo en función de sus prácticas productivas. Con el concepto de capacidad

de carga se puede medir los niveles de uso sostenible (Manning, 1999) para diversas actividades dentro de un espacio y tiempo determinados.

La sensibilidad ambiental es el grado de reacción de un componente o proceso del medio ambiente a raíz de la modificación de algún elemento del sistema. Manning (1999) menciona que para algunas actividades la sensibilidad puede ser una mejor medida que la capacidad de carga porque la sensibilidad de un sistema a diferentes niveles de uso puede depender de los usuarios, sus actividades y valores. Por otra parte, resiliencia se puede definir como la capacidad de un organismo o sistema (ecológico, social, etc.) de recuperarse a un impacto externo que le ocasiona un disturbio.

II.3.4. Indicadores para la evaluación del desarrollo sustentable

Los denominados indicadores PSR (que son las siglas en inglés de Presión-Estado-Respuesta) fueron desarrollados por la *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) (Finco y Nijkamp, s.f.) y son utilizados como un marco general en el análisis del desarrollo sustentable que además pueden ser adaptados a aplicaciones particulares como, por ejemplo, la sustentabilidad de desarrollos urbanos. Los indicadores PSR (Tabla 2.6) se clasifican en indicadores de presiones (directas e indirectas) sobre el medio ambiente; indicadores de condición ambiental; e indicadores de respuestas de la sociedad (OECD, 1998).

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Tabla 2.3. Indicadores ambientales y socioeconómicos PSR.

INDICADORES PSR			
Indicadores de presiones sobre el medio ambiente			
CAMBIO CLIMÁTICO			Intensidades de emisiones de CO2 Concentraciones de gases invernadero
REDUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO			Sustancias reductoras de ozono Ozono estratosférico
CALIDAD DEL AIRE			Intensidades de emisiones de aire Calidad del aire en la ciudad
DESPERDICIOS			Generación de desperdicios Reciclaje de desperdicios
CALIDAD DEL AGUA			Calidad de agua en los ríos Tratamiento de aguas servidas
RESERVAS DE AGUA			Intensidad de uso del recurso agua Dotación de agua a la población y su precio
RECURSOS FORESTALES			Intensidad de uso de los recursos forestales Tierra cubierta con bosques y árboles
RECURSOS PESQUEROS			Capturas de pescado y consumo a nivel nacional Capturas de pescado y consumo a nivel global y regional
BIODIVERSIDAD			Especies en peligro Áreas protegidas
Indicadores de respuesta de la sociedad			
PRODUCTO POBLACIÓN	INTERNO	Y	Producto doméstico bruto Crecimiento y densidad de la población
CONSUMO			Consumo privado Consumo del gobierno
ENERGÍA			Intensidades energéticas Mezcla energética
TRANSPORTE			Tráfico de caminos e intensidad de uso vehicular Precio e impuestos de los caminos y combustibles
AGRICULTURA			Intensidad de uso de fertilizantes con nitrógeno y fósforo
GASTO			Abatimiento de contaminantes y control del gasto Asistencia para el desarrollo por parte del gobierno

Fuente: OECD, 1998.

II.3.5. Desarrollo sustentable, migración y pobreza

La relación del concepto de desarrollo sustentable con la pobreza es un campo que se presta a la radicalización de posturas y que debe ser analizado con cuidado. La pobreza es un concepto relativo, pero de manera general se puede definir como la carencia de algo necesario. Pobreza y “marginación” no son lo mismo, ya que esta última supone exclusión o no aceptación. También es conveniente diferenciar pobreza de miseria, que denota un grado más extremo de pobreza y se considera que se llega a ese estado de indigencia cuando las personas no tienen lo necesario para satisfacer ni sus más apremiantes necesidades fisiológicas (Maris y Alvino, s.f.). En el capítulo 3 de la Agenda 21 suscrita en Río de Janeiro en 1992, se concibe a la pobreza como:

“...problema complejo y multidimensional que se origina en ámbitos tanto nacionales como internacionales, al que no se le puede encontrar una solución uniforme de aplicación global.”

La CEPAL (1991) nos menciona que una característica de la pobreza es la dificultad de acumular capital en todas sus formas, aunque hace sentir en su análisis que la económica es la más distintiva. El aumento en la pobreza de la población mundial actual no es un tema nuevo en la discusión, aunque una tendencia de aumento en la concentración de ésta en zonas urbanas sí lo es, dado su mayor peso demográfico. La pobreza urbana se ve caracterizada por altos niveles en el desempleo y de casas manejadas por mujeres (Lopes de Souza, 2001). La pobreza se debe a la variación de los niveles y distribución de los ingresos por efectos de crisis, a lo que Maris y Alvino (s.f.) adicionan la desigualdad de acceder a diversos tipos de recursos.

Esta situación genera nuevos obstáculos a la movilidad y la cohesión social, así como precariedad y deterioro de la calidad de vida, segregación, entre otros fenómenos que representan, a su vez, una clara violación a la equidad, uno de los principios del desarrollo sustentable. El desarrollo sustentable se ve amenazado en zonas empobrecidas, ya sea urbanas o rurales, que presentan y favorecen el deterioro ambiental (CEPAL, 1991). Esto último no debe distraer nuestra atención del hecho, mucho más significativo, de que la población más rica del mundo, que representa menos del 25% del total mundial, consume más del 75% de los recursos del planeta (Holdgate, 1997), ejerciendo además una influencia en la permanencia de la pobreza en el mundo y el deterioro ambiental primordialmente por motivos económicos y culturales.

Como ya se indicó, la pobreza empieza a tener altos índices en el contexto urbano y no existe duda de que la migración rural-urbana fue el principal motor que permitió a las ciudades mantener sus poblaciones hasta la época industrial en todo el mundo, sin embargo, existen algunos autores que sostienen que este fenómeno seguía siendo importante hasta el siglo pasado en las ciudades postindustriales (Baker, 1992, Bogin, 2000). En la actualidad, la migración de las grandes metrópolis a ciudades intermedias ha cobrado gran relevancia, y es denominada por Lopes de Souza (2001) sub-urbanización extendida, la cual tiene como resultado una nueva distribución de la población en el territorio. Estos dos fenómenos migratorios están vigentes hoy día y son movidos casi únicamente por aspectos económicos, los cuales no serán discutidos con mayor profundidad por ahora, pero que en su conjunto han llevado a que en la

actualidad el 50% de la población del mundo viva en grandes núcleos urbanos o ciudades de algún tipo, en comparación con un 5% que lo hacía hace dos siglos. Por si esto fuera poco se espera que hacia el año 2030 la proporción de personas viviendo en entornos urbanos suba a casi un 66% del total de la población mundial (McMichael, 2001). En México, este patrón no es la excepción, como lo evidencia el hecho de que el porcentaje de población urbana pasó, de 1900 a 2000, de 7.1% a 55.5% (Cabrera, 2003). Las consecuencias negativas del aumento en la urbanización, producto de la migración y en particular del crecimiento urbano sin desarrollo, son la segregación urbana, más inmigración, el explosivo crecimiento de las ciudades, la existencia de grandes zonas “marginadas” y pobres dentro y en la periferia de las ciudades, la demanda de grandes cantidades de recursos, agua, energía y la producción de gigantescas cantidades de desechos y contaminación (Dickenson, 1985). Estas características en su conjunto influenciadas por la inmigración masiva son claramente opuestas a los postulados del desarrollo sustentable. Lo anterior no necesariamente aplica a todas las urbanizaciones y por ende ciertos modelos si pueden considerarse sustentables.

La presión demográfica experimentada en países vías de desarrollo y que consiste en una elevada fecundidad y una baja mortalidad es también un factor que afecta la sustentabilidad, pues las poblaciones mayoritariamente jóvenes requieren importantes cuidados de salud materno-infantil y más tarde empleos. Como hemos visto, la pobreza es incompatible con los principios y objetivos de la sustentabilidad, así

que su erradicación a través de la eliminación de sus causas es básica para alcanzar la sustentabilidad en medios, tanto urbanos (Maris y Alvino, s.f.), como rurales.

II.4. Desarrollo urbano sustentable (DUS)

En la actualidad, las ciudades son los consumidores más significantes de recursos y servicios de la naturaleza, por lo que transformarlas con un enfoque sustentable es crucial para mejorar la calidad de vida tanto de las poblaciones que las habitan como las que se encuentran fuera de ellas (Vreeker, 2003). Esta aproximación se encuentra en proceso de consolidación dado que es un tema relativamente nuevo y también a que la realidad urbana actual varía grandemente tanto dentro de los países como entre ellos, lo que, lejos de ser una desventaja, nos da la oportunidad de explorar posturas variadas que enriquecen esta corriente de pensamiento.

Según Haughton y Hunter (1994) el DUS es aquel donde la población de una ciudad, tanto la que vive como la que labora en ella, mantiene una relación de equilibrio con el entorno natural y el construido, presentando índices adecuados de calidad de vida, para lo cual trabaja constantemente mejorando el entorno local, repercutiendo así en el logro de los objetivos del desarrollo sustentable regional y global. Según Maris y Alvino (s.f.) un DUS es una aglomeración urbana donde las realizaciones en materia de desarrollo social, económico y físico, fueron hechas para perdurar y tiene como características:

1. La eficiencia en el abastecimiento y uso de recursos naturales;
2. La equidad social en la distribución de los costos y beneficios;

3. La sustentabilidad de los logros que implicó el desarrollo y
4. La productividad en la economía urbana por la previsión de mercancías y servicios.

Según Finco y Nijkamp (s.f.), los DUS son ciudades que basan sus patrones dentro de la capacidad de carga de la naturaleza, mientras buscan lograr justicia social y economías y ambientes sustentables, así como también deben contar con estrategias de resiliencia y ajuste. La propuesta anterior implica negociar objetivos multidimensionales frecuentemente conflictivos entre la conservación del medio ambiente y los diferentes actores, sus intereses y metas; sin embargo, el desarrollo urbano sustentable es un punto de encuentro donde se pueden conciliar los principios del desarrollo sustentable con las interrelaciones entre sociedad y naturaleza mediante políticas adecuadas (Figura 2.3).

Según Finco y Nijkamp (s.f.) los factores de los que depende el éxito de los DUS son:

1. Factores institucionales (administración y organización del sector energético, modos privados de cooperación, etcétera)
2. Actitudes y comportamiento de los ciudadanos (estilos de vida, patrones de movimiento, conciencia ambiental, etcétera)
3. Estructura urbana y morfología (densidad demográfica, forma urbana, etcétera).

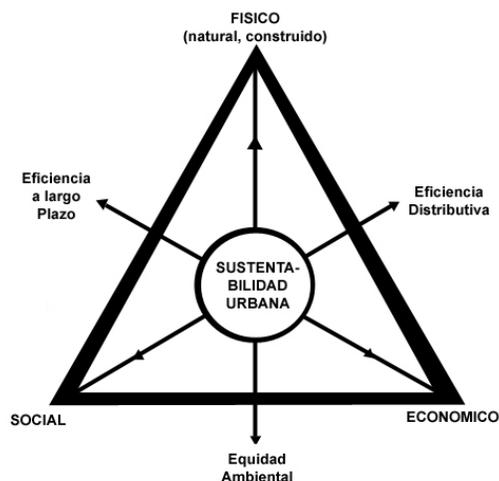


Figura 2.3. Lugar de encuentro de los Principios y políticas de la sustentabilidad urbana. Fuente: Finco y Nijkamp (s.f.)

En conclusión, en esta tesis se concibe que el desarrollo sustentable es un concepto polémico que busca la continuidad de las interacciones entre las sociedades y el medio ambiente desde los niveles locales hasta el global. A partir de su aplicación al hecho urbano mundial actual se ha creado el concepto desarrollo urbano sustentable que se puede entender como el proceso de construcción del ambiente urbano en el cual tanto las políticas urbanas y actividades humanas que se desarrollan en el, así como sus componentes naturales y construidos mantienen una relación de equilibrio entre si y con su entorno exterior a través del uso racional de los recursos que consume y los desechos que produce, además de garantizar a sus habitantes un desarrollo equitativo tanto social, como económico. La finalidad del desarrollo urbano sustentable es hacer perdurar los procesos económicos, socioculturales y ecológicos al nivel urbano local, así como no afectar negativamente a los proceso de todo tipo en el nivel global.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. Marco Metodológico

III.1.1. Elementos para evaluar el funcionamiento del ambiente urbano y sistemas de indicadores

El estudio del medio ambiente urbano se aborda a partir del análisis individual y de las interrelaciones entre la calidad del medio ambiente urbano, los flujos urbanos y los patrones urbanos (EEA, s.f.). La calidad del medio ambiente urbano depende de los elementos del medio ambiente físico y de las condiciones de vida comunitarias, todo lo cual en conjunto tiene diferentes grados de relación e interdependencia. Por ejemplo, la calidad del agua que se usa en las ciudades depende del régimen climático, pero también de la presencia o no de infraestructura sanitaria y de la intensidad de la extracción (EEA, s.f.).

Los flujos urbanos son todos aquellos recursos que permiten el funcionamiento de la ciudad, por ejemplo: el agua, la energía, materiales de construcción, desperdicios, etc. Estos flujos dependen de: el tamaño de la ciudad, las condiciones de vida de la población, la tecnología utilizada, las condiciones climáticas, el grado de urbanización, el uso del suelo, la estructura urbana, la movilidad y los estilos de vida. Varias maneras de evaluar los flujos urbanos son a partir de la cantidad de los mismos, su ubicación espacial o el daño que provocan al medio ambiente (EEA, s.f.).

Los patrones urbanos (densidad de población, movilidad urbana, cobertura de infraestructura, estructura urbana, etc.) son reflejo de la etapa de desarrollo socioeconómico de la población, aunque también tienen que ver con la capacidad institucional de la misma. Un patrón de rápido crecimiento poblacional es indicativo de afectación al medio ambiente. Un patrón de urbanización “desparramada” ocasiona

también problemas al medio ambiente. En comparación patrones de urbanización con densidades altas de población, usos del suelo mixto y buena cobertura de infraestructura son considerados los más eficientes en lo que respecta al uso de los recursos naturales. Es importante mencionar que la densidad demográfica o la estructura urbana por si solas no son suficientes para evaluar el desempeño ambiental de una población, por lo que hay que combinarlas con otros aspectos como el consumo de energía, agua, etcétera. para llevar a cabo una evaluación adecuada (EEA, s.f.).

Un método para abordar la problemática ambiental de las ciudades, así como evaluar la sustentabilidad de las mismas son los sistema de indicadores, los cuales además ayudan a diferenciar regiones, prioridades e inclusive políticas. Los indicadores seleccionados deben representar un balance entre la calidad de la información requerida y el costo para obtenerla y además deben estar relacionadas con las dimensiones económicas, sociales, espaciales, culturales y ambientales de la ciudad.

Algunos sistemas de indicadores urbanos son:

1. Adaptaciones de los indicadores PSR desarrollados por la OECD,
2. indicadores ABC propuestos por el *Internacional Institute for the Urban Environment* y el *World Resources Institute* y
3. los indicadores ambientales urbanos del *Dobris Report* (Tabla 3.1.) de la *European Environment Agency* (EEA, s.f.).

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Tabla 3.1. Indicadores para evaluar la sustentabilidad de ambientes urbanos según el *Dobris Report* elaborado por la *European Environment Agency*.

Indicador para patrones urbanos	
Población urbana	Población Densidad de población
Cubierta urbana	Área total Área total construida Área abierta Red de transporte
Área abandonada	Área total
Áreas urbanas renovadas	Área total
Movilidad urbana	Modos de viaje Patrones de comunicación Volúmenes de tráfico
Indicadores de flujo urbano	
Agua	Consumo de agua Aguas servidas
Energía	Consumo de energía Plantas de producción de energía
Materiales y productos	Transporte de bienes
Desperdicios	Producción de desperdicios Reciclaje Tratamiento y disposición final de los desperdicios
Indicadores de la calidad ambiental urbana	
Calidad del agua	Agua potable Agua en la superficie
Calidad del aire	Largo plazo: SO ₂ +TSP Concentraciones de corto plazo: O ₃ , SO ₂ , TSP
Calidad acústica	Exposición al ruido
Seguridad del tráfico	Muertes y heridos en accidentes de tráfico
Calidad de la vivienda	Área promedio por persona
Acceso a áreas verdes públicas	Proximidad de áreas verdes en la ciudad
Calidad de la vida salvaje urbana	Número de especies de aves

Fuente: EEA, s.f.

III. 1.2. Modelos estratégicos ambientales (MEA)

Los MEA han sido desarrollado por diversos investigadores o grupos, entre los que destacan los mencionados por Rojas (1998): el *“Housing and Urban Development*

of California” (Modelo HUD, s.f.); la Comisión Económica Europea (1992); Gilpin (1995); Terrible (1992) y Wood (1994). Los MEA llevan el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) a niveles estratégicos de planeación y toma de decisiones como lo son planes parciales y sectoriales de desarrollo urbano, prestan especial atención a los efectos acumulativos producidos por el desarrollo urbano (Rojas, 1998). De manera sintética la secuencia metodológica de un MEA es:

1. Delimitar el área de estudio, definir las unidades de análisis y crear una base de datos sobre las variables escogidas,
2. Evaluación e identificación preliminar de zonas alternativas de desarrollo a través de consulta pública y especialistas,
3. Análisis ambiental profundo utilizando como herramienta un SIG,
4. Síntesis y evaluación de los impactos acumulativos,
5. Toma de decisiones y formulación de recomendaciones (medidas de mitigación),
6. Instrumentación de un plan y
7. Monitoreo de las acciones.

En su elaboración un MEA hace uso de diferentes métodos y técnicas, tales como: SIG, sobre-posición de mapas, elaboración de matrices, listados, diagramas de redes, índices e indicadores. Por otra parte utiliza diferentes variables como son: características del suelo, calidad del agua, riesgo a inundaciones, servicios públicos, condición social, etc. Estas variables son estudiadas a partir de metodologías específicas, las cuales dependen de la disciplina a la que pertenecen (Rojas, 1998).

III. 1.3. Modelos Sustentables (MS)

Los MS son utilizados como herramienta de planeación y tienen como sus principales expositores a Kozlowsky (1990), Latorre (1990) y Lietman (1994) mencionados por Rojas (1998). Los MS se basan en la definición de desarrollo sustentable y abarcan de manera integral la problemática ambiental y de uso del suelo de las ciudades en su totalidad así como de la ciudades con sus regiones. Para tal efecto integran en su análisis variables (Tabla 3.2 y 3.3) físicas, biológicas, de riesgo al ambiente y la salud humana, económicas, sociales y estéticas (Rojas, 1998).

Tabla 3.2. Factores y variable comunes empleados en los modelos sustentables en el nivel urbano-regional.

<i>Programas de Centro de Población</i>			
Nivel Urbano-Regional			
<i>Relación</i>	<i>ambiente</i>	<i>Estado del ambiente en la</i>	<i>Desarrollo</i>
<i>desarrollo en el tiempo</i>		<i>ciudad región</i>	<i>de interacciones ambientales</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Factores geográficos y usos del suelo • Condiciones socioeconómicas • Historia de la relación ambiente desarrollo 		<ul style="list-style-type: none"> • Estado del ambiente en la ciudad región • Recursos naturales y calidad del ambiente • Riesgos ambientales: naturales e inducidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Abasto de agua • Control de inundaciones • Manejo de desechos sólidos y peligrosos • Control de contaminación industrial • Transportes y telecomunicaciones • Energía y generación de energía

Fuente: Rojas, 1998.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Tabla 3.3. Factores y variable comunes empleados en los modelos sustentables en el nivel urbano.

<i>Programas de Centro de Población</i>			
Nivel Urbano			
<i>Ambiente Natural</i>	<i>Ambiente transformado</i>	<i>Socioeconómico</i>	<i>Estético</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Clima • Geología y geomorfología • Fisiografía • Hidrología y geohidrología • Suelos • Vegetación • Fauna • Uso de recursos energéticos: agua y energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Usos del suelo • Infraestructura urbana y servicios públicos • Residuos sólidos y peligrosos • Transporte urbano • Contaminación • Riesgos • Tecnología aplicada y procesos productivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Antecedentes socioeconómicos • Condiciones de la vivienda • Condiciones de salud: comunitaria y ocupacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del paisaje e imagen urbana • Patrimonio histórico, arquitectónico y arqueológico • Áreas verdes

Fuente: Rojas, 1998.

De manera sintética la secuencia metodológica de un MS es:

1. Plantear los fundamentos de la problemática y la necesidad de la planeación.
2. Delimitar el área de estudio e identificar y valorar la información necesaria.
3. Crear una base de datos sobre las variables ambientales.
4. Crear unidades de análisis de acuerdo a criterios ambientales, administrativos y socioeconómicos.

5. Valorar el estado actual e impactos ambientales ocasionados por las características y actividades desarrolladas en cada una de las unidades de análisis. Este resultado sirve para identificar un estado base.
6. Definir umbrales de desarrollo en función de la calidad ambiental que sea capaz de resistir cada una de las unidades de análisis o evaluar la factibilidad de escenarios alternativos de desarrollo en comparación con la situación actual.
7. Toma de decisiones y estrategia a instrumentar (plan).
8. Monitoreo de las acciones.

Es importante mencionar que en esta metodología se recurre a la participación ciudadana y de especialistas en cualquier etapa de la misma. Finalmente, los MS utilizan los mismos métodos y técnicas que los MEA (Rojas, 1998).

III.1.4. Modelo de González y Romero

Una segunda aproximación innovadora al análisis y búsqueda de la sustentabilidad de los asentamientos humanos es la que nos plantean González y Romero (2001) que divide el análisis de la ciudad en tres dimensiones: la dimensión del medio ambiente natural, la dimensión del medio ambiente construido y la dimensión socioeconómica del medio ambiente que de manera general deben incluir el análisis de los siguientes puntos:

En la dimensión del medio ambiente natural:

1. El conocimiento de la geomorfología y ecosistema del territorio que soportan y condicionan el crecimiento urbano.

2. El considerar aspectos de reciclaje y los diferentes tipos de contaminación (suelos, aire, agua, sonora) producto de las actividades que se desarrollan en la ciudad y sus alrededores.
3. El tratamiento de los diferentes tipos de desechos que produce la ciudad.
4. El ajuste de las actividades humanas a la capacidad de carga del ecosistema, en particular la de los recursos hídricos.
5. La presencia y la conservación de áreas verdes y otros recursos naturales al interior de la ciudad.

En la dimensión del medio ambiente construido:

1. El tamaño, estructura y forma de la mancha urbana que influye en el uso del espacio urbano y el desplazamiento.
2. La consideración de las características de la vivienda que influyen en la calidad de vida de sus ocupantes.
3. La dotación de infraestructura (energía eléctrica, agua potable, pavimentación, etcétera) y equipamiento (hospitales, escuelas, mercados, etcétera).
4. La conservación del patrimonio cultural construido e integración al trazo fundacional en el caso de las ciudades antiguas.
5. La consideración de los efectos del transporte público y privado sobre las personas, incluyendo aspectos de rutas, tipo redes viales, cobertura, etc.
6. La inclusión de los medios de comunicación masivos que ayuden a reducir los desplazamientos forzosos.

En la dimensión socioeconómica del medio ambiente:

1. La densidad de población que define las características de la población.
2. La planificación del crecimiento poblacional considerando las potencialidades de la misma.
3. La existencia o no de asentamientos urbanos ilegales.
4. La cobertura y accesibilidad para toda la población a servicios de educación, salud, así como a espacios de uso público de diversa índole.
5. La promoción o no de la seguridad física, emocional y psicológica de los pobladores de la ciudad.
6. La garantía o no de empleo digno para toda la población económicamente activa.
7. El grado de integración social de la comunidad que evite la segregación.
8. La utilización por parte de los sistemas productivos de tecnologías limpias.

III.1.5. Enfoque ecológico

Una tercera aproximación metodológica que es un sistema de análisis y estudio de los asentamientos humanos que se distingue por su perspectiva integral y multidisciplinaria es el “Enfoque o Aproximación Ecológica” que estudia una entidad, su medio ambiente y la interacción entre ellos (D Scott Slocombe, 1993). Este enfoque tiene dos propósitos que son: el definir un ecosistema como la unidad de estudio y la aplicación de conceptos ecológicos, así como otros conceptos fuera del tradicional dominio de la ecología al mismo. Este enfoque tuvo sus orígenes a principios del siglo

pasado cuando los primeros ecologistas humanos comenzaron el estudio de la gente, sus actividades e interacciones con métodos y metas similares a los de ecologistas tradicionales. La meta en un principio era entender cómo la gente cabía en su medioambiente, así como su distribución en el espacio; con el paso del tiempo este enfoque se ha ampliado mucho más para incluir en sus interpretaciones aspectos como son los económicos y sociales, lo cual ha llevado a una positiva evolución del mismo. El enfoque ecológico al igual que las anteriores aproximaciones mencionadas en este apartado nos da un entendimiento de la estructura y función de los asentamientos humanos a través de la síntesis de las relaciones entre los ámbitos urbano, social, cultural, económico y ecológico. De manera ideal la aproximación ecológica intentaría definir los límites dentro de los cuales el hombre debe alcanzar su bienestar, así como también busca soluciones a los problemas ecológicos y de desarrollo, sobre todo dentro de la cultura capitalista occidental, pues confronta la libertad individual con el bienestar colectivo. También cuestiona la manera en que actualmente se mide la riqueza (Producto Nacional Bruto) pues ésta solo aplica a productos hechos por el hombre excluyendo el capital natural.

La evolución del enfoque ecológico ha hecho que sus aproximaciones metodológicas se complementen a las desarrolladas a partir del concepto de desarrollo sustentable como las previamente mencionadas y que están siendo usadas en conjunto por diferentes organizaciones y gobiernos alrededor del mundo que reconocen la importancia de su aplicación. Díaz y López (1999) nos dicen que las metodologías

basadas en el enfoque ecológico y el concepto de desarrollo sustentable y que sean aplicadas al estudio de ciudades deben poseer las siguientes características:

1. Considerar el bienestar de la población humana como objetivo fundamental de la planeación y como primer criterio para evaluar la ejecución y funcionamiento del sistema.
2. Seleccionar y monitorear integralmente variables biológicas, sociales y culturales del sistema a ser estudiado.
3. Las interacciones entre las variables se dan a diferentes niveles (individuo, sociedad, región, biosfera) así que es importante considerarlas todas en la medida de lo posible en análisis de este tipo.

Dado que la estructura y función de la ciudad, así como la organización social están íntimamente relacionados, es importante identificar los principales puntos de tensión que las condicionan para así profundizar en ellos.

III.1.6. Sistemas de información geográfica (SIG)

Según Lorenzo (2001) “un SIG se define como el equipamiento informático que tiene la capacidad de almacenar datos territoriales, en formato digital, ... y realizar con ellos operaciones de análisis y tratamiento que permitan transformarlos y presentarlos gráficamente...”.

Un SIG debe permitir la referencia de su información contenida con coordenadas geográficas. Gracias a su flexibilidad para vincular atributos económicos, sociales y

ambientales a los objetos cartográficos el SIG se ha convertido en una herramienta importante de gestión territorial (Lorenzo, 2001).

Los componentes de un SIG son: 1. el equipo informático o hardware; 2. el programa de gestión del sistema; 3. los datos del territorio y 4. las personas que operan el sistema. Por otra parte, los datos se clasifican en geográficos (que a su vez se subclasifican en puntos, líneas o superficies) y alfanuméricos que describen los atributos del espacio. La salida de los datos incluye formatos digitales y rígidos (impresos). Dentro de los productos que se pueden obtener con un SIG tenemos tablas, gráficas y mapas de distinto tipo a diferentes escalas (Lorenzo, 2001).

III.1.7. Criterios de cálculo y calidad del agua

Cálculo de cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Según CNA (2004 b) la cobertura de agua potable “corresponde a la relación entre la población que cuenta con el servicio de agua potable en su domicilio y la población actual de la localidad, expresada en por ciento (%)” y se puede calcular con la fórmula:

$$\text{Cobertura A.P. (\%)} = \left[\frac{\text{(\# de viviendas con agua potable) (\text{índice de hacinamiento})}{\text{Población del 2000}} \right] \times 100$$

Una desventaja de este método es que nos da sólo una visión global de la cobertura de agua potable. Por su parte las variables del INEGI (2000) permiten calcular la cobertura del agua potable a partir del número de viviendas con agua entubada en la vivienda o el predio. A partir de la agregación o disgregación de datos,

además de asociaciones con otras variables se pueden tener lecturas a diferentes escalas urbanas.

Otra fuente de información acerca de la cobertura de agua potable en la localidad la representan los mapas que el organismo operador del sistema actualiza frecuentemente.

Criterio de cálculo de la dotación de agua potable

CNA (2004 b) denomina a la dotación como “producción”, la cual es considerada como el gasto medio captado o extraído de las fuentes de abastecimiento y que se proporciona a la localidad de manera global, es decir, es la relación entre el gasto extraído y la población local, la cual se reporta en l/hab/día. Sin embargo, este dato sólo nos permite calcular la dotación media anual por habitante, la cual para efectos de análisis desagregados dice muy poco.

Existen criterios de dotación de agua potable por niveles de ingreso o usos del suelo, los cuales han sido discutidos por autores como Ayuntamiento de Benito Juárez (2004), Bazant (2000) y Lahera (2000). Estos criterios permiten matizar la dotación del agua en las ciudades. En la Tabla 3.4 se presenta el criterio de dotación propuesto por Bazant (2000). Cabe mencionar que los criterios de dotación de agua potable pueden variar adicionalmente por aspectos tan variados como lo son el régimen climático y la disponibilidad de agua en la zona.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Tabla 3.4. Dotación de agua según nivel de ingreso o uso del suelo.

	Litros diarios Por persona
Mínimo psicológico	1
Toma colectiva que varía con la distancia	6 20 40
Mínima toma individual	80 120 160
Uso promedio	200
Desarrollo unifamiliares (demanda ascendente debido a altos estándares y cambios en estilo de vida)	240 280 320 360
Desarrollos de lujo	400 440 480 520 560 600

Fuente: Bazant, 2000.

Criterio de cálculo del consumo de agua potable

CNA (2004 b) considera el consumo de agua potable como la diferencia de la dotación del agua potable menos las pérdidas de agua potable. Las pérdidas de agua potable en Cancún según CNA (2003) son del orden del 40%, por lo tanto el consumo de agua potable en la misma es del 60% de la dotación. Este dato se debe reportar en l/hab/día. Para matizar el consumo de agua potable por unidad de análisis y conservar su relación con la población existente en el mismo basta multiplicar la dotación por 0.60.

Criterio de cálculo de las pérdidas de agua potable

CNA (2004 b) considera las pérdidas como “el agua que se escapa por fugas en la línea de conducción, tanques, red de distribución y tomas domiciliarias” y representa para el caso de Cancún el 40% de la dotación (CNA, 2003). “Este parámetro se obtiene del estudio de fugas de los sistemas de localidades, elaborado por CNA” (CNA, 2004 b).

Criterio de cálculo de la producción de aguas servidas

CNA (2004 b) denomina la producción de aguas servidas como “gasto generado de agua residual” y se reporta en l/s. Bazant (2000) considera que la aportación de aguas servidas representa el 80% de la dotación.

Criterio de cálculo de la cobertura de los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas

Según CNA (2004 b) la cobertura de alcantarillado “corresponde a la relación entre población que cuenta con el servicio de alcantarillado y la población actual de la localidad, expresada en por ciento (%)” y se puede calcular por la fórmula:

$$\text{Cobertura Alc. (\%)} = \left[\frac{\text{(\# de viviendas con servicio de drenaje) (\índice de hacinamiento)}}{\text{Población del 2000}} \right] \times 100$$

Una desventaja de este método es que nos da sólo una visión global de la cobertura del alcantarillado, así como tampoco aclara si estas viviendas usan verdaderamente o no el drenaje. Por su parte las variables del INEGI (2000) permiten calcular la cobertura del alcantarillado a partir del número de viviendas que utilizan el

mismo, así como identificar las que utilizan fosas sépticas y las que no cuentan con ningún servicio de drenaje. A partir de la agregación o disgregación de datos, además de asociaciones con otras variables se pueden tener lecturas a diferentes escalas urbanas.

Otra fuente de información acerca de la cobertura de agua potable en la localidad la representan los mapas que el organismo operador del sistema actualiza frecuentemente.

Criterios para evaluar la calidad del agua

Según CNA (2001 b) y Borges y Cortes (2003) existen diversos parámetros utilizadas para evaluar la calidad del agua, algunas de estos son:

1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Indica la presencia de materia orgánica suspendida o no, asimilable por microorganismos. Se considera un claro indicador de contaminación. Se mide en miligramos por litro (mg/l).
2. Sólidos suspendidos totales (SST). Son partículas de origen orgánico o inorgánico, que están en solución y comprenden material coloidal que no se sedimenta. Impiden la entrada de luz a las capas intermedias de un cuerpo de agua, limitando la fotosíntesis y el intercambio de oxígenos en branquias de animales acuáticos. Pueden estar presentes en aguas subterráneas y su unidad de medida es en miligramos por litro (mg/l).
3. Coliformes fecales (COL. F.). Bacterias que abundan en el tracto digestivo de los mamíferos superiores, indicadores de contaminación de materia fecal.

Generalmente asociados con otras bacterias y con anibas o helmintos, son productores de infecciones gastrointestinales. Se mide en número más probable por 100 ml (NMP/100ml).

4. Oxígeno Disuelto (O.D.). Elemento esencial para la vida acuática que se ve afectado por la presencia de desechos biodegradables y por la disminución de la temperatura. Se mide en partes por millón (ppm).
5. Estado trófico. Es el grado de eutrofización o presencia de nutrientes en el agua. Dependiendo del tipo y concentración de nutrientes se pueden presentar signos de contaminación en el agua entre los cuales se pueden encontrar la turbidez, crecimiento de algas e incremento en la severidad de la deflexión del oxígeno. Existen varias formas de medir el estado trófico destacándose entre ellas el índice de Trix.

Los criterios de evaluación de calidad del agua de los anteriores parámetros están incluidos en diversas normas mexicanas y/o estudios científicos. En la evaluación de la calidad del agua a partir de los parámetros SST y DBO₅ se puede utilizar el criterio “EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES-USO PÚBLICO URBANO” (C) de la norma NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales mexicanos que provengan de usos públicos urbanos; se usa este criterio porque es equivalente al criterio “Condiciones Particulares de Descarga” (CPD) utilizado por la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo para evaluar a la empresa operadora del servicio en Cancún, adicionalmente porque es más estricto al utilizado

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

regularmente (RIOS-USO PÚBLICO URBANO) ante un contexto de falta de estudios particulares sobre tolerancia de contaminantes del acuífero local. Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Parámetros para evaluar la calidad del agua a partir del criterio Embalses Naturales y Artificiales, Uso Público Urbano (C) de la norma NOM-001-ECOL-1996.

Calidad del agua	DBO ₅ (mg/l)	SST (mg/l)
Buena	=< 30	=< 40
Mediocre	> 30 =< 75	> 40 =< 75
Mala	> 75	> 75

Fuente: CNA (2002), NOM-001-ECOL-1996. Abreviaciones: DBO₅ Demanda Bioquímica de Oxígeno; SST Sólidos Suspendidos Totales; mg/l Miligramos por litro.

Nota: los valores aplican para muestras de promedios mensuales.

Para la evaluación de la calidad del agua de cuerpos acuáticos dependiendo de su uso y utilizando el parámetro COL. F. se puede hacer uso del criterio planteado por el acuerdo CE-CCA-001/89 por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua en México. Sin embargo, para el caso específico del agua para consumo humano se debe utilizar la norma NOM 127-SSA1-1994 que establece los límites de COL. F. presentes en el agua potable. Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Límites permisibles de Coliformes Fecales dependiendo del uso del agua.

Uso de agua	Límite permisible de COL. F.	
	(NMP/100 ml)	Norma utilizada
Como fuente de abastecimiento de agua potable	1000	CE-CCA-001/89
Para riego agrícola	1000	CE-CCA-001/90
Para consumo humano	No detectable	NOM 127-SSA1-1994

Fuente: CE-CCA-001/89 y NOM 127-SSA1-1994. Abreviaciones. COL. F. Coliformes Fecales; NMP/100ml. Número Más Probable por 100 ml.

En la evaluación de la calidad del agua a partir del parámetro O. D. se puede utilizar la tabla de niveles de oxígeno disuelto (TNOD) bajada del sitio de Internet

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

<http://k12science.atistevens-tech.edu/curriculum/diproj2/fieldbook/oxigeno.shtml>. Tabla

3.7.

Tabla 3.7. Calidad del agua a partir del parámetro Oxígeno Disuelto.

Nivel de O.D. (ppm)	Calidad del agua
0.0 - 4.0	Mala
4.1 - 7.9	Aceptable (Mediocre)
8.0 - 12.0	Buena

Fuente:<http://k12science.atistevenstech.edu/curriculum/diproj2/fieldbook/oxigeno.shtml>
. Abreviaciones: O.D. Oxígeno Disuelto; ppm. Partes por Millón.

Para evaluar la calidad del agua a partir de su estado trófico se puede utilizar el Índice de TRIX discutido por Vollenweider, et al (1998 mencionado en Borges y Cortes, 2003). Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Calidad del agua a partir del parámetro estado trófico.

Unidad TRIX	Estado trófico
2.0 - 4.0	Elevado
4.0 - 5.0	Bueno
5.0 - 6.0	Mediocre
6.0 - 8.0	Bajo (Malo)

Fuente: Vollenweider, et al (1998 mencionado en Borges y Cortes, 2003).

III.2. Metodología de la investigación

III.2.1. Integración del indicador “Uso y manejo del agua urbana” para el análisis de la sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Según diversos autores como la EEA (s.f.) la selección de un problema ambiental para ser convertido y estudiado como indicador de sustentabilidad urbana debe cumplir tres requisitos:

1. Estar relacionado con las dimensiones económicas, sociales, espaciales, culturales y ambientales (y en algunos casos incluyendo aspectos epidemiológicos) de la ciudad.

2. Tener relación directa con la calidad de vida de los residentes de la ciudad.
3. Guardar un balance entre la calidad de información requerida y costo para obtenerla.

Aplicando la metodología de evaluación de funcionamiento del ambiente urbano (EEA, s.f.) se detectaron diversos problemas ambientales en Cancún, de los cuales se ha seleccionado tres para ser abordados en este trabajo, estos son:

- a. Los desbalances en la infraestructura y servicios urbanos entre las distintas zonas de la ciudad.
- b. El uso de tecnología inadecuada o falta de ella en el tratamiento de aguas servidas.
- c. La contaminación del manto freático, lagunas y mar circundantes.

La selección de estos tres problemas ambientales se debe a que además de cumplir con los requisitos necesarios para ser amalgamados en un indicador de sustentabilidad urbana, estos son identificados claramente por el programa “*Habitat*” de la ONU como factores determinantes que influye en la sustentabilidad de todo asentamiento humano (UN-HABITAT, 2003 a y b). Adicionalmente a lo ya mencionado, y a la posibilidad de desarrollar un análisis que hasta donde se ha podido investigar no se ha elaborado para Cancún, Quintana Roo se propone y justifica la integración de estos problemas ambientales en un indicador compuesto denominado “Uso y manejo del agua urbana”.

El modelo de uso y manejo del agua urbana en Cancún ha tenido repercusiones graves en el medio ambiente natural de la localidad como queda reportado por Wiese

(1996). Entre algunos de estas repercusiones tenemos la contaminación de la laguna *Nichupté* y las playas. Por último, aunque sería aventurado asegurar que Cancún no es sustentable a partir de sólo el análisis de su “uso y manejo del agua urbana”, este indicador nos da la posibilidad y flexibilidad de servir de conexión con muchos otros problemas urbanos que en conjunto podrán dar cuenta de si el modelo urbano de Cancún se adapta a criterios de sustentabilidad urbana como los discutidos en el marco teórico.

III.2.2. Metodología *ad hoc* para el análisis de la sustentabilidad de Cancún, Quintana Roo

La secuencia metodológica utilizada en este estudio estuvo orientada a cumplir con los objetivos planteados por la tesis. Como primer paso se procedió a delimitar el área de estudio; posteriormente se llevó a cabo el acopio exhaustivo de información sobre las temáticas relacionadas según el marco teórico y metodológico en fuentes bibliográficas especializadas, entrevistas con expertos y algunos pobladores. Los datos obtenidos fueron verificados en campo mediante recorridos y toma de fotografías.

La información recabada (tanto cualitativa como cuantitativa) se centro en datos históricos y variables recientes sobre el proceso de urbanización de la ciudad y el uso y manejo del agua el agua urbana locales. Las fechas de los datos utilizados fluctúan del 2000 al 2003 debido a que algunas fuentes sólo son actualizadas cada determinado número de años como es el caso de los censos de población y en otros a su facilidad de acceso. Esta diferencia de hasta tres años entre algunas variables no ocasionó

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

problemas de análisis e interpretación, debido a que en términos generales el estado de la situación en el periodo es homogéneo.

Las unidades territoriales en que se capturaron los datos de las diferentes variables o atributos (Tabla 3.9) del indicador “uso y manejo del agua urbana” fueron las unidades básicas de análisis utilizadas por el INEGI, las cuales son denominadas Área Geoestadística Básica (AGEB). Como métodos de procesamiento de los datos se utilizaron la elaboración de síntesis por temas, estadística y dibujo asistido por computadora (CAD). La finalidad de este trabajo fue la generación de los elementos base necesarios para la integración de un SIG, el cual sirvió de herramienta de sistematización y análisis de la información.

Tabla 3.9 Variables del indicador de sustentabilidad urbana denominado “Uso y manejo del agua urbana” en Cancún, Quintana Roo.

Densidad de población de Cancún, Quintana Roo
Cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Cancún, Quintana Roo
Dotación de agua potable en Cancún, Quintana Roo
Consumo y pérdidas de agua potable en Cancún, Quintana Roo
Producción de aguas servidas en Cancún, Quintana Roo
Cobertura y problemática de los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas en Cancún, Quintana Roo
Producción de lodos residuales en Cancún, Roo
Calidad del agua urbana en Cancún, Quintana Roo
Actores que intervienen en el “uso y manejo del agua urbana” en Cancún, Quintana Roo

Fuente: Elaboración propia

Para desarrollar el análisis del indicador “uso y manejo del agua urbana” se partió por un criterio de uso del suelo y socioeconómico. Para aplicar este criterio, en primer lugar se procedió a caracterizar la estructura urbana de la ciudad por usos del suelo y niveles económicos, esta situación permitió contextualizar desde una

perspectiva urbana el estado de la problemática estudiada y su resultado fue la creación de zonas de análisis. Posteriormente y basados en la teoría se adicionó la variable poblacional, la cual está relacionada con la intensidad de uso del agua urbana. También se adicionó una variable denominada “mecanismos de incorporación de la tierra a la mancha urbana” debido a que era indispensable para complementar las explicación del estado del agua urbana en Cancún.

Posteriormente a todas las variables o atributos del indicador “uso y manejo del agua urbana”, tanto por AGEB, como por zona de análisis se les aplicó tratamiento analítico generándose así resúmenes, gráficas, tablas y mapas temáticos que relacionan las características urbanas actuales con las del uso y manejo del agua urbana en Cancún, así como con la teoría referente a la problemática ambiental urbana de las ciudades y los criterios de sustentabilidad urbana. Los productos de este análisis fueron una serie de modelos gráficos conceptuales acerca de los diferentes aspectos que dan cuenta de la problemática del uso y manejo del agua urbana en la localidad.

A continuación se describe de manera particular como se delimitó el área del estudio, la integración del SIG, la integración del modelo de estructura urbana y la determinación de los datos de cada una de las variables utilizadas en el estudio.

III.2.2.1. Delimitación del área de estudio

Para efectos de este trabajo y debido a que se consideró el proceso de urbanización y funcionamiento urbano real de la ciudad, la mancha urbana de Cancún abarca el área comprendida en la Actualización de la Carta Urbana de la ciudad de

Cancún aprobada por el H. Cabildo en la XIII sesión ordinaria del H. Ayuntamiento de Benito Juárez 2002 – 2005; más el asentamiento Alfredo V. Bonfil, su crecimiento; algunos asentamientos sobre la carretera a Mérida y al norte de la ciudad en tierras del ejido Isla Mujeres.

III.2.2.2. Integración del SIG

El mapa base del SIG se integró como se explica a continuación:

1. Los archivos digitales (formato DXF) de INEGI 2000, de las localidades de Cancún y Alfredo V. Bonfil se integraron en un solo archivo CAD con la finalidad de ser editado. La unidad básica de análisis fue el AGEB que es la misma utilizada por el INEGI.
2. Debido a que los archivos de las localidades de Cancún y Alfredo V. Bonfil no plasmaban la extensión real de la ciudad se procedió a completar en el archivo CAD los polígonos faltantes (creación de nuevos AGEB's) tomando como base el croquis municipal de Benito Juárez con marco geo-estadístico, también del INEGI.
3. El archivo CAD final se convirtió de nuevo a formato DXF y finalmente a formato SHP (SHAPE) con el software ARCVIEW GIS 3.1.
4. Se realizó la asignación de atributos para cada uno de los polígonos en el software ARCVIEW GIS 3.1. La asignación de atributos es el proceso mediante el cual se le da una clave a cada uno de los elementos del SIG (polígonos,

líneas o puntos) para que posteriormente le sean asociados los datos de las variables estudiadas.

5. Paralelamente se fusionaron a nivel AGEB las variables seleccionadas de los censo de población urbana y rural del INEGI 2000 para construir una base de datos en formato XLS (Excel), que posteriormente se exportó en formato DBF.
6. Adicionalmente se elaboraron y fusionaron otras bases de datos (en formatos XLS y DBF) con la información de la estructura urbana y las variables sobre el uso y manejo del agua urbana de Cancún, en estas también se mantuvo el criterio de utilizar AGEB's como unidad básica de la información.
7. Finalmente, se integraron las bases de datos en formato DBF al archivo SHP, quedando con ello el templete base para poder desarrollar los análisis con el software ARCVIEW GIS 3.1.

Es conveniente mencionar que se decidió utilizar en muchos casos las unidades de medida en términos relativos: porcentaje (%), $m^3/hab/año$ o $mill/m^3/año$ debido a que estas son más significativas para la escala del estudio y ayudan a apreciar con mayor claridad los impactos y demandas de la población cancenense sobre el recurso agua.

III.2.2.3. Determinación de los datos de la Estructura Urbana de Cancún y los mecanismos de incorporación de la tierra a la mancha urbana

Basados en la teoría, la estructura urbana de Cancún se desarrolló en el SIG a partir del criterio de usos del suelo, identificándose los siguientes: habitacional, turístico, industrial, comercial y de servicios y heterogéneo. Posteriormente, se procedió

a diferenciar los diferentes niveles económicos³ de la población asentada en la zona habitacional, es así que del censo de población 2000 elaborado por el INEGI, tanto por localidades urbanas como rurales y por AGEB se extrajeron y ordenaron los datos de las variables relacionadas con el ingreso de la población ocupada.

Debido a las diferencias en los intervalos de los datos de los censos urbanos y rurales y con la finalidad de homogeneizar el criterio de análisis estas variables se agruparon en tres categorías denominadas:

1. Población de ingresos bajos: con ingresos de dos o menos salarios mínimos mensuales.
2. Población de ingresos medios: con ingresos entre dos y cinco salarios mínimos mensuales.
3. Población de ingresos altos: con ingresos de cinco o más salarios mínimos mensuales.

Posteriormente se procedió a calcular el valor porcentual de cada una de las tres variables para cada AGEB con uso del suelo habitacional. Así mismo, se calculó el porcentaje promedio de cada una de estas tres variables a nivel ciudad obteniéndose los siguientes valores:

1. Población de ingresos bajos = 29.92%
2. Población de ingresos medios = 48.64%
3. Población de ingresos altos = 21.45%

³ El nivel económico es una clasificación que se basa en el ingreso de la población (salarios mínimos) y permite comparar a los miembros de la misma ya sea de manera individual o por zonas.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

Considerando el valor medio de la ciudad como base de referencia = 100, se procedió a calcular el valor porcentual respecto a la media de la misma para cada una de las tres variables, integrando así un índice para cada una. Estos índices nos indican para cada variable, el porcentaje por arriba o por debajo del valor medio de la ciudad, que se presenta en los AGEBS con uso habitacional. Así, por ejemplo, un AGEB con índice 300 para la variable población de altos ingresos, indica que en él hay un 64% de población de ingresos altos o, expresado de otra forma, que el porcentaje de población de ingresos altos en ese AGEB triplica la media de la ciudad.

A partir de los índices resultantes para cada variable y del análisis de su comportamiento espacial mediante el SIG, se clasificó a los AGEBS con uso habitacional en siete niveles económicos seleccionando la variable y los intervalos más representativos para cada uno (Tabla 3.10).

Tabla 3.10. Criterios de clasificación de las zonas habitacionales por niveles económicos.

Nivel económico predominante	Variable e índices que lo definen
Muy Alto	Ingreso =>5 smm: 366.36-466.27
Alto	Ingreso =>5 smm: 312.56-366.36
Medio Alto	Ingreso =>5 smm: 260.89-309.41
Medio	Ingreso =>5 smm: 157.34-260.88
Medio Bajo	Ingreso 2-5 smm: 146.86-205.61
Bajo	Ingreso 2-5 smm: 79.08-146.85
Muy Bajo	Ingreso =<2 smm: 194.08-334.25

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI (2000).

Finalmente, se integró el Mapa (4.3.) de estructura urbana con toda la información de usos del suelo para ser utilizados como zonas de análisis de las variables del uso y manejo del agua urbana.

Por otra parte, los mecanismos de incorporación de tierra a la mancha urbana identificados en Cancún mediante fuentes bibliográficas, cartográficas y entrevistas con personajes clave se integraron en el Mapa 4.1.

III.2.2.4. Determinación de los datos de densidad de población

Como primer paso se procedió a hacer una base de datos donde se plasmara la cantidad de residentes permanentes por AGEB de acuerdo al Censo de Población y Vivienda de 2000, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Con la finalidad de tener una visión real del número de residentes permanentes o flotantes en la ciudad se procedió a calcular adicionalmente la población flotante promedio diaria en la localidad tomando como base el número de visitantes recibidos en el año 2000 según los indicadores turísticos emitidos por FONATUR. Este número de habitantes se sumó a los obtenidos del censo. Con la finalidad de ubicar geográficamente esta población dentro de la mancha urbana se consultó la Guía Oficial de Hospedaje de México 1994-1995 de SECTUR, prestando atención al número de cuartos según su ubicación en la ciudad. Es así que a partir de esta revisión se pudo identificar que el 11.5%, 86.3% y 2.2% de los cuartos de hotel se encuentran repartidos respectivamente en el centro de Cancún, la Zona Hotelera y Puerto Juárez. Por lo consiguiente la población flotante se repartió en esas mismas proporciones entre los AGEB's que se ubican en las zonas antes mencionadas. Simultáneamente se calculó

la superficie de cada uno de los AGEB's por KM^2 . Finalmente se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la densidad de población:

$$D = NH / A$$

Donde: D = Densidad de población, NH = Número de habitantes, A = Superficie

La densidad de población se calculó tanto por AGEB como por sector de análisis con la finalidad de mostrar los matices entre niveles de análisis.

III.2.2.5. Determinación de los datos de la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable

Del censo de población 2000 elaborado por el INEGI, tanto por localidades urbanas como rurales y por AGEB se extrajeron y ordenaron los datos de las variables: viviendas particulares con agua entubada en la vivienda; viviendas particulares con agua entubada en el predio; viviendas particulares que disponen de agua entuba y total de viviendas habitadas. Con la finalidad de homogeneizar el criterio de análisis de estas variables se aplicaron las operaciones aritméticas correspondientes que permitieron agrupar los datos en dos categorías denominadas: zona de viviendas con agua potable y zona de viviendas sin agua potable (la cual, a partir de la investigación se detectó que consumía agua a través de sistemas alternativos como hidrantes públicos, es decir no en la vivienda; camiones cisterna, también llamados pipas o pozos particulares). También se detectaron plantas desalinizadoras, las cuales a pesar de ser un sistema alternativo, aportaban el agua potable producida a la zona de red pública, dado que su ubicación geográfica coincide con esta. Finalmente y con la intención de identificar la cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable detectados,

se asoció la superficie de las dos zonas delimitadas con el número de pobladores permanentes y flotantes en las mismas.

III.2.2.6. Determinación de los datos de la dotación de agua potable

Como primer paso para determinar la dotación de agua potable en Cancún por zona de análisis se procedió a aplicar un criterio “Ad hoc” de dotación de agua potable, el cual se elaboró siguiendo los siguientes dos criterios: 1. que guardase una relación lógica entre la realidad local y los criterios de dotación de agua potable discutidos por diversos autores en el marco metodológico y 2. que permitiese cuadrar la población real estimada para la ciudad (bajo el criterio descrito en el apartado de densidad de población) con la dotación reportada por CNA (2003) para Cancún en el año de estudio que fue de 56.25 mill/m³.

Tabla 3.11. Criterio de dotación de agua potable a la ciudad de Cancún por zona de análisis.

Zona de análisis de la ciudad	Dotación per cápita de agua potable
Habitacional de ingresos Muy Altos	650 l/hab/día
Habitacional de ingresos Altos	650 l/hab/día
Habitacional de ingresos Medios Altos	400 l/hab/día
Habitacional de ingresos Medios	400 l/hab/día
Habitacional de ingresos Medios Bajos	250 l/hab/día
Habitacional de ingresos Bajos	250 l/hab/día
Habitacional de ingresos Muy Bajos	=< 100 l/hab/día
Heterogéneo	400 l/hab/día
Comercial y de servicios	400 l/hab/día
Turístico	=> 870 l/hab/día
Industrial	=> 870 l/hab/día

Fuente: Elaboración propia a partir de Ayuntamiento de Benito Juárez (2004), Bazant (2000) y Lahera (2000). Abreviaciones: l/hab/día. litros/habitante/día

El resultado de la aplicación de estos criterios en el cálculo de la dotación de agua potable entubada en Cancún están en la Tabla 3.11. Otros datos que dan cuenta del estado de la dotación del vital líquido en la población se tomaron de fuentes bibliográficas especializadas. Finalmente las dotaciones acumuladas se calcularon a partir de las operaciones aritméticas correspondientes.

III.2.2.7. Determinación de los datos del consumo y pérdidas de agua potable

Tomando como base lo mencionado en el apartado correspondiente del marco metodológico y los datos de dotación por zona de análisis y AGEB se procedió a aplicar las operaciones aritméticas correspondientes para calcular los consumos y pérdidas de agua potable. Los cueles corresponden a al 60% y 40% de la dotación respectivamente.

Adicionalmente se procedió a calcular en términos de porcentaje los consumos y pérdidas que cada AGEB representan del total de la ciudad.

III.2.2.8. Determinación de los datos de la producción de aguas servidas

El criterio utilizado para calcular la producción de aguas servidas por AGEB y por zona de análisis es el 80% del consumo, asumiendo que el 20% restante se pierde de alguna menara en filtraciones. Este criterio se considera correcto debido a que no sería lógico que la producción de aguas servidas sea un 20% más de toda al agua potable consumida por un AGEB o sector de análisis, pues esto implicaría que cada uno de estos estaría aportando volúmenes inexplicables y muy grandes de agua

servidas al drenaje. Adicionalmente se procedió a calcular en términos de porcentaje la producción de aguas servidas que cada AGEB aporta al total de la ciudad.

III.2.2.9. Determinación de los datos de la cobertura y problemática de los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas

Del censo de población 2000 elaborado por el INEGI, tanto por localidades urbanas como rurales y por AGEB se extrajeron y ordenaron los datos de las variables: viviendas particulares con drenaje conectado a la red pública; viviendas particulares con drenaje conectado a fosa séptica, barranca o grieta, río, lago y mar; viviendas particulares sin drenaje y viviendas particulares que disponen de drenaje.

Con la finalidad de homogeneizar el criterio de análisis de estas variables se aplicaron las operaciones aritméticas correspondientes que permitieron agrupar los datos en tres categorías denominadas: viviendas con drenaje conectado a red pública, viviendas con drenaje conectado a fosa séptica y viviendas sin ningún tipo de drenaje, es decir que vierte a grietas.

Posteriormente se procedió a calcular por AGEB el índice de viviendas con cada caso de drenaje, los cuales se plasmaron de manera gráfica en mapas auxiliares. Estos mapas auxiliares fueron ajustados con los resultados de la revisión bibliográfica sobre el funcionamiento y desempeño de las fosas sépticas, así como con el trabajo de campo en el cual se averiguó entre otras cosas que existe una zona que a pesar de contar con la infraestructura de drenaje público no la usa.

Estos elementos sirvieron para formar el criterio final de clasificación sobre la cobertura del sistema de desalojo y tratamiento de aguas residuales. La nueva

clasificación se divide en: 1. zona de la ciudad que trata predominantemente sus aguas servidas a partir de la red de alcantarillado público que se encuentra en uso y conectada a plantas de tratamiento, 2. zona de la ciudad que trata predominantemente sus aguas servidas a partir de fosas sépticas, sumideros, o grietas en el terreno y 3. zona de la ciudad que trata predominantemente sus aguas servidas a partir de fosas sépticas, sumideros o grietas en el terreno, a pesar de contar con la infraestructura de drenaje público en su zona.

Finalmente y con la intención de identificar las coberturas de cada uno de los sistemas de desalojo y tratamiento de aguas servidas detectados se asociaron estos a la superficie de las diferentes zonas y el número de pobladores permanentes y flotantes en las mismas. Otros datos importantes (los cuales están reportados en el apartado de resultados correspondiente) acerca de la cobertura y el estado de este servicio y su problemática fueron tomados de fuentes bibliográficas especializadas, las cuales están reportadas textualmente en el apartado correspondiente de resultados.

De manera adicional y paralela a los sectores de análisis, se hicieron otros cálculos y mapas (en números absolutos y en porcentaje) sobre la clasificación identificada en este apartado acerca de todas las variables del indicador “uso y manejo del agua urbana” con la finalidad de ver su comportamiento, pero prestando especial atención en como la realidad anteriormente descrita influye en: 1. el volumen y disposición de las aguas servidas tratadas en las plantas de tratamiento de Cancún; 2. el volumen y disposición de las aguas servidas tratadas deficientemente (fosas

sépticas) o sin ningún tratamiento en Cancún y 3. el origen y destino del superávit de aguas servidas tratadas en las plantas de tratamiento de la Zona Hotelera.

III.2.2.10. Determinación de los datos de la producción de lodos residuales

La determinación de lodos residuales se calculó a partir de la producción de lodos residuales reportados por AGUAKAN y BMO-FONATUR en Ayuntamiento de Benito Juárez (2004). El cual reportaba 32 y 35 ton/día respectivamente.

Considerando el hecho de que estos volúmenes de producción de lodos residuales sólo están relacionadas con el volumen de aguas residuales tratadas en las plantas de tratamiento, se procedió a calcular la proporción entre el volumen total anual de lodos residuales y la población atendida por las plantas de tratamiento, dando como resultado una producción de 71.72 kg/hab/año para el caso de los usuarios atendidos por las plantas de AGUAKAN (todos con residencia en la ciudad) y 344.58 kg/hab/año para el caso de los usuarios atendidos por BMO-FONATUR (todos con residencia en la Zona Hotelera).

Como la producción de lodos residuales es un residuo generado indistintamente del sistema de tratamiento utilizado se sabe que las zonas de la ciudad que no utilizan la infraestructura de drenaje y saneamiento público también generan este residuo. Debido a que no se cuenta con ningún dato para estimar la producción de lodos residuales en esta zona, se decidió formarse un criterio el cual pudiera dar una idea de la problemática de esta zona. Debido a que las fosas sépticas, sumideros y grietas en el terreno son sistemas pequeños de desalojo o tratamiento de aguas residuales,

además de que las zonas que utilizan alguno de estos sistemas se encuentran en su totalidad en la ciudad se consideró razonable aplicar el criterio de 71.72 kg/hab/año, que es el mismo utilizado por AGUAKAN en el resto de la ciudad.

A continuación se procedió a calcular la producción de lodos residuales por AGEB dependiendo del criterio de clasificación, es decir, si sus aguas servidas son tratadas por AGUAKAN, BMO-FONATUR o de manera particular. Adicionalmente se procedió a calcular en términos de porcentaje la contribución de lodos residuales que cada AGEB aporta al total de la ciudad.

III.2.2.11. Determinación de los datos de la calidad del agua urbana

La obtención de resultados de muestras de calidad del agua de distintas partes del acuífero de la zona, así como de diferentes puntos de la red de agua potable y drenaje de la ciudad se basó en la gestión de información de bases de datos oficiales y académicos recientes.

Los criterios de evaluación de calidad del agua son los mencionados en el apartado III.1.13. “Criterios para evaluar la calidad del agua”, de este capítulo de Materiales y Métodos. Otros datos relevantes sobre la calidad del agua en la zona están reportados en el apartado correspondiente del capítulo de resultados, los cuales fueron obtenidos de fuentes bibliográficas especializadas.

III.2.2.12. Determinación de los actores que intervienen en el uso y manejo del agua urbana en Cancún

Basados en la revisión de bibliografía básica y en la elaboración de entrevistas semi-estructuradas a una lista inicial de actores claves, se conformó una lista final de actores claves con los cuales se sostuvieron repetidas entrevistas semi-estructuradas en las cuales se profundizaba la información recolectada y analizada.

Paralelamente a este método utilizado para obtener la lista de “actores que intervienen en el uso y manejo del agua urbana”, se llevaron a cabo recorridos por la ciudad, en los cuales se tomaron fotografías, se recabaron datos con pobladores, así como también se verificaron los datos obtenidos tanto en las entrevistas, como en el trabajo de gabinete.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

(Ver PARTE II)

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

V. CONCLUSIONES

V.1. Conclusiones sobre el proceso de urbanización y la estructura urbana de Cancún

1. El proceso de urbanización en Cancún se ha visto marcado además de las invasiones, por la constitución de dos monopolios sobre el recurso tierra, por los gobiernos federal y estatal, a través de FONATUR e INFOVIR respectivamente.
2. El proceso de urbanización en Cancún a dado como resultado una estructura urbana que tiene como característica fundamental una marcada fragmentación y segregación urbana, evidenciada por aspectos tales como: la ubicación geográfica de los diferentes grupos económicos de la población, el patrón de incorporación de tierra a la mancha urbana, el tipo de infraestructura disponible y la densidad promedio de población.
3. La estructura urbana de Cancún por usos del suelo y niveles económicos, así como por el acceso y uso de las infraestructuras de agua potable y tratamiento y desalojo de aguas servidas confirma el modelo de “ciudad gemela” desarrollado por García y Córdoba, pues nos muestra la segregación funcional de la Z.H. y la ciudad; la existencia de un centro poli-funcional (ciudad original) creado que desconoció los asentamientos autóctonos previos (aunque posteriormente se han conurbado), así como también la ubicación geográfica de la población que sigue un patrón semicircular, que va de la población de niveles económicos altos al centro, niveles económicos medios en torno a éste y niveles económicos bajos en la periferia; también nos muestra cómo la calidad de la infraestructura urbana sigue este mismo patrón.

4. La problemática ambiental al interior de Cancún, que está relacionada con su proceso de urbanización, es diferencial pero, en su conjunto, es similar a la de otras ciudades.
5. La estructura urbana y el patrón de uso y manejo del agua urbana en Cancún son resultado de la interacción de un conjunto de actores sociales sobre el entorno ambiental a través de un proceso de desarrollo urbano en un contexto económico capitalista cambiante que ha sido impulsado por el turismo.

V.2. Conclusiones sobre el patrón de uso y manejo del agua urbana en Cancún

1. El esquema monopólico privatizado de los servicios del agua urbana en Cancún presenta: a.) contradicciones en cuanto a los argumentos utilizados por el gobierno para su aprobación; b.) limitaciones en cuanto a sus alcances y beneficios sociales y ecológicos y c.) ha originado complejas respuestas de la sociedad para obtener agua potable a mejor precio.
2. La existencia de subsidios gubernamentales en el tratamiento de las aguas servidas de la Z.H. contradice el modelo monopólico privatizado, evidenciando así una doble política en materia del agua urbana en la ciudad, la cual es inequitativa socialmente, pues sólo beneficia a los sectores sociales locales más poderosos, además de no fomentar una cultura del agua.
3. La creencia general de que el acuífero de la zona está subexplotado debe cuestionarse debido a que: a.) se conoce poco acerca del comportamiento del régimen climático en el largo plazo; b.) el constante incremento en la demanda

de agua; c.) la posible aparición de intrusión salina por extracciones de agua en la costa y d.) su tendencia al deterioro debido al incremento en su contaminación, en particular en las zonas de captación por razones que incluyen cambios en los usos del suelo, aumento en las densidades de población y el déficit de infraestructura sanitaria.

4. El déficit en el abastecimiento de agua potable para Cancún puede aumentar al mismo ritmo de su crecimiento urbano sino se toman medidas precautorias y correctivas de las tendencias actuales.
5. La problemática del agua potable y de las aguas servidas en Cancún es compleja y diferenciada entre todas las zonas de la ciudad en cuanto a sus volúmenes de consumo, sistemas de abastecimiento, disponibilidad, producción de aguas servidas e infraestructura instalada; aspectos que están relacionados con el proceso de urbanización local, el cual se ha caracterizado por fenómenos de fragmentación y segregación urbana, así como de inequidad.
6. El costo del agua potable en Cancún no es equitativo y afecta sensiblemente a las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico muy bajo, en donde más se paga por ésta.
7. Las causas del deterioro del sistema lagunar *Nichupté* son producto de la localización del antiguo tiradero municipal; muy probablemente de la planta de composteo de BMO-FONATUR y de las modificaciones en el funcionamiento hidrológico del propio sistema, como producto de la expansión directa de la

infraestructura y servicios turísticos en la Z.H., en particular por los rellenos a los que fue sujeta la laguna para obtener suelo para uso urbano-turístico.

8. Las deficiencias en la calidad, alcances, desconocimiento de la realidad u obsolescencia de las políticas urbanas, así como la falta de actualización de las normas en materia de cuidado del agua y del medio ambiente en general son obstáculos par lograr un desarrollo urbano más adecuado.

V.3. Conclusiones sobre las tendencias de insustentabilidad urbana de Cancún

1. Los actores sociales que intervienen en el uso y manejo del agua urbana de la ciudad son responsables de manera diferencial de la ineficiencia en el abastecimiento y uso del recurso hídrico, aspecto que debe ser característica fundamental de un DUS. Esta situación, aunque relacionada con aspectos técnicos demuestra un desinterés por parte de los actores involucrados en solucionar la problemática, lo que es un obstáculo para alcanzar el DS en la ciudad (para mayor información ver conclusiones 5, 6 y 7).
2. La contaminación del acuífero de Cancún es producto y causa de complejos problemas urbanos que impiden alcanzar los principios y objetivos del DS en la ciudad, los cuales dependen de la estructura urbana, las actitudes y comportamiento de los ciudadanos, así como de factores institucionales.
3. El problema de la contaminación del acuífero, al combinarse con sus características y funcionamiento natural genera una sinergia tal que indudablemente compromete el éxito a mediano o largo plazo del turismo, que

es la principal actividad económica de la ciudad, así como también amenaza la viabilidad para el desarrollo turístico de buena parte de la porción continental del municipio de Isla Mujeres. Estas dos situaciones representan francas debilidades para la sustentabilidad urbana local, pues la primera pone en serio aprieto el mantenimiento de los logros que implicó el desarrollo urbano, mientras que la segunda representa una violación al principio de responsabilidad transfronteriza del concepto de DS.

4. La segregación y fragmentación urbanas evidenciadas en el acceso y costo diferencial a la infraestructura de agua potable y drenaje, son síntomas de falta de equidad social y económica, que es una condición necesaria para lograr los principios y objetivos del DS.
5. La zona con uso del suelo habitacional de nivel económico bajo es la que más contamina el manto freático, pues no cuenta con sistemas de drenaje adecuados; sin embargo, la causa de esta situación es compleja y se encuentra tanto en el proceso de urbanización progresivo experimentado en ella, como en las políticas urbanas; es decir, obedece a factores de estructura urbana e institucionales, aspectos de los que depende el éxito de un DUS.
6. La contaminación del manto freático provocada por el 32% de la población que cuenta con infraestructura de drenaje, pero no la usa, es explicada por la falta de una cultura en el cuidado por el agua y el incumplimiento de las leyes en la materia.

7. Las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico alto y muy alto, así como con uso del suelo turístico son responsables de altos patrones de consumo de agua y modificaciones en el funcionamiento del sistema lagunar *Nichupté*, que han traído como consecuencias la imposición de mayores demandas al y deterioro del medio ambiente local; aspectos que están relacionados con los factores de actitud y comportamiento de la población, en otras palabras estilos de vida de los que también depende el éxito de un DUS, así como del doble papel del Estado como promotor del desarrollo y protector del medio ambiente.
8. El costo del agua potable en Cancún evidencia la inequidad socioeconómica en la distribución de los costos y beneficios del desarrollo urbano, pues se ha demostrado que las zonas con uso del suelo habitacional con nivel económico muy bajo son las que más pagan por el vital líquido, contradiciendo así una característica fundamental del DUS.
9. El modelo monopólico privatizado de los servicios públicos básicos (agua potable, drenaje y saneamiento), así como los subsidios para el saneamiento de las aguas residuales de la Z.H. no ayudan a lograr los objetivos del DUS en Cancún, porque no son equitativos económicamente hablando, no reflejan el costo del servicio para algunos actores, ni ayudan a crear una cultura de cuidado del agua.
10. El uso y manejo del agua urbana en Cancún, evidencia una “insustentabilidad débil”, o lo que significa, que el desempeño de los componentes que explican el

patrón de uso y manejo del agua urbana local es diferencial y con tendencia al deterioro tanto ambiental como del bienestar de la población.

11. Esa “insustentabilidad debil” que se evidencia en Cancún a través de la problemática del agua urbana, es muy probable se repita con otros problemas ambientales urbanos como son la basura, la delincuencia, etcétera.
12. El patrón de “insustentabilidad debil” presente en la problemática del agua urbana de Cancún no se podrá revertir mientras no se hagan ajustes a las políticas urbanas que reconozcan que el ambiente urbano funciona como un sistema que se modifica a partir de la interacción de sus componentes, se cumplan las leyes por las autoridades y los ciudadanos, se implementen iniciativas que hagan más equitativa la convivencia entre los habitantes de la ciudad, se trabaje en la formación de una sociedad civil local activa y comprometida y se invierta en el mejoramiento del medio ambiente.
13. Finalmente, es importante señalar que en Cancún, así como en las demás ciudades de México, son necesarias modificaciones a los esquemas de satisfacción de los servicios básicos urbanos, las leyes, la estructura y tecnología urbana, así como al papel de los diferentes niveles de gobierno y la sociedad son necesarios para lograr un desarrollo sustentable.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAKAN (s.f, a). Plano con las zonas de captación de agua potable de Cancún, Quintana Roo.

AGUAKAN (s.f, b). Plano con las líneas principales de distribución de agua potable de Cancún, Quintana Roo.

AGUAKAN (s.f, c). Plano con el crecimiento urbano de Cancún, Quintana Roo.

AGUAKAN (2004, a). Plano con el sistema de agua potable de Cancún, Quintana Roo.

AGUAKAN (2004, b). Plano con el sistema de alcantarillado sanitario y saneamiento de Cancún, Quintana Roo.

Ayuntamiento Benito Juárez (s.f.) “Programa de Gobierno 1999-2002”.

Ayuntamiento de Benito Juárez (1993) Plano del Plan Director de Desarrollo Urbano de la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

Ayuntamiento de Benito Juárez (2002) Actualización de la Carta Urbana de la Ciudad de Cancún.

Ayuntamiento de Benito Juárez (2004) Caracterización ambiental del Municipio Benito Juárez, Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Municipio de Benito Juárez.

ARNAIZ S. y DACHARY A. (1994) Cancún: Los impactos del turismo Ciudades 24, RNIU, Puebla, México; pp. 60-63.

BAKER P. (1992) Human adaptability. An introduction to human evolution, variation growth and adaptability. Oxford University Press.

BARCENA I. et al. (2000) Desarrollo sostenible: un concepto polémico. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, España.

BANCO Mundial. (2002) Globalización, crecimiento y pobreza, Washington: Banco Mundial-Alfaomega, pp. 1-34.

BANCO Mundial. (2003) Desarrollo sostenible en un mundo dinámico, Washington: Banco Mundial-Mundi Prensa Libros, S.A.

BAZANT J. (2000) Manual de diseño urbano. Primera reimpression. Editorial Trillas. México.

BOGIN. B (2000) The Growth of humanity. New York, Wley Liss

BORGES M. y Cortes T. (2003) “Hidrología y Calidad del Agua del Parque Marino Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, Quintana Roo”.

BORJA J. y CASTELLS M. 1997, Local y global, la gestión de las ciudades en la era de la información, Madrid: Editorial Taurus.

BMO-FONATUR (2004). Tabla con la capacidad instalada de tratamiento de las plantas administradas por ellos mismos.

BRYANT R. y SINEAD B. (1997) Third World Political Ecology. Routledge.

CABRERA L. (2003) Mapa urbano nacional de México, año 2000. Universidad de Guadalajara. En actas del 9º Congreso de Geógrafos de América Latina, Mérida, Yucatán, México.

CALLIZO J. (s.f.) Aproximación a la geografía del turismo, Colección espacios y sociedades, Editorial Síntesis. España.

CASTELLS M. (1997) La cuestión urbana, Decimocuarta edición. Siglo XXI editorial S.A. de C.V. México.

CEPAL Naciones Unidas (1991) El desarrollo sustentable: Transformación productiva, equidad y medio ambiente, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Chile.

CNA (s.f, b). Tabla con algunos valores físico-químicos de calidad del agua de la laguna Nichupté.

CNA (2001, a). Actualización geohidrológica del acuífero de la zona norte del estado de Quintana Roo.

CNA (2001, b). Calidad del agua en el corredor turístico Cancún-Tulum y Riviera Maya Quintana Roo.

CNA (2002). Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-ECOL-1996, NOM-002-ECOL-1996 y NOM-003-ECOL-1997.

CNA (2003). Ficha técnica 2003 de la ciudad de Cancún.

CNA (2004 a). Datos sobre calidad del agua del acuífero de Cancún. Oficio BOO.00.R13.04.1

CNA (2004 b). Guía para el llenado de la ficha técnica.

CONANP (2004). Ubicación de las surgencias. Correo electrónico enviado por Daniella Guevara Muñoz.

DÁVILA J. (1998), “El estado del medio ambiente en las ciudades latinoamericanas”, ESTUDIOS DEMOGRÁFICOS Y URBANOS, Vol. 3, no. 1, enero-abril, pp. 49-78.

DE LA TORRE PADILLA O. (1997) El turismo. Fenómeno social. Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V. México, 161 pp.

DÍAZ M. y LOPEZ I. “Aproximación ecológica en el estudio de los sistemas urbanos”, CIUDADES 44, 1999, RNIU, Puebla, México; pp. 53-60

DICKENSON J. (1985) Geografía del tercer mundo, Ediciones Omega S.A. España.

D SCOTT SLOCOMBE (1993) “Environmental Planning, Ecosystem Science, and Ecosystem Approaches for Integrating Environment and Development”, 1993, Springer-Verlag New York Inc; Environmental Management Vol. 17, No. 3, pp. 289-303

DOUROJEANNI A. (1997) Procedimientos de gestión para un desarrollo sustentable, Serie Ambiente y Desarrollo 3, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 71pp.

DUCCI M. (2001) Introducción al Urbanismo. Conceptos Básicos. Cuarta Edición, Editorial Trillas. México.

EEA. (s.f.) Dobris Report. Indicadores para evaluar la sustentabilidad de ambientes urbanos. European Environment Agency (EEA).

FERNANDEZ R. (1994), “Problemáticas ambientales y procesos sociales de producción del hábitat: territorio, asentamientos, ciudades”, en Enrique Leff (comp.), Ciencias Sociales y Formación Ambiental, Barcelona: Editorial Gedisa, pp. 223-286.

FINCO A. y NIJKAMP P. (s.f.) Pathways to Urban Sustainability. University of Ancona, Italy, Free University of Ámsterdam, The Netherlands.

FONATUR (2000). Principales indicadores turísticos para Cancún en 2000.

GALANTA E. (1997) Nuevas ciudades. De la antigüedad a nuestros días. Editorial Gustavo Gill S.A. Colección arquitectura/perspectivas. España.

GARCIA A. (1979) Cancún: Turismo y Subdesarrollo Regional. Universidad Nacional Autónoma de México. Talleres Edimex. México.

GARCÍA A. y CORDOBA J. (2001) Servidumbres del desarrollo: Segregación social y funcional de los espacios turísticos en Quintana Roo (México). En actas del 8º Congreso de geógrafos de América Latina, Universidad de Chile, Santiago de Chile. pp 710-721

GARCÍA A. y CORDOBA J. (2002 a) Tourism, globalization and the natural environment in the Caribbean coast of Mexico. Artículo sin publicar.

GARCÍA A. y CORDOBA J. (2002 b) Nuevas ciudades de fines del siglo XX: laboratorios para la investigación de procesos urbanos y sociales. Artículo sin publicar.

GARCÍA A. y PEREZ S. (1995) Segregación urbana y “modernización”, el caso de Mérida, Yucatán. Departamento de Ecología Humana, CINVESTAV. Mérida, Yucatán, México.

GARZA G. (1999) “Globalización económica, concentración metropolitana y políticas urbanas en México”, Estudios demográficos y urbanos, vol. 14, no. 2 mayo-agosto, pp.263-311.

GONZALEZ C. y ROMERO H. (2001) Algunos criterios para la sustentabilidad ambiental de ciudades intermedias, CIUDADES 51, RNIU, Puebla, México.

GUIMARAES R. (1997), El desarrollo sustentable: ¿propuesta alternativa o retórica neoliberal?, (<http://www.chilesustentable.net/net/textos/doc001.htm>), 4 de octubre de 2001.

HAUGHTON G. y HUNTER C. (1994) Sustainable cities. Regional Policy and Development (traducción original), Jessica Kingsley Publishers, Regional Studies Association Series 7.

HIERNAUX D. (1999) Cancún Bliss. Included in “The Tourist City”, Edited by Dennis R. Judd and Susan S. Fainstein, Yale University Press, 340 pp.

HIERNAUX D. (2001), “Nuevas dimensiones de las problemáticas urbanas y regionales”, CIUDADES, No. 49, enero-marzo, pp. 8-14.

HOLDGATE M. (1997) From care to action. Making a sustainable world. Earthscan Publications Ltd. London.

INE (2004). Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua. CE-CCA-001/89.

INEGI (2000) XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Principales Resultados por localidad, Estados Unidos Mexicanos. México.

INFOVIR (2002). Plano de crecimiento urbano de la ciudad de Cancún, Quintana Roo.

IRACHETA A. (1997) Sustentabilidad y desarrollo metropolitano, Ciudades 34, RNIU, Puebla, México. Pp 3-9.

KAY B. (1999) Urban water resource problems in vector-borne disease with special reference to dengue viruses. En Water Resources, Health environment and development. E & FN SPON, USA. pp 230-243.

LAHERA V. (2000) Gestión sustentable del agua, Ciudades 47, RNIU, Puebla, México.

LAROOSSE Diccionario (2001) El pequeño Larousse ilustrado. Ediciones Larousse S.A. de C.V. Colombia.

LOPES de Souza M. (2001) Metropolitan deconcentration, socio-political fragmentation and extended suburbanisation: Brazilian urbanisation in the 1980s and 1990s, *Geoforum* 32, 437-447.

LORENZO R. (2001) Cartografía: Urbanismo y Desarrollo Inmobiliario. Cie Inversiones Editoriales Dossat 2000. España. Pp 243-249.

MARIS S. y ALVINO S. (s.f.) Ciudades Sustentables: Políticas a instrumentar para contrarrestar las principales causas del deterioro de la calidad de vida urbana en el ámbito del área metropolitana de Buenos Aires. En actas del 8º Congreso de geógrafos de América Latina, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

MANNING E. (1999) Carrying Capacity for Sustainable Tourism en Turismo, Transporte y Telecomunicaciones. Temática Turística de Vanguardia Tomo III. Editorial Fundación Miguel Alemán A.C. México. pp. 99-110.

MASER Ch. (1997) Sustainable Community Development. Principles and Concepts. St. Lucie Press. United States of America.

McMICHAEL A (2001) La salud y el entorno urbano en un mundo cada vez más globalizado: Problemas para los países en desarrollo. Boletín de la Organización mundial de la salud 4 (2001). 53-62.

MINISTRY OF NATURAL RESOURCES of CANADA “MNRofC” (1995). “An Ecosystem Approach to Living Sustainably”, Canada, Queen’s Printer for Ontario, pp. 77

NOM-127-SSA1-1994 Norma oficial Mexicana sobre “Salud ambiental, agua para uso y consume humano-Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”

ODUM E. (1992) Ecología. Editorial Interamericana, México.

OECD (1997) Desarrollo Sustentable: Estrategias de la OECD para el siglo XXI. Publisher by the Organization for Economic Cooperation and Development.

OECD (1998) Towards Sustainable Development. Environmental Indicators. Publisher by the OECD.

ORISHINO (1982) Urbanization and environmental quality. Kluwer Dordrecht.

PIERRE J. y GIOTART L. (1991) Mediterráneo y turismo. Masson S.A. Paris. España.

PINEDA N. (2002) La política urbana de agua potable en México: del centralismo y los subsidios a la municipalización, la autosuficiencia y la privatización. Región y sociedad/Vol. XIV/No. 24.

POR ESTO! de Quintana Roo (2004) Artículo: Plantas de tratamiento, eternos “dolores de cabeza” de Aguakan. Publicado el martes 3 de febrero de 2004 en la sección “El Estado”.

PREVENCIO E. (1997) “Desarrollo sustentable de las ciudades”, en *Ciudades* 34, RNIU, Puebla, México.

PRÉVOT M. (2001) “Fragmentación espacial y social: conceptos y realidades”, en *Perfiles Latinoamericanos*, Revista semestral de la Sede Académica de México de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México. pp. 33-56.

ROJAS R. (1998) “Evaluación ambiental urbana”, en Ciudades 38, RNIU, Puebla, México; pp. 38-45.

SECTUR (1994). Guía Oficial de Hospedaje de México 1994-1995.

UADY (1999) Atlas de Procesos Territoriales de Yucatán, PROEESA, México.

UN-HABITAT (2003 a) Water and sanitation for cities. www.unhabitat.org

UN-HABITAT (2003 b) Improving the lives of 100 million slum dwellers, Nairobi, Kenya.

WIESE P. (1996) “Environmental Impact of Urban and Industrial Development. A case of study: Cancún, Quintana Roo, México” artículo publicado en the international Conference on "Earth Sciences Processes, Materials Use and Urban Development", Colombia, <http://www.unesco.org/csi/wise/cancun1.htm>

VERA J. F. (1997) Análisis territorial del turismo, Editorial Ariel S.A., España.

VREEKER Ron (2003) Intelcity. Scenarios for Sustainable Urban Development. Free University of Amsterdam. The Netherlands.

ZAMORANO F. (s.f.) Curso básico de turismo alternativo, Secretaría de turismo, México.

ZOIDO F. et al. (2000) Diccionario de geografía urbana, urbanismo y ordenamiento del territorio, Editorial Ariel S.A. España.

<http://k12science.atistevens-tech.edu/curriculum/dipproj2/fieldbook/oxigeno.shtml>.

(2004) Tabla de Niveles de Oxígeno Disuelto.

“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo
Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

ANEXOS

(Ver PARTE III)