

“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

IV.1. El proceso de urbanización de Cancún y su estructura urbana resultante

Una forma de entender el proceso de urbanización de Cancún es analizando las interacciones de los actores sociales locales sobre los entornos construido y ambiental y muy importantemente en un contexto económico cambiante con tendencia neoliberal que ha sido impulsado por el sector turismo.

Los actores sociales relacionados con ese proceso de urbanización son: el gobierno federal a través del Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), que funciona como empresa inmobiliaria y desarrolladora y que por regla general introduce la infraestructura urbana *a priori* a la urbanización; el gobierno del estado de Quintana Roo, a través del Instituto del Fomento a la Vivienda y Regulación de la Tierra de Quintana Roo (INFOVIR), que funciona también como empresa inmobiliaria y desarrolladora, pero con un esquema diferente al de FONATUR, dado que urbaniza progresivamente⁴; los desarrolladores privados, que son empresas que se encargan de construir y vender urbanizaciones que ya cuentan con toda la infraestructura urbana; los ejidatarios, que han aportado sus tierras a partir de expropiaciones, en sociedad con el gobierno o mediante ventas directas a particulares; la población en general, que a la vez es usuaria del agua urbana y el Ayuntamiento de Benito Juárez, que es la autoridad encargada de la administración del desarrollo urbano local (Diagrama 4.1).

La interacción de estos actores sociales comenzó con la planificación y posterior fundación de Cancún por decreto presidencial a principios de la década de 1970 y bajo

⁴ La urbanización progresiva tiene como característica la introducción de la infraestructura mínima (calles de terracería y algunas veces agua potable en hidrantes públicos) al mismo tiempo que se ocupa la zona, para posteriormente continuar introduciendo el resto de la infraestructura urbana.

el eslogan de ser “El primer desarrollo turístico integralmente planeado de México”. Estas acciones tuvieron como objetivo fortalecer la turismo como sector creciente de la economía nacional y generar fuentes de empleo para la población de la zona (Hiernaux, 1999). Sobre este tema García y Córdoba (2002 b) señalan dos datos importantes. 1. Antes de la construcción de Cancún existían dos asentamientos rurales cercanos denominados Puerto Juárez y Alfredo V. Bonfil (círculo negro y zona azul respectivamente en el Mapa 4.1) que con el paso del tiempo se han conurbado a Cancún y 2. Ya el proyecto original de la ciudad establecía dos zonas segregadas funcionalmente, que son la Zona Hotelera (Z.H.) y la ciudad que le provee de servicios a la primera y habitación a los trabajadores. Estas dos zonas en conjunto se desarrollaron sobre terrenos administrados y vendidos por el entonces Fondo de Promoción de Infraestructura Turística, INFRATUR, actualmente FONATUR y forman parte del Programa de Desarrollo Urbano de Cancún, PDDUC, -estrategia del ayuntamiento local para controlar el crecimiento urbano de la ciudad- que confiere en principio el derecho de poder acceder “a todos los servicios e infraestructura urbana de la misma”, lo cual en el caso de las zonas mencionadas sí se ha cumplido (zona café, Mapa 4.1). Esta situación, convirtió al gobierno federal en propietario monopólico de las mejores y más caras tierras factibles de ser urbanizadas para uso turístico y residencial, y también en desarrollador, tanto de infraestructura como inmobiliario.

La mayor parte de la infraestructura urbana (calles, drenaje, red de agua potable, etcétera) construida por FONATUR fue posteriormente transferida al Ayuntamiento de Benito Juárez para que se encargara de su administración; sin

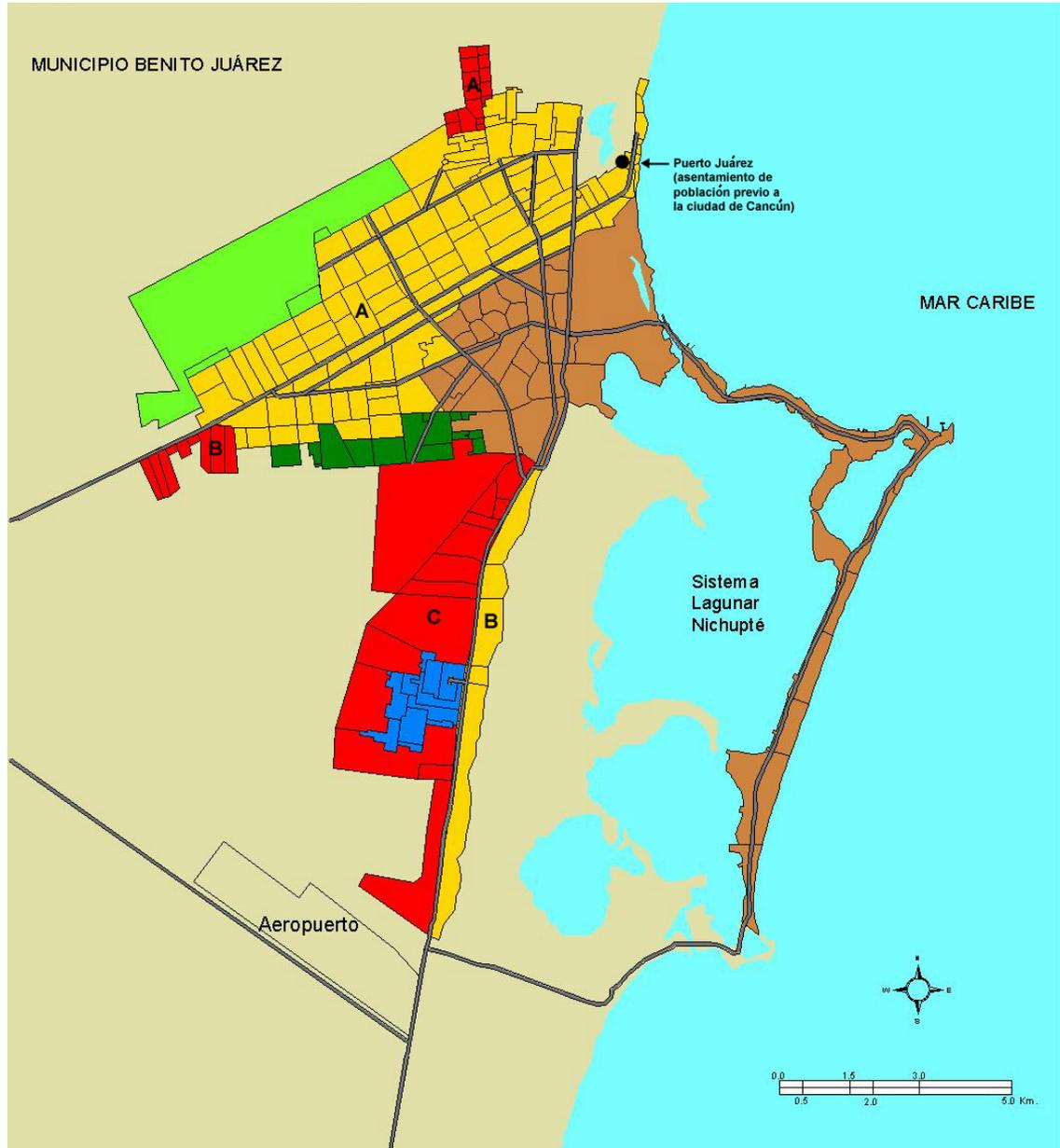
embargo, actualmente algunas instalaciones, como las plantas de tratamiento de aguas servidas de la Z.H. y todos los servicios relacionados con el agua urbana en la ciudad son administradas por una empresa paraestatal y otra privada denominadas BMO-FONATUR y AGUAKAN respectivamente (Cajas respectivas del Diagrama 4.1 que son explicadas en el Apartado IV.2).

El rápido crecimiento de Cancún originó desde el principio que la masiva población inmigrante de menores ingresos que llegaba a trabajar a la ciudad, pero que no tenía acceso a los mecanismos legales de adquisición de vivienda optara por la invasión o compra de tierra ejidal más barata y sin servicios urbanos, que han sido introducidos posteriormente y de manera progresiva a través de diferentes mecanismos (zona amarilla A, Mapa 4.1). Ante esta situación, el gobierno del estado de Quintana Roo, a través de diferentes fideicomisos (Puerto Juárez, CTM-CROC, etcétera) y dependencias, como INFOVIR se dio a la tarea de regularizar esta parte de la ciudad, que ocupa más de la mitad de ésta y que también ha sido incorporada al PDDUC. Así mismo, con la intención de controlar el crecimiento de la ciudad el gobierno estatal ha utilizado otras medidas, como la urbanización dirigida y progresiva en tierras ejidales expropiadas (algunas partes de la zona amarilla A, Mapa 4.1), aunque también ha vendido tierra a desarrolladores privados (zona amarilla B y verde oscuro, Mapa 4.1), la cual ha obtenido vía expropiación o mediante la constitución de fideicomisos con ejidatarios para formar reservas territoriales. Estas zonas, al ser legalizadas han sido incluidas por el PDDUC, lo que les asegura que ya cuenten o contarán con los servicios urbanos. Mediante estos mecanismos el gobierno del estado se convirtió en propietario

“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.

Mapa 4.1. Mecanismos de incorporación de tierra a la mancha urbana en Cancún, Quintana Roo, 2003.



Mecanismo predominantemente por AGEB de incorporación de tierra:

- Terrenos administrados o vendidos por FONATUR, (dentro del PDDUC).
 - Invasiones y compras ejidales regularizadas por el gobierno** / Terrenos expropiados y vendidos a través de fideicomisos* o dependencias de gobierno** a particulares (ambas dentro del PDDUC).
 - Compras ejidales por desarrolladores, regularizadas por el gobierno** (dentro del PDDUC).
 - Terrenos expropiados y vendidos por el gobierno** a desarrolladores (dentro del PDDUC).
 - Poblado Alfredo V. Bonfil, (fuera del PDDUC).
 - Asentamientos irregulares. Terrenos invadidos o compras ejidales con situación legal incierta, (fuera del PDDUC).
- Principales vías de comunicación.

A,B,C. Indican fragmentación territorial de una misma categoría.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Ayuntamiento de Benito Juárez, 2002; INEGI, 2000; INFOVIR, 2002. Anotaciones: * Fideicomisos Puerto Juárez, CTM-CROC. ** Instituto de Fomento a la Vivienda y Regulación de la Tierra de Quintana Roo, INFOVIR, INVIQROO, Instituto de Vivienda de Quintana Roo. Programa de Desarrollo Urbano de Cancún, PDDUC. Fondo Nacional de Fomento al Turismo, FONATUR; AGEB: Área Geoestadística Básica.

monopólico del suelo urbano más barato de Cancún, pero “ahora apto para urbanizarse”.

Sin embargo, y tal vez como respuesta a este monopolio sobre el suelo urbano, algunos actores sociales generaron mecanismos alternativos para satisfacer necesidades muy distintas, como pueden ser el negocio inmobiliario, la especulación y la vivienda de lujo y precaria. Por una parte, empresas desarrolladoras privadas adquirieron directamente cientos de hectáreas de tierra ejidal al norte de la ciudad que posteriormente regularizaron y consiguieron se incorporaran al PDDUC con los beneficios ya mencionados; en la actualidad, esta zona se está urbanizando para su venta (zona verde claro, Mapa 4.1). También se ha dado el caso de que personas de ingresos altos practiquen la especulación del suelo urbano en tierras del Ejido Alfredo V. Bonfil (zona roja C, Mapa 4.1). Estas tierras en la actualidad no se encuentran dentro del PDDUC, por lo que se les considera irregulares. Por su parte, la población de ingresos más bajos, que sólo puede aspirar a una vivienda precaria, se ha desplazado a zonas ejidales, también irregulares en las afueras de la ciudad que invade o adquiere a bajo costo. En la actualidad, estas zonas no cuentan con los servicios urbanos, pues se encuentran fuera del PDDUC y no hay intenciones por parte de la autoridades de que esto cambie debido a situaciones políticas y de estrategias de crecimiento urbano (zonas rojas A, B y parte de la C, Mapa 4.1). Ante esta situación, los ejidatarios locales y el Ayuntamiento tienen posiciones encontradas, pues los primeros no respetan los planes del segundo al urbanizar sin infraestructura, situación que complica la ya de por sí grave problemática urbana en la ciudad.

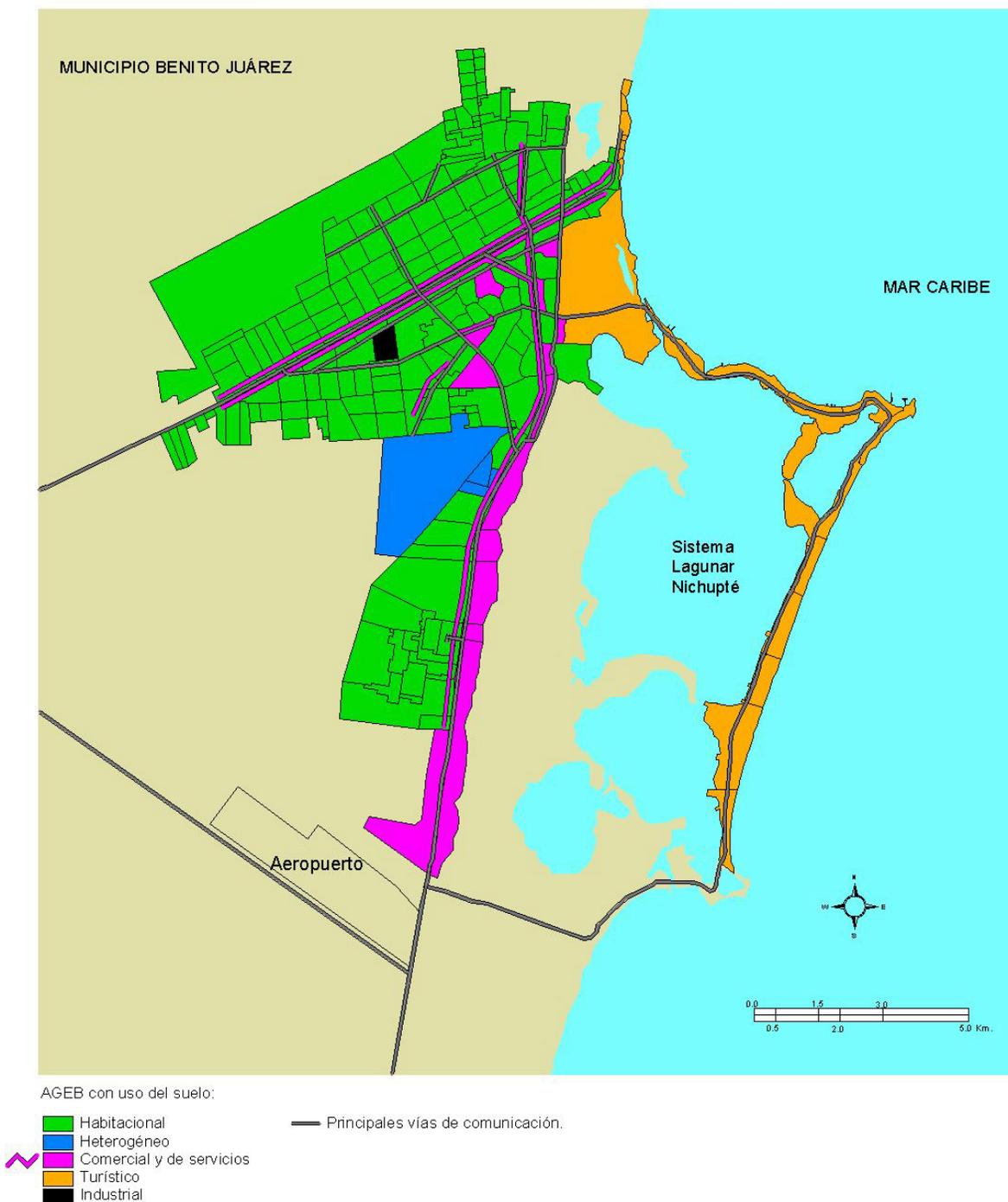
Como resultado del proceso de urbanización de Cancún descrito, y de características naturales, como son la barra arenosa y la laguna, se ha generado una estructura urbana muy segregada funcional y socialmente, en la que destacan, por un lado, la separación entre la ciudad y la zona turística y, dentro de la ciudad, la concentración del uso comercial y de servicios en la zona originalmente planeada, así como a lo largo de dos vialidades (Mapa 4.2). Es importante destacar, en la zona del ejido Alfredo V. Bonfil, la contradicción de un área de uso comercial y de servicios regularizada, en donde se ubica parte de la infraestructura educativa de la localidad, frente a un uso habitacional de lujo, no regularizado. El análisis de esta situación ha dado lugar al concepto de “ciudades gemelas” de Córdoba y García (2002 b), el cual se ha comprobado en esta investigación a partir del análisis cartográfico de la estructura urbana por usos del suelo y niveles económicos (Mapa 4.3).

El Mapa 4.3 además de la segregación funcional de la zona turística (zona amarilla), como al interior de la ciudad la población de niveles económicos altos se localiza entorno a un centro poli-funcional planeado (zonas azul oscuro y claro A), que cuenta con buenos servicios e infraestructura (zonas rosadas oscuro). A partir de esta zona se da de manera gradual y radial hacia la periferia el asentamiento de la población de los niveles económicos medios hasta los bajos (zonas verde oscuro, verde claro, anaranjada A, café A y B). En estas zonas la calidad de los servicios e infraestructura urbana también va descendiendo gradualmente del centro hacia la periferia. Otro aspecto que nos revela el mapa es la conurbación de los dos asentamientos humanos previos a la construcción de la ciudad, es decir, Puerto Juárez

“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.

Mapa 4.2. Usos del suelo en Cancún, Quintana Roo, 2003.

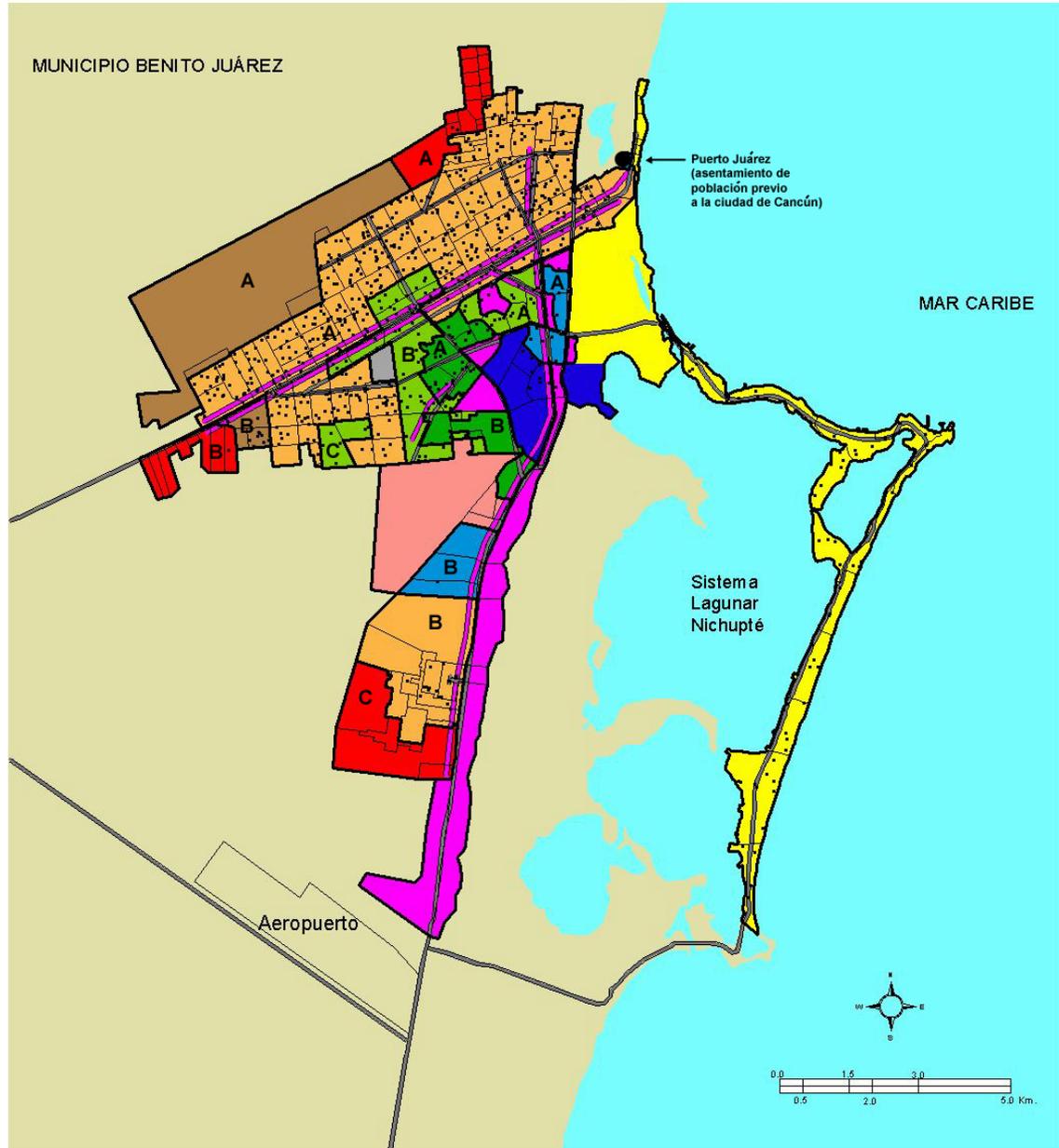


Fuente: Elaboración propia a partir de: Ayuntamiento de Benito Juárez, 2002; INEGI, 2000; INFOVIR, 2002; Trabajo de Campo 2003-2004.
Abreviaciones: AGEB: Área Geoestadística Básica, unidad básica del INEGI.

“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.

Mapa 4.3. Estructura Urbana de Cancún, Quintana Roo, 2003.



Zona habitacional con nivel económico:

- Muy Alto
- Alto
- Medio Alto
- Medio
- Medio Bajo
- Bajo
- Muy Bajo
- Habitacional Heterogéneo

A, B, C. Indican fragmentos territoriales de una misma categoría.

Zona con uso del suelo:

- Comercial y de servicios
- Turístico
- Industrial

• = 500 habitantes.

- Perímetro de AGEB
- Principales vías de comunicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de: Ayuntamiento de Benito Juárez, 2002; INEGI, 2000; INFOVIR, 2002; Trabajo de Campo 2003-2004.
Abreviaciones: AGEB: Área Geoestadística Básica, unidad básica del INEGI.

(círculo negro) y Alfredo V. Bonfil (zona anaranjada B); en este último se repite de manera primitiva el mismo proceso de segregación de la ciudad, el cual se evidencia en la organización territorial de sus usos del suelo y en una zona de transición heterogénea (zona rosada claro) con la parte central de la ciudad. El modelo también nos muestra una pequeña zona con uso del suelo industrial (zona gris).

Adicionalmente, al comparar el Mapa 4.3 de estructura urbana con los Mapas 4.1 y 4.4, de mecanismos de incorporación de tierra a la mancha urbana y de densidad de población, respectivamente se destaca una serie de aspectos:

1. La zona con uso del suelo turístico (zona amarilla, Mapa 4.3.) se caracteriza por que sus tierras fueron vendidas por FONATUR y su infraestructura fue construida previamente a su poblamiento y operación; sin embargo, existe una pequeña franja en la zona de Puerto Juárez⁵ (círculo negro, Mapa 4.3) con el mismo uso del suelo, que tuvo un origen irregular en lo que respecta a la tenencia de la tierra que posteriormente fue regularizada por el gobierno. En esta zona, la introducción de la infraestructura fue de manera progresiva, misma que en la actualidad se encuentra ya consolidada. Estas dos sub-zonas forman en conjunto, una franja con continuidad espacial que tiene una densidad promedio de población de 2,513 hab/km², (mucho menor a la media de la ciudad que es de 4,337 hab/km²); sin embargo, si se hace un análisis diferencial de la densidad, se puede ver que ésta varía a lo largo de toda la zona turística (Mapa 4.4).

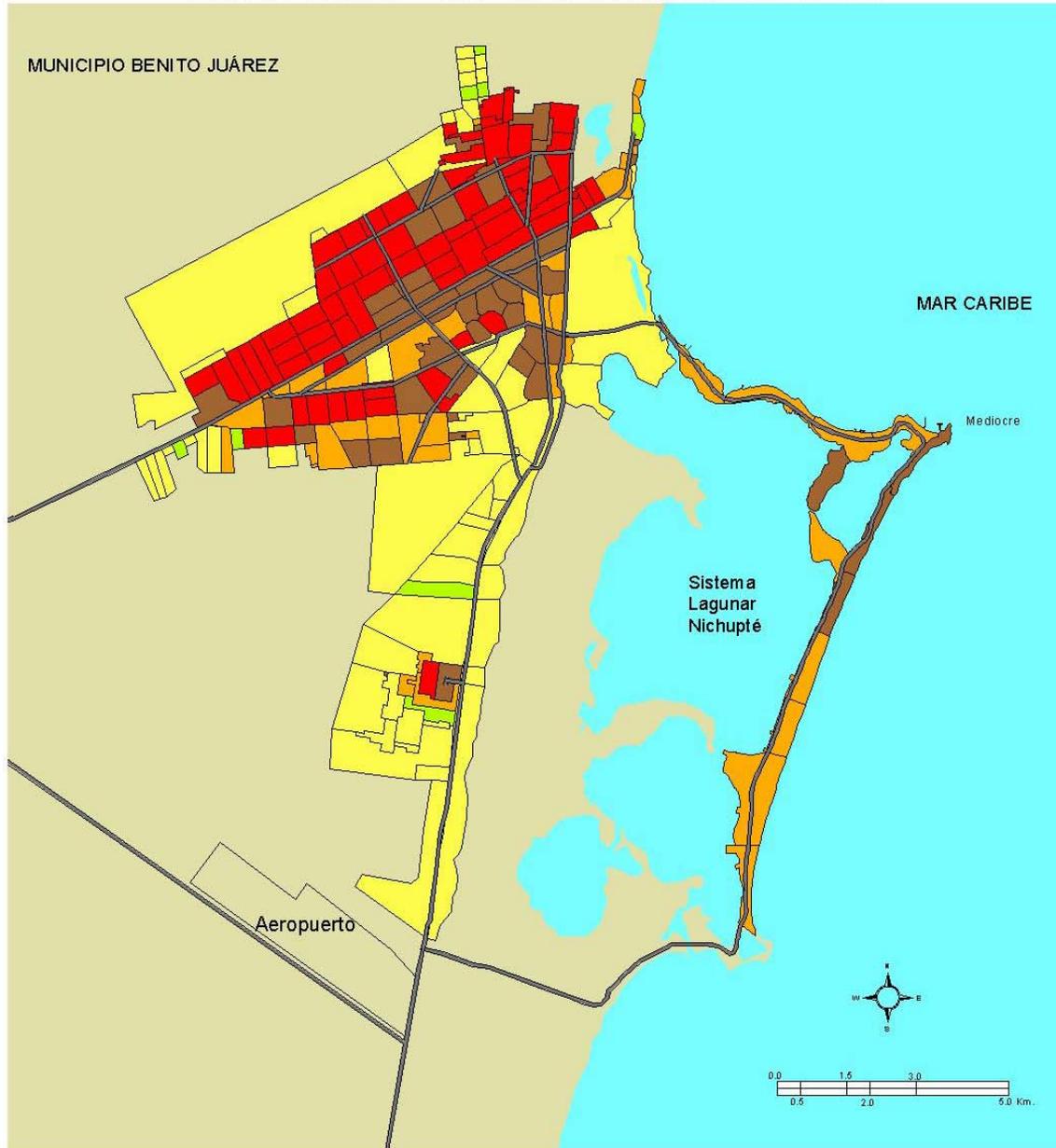
⁵ Puerto Juárez, fue uno de los dos asentamientos humanos (rurales) en la zona previos a la construcción de Cancún.

2. La zona habitacional de nivel económico muy alto (zona azul oscura, Mapa 4.3) se caracteriza por haberse formado a través de su incorporación vía FONATUR, haber sido urbanizada previamente a su poblamiento y tener una densidad de población promedio de 1,079 hab/km². El análisis desagregado de la densidad de esta zona muestra que es heterogénea, pues tiene partes con densidades de más de 5000 hab/km² y otras con menos de 500 hab/km².
3. La zona habitacional de nivel económico alto esta conformada por dos sub-zonas separadas, la primera (zona azul claro A, Mapa 4.3) es la más consolidada e incorporó su tierra urbana vía FONATUR, su infraestructura fue construida previamente. Por su parte, la segunda (zona azul claro B, Mapa 4.3), actualmente se encuentra en proceso de consolidación y se asienta sobre terrenos irregulares del Ejido Alfredo V. Bonfil. En conjunto, la densidad promedio de población es de 2,152 hab/km²; sin embargo, si se analiza de manera desagregada (Mapa 4.4) existe un contraste entre una densidad alta y media en la primera y una densidad baja en la segunda.
4. La zona habitacional de nivel económico medio alto está integrada a partir de dos sub-zonas que, a pesar de ser cercanas, no siempre guardan continuidad espacial. Parte del suelo urbano de estas sub-zonas fue vendido por FONATUR (zona verde oscuro A, Mapa 4.3), mientras que otra parte se incorporó a través de terrenos vendidos a desarrolladores por INFOVIR e incluso zonas de origen irregular (zona verde oscuro B, Mapa 4.3). En lo que respecta a la infraestructura, ésta fue construida previamente en ambas sub-zonas, las cuales

“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.

Mapa 4.4. Densidad de población en Cancún, Quintana Roo, 2003.



AGEB con densidad de población (hab/km²) de:

- Menos de 500
- 500 - 1500
- 1500 - 5000
- 5000 - 10000
- Más de 10000

— Principales vías de comunicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de: FONATUR, 2000; INEGI, 2000; SECTUR, 1994. Abreviaciones: AGEB, Área Geoestadística Básica, unidad básica del INEGI.

en conjunto tienen una densidad promedio de población de 4,533 hab/km², que es muy similar a la media de la ciudad. Sin embargo, el comportamiento de la densidad entre las dos sub-zonas es diferente (Mapa 4.4).

5. La zona habitacional de nivel económico medio se asienta sobre tierras que fueron vendidas tanto por FONATUR (zona verde claro A, Mapa 4.3), como por el INFOVIR (zona verde claro B y C, Mapa 4.3) y sigue un patrón similar al de la zona habitacional de nivel económico medio alto, no sólo por su cercanía con éste, sino porque está conformada por tres sub-zonas que, a pesar de ser cercanas, no siempre guardan continuidad espacial. En lo que respecta a la infraestructura, en la sub-zona vendida por FONATUR fue introducida previamente, mientras que en las vendidas por el INFOVIR, la introducción fue progresiva, a través de diversos mecanismos de gestión urbana. En conjunto, la densidad promedio de población en esta zona es de las más altas, con 6,868 hab/km²; de manera desagregada el comportamiento de esta variable es similar entre las sub-zonas (Mapa 4.4).
6. La zona habitacional de nivel económico medio bajo se asienta sobre terrenos que fueron comprados por desarrolladores privados a ejidatarios y posteriormente regularizados (zona café A y B, Mapa 4.3). Presenta dos sub-zonas que se encuentran actualmente en desarrollo, recibiendo la infraestructura urbana de manera previa a su ocupación. Por lo tanto, la densidad promedio de población de la zona A es baja con menos de 500 hab/km², lo cual se espera se

incremento considerablemente en el futuro; en la pequeña zona B, la densidad es desigual, con un pequeño fragmento de alta densidad.

7. La zona habitacional de nivel económico bajo se asienta en terrenos que fueron invadidos y posteriormente regularizados a través del gobierno o bien fueron vendidos por éste, previa expropiación de los terrenos ejidales. Este proceso se ha dado en dos zonas y podría dividirse en periodos. La primera zona es en la actualidad, la más consolidada y densamente poblada de la ciudad (zona anaranjada A del Mapa 4.3), mientras que la segunda se encuentra en el Ejido Alfredo V. Bonfil (zona anaranjada B, Mapa 4.3) y en ella se están repitiendo los mismos procesos urbanos que se dieron tiempo atrás en la primera; ambas ocupan en conjunto la mayor cantidad de suelo urbano de la ciudad (32.46%). En su totalidad, la infraestructura urbana de esta gran zona se ha introducido progresivamente y de hecho este proceso continúa. De manera global, la densidad promedio de esta zona es más del doble de la media de la ciudad y la más alta de la misma con 9,557 hab/km², sin embargo, si se analiza de manera desagregada (Mapa 4.4) se aprecian contrastes entre lo que sucede en sus dos sub-zonas.
8. La zona habitacional de nivel económico muy bajo está ubicada en terrenos irregulares, prácticamente no cuenta con servicios urbanos y está fragmentada en tres sub-zonas (zona roja A, B y C, Mapa 4.3), localizadas a las afueras de la ciudad, dos de las cuales coinciden con importantes vías de comunicación y la otra se empieza a consolidar al norte de la ciudad. De manera conjunta, la

densidad promedio de población de esta zona es de 382 hab/km² y, analizarla de manera desagregada (Mapa 4.4), el comportamiento de las partes es similar entre sí.

9. La zona con uso del suelo industrial (zona gris, Mapa 4.3) es muy pequeña y se ubica en terrenos que fueron administrados por el gobierno vía INFOVIR o alguno de sus predecesores. La introducción de la infraestructura en esta zona fue progresiva y su densidad promedio de población es de las más bajas, con 123 hab/km², lo que es compatible con su uso del suelo.
10. La zona con uso del suelo comercial y de servicios (zona rosado oscuro, Mapa 4.3) esta ubicada de manera dispersa en la ciudad, pero con tendencia hacia el sur. Sus terrenos fueron integrados a la mancha urbana a través de FONATUR o INFOVIR. Si bien la mayor parte de la infraestructura, fue construida de manera previa, algunas áreas se han ido consolidando progresivamente junto con la introducción de la infraestructura. De manera global, la densidad promedio de población en esta zona de análisis es de 430 hab/km².
11. La zona con uso del suelo habitacional heterogéneo (zona rosado claro, Mapa 4.3) se encuentra en terrenos que actualmente son mayoritariamente irregulares, pero en proceso de regularización. Su carácter heterogéneo lo adquiere a partir de que en ella existen usos del suelo que van desde habitacional de nivel económico bajo hasta alto. Por su parte la infraestructura urbana se esta introduciendo progresivamente. Debido a su baja consolidación, esta zona tiene la densidad promedio de población más baja, con 7 hab/km².

El análisis por zonas de la estructura urbana de la ciudad nos brinda la base para analizar el desempeño diferencial en lo que se refiere a los problemas ambientales al interior de Cancún y, en particular, a la problemática del agua urbana (aspecto que se abordará en los siguientes apartados) y que están relacionados con el desarrollo urbano experimentado en la misma. Esta situación es compatible con estudios realizados en otras ciudades del mundo por el Banco Mundial (2003).

IV.2. Relación entre la estructura urbana y el uso y manejo del agua urbana en Cancún

Sobre la estructura urbana de Cancún se desarrolla una serie de relaciones entre los actores que construyen la ciudad y los que tiene que ver con el uso y manejo del agua urbana. En otras palabras, los actores sociales relacionados con la temática aquí discutida se dividen en dos grupos:

1. Los relacionados con la estructura urbana de la ciudad, que le han dado características particulares a la misma que condicionan el uso y manejo del agua urbana local.
2. Los relacionados con el uso y manejo del agua urbana en sí, que interactúan sobre la estructura urbana resultante y bajo las leyes del mercado (Diagrama 4.1.).

Los actores relacionados con el uso y manejo del agua urbana en Cancún incluyen a: 1. Los diferentes sectores de la población, también llamados “usuarios”, y que a su vez se subdividen en dos: “Los de la ciudad” y “Los de la 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.

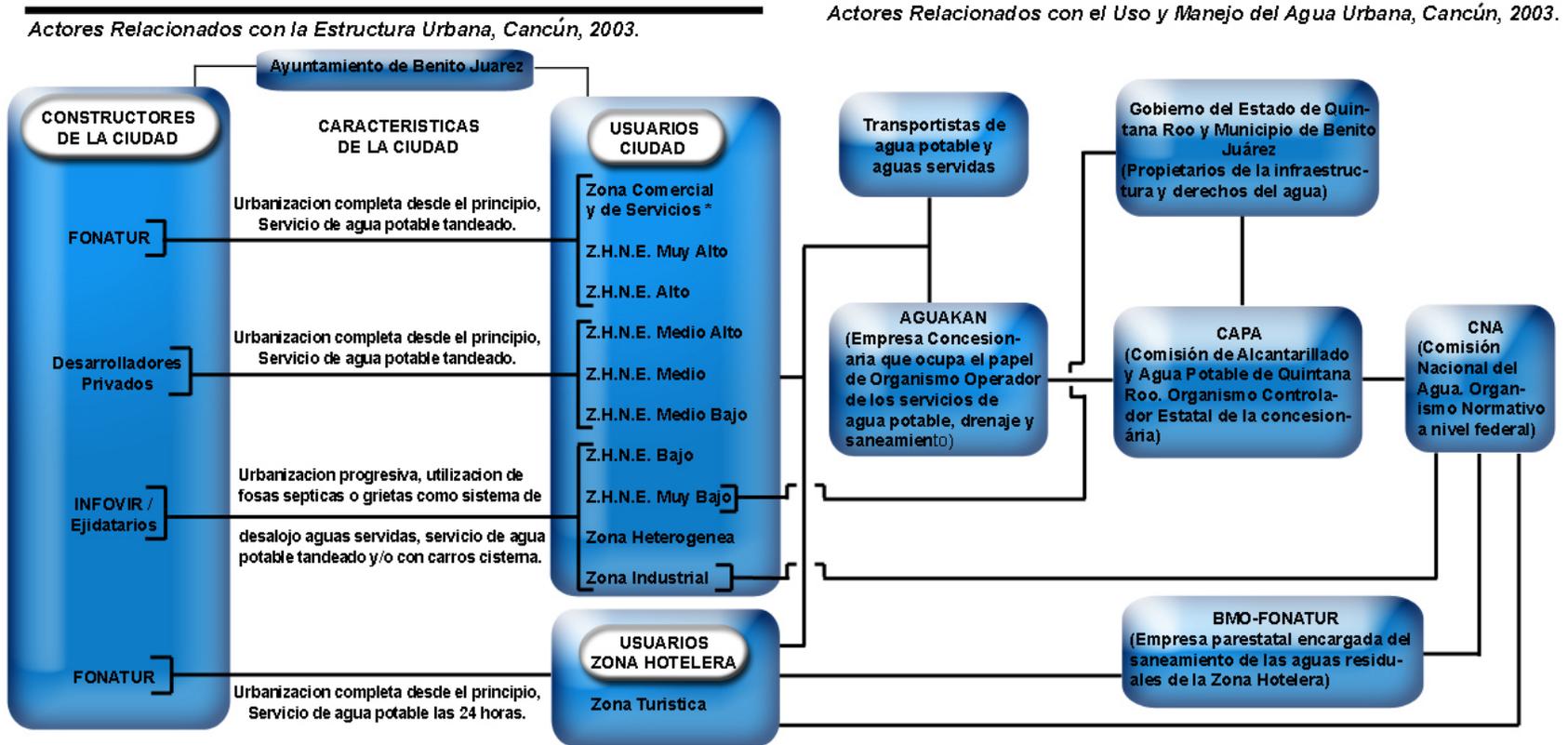


Diagrama 4.1. Esquema de relaciones entre los actores que intervienen en la estructura urbana y el uso y manejo del agua urbana en Cancún, Quintana Roo, año 2003.

Fuente: Elaboración propia. Abreviaciones: FONATUR, Fondo Nacional de Fomento al Turismo; INFOVIR, Instituto de Fomento a la Vivienda y Regulación de la Tierra de Quintana Roo; Z.H.N.E., Zona Habitacional de Nivel Económico; * Algunos usuarios comparten características similares a las zonas de ingresos bajos.

2. Los “piperos”, que prestan servicios de abastecimiento de agua potable y desalojo de aguas residuales, por los cuales cobran; 3. AGUAKAN, empresa privada concesionaria de los servicios de agua urbana en la ciudad; 4. Baja Mantenimiento y Operación (BMO-FONATUR), empresa paraestatal encargada del saneamiento de aguas residuales exclusivamente de la Zona Hotelera (Z.H.); 5. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo (CAPA), dependencia estatal que se encarga de vigilar a la empresa concesionaria; 6. El Gobierno del Estado de Quintana Roo, que es uno de los copropietarios de la infraestructura y derechos del agua y que recibe el 20% de las ganancias de la empresa concesionaria; 7. El gobierno del Municipio de Benito Juárez que, a pesar de ser copropietario, no recibe retribución económica directa alguna, ni juega papel alguno más allá de prestar servicios de abastecimiento asistencial de agua potable a las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico muy bajo, a través de carros cisterna o “pipas” y 8. La Comisión Nacional del Agua (CNA), dependencia federal que se encarga de la normatividad, la vigilancia de las cuencas y de la construcción de las grandes obras hídricas en el país.

Las interrelaciones entre estos actores son complejas y no se pueden explicar sin una perspectiva histórica y de políticas urbanas. Cancún, a pesar de su corta vida, ha experimentado importantes cambios en su proceso de construcción y de políticas urbanas, siendo probablemente el tema del agua urbana el ejemplo más representativo de todos por los efectos que ha tenido sobre los actores sociales y la ciudad en su conjunto.

Como ya se ha mencionado, Cancún se encuentra segregada funcionalmente en dos grandes zonas que son la ciudad y la Z.H. (Diagrama 4.1). De manera particular, la

infraestructura relacionada con el agua urbana en el proyecto original de la ciudad fue construida por FONATUR y luego transferida casi en su totalidad al gobierno municipal de Benito Juárez el cual, con base en las modificaciones hechas al artículo 115 constitucional en 1983, era responsable de proveer los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en la ciudad. Sin embargo, debido a razones de incapacidad financiera y administrativa como las discutidas por Pineda (2002), el gobierno del estado de Quintana Roo siempre ha jugado un papel central en estos temas de la ciudad a través de CAPA (Diagrama 4.1), que ha sido responsable de introducir o vigilar la introducción por desarrolladores urbanos de infraestructura hidráulica en la ciudad después de su primera etapa de construcción, así como de la administración de los servicios del agua urbana hasta 1993. Un hecho positivo de la administración de los servicios relacionados con el agua urbana en Cancún por parte del gobierno estatal hasta 1993, fue que esto permitió que las ganancias obtenidas en la ciudad pudiesen reinvertirse en la introducción de infraestructura hidráulica en la misma y otras partes de la entidad menos favorecidas por el desarrollo turístico, aspecto que cambió después con la llegada de la empresa concesionaria.

Dos características de la política del agua urbana en Cancún que le confieren su particularidad y la diferencian de prácticamente todas las ciudades del país son:

1. La presencia de AGUAKAN una empresa privada concesionaria, integrada por inversionistas nacionales y extranjeros, encargada de los servicios relacionados con el agua urbana en la ciudad a partir de 1993, la cual en principio ha asumido todo el riesgo comercial.

2. La existencia de BMO-FONATUR, empresa paraestatal encargada del servicio de saneamiento de aguas servidas, sólo en la Z.H; la cual ha estado operando desde el nacimiento del destino turístico en la década de 1970 vía subsidios del gobierno federal (Diagrama 4.1).

La concesión AGUAKAN denota la complacencia del gobierno en la instauración de un monopolio privado en la satisfacción de los servicios urbanos básicos en la ciudad, y se enmarca dentro de los cambios a nivel nacional en la política sobre este tema, que fueron impulsados de manera vertical por el gobierno federal en 1992 y que han sido ampliamente discutidos por Pineda (2002). Esa concesión se justificó en la incapacidad financiera por parte de los gobiernos estatal y municipal para construir las numerosas obras necesarias para satisfacer adecuadamente el servicio en una ciudad que crecía rápidamente; sin embargo, esta justificación debe tomarse con reservas debido a los siguientes argumentos:

1. Hasta donde se tiene conocimiento, sí existían ganancias por la administración estatal del servicio, las cuales incluso favorecían a otras zonas menos desarrolladas.
2. El contrato de concesión estipula que el área de influencia en la ciudad se circunscribe a los límites del Programa de Desarrollo Urbano de Cancún de 1993, el cual se apoya en la Ley de Fraccionamiento del estado de Quintana Roo, que indica que la introducción de la infraestructura en todas las zonas de nueva urbanización son responsabilidad de las empresas desarrolladoras.

Es así que la empresa concesionaria sólo tenía que hacerse cargo de la introducción del drenaje en la zona norte de la ciudad, donde no existía debido al

proceso de urbanización progresiva utilizado en la misma, así como de mantener la calidad de los servicios, para lo cual ha tenido que invertir en la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales y en la remodelación de otra. Debido al arreglo de la concesión, estas obras se deben haber construido bajo el esquema BOT (por sus siglas en inglés de construir, operar y transferir) y en estricta teoría con recursos propios; sin embargo, existen indicios de que la empresa concesionaria ha recibido diversos apoyos gubernamentales, lo que denota una contradicción a la justificación dada por éste para privatizar el servicio. Además, se puede cuestionar el actual modelo privatizado del agua urbana local con los siguientes argumentos:

1. El gobierno estatal sólo recibe un 20% de las ganancias reportadas por la empresa concesionaria, lo que ha mermado su capacidad para introducir el servicio en otras partes de la entidad.
2. Las tarifas por la prestación del servicio han aumentado en la localidad lo que ha dado lugar a la aparición de sistemas de producción y abastecimiento de agua potable alternativos por parte de la sociedad. Esto se demuestra por la presencia de los transportistas de agua potable que la comercian (Diagrama 4.1) y por los crecientes tratos directos del sector turístico e industrial con la CNA en lo que respecta a la operación de plantas potabilizadoras y desalinizadoras privadas. Sobre este aspecto se abunda más en el “Apartado IV.3”.
3. Las inversiones de la empresa concesionaria se han concentrado en algunas obras específicas, como la remodelación de una planta de tratamiento de aguas residuales, la construcción de otra y la introducción de drenaje en parte de la zona norte de la ciudad, pues ya existía algo de infraestructura en la misma, la

cual había sido financiada por sus predecesores. Además de que la introducción de nueva infraestructura en zonas de reciente urbanización corre a cargo de las empresas desarrolladoras y, en última instancia, de las personas que compran vivienda en dichas zonas.

4. La eficacia de la empresa concesionaria es cuestionable desde el punto de vista social, pues la cobertura del servicio de drenaje “en funcionamiento” de la ciudad –incluyendo la Z.H.– sólo alcanza al 45% de la población.
5. La eficacia de la empresa desde el punto de vista ecológico también es cuestionable, pues según la CNA (2003 y 2004 a), hay pérdidas de hasta el 40% en el agua potable y constantes problemas para cumplir con las normas ecológicas en lo que respecta a la calidad final de las aguas servidas tratadas en las plantas a su cargo.

Por otra parte la existencia de BMO-FONATUR, que ha sido históricamente subsidiada, por el gobierno federal para prestar el servicio de saneamiento de aguas servidas en la Z.H; la cual es además la más privilegiada de la ciudad y donde se asientan los capitales más poderosos de la economía local, es una contradicción al modelo de administración del agua urbana instaurado con más dureza en el resto de la misma, denotando así una doble política en este tema en la ciudad y que no necesariamente ayuda a la creación de una cultura sobre el cuidado del agua, como indica Lahera (2000). En Cancún existen otros aspectos que impactan en la política del agua urbana local, como es el caso del PDDUC, pues este identifica las zonas donde se contempla la introducción de infraestructura básica. De manera particular el PDDUC desconoce esta responsabilidad en zonas irregulares, que tienen que solucionar sus

necesidades a partir de formas alternativas que suelen ser desfavorables para sus pobladores y el medio ambiente.

Como se ha visto, las interacciones entre los actores que han dado forma a la estructura urbana y los que tienen que ver con el uso y manejo del agua urbana en Cancún se dan no sólo dentro de un ambiente construido social, política y urbanamente, sino también sobre uno natural, los cuales son modificados constantemente en formas diversas, algunas negativas, como la contaminación. Para el mejor entendimiento de esta nueva dimensión ambiental en la problemática del uso y manejo del agua urbana en la localidad se ha dividido esta en dos apartados que son: 1. La problemática del agua potable y 2. La problemática de las aguas servidas.

IV.3. Problemática del agua potable en Cancún

La problemática del agua potable en Cancún es parte fundamental del modelo de uso y manejo del agua urbana local (Diagrama 4.2), el cual se puede entender como el resultado de la interacción entre el medio ambiente, la realidad urbana construida y los actores sociales involucrados. El medio ambiente es el primer aspecto que interviene en la problemática del agua potable, pues de él se obtiene el recurso y en buena medida impone las limitaciones de su desarrollo.

Cancún es el asentamiento humano más grande de los ubicados en la región hidrológica RH-32, también llamada región norte de Quintana Roo (Figura 4.1), la cual cuenta con un acuífero subterráneo –capa de agua dulce de profundidad y espesor variable que flota sobre otra de agua salada- y que es considerado altamente vulnerable debido a las condiciones cársticas del suelo, que le dan alta capacidad 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.

infiltración. El acuífero también se considera libre, debido a que se descarga permanentemente en la costa a través de surgencias de agua dulce (estrellas verdes, Diagrama 4.2). Según cálculos de la CNA, la disponibilidad de agua en el acuífero de esta zona es de 764.10 millones de $m^3/año$, el cual es recargado principalmente por las lluvias, aunque también hay aportaciones por transferencias de las regiones hidrológicas vecinas (CNA, 2001 a y b).

El acuífero de la zona se considera subexplotado pues sólo se extrae de él aproximadamente el 10% anual; sin embargo, es importante considerar cuatro aspectos que permiten matizar esta aseveración. 1. La recarga del acuífero (el cual permanentemente se está descargando en el mar) esta sujeta al régimen climático, del

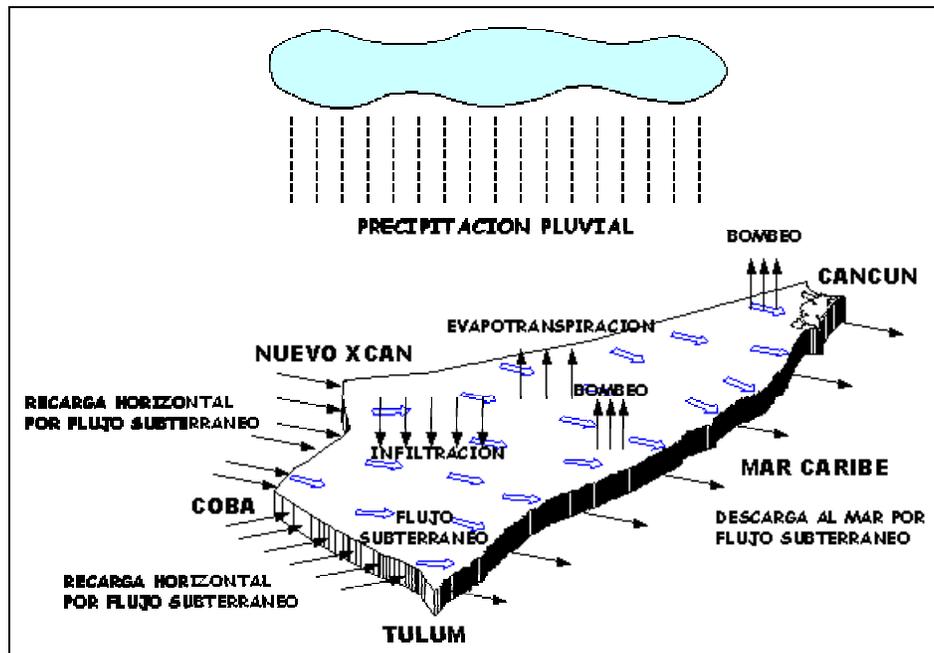


Figura 4.1. Modelo conceptual de funcionamiento hidromecánico del acuífero de la Zona Norte de Quintana Roo. Fuente: CNA, 2001 a.

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

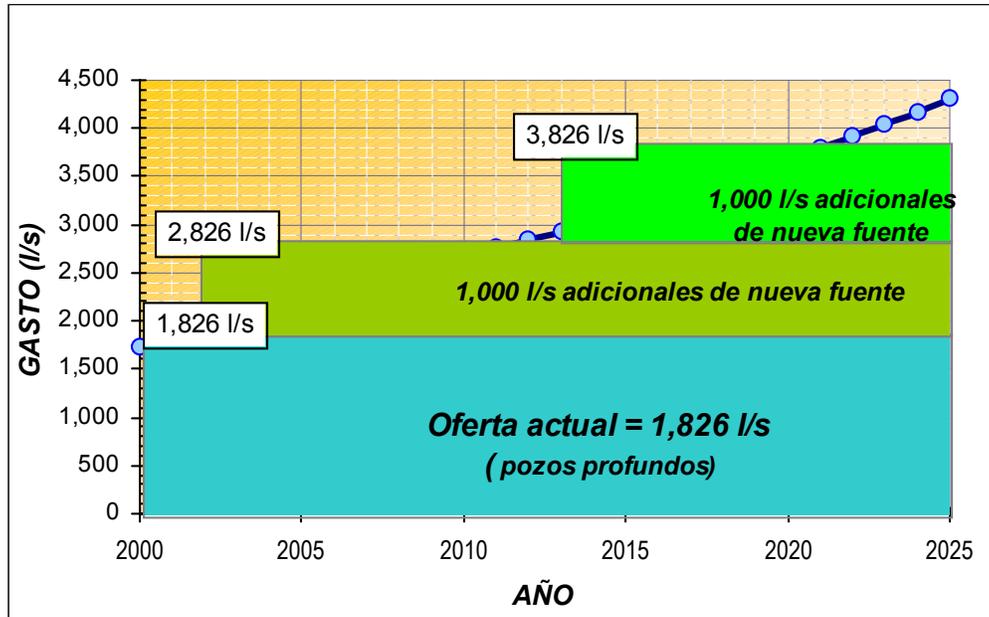
Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

cual según la CNA sólo se tienen datos de unas cuantas décadas atrás, lo que no permite tener la certeza de que en el largo plazo esta situación no pueda cambiar por razones exógenas; 2. La explotación del acuífero para uso urbano en la zona norte de Quintana Roo es la más intensa de todas y representa el 71.89% del total (Tabla 4.1), la cual es atribuida en su mayor parte a Cancún, aunque se estima que en el futuro, la explotación aumente al ritmo de la demanda como resultado del crecimiento urbano de la ciudad (Gráfica 4.1); 3. La posible aparición de problemas de intrusión salina debido al bombeo de agua por parte de particulares en las zonas más cercanas a la costa y 4. Las amenazas de contaminación al acuífero de la Región Norte de Quintana Roo y, en particular, de sus zonas de abastecimiento de agua potable provienen principalmente de fuentes biológicas y bacterianas tales como las aguas servidas de uso urbano relacionadas con la expansión urbana descontrolada, a menaza que afecta de manera general a las fuentes de abastecimiento de agua potable de toda Latinoamérica y el Caribe (UN-HABITAT, 2003 a).

Tabla 4.1. Extracciones de agua al acuífero en la Zona Norte de Quintana Roo.

Usos del agua	Volumen (millones m ³ /año)	%
Agropecuario	0.50	0.63
Industrial	0.94	1.20
Público urbano	56.25	71.89
Servicios	20.26	25.89
Otros	0.29	0.39
Total	78.24	100.00

Fuente: Elaboración propia a partir de CNA, 2001 a; CNA, 2003.



Gráfica 4.1. Curva de demanda futura de agua de la Zona Metropolitana de Cancún. Fuente CNA, s.f. a.

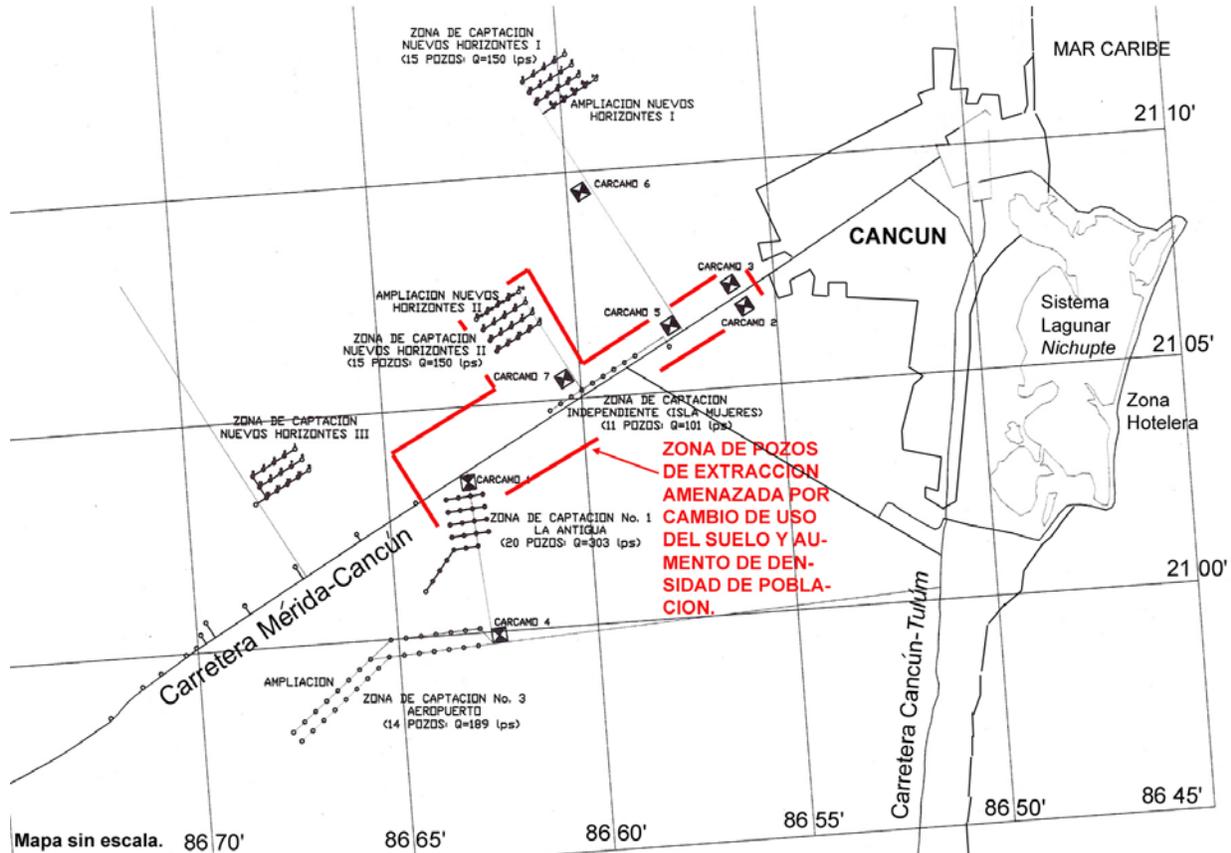
Por su magnitud, el caso más alarmante en cuanto a amenaza de contaminación de zonas de captación de agua potable en la región lo representa el de las zonas que abastecen a Cancún (Mapa 4.5) debido a que éstas, en la actualidad, están experimentando un aumento en la densidad de población, cambios de uso del suelo y falta de infraestructura sanitaria, aspectos que también han sido señalados tanto por la prensa local como por el Ayuntamiento de Benito Juárez (2004).

Sin embargo, la problemática alrededor de los campos de extracción del agua potable de Cancún (indicada por la “X” roja, Diagrama 4.2), cuya producción se calcula fue de 56.25 millones de m^3 en 2003, es sólo el primer aspecto que da cuenta de la problemática del agua urbana en la ciudad. El siguiente aspecto a considerar es la eficiencia en la distribución y cuidado del agua extraída, la cual fue apenas del 60% (33.75 millones de $m^3/2003$), pues el 40% restante de lo extraído se perdió por fugas.

“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.

Mapa 4.5. Zonas de pozos de extracción para agua potable de Cancún, Quintana Roo, 2003.



Fuente: Elaboración propia a partir de Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004.

Esta situación agrava el déficit en el abastecimiento de la demanda del agua urbana a la ciudad, déficit que para 2003 se estimó en 17% por el Ayuntamiento de Benito Juárez (2004). El análisis de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Cancún (Mapa 4.6) nos indica que la ciudad cuenta con un 95% de cobertura del sistema de red pública (letra “R”, Diagrama 4.2) que llega hasta el interior de los predios.

Sin embargo, el 5% restante se tiene que abastecer de agua a través de sistemas alternativos (letra “A”, Diagrama 4.2) tales como: pozos particulares; camiones cisterna, también llamados pipas e hidrantes públicos así como plantas

“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 4.2 Dotación estimada del agua en Cancún por zonas de la ciudad, 2003.

Zona de la ciudad con uso del suelo	DPCAP	DAA (año 2003)	Uso de DAA (%)	Sistema de abastecimiento predominante de AP	Densidad de población	Número de habitantes (%)
H.N.E. Muy Alto	237 m ³ /hab/año (650 l/hab/día)	0.912 mill/ m ³ /año	Bajo (1.62%).	Red tandeado	Baja	Bajo (0.86%)
H.N.E. Alto	237 m ³ /hab/año (650 l/hab/día)	1.746 mill/ m ³ /año	Bajo (3.11%).	Red tandeado	Baja	Bajo (1.64%)
H.N.E. Medio Alto	146 m ³ /hab/año (400 l/hab/día)	2.497 mill/ m ³ /año	Bajo (4.45%).	Red tandeado	Alta	Bajo (3.78%)
H.N.E. Medio	146 m ³ /hab/año (400 l/hab/día)	7.099 mill/ m ³ /año	Alto (12.62%).	Red tandeado	Alta	Alto (10.83%)
H.N.E. Medio Bajo	93 m ³ /hab/año (250 l/hab/día)	0.505 mill/ m ³ /año	Muy bajo (0.90%).	Red tandeado	Baja	Bajo (1.23%)
H.N.E. Bajo	93 m ³ /hab/año (250 l/hab/día)	29.78 mill/ m ³ /año	Muy alto (52.94%).	Red tandeado, Alternativo*	Muy alta	Muy alto (71.49%)
H.N.E. Muy Bajo	=<37 m ³ /hab/año (= < 100 l/hab/día)	0.113 mill/ m ³ /año	Muy bajo (0.20%).	Alternativo	Baja	Bajo (0.70%)
Heterogéneo	146 m ³ /hab/año (400 l/hab/día)	0.006 mill/ m ³ /año	Muy bajo (0.01%).	Alternativo	Muy baja	Muy bajo (0.01%)
Comercial y de servicios	146 m ³ /hab/año (400 l/hab/día)	0.598 mill/ m ³ /año	Bajo (1.06%).	Red tandeado	Baja	Bajo (0.92%)

Continúa en la siguiente página.

“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.

Continuación Tabla 4.2.

Zona de la ciudad con uso del suelo	DPCAP	DAA (año 2003)	Uso de DAA (%)	Sistema de abastecimiento predominante de AP	Densidad de población	Número de habitantes (%)
Turístico	=>320 m ³ /hab/año (=>870 l/hab/día)	12.275 mill/ m ³ /año	Muy alto (21.82%).	Red las 24 hrs, Desalinizadoras**	Media	Alto (8.52%)
Industrial	=>320 m ³ /hab/año (=>870 l/hab/día)	0.715 mill/ m ³ /año	Bajo (1.27%).	Red tandeado	Muy baja	Muy bajo (0.02%)

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a y 2004 b; Bazant, 2000; BMO-FONATUR, 2004; CNA, 2003 y 2004 b, FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2002 y 2004; SECTUR, 1994; Abreviaciones: AP, Agua potable; DPCAP, Dotación per cápita de agua potable; DAA, Dotación anual acumulada. H.N.E, Habitacional de Nivel Económico. Notas: 1. Los sistemas de abastecimiento de agua potable “alternativos” son los camiones cisterna, pozos poco profundos y en algunos casos tomas de agua potable públicas; 2. Tandeado significa que el servicio en la red se encuentra disponible sólo por unas cuantas horas al día, 3. Las plantas desalinizadoras (PD) producen agua potable a partir de la eliminación de las sales del agua; * Aproximadamente el 4.3% de la población del sector de ingresos bajos se abastece de agua potable a través de algún sistema alternativo; ** la producción de agua por las PD llega alrededor de 4.38 mill/m³/año.

desalinizadoras particulares, en el caso de algunos hoteles. A partir de esta cobertura, el análisis de la dotación del agua potable en Cancún, la cual sólo es clorada (Tabla 4.2 y Mapa 4.7) nos señala que esta es diferenciada entre las distintas zonas de la ciudad en cuanto a sus volúmenes y disponibilidad (“tandeada”⁶ y permanente).

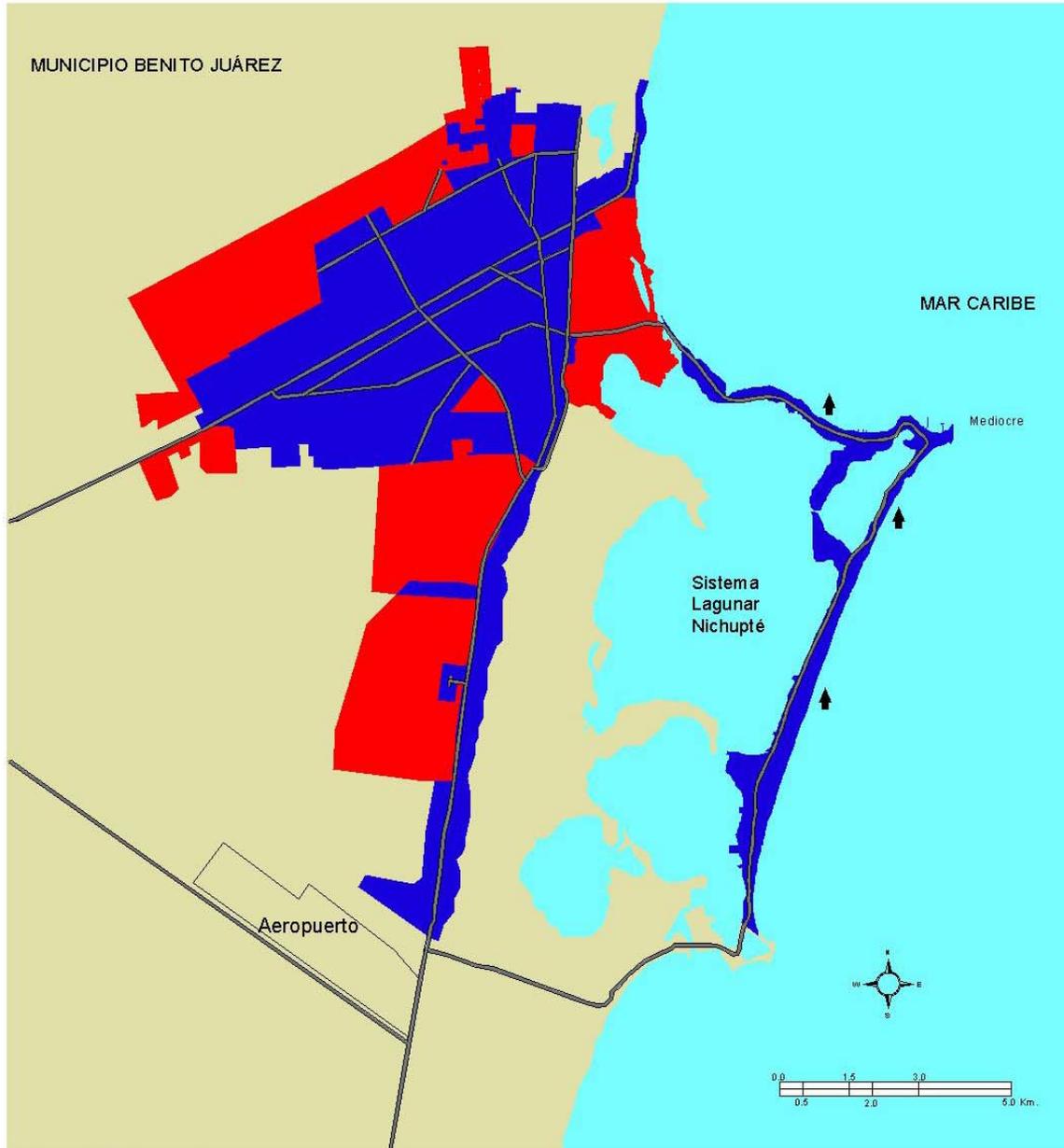
De manera particular, el análisis de la dotación de agua potable (Tabla 4.2) nos permite apreciar contrastes entre las dos zonas que más dotación anual acumulada reportan, que son: 1. La zona con uso del suelo habitacional de nivel económico bajo con 29.78 mill/m³/año y 2. La zona con uso del suelo turístico con 12.275 mill/m³/año.

⁶ El servicio de agua potable tandeada significa que esta solo está disponible unas cuantas horas al día en la red.

“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.

Mapa 4.6. Cobertura de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003.



Zona de la ciudad que predominantemente se abastece de agua potable a partir de:

	COBERTURA	POBLACIÓN ATENDIDA	CONSUMO DE AGUA POTABLE
Red de agua potable en el domicilio.	60.43 km ² ó 58%	426,336 hab. ó 95%	32.57 mill/m ³ /año
Sistemas Alternativos: Carros cisterna "pipas", pozos particulares e hidrantes públicos.	42.99 km ² ó 42%	22,141 hab. ó 5%	1.18 mill/m ³ /año

Plantas de salinizadora. ↑

• = 500 habitantes

— Principales vías de comunicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; CNA, 2003; CNA, 2004 b; INEGI, 2000; Trabajo de Campo, 2003-2004.

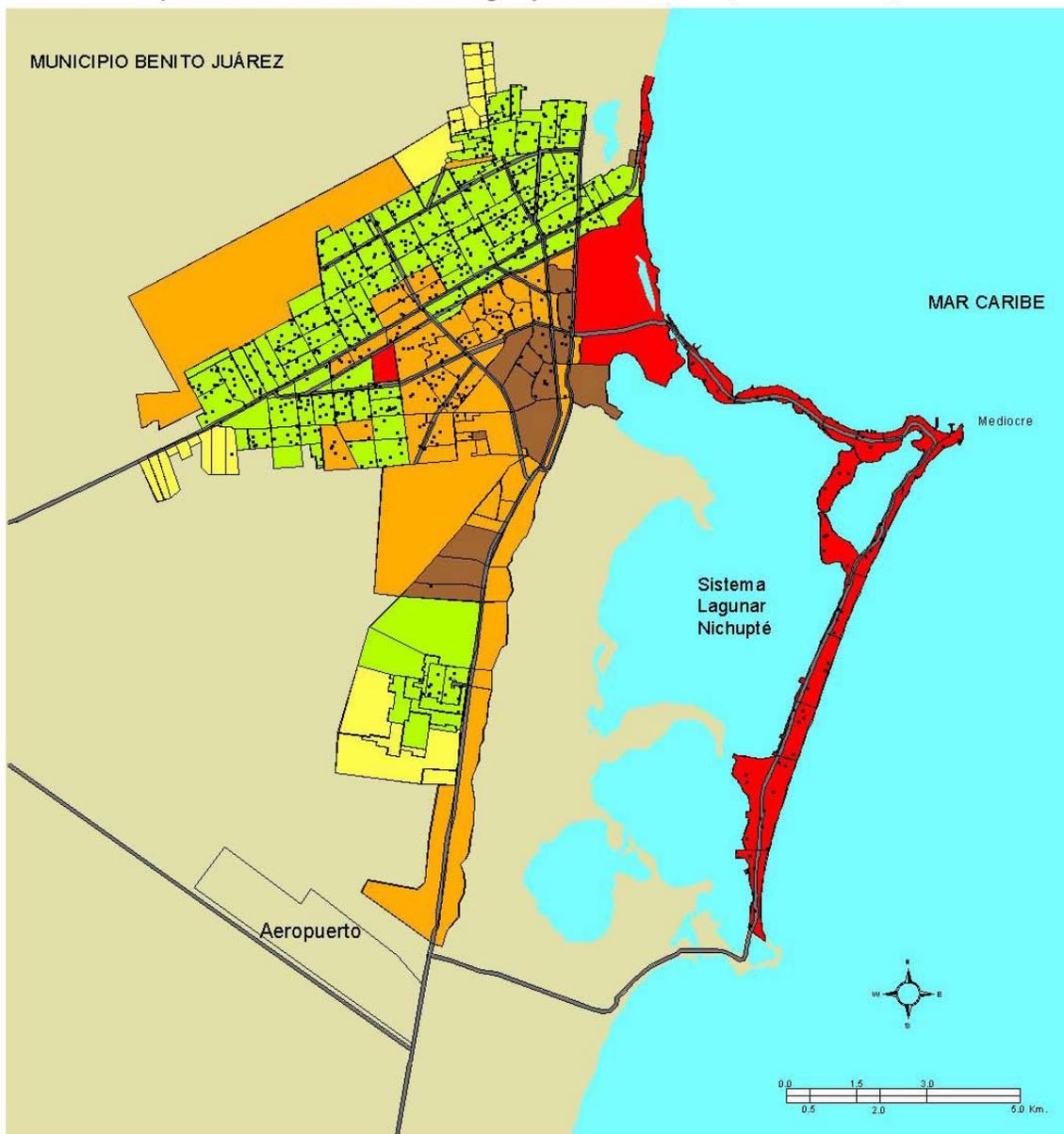
A la primera zona se le suministra el agua potable de manera tandeada y alcanza esta alta dotación debido a que en ella se asienta el 71.49% de la población local, pero con una dotación *per capita* baja (250 l/hab/día), mientras que en la segunda zona el suministro es permanente y la alta dotación contrasta con su menor población (8.52% del total), pero que disfruta de la dotación *per capita* más alta de la ciudad (\Rightarrow 870 l/hab/día).

Otros datos que son importantes de mencionar, pues resaltan los patrones diferenciales en la ciudad son: 1. Las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico muy alto y alto, los cuales se abastecen primordialmente a partir de la red de agua potable, pero en forma tandeada, a pesar de tener altas dotaciones *per capita* de agua potable (650 l/hab/día) reportan dos de las dotaciones anuales acumuladas más bajas (0.912 mill/m³/año y 1.746 mill/m³/año, respectivamente) debido a su baja población (0.86% y 1.64% respectivamente). 2. En contraste, la zona con uso del suelo habitacional de nivel económico muy bajo satisface su bajo consumo *per capita* de agua potable (\leq 100 l/hab/día) a partir de sistemas alternativos de abastecimiento y alcanza apenas una dotación anual acumulada de 113,000 m³/año. Patrones diferenciales similares se pueden observar en los consumos y pérdidas de agua potable por zonas de la ciudad, los cuales se relacionan con el modelo de desarrollo urbano diferenciado de la ciudad y los fenómenos de fragmentación y segregación urbana (Tabla 4.3).

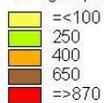
“Uso y manejo del agua urbana” como indicador de sustentabilidad urbana de Cancún, Quintana Roo

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

Mapa 4.7. Dotación estimada de agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003.



AGEB de la ciudad que recibe dotación de agua potable (lt/hab/día) de:



• = 500 habitantes
— Principales vías de comunicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; Bazant, 2000; BMO-FONATUR, 2004; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; SECTUR, 1994; Trabajo de Campo, 2003-2004. Abreviaciones: AGEB: Área Geo-estadística Básica.

“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 4.3. Análisis de la problemática del agua potable por zonas en Cancún, Quintana Roo.

Zona de la ciudad con uso del suelo	Densidad de población (hab/km ²)	ÁREA. km ² (%)	Población Total Año 2000. hab. (%)	DOT lt/hab /día	DOT mill/m ³ /año. (%)	CAP mill/m ³ /año. (%)	DAP mill/m ³ /año. (%)
H.N.E. Muy Alto	1079	3.56 (3.45%)	3842.3 (0.86%)	650	0.912 (1.62%)	0.547 (1.62%)	0.365 (1.62%)
H.N.E. Alto	2152	3.42 (3.29%)	7360.2 (1.64%)	650	1.746 (3.11%)	1.048 (3.10%)	0.698 (3.11%)
H.N.E. Medio Alto	4533	3.74 (3.62%)	16953 (3.78%)	400	2.497 (4.45%)	1.498 (4.44%)	0.999 (4.44%)
H.N.E. Medio	6868	7.08 (6.85%)	48626.3 (10.83%)	400	7.099 (12.62%)	4.260 (12.62%)	2.840 (12.62%)
H.N.E. Medio Bajo	430	12.66 (12.24%)	5438 (1.23%)	250	0.505 (0.90%)	0.303 (0.90%)	0.202 (0.90%)
H.N.E. Bajo	9557	33.56 (32.46%)	320736 (71.49%)	250	29.782 (52.94%)	17.869 (52.94%)	11.913 (52.95%)
H.N.E. Muy Bajo	382	8.07 (7.82%)	3084 (0.70%)	=<100	0.113 (0.20%)	0.068 (0.20%)	0.045 (0.20%)
Heterogéneo	7	6.18 (5.96%)	43 (0.01%)	400	0.006 (0.01%)	0.004 (0.01%)	0.003 (0.01%)
Comercial y de Servicios	430	9.52 (9.2%)	4094.8 (0.92%)	400	0.598 (1.06%)	0.359 (1.06%)	0.239 (1.06%)
Turístico	2513	15.22 (14.72%)	38250.4 (8.52%)	=>878	12.275 (21.82%)	7.367 (21.83%)	4.908 (21.82%)
Industria I	123	0.40 (0.39%)	49 (0.02%)	=>878	0.715 (1.27%)	0.429 (1.27%)	0.286 (1.27%)
TOTAL		103.41 (100%)	448477 (100%)		56.25 (100%)	33.75 (100%)	22.50 (100%)

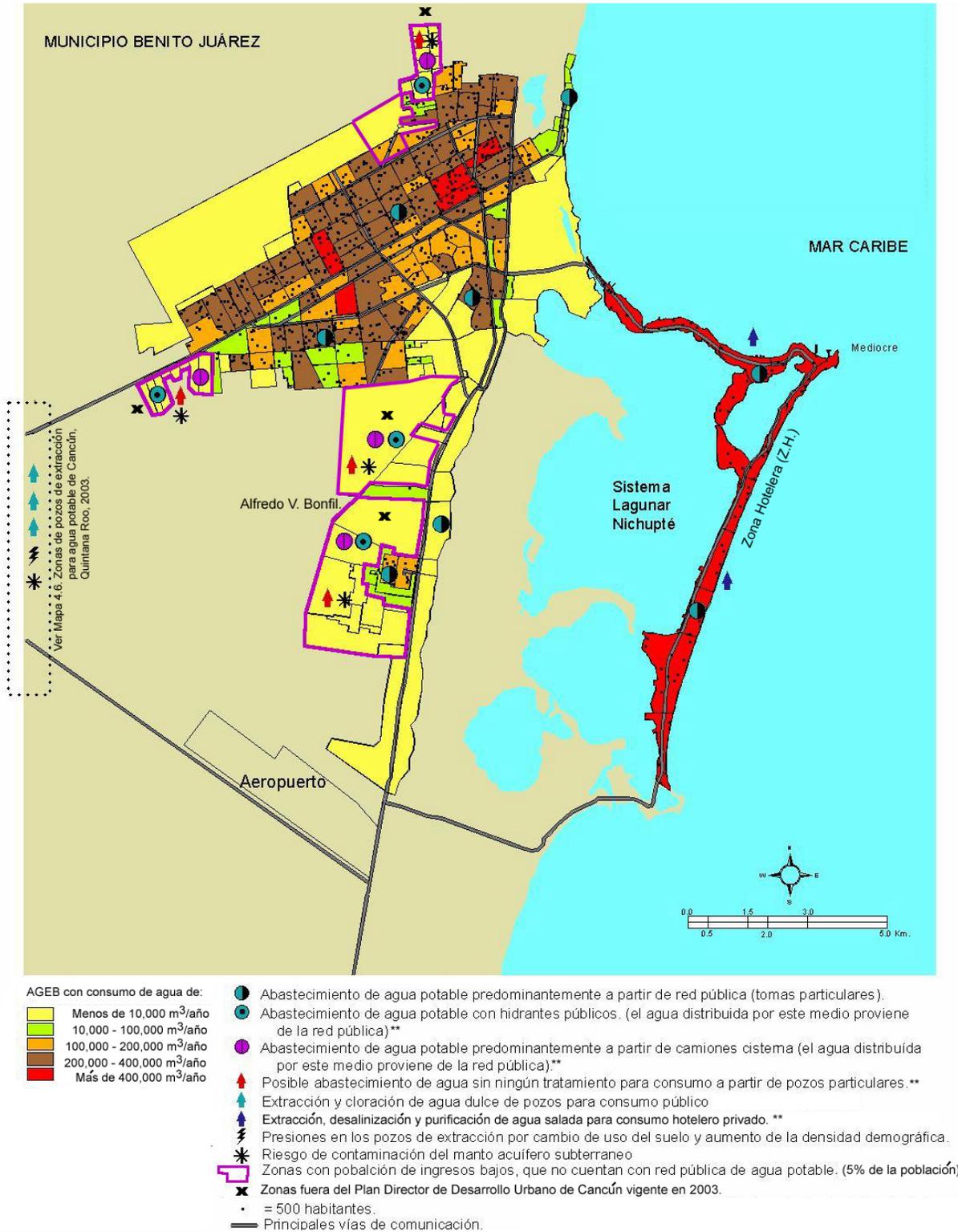
Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; AGUAKAN, 2004 b; BMO-FONATUR, 2004; Bazant, 2000; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; SECTUR 1994. Abreviaciones: DOT, Dotación de agua potable; CAP, Consumo de agua potable; DAP, Pérdidas de agua potable; H.N.E, Habitacional de Nivel Económico.

Sin embargo, las inequidades socioeconómicas entre la población de Cancún son retratadas con más fidelidad tanto por el costo del agua en las zonas de abastecimiento alternativo, como por la utilización de plantas desalinizadoras por la zona turística para bajar el costo de su gran consumo (Tabla 4.2 y Mapa 4.8), ambos aspectos integrantes de la problemática del agua potable en la localidad y que a continuación se comentan. Sin lugar a dudas el costo no equitativo del agua potable en la ciudad de Cancún es un tema que toca las fibras más sensibles de la sociedad y en particular la de las zonas de niveles económicos más bajos, donde las familias suelen pagar mensualmente hasta \$400.00 pesos (aproximadamente \$36 dólares estadounidenses) por el equivalente de un consumo básico de agua potable (10m^3) que en una zona de la ciudad con red de agua entubada costaría alrededor de \$40.00 pesos (\$3.6 dólares estadounidenses). Casos similares han sido reportados en el Área Metropolitana de Manila, Filipinas por UN-HABITAT (2003 a) donde la diferencia en precio de 10m^3 de agua potable entre las zonas que cuentan con el servicio (ingresos medios y altos) y las que no (ingresos bajos) es 18 veces menor. En el caso de Cancún, esta situación se desarrolla en un ambiente de libre mercado, pues existen distintos vendedores de agua en camiones cisterna, siendo los consumidores presas cautivas por las circunstancias que les ha impuesto el modelo de desarrollo socioeconómico y urbano. A este respecto, las autoridades municipales sólo reconocen la problemática y reparten agua gratis semanalmente en las zonas de nivel económico más bajo, medida que siempre es insuficiente, permitiendo así que los más pobres sean los que más paguen por el agua potable.

“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.

Mapa 4.8. Problemática del agua potable en Cancún, Quintana Roo, 2003.



Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; SECTUR, 1994.
Nota: ** Sistema de abastecimiento de agua potable alternativo.

Por otra parte, y como ya se mencionó, en la Z.H. algunos grupos hoteleros han empezado a instalar y operar plantas desalinizadoras *in situ* (caja azul respectiva, Diagrama 4.2) con la finalidad de bajar sus costos por consumo de agua potable, pues con base a sus necesidades pagan precios promedio de hasta \$30.00 pesos por m³. Esta práctica empresarial, además de representar el rechazo al suministro monopólico de un servicio básico, aprovecha aspectos específicos de las leyes en la materia que les permiten aumentar a sus propietarios los márgenes de ahorro y ganancias, pues la CNA no les cobra por el masivo aprovechamiento (extracción) del agua salada del subsuelo, la cual alcanza varios millones de metros cúbicos anualmente. De hecho, esta solución empresarial ha sido tan efectiva que un solo grupo hotelero reportó ahorros de \$ 321,000 dólares estadounidenses por este concepto durante el primer trimestre de 2004 y se espera que esta práctica se generalice entre el sector hotelero. De materializarse esta situación sucederían dos cosas, 1. El sector económico más poderoso de la ciudad será el que pagará proporcionalmente menos por el agua que consume y 2. Se alteraría el costo del agua potable en Cancún, pues al dejar de obtener la empresa concesionaria del servicio los altos ingresos que recauda de la Z.H. tendría que ajustar los precios de su clientela cautiva, los usuarios de la ciudad, afectando en especial a las zonas de niveles económicos más bajos, que no cuentan con los cuantiosos recursos que se necesitan para afrontar la instalación y operación de estos equipos u otros similares.

Existen al menos otros dos aspectos del uso y manejo del agua urbana de Cancún a considerar que serían afectados si la utilización de las plantas desalinizadoras se generaliza en la Z.H. El primero es de tipo ecológico, pues se

desconoce si la masiva extracción de agua salada del subsuelo afectaría negativamente la intrusión salina en la costa. El segundo es de tipo socioeconómico, cultural e incluso institucional, pues al no cobrar la CNA por el aprovechamiento del agua salada, está instituyendo un subsidio que no es equitativo con lo que pasa en esta materia en el resto de la ciudad, además de afectar cualquier esfuerzo por establecer una tan necesaria cultura sobre el cuidado del agua, pues los consumos de la Z.H., que son los más altos en términos de dotación, no reflejan el costo real del agua, aspecto que ya ha sido discutido por Lahera (2000) en el caso de otras ciudades.

IV.4. Problemática de las aguas servidas en Cancún

La problemática de las aguas servidas en Cancún, al igual que la del agua potable, es parte fundamental del modelo de uso y manejo del agua urbana local (Diagrama 4.2), sin embargo, a diferencia del agua potable, el medio ambiente es el último aspecto que interviene en la problemática de las aguas servidas, pues la calidad en que éstas son devueltas al mismo depende del manejo que los actores le hayan dado.

Es así que, en primer lugar, el análisis ya realizado de los actores relacionados con la problemática de las aguas servidas en Cancún durante 2003 (Diagrama 4.1) resalta que existen tres casos en lo que respecta a la cobertura de sistemas de tratamiento y desalojo de aguas servidas (Mapa 4.9). El primero incluye a todas las zonas que cuentan con servicio de drenaje público y conectado a plantas de tratamiento. En estas zonas se asienta el 45% de la población total de la ciudad (zona azul, Mapa 4.9, Tabla 4.4 y caja amarilla respectiva del Diagrama 4.2) e incluye las

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

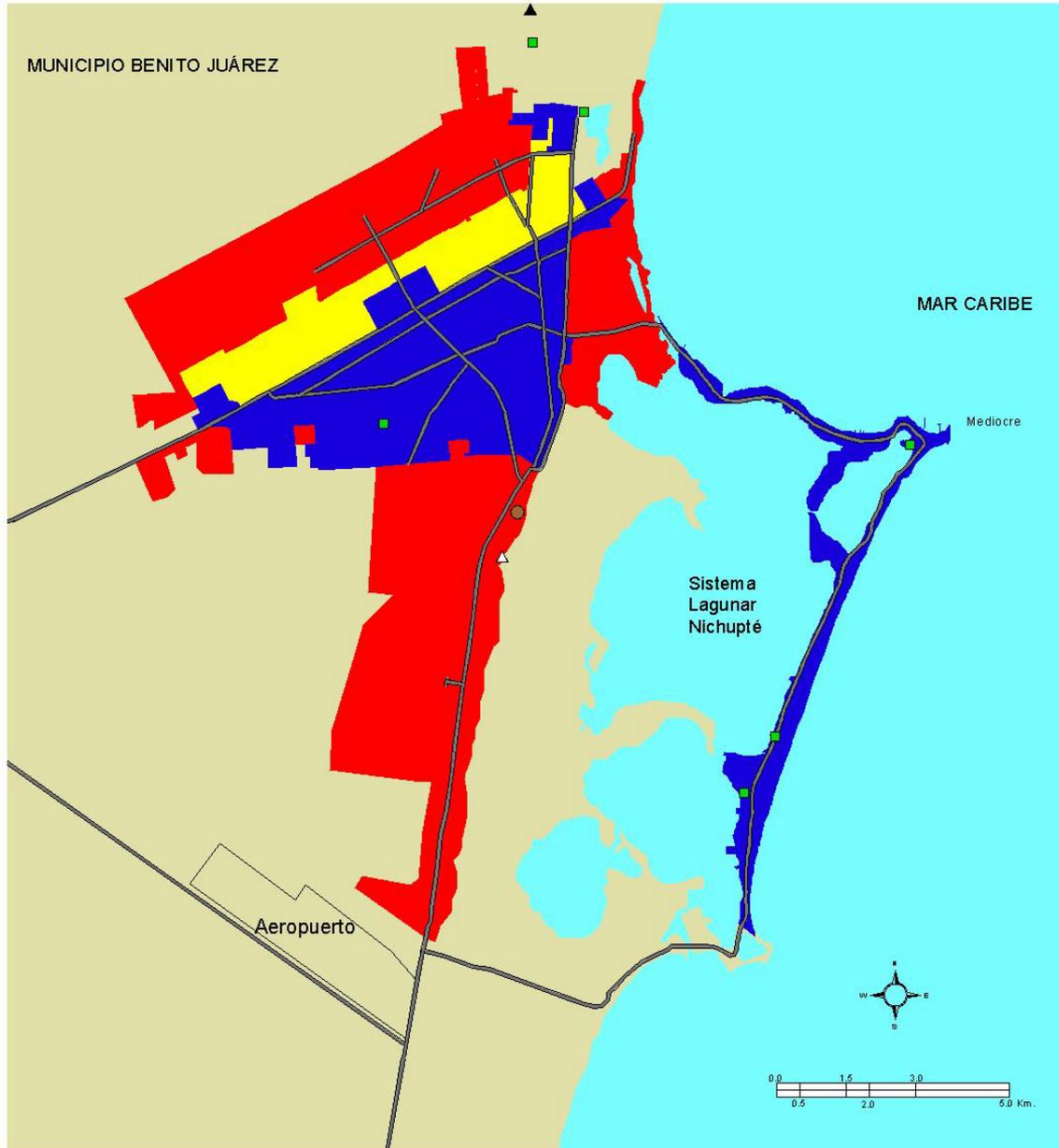
Tesis del Arq. Mauricio C. Domínguez Aguilar para obtener el Título de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ecología Humana.

zonas con uso del suelo habitacional de niveles económicos muy alto, alto (Figura 4.2), medios alto, medio, medio bajo y bajo (17.2%) (Figura 4.3), así como las de uso del suelo comercial y de servicios, turístico e industrial. Este porcentaje de cobertura, apenas superior al promedio nacional (40%) (Guimaraes, 1997), es bueno comparado con el de las demás ciudades importantes de la Península de Yucatán (Mérida, Chetumal, etcétera). A pesar de que toda esta gran área de la ciudad se encuentra dentro del actual PDDUC, su proceso de urbanización y la introducción de la infraestructura sanitaria han sido muy contrastantes entre las zonas que la integran, pues mientras en las de uso del suelo turístico (Z.H.) y habitacional de nivel económico muy alto, alto y medio alto, el drenaje se introdujo con anterioridad a su ocupación, en aquellas con uso del suelo habitacional de nivel económico bajo (17.2%) e industrial ese servicio se ha introducido progresivamente y finalmente, en las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico medio y comercial y de servicios se han dado ambos casos. Basados en datos de la CNA (2003), en esta gran área se produjeron 15.80 mill/m³ de aguas servidas en 2003 (zona azul, Mapa 4.9) que fueron tratadas en alguna de las seis plantas de tratamiento de la ciudad y la Z.H. (cuadros amarillos correspondientes, Diagrama 4.2). Se identificó que las tres plantas de la Z.H. trataron 4.38 mill/m³ adicionales de aguas servidas, provenientes de los consumos de agua potable abastecidos de manera autosuficiente por las plantas desalinizadoras de los hoteles (Tabla 4.4), por lo cual el volumen total de aguas servidas tratadas en esta zona ascendió a 20.18 mill/m³ en 2003 (Tabla 4.4). En esta zona también se produjeron 24,443 toneladas de lodos residuales, los cuales fueron procesados por las plantas de composta de las empresas BMO-FONATUR y AGUAKAN. Es importante notar que

“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.

Mapa 4.9. Cobertura de los sistemas de tratamiento y desalojo de aguas servidas en Cancún, Quintana Roo, 2003.



Zona de la ciudad que predominantemente trata sus aguas residuales a partir de:

- Red de alcantarillado en uso, conestado a planta de tratamiento
- Fosas sépticas o sumideros
- Fosas sépticas o sumideros, aunque cuentan con red de alcantarillado conectada a plantas de tratamiento.



COBERTURA	POBLACIÓN ATENDIDA	PRODUCCION DE AGUAS SERVIDAS
35 km ² ó 35%	199,703 hab. ó 45%	15.80 mill/m ³ /año
57 km ² ó 55%	102,538 hab. ó 23%	4.69 mill/m ³ /año
11 km ² ó 10%	146,236 hab. ó 32%	6.52 mill/m ³ /año

- Plantas de tratamiento de aguas residuales.
- ▲ Rellenos sanitarios en uso.
- △ Basurero Municipal cerrado.
- Planta de composta de lodos residuales.
- Principales vías de comunicación.

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 b; BMO-FONATUR, 2004; CNA, 2003; CNA, 2004 b; INEGI, 2000; Trabajo de Campo, 2003-2004.

“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.



Figura 4.2. Supermanzana 18, Cancún. Zona habitacional de nivel económico alto.



Figura 4.3. Supermanzana 64, Cancún. Zona habitacional de nivel económico bajo.

“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 4.4. Análisis de la problemática de las aguas servidas por zonas en Cancún, Quintana Roo, 2003.

Zona de la ciudad con uso del suelo	D.P. hab/km ²	Área. km ² (%)	Población Total año 2000. hab.(%)	PAS mill/m ³ /año. (%)	SToDA.S.	ASTP mill/m ³ /año (%)	ASST mill/m ³ /año (%)	SASTP mill/m ³ /año. (%)	PL ton/año. (%)
H.N.E. Muy Alto	1079	3.56 (3.45%)	3842.3 (0.86%)	0.438 (1.62%)	D	0.438 (2.17%)	0.000 (0.00%)	0.000 (0.00%)	276 (0.65%)
H.N.E. Alto	2152	3.42 (3.29%)	7360.2 (1.64%)	0.838 (3.10%)	D	0.739 (3.66%)	0.099 (0.88%)	0.000 (0.00%)	528 (1.25%)
H.N.E. Medio Alto	4533	3.74 (3.62%)	16953 (3.78%)	1.199 (4.44%)	D	1.198 (5.94%)	0.000 (0.00%)	0.000 (0.00%)	1216 (2.88%)
H.N.E. Medio	6868	7.08 (6.85%)	48626.3 (10.83%)	3.408 (12.62%)	D	3.408 (16.88%)	0.000 (0.00%)	0.000 (0.00%)	3487 (8.25%)
H.N.E. Medio Bajo	430	12.66 (12.24%)	5438 (1.23%)	0.242 (0.90%)	D	0.237 (1.17%)	0.006 (0.05%)	0.000 (0.00%)	390 (0.92%)
					D (17.2% PT) /				23003
H.N.E. Bajo	9557	33.56 (32.46%)	320736 (71.49%)	14.295 (52.93%)&	A (54.29% PT)*	3.454 (17.11%)	10.842 (96.76%)	0.000 (0.00%)	(54.40%)**, #
H.N.E. Muy Bajo	382	8.07 (7.82%)	3084 (0.70%)	0.054 (0.20%)	A	0.000 (0.00%)	0.054 (0.48%)	0.000 (0.00%)	221 (0.52%)
Heterogéneo	7	6.18 (5.96%)	43 (0.01%)	0.003 (0.01%)	A	0.000 (0.00%)	0.003 (0.03%)	0.000 (0.00%)	3 (0.01%)
Comercial y de Servicios	430	9.52 (9.2%)	4094.8 (0.92%)	0.287 (1.06%)	D	0.275 (1.36%)	0.012 (0.11%)	0.000 (0.00%)	294 (0.69%)
Turístico	2513	15.22 (14.72%)	38250.4 (8.52%)	5.900 (21.84%)	D	10.090 (50.00%)	0.190 (1.69%)	4.380 (100.00%)	12863 (30.42%)

Continúa en la siguiente página.

“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.

Continuación Tabla 4.4.

Zona de la ciudad con uso del suelo	D.P. hab/km ²	Área. km ² (%)	Población		SToDA.S.	ASTP mill/m ³ /año (%)	ASST mill/m ³ /año (%)	SASTP mill/m ³ /año. (%)	PL ton/año. (%)
			Total año 2000. hab.(%)	PAS mill/m ³ /año. (%)					
Industria	123	0.40 (0.39%)	49 (0.02%)	0.343 (1.27%)	D	0.343 (1.70%)	0.000 (0.00%)	0.000 (0.00%)	4 (0.01%)
TOTAL		103.41 (100%)	448477 (100%)	27.01 (100%)		20.18 (100%)	11.20 (100%)	4.38 (100%)	42285 (100%)

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; AGUAKAN, 2004 b; BMO-FONATUR, 2004; Bazant, 2000; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; SECTUR 1994.

Abreviaciones: D.P., Densidad de población; PAS, Producción de agua servida; ASTP, Agua servida tratadas en plantas de tratamiento; ASST, Agua servida con tratamiento deficiente (fosas sépticas) o sin ninguno; SASTP, Superávit de agua servida tratada en plantas de tratamiento de la Zona Hotelera; PL, Producción de lodos residuales; H.N.E, Habitacional de Nivel Económico; SToDA.S, Sistemas de tratamiento o desalojo de aguas servidas; PT, Población total en el año 2000; D, Drenaje público conectado a plantas de tratamiento; A, Sistemas alternativos (desalojo) tales como: fosas sépticas, sumideros, o grietas o pozos en el terreno; *, el 32% de la población total de la ciudad, que esta ubicada en este sector cuenta con infraestructura instalada de drenaje, pero que no esta en funcionamiento debido a que las viviendas no se encuentran conectados a este y en su lugar utilizan sistemas alternativos de desalojo; **, el 13.1% de la producción total de lodos residuales de la ciudad (que son generados en este sector) son procesados en plantas de tratamiento; #, el 41.3% de la producción total de lodos residuales de la ciudad (que son generados en este sector) son infiltrados en el subsuelo sin tratamiento, sin embargo, más de la mitad de este porcentaje (24.4%) podría ser tratado en plantas de tratamiento si las viviendas generadoras se conectaran a la red de drenaje que se encuentra disponible en su zona en lugar de utilizar sistemas alternativos de desalojo; &, el 40.23% de la producción total de aguas servidas de la ciudad (que son generados en este sector) son infiltrados en el subsuelo sin tratamiento, sin embargo, más de la mitad de este porcentaje (24%) podría ser tratado en plantas de tratamiento si las viviendas generadoras se conectaran a la red de drenaje que se encuentra disponible en su zona en lugar de utilizar sistemas alternativos de desalojo.

esta gran área, a pesar de contar con menos de la mitad de la población total, tiene el uso más intensivo del agua en Cancún, pues genera el 59% de las aguas residuales (Mapa 4.9 y Tabla 4.4).

El segundo caso incluye a todas las zonas de Cancún que desalojan sus aguas servidas sin tratamiento en sumideros, huecos o grietas en el terreno, así como los que las tratan deficientemente *in situ* mediante fosas sépticas de autoconstrucción sin supervisión ni mantenimiento profesional para luego infiltrarlas por medio de pozos poco profundos en el terreno (zona roja y amarilla, Mapa 4.9). En esta gran área habita el 55% de la población total de la ciudad y se encuentran las zonas con uso del suelo habitacional heterogéneo, habitacional de nivel económico bajo y muy bajo, así como una zona con uso del suelo turístico, la cual no se ha desarrollado todavía con excepción de la zona con uso del suelo turístico mencionada, se caracteriza por haber experimentado una urbanización progresiva, aunque existen algunos sectores que todavía no cuentan con servicio alguno por ser zonas irregulares fuera del PDDUC. Durante 2003, esta área produjo 11.21 mill/m³ de aguas servidas o el 41% del total producidos en la ciudad (suma de la producción de aguas servidas de la zona roja y amarilla del Mapa 4.9) y 17,842 toneladas de lodos residuales (Tabla 4.4) que fueron infiltrados directamente al acuífero con un tratamiento deficiente o sin tratamiento alguno, provocando contaminación no sólo en el sitio de infiltración, al norte de la ciudad, sino también, vía el acuífero subterráneo en las surgencias de la costa y lagunas de Puerto Juárez y la parte continental del Municipio de Isla Mujeres (parte superior derecha del Diagrama 4.2 y Mapa 4.10) disminuyendo así su potencial de utilización, aspecto que refuerza las afirmaciones de UN-HABITAT (2003 a) en cuanto

a que en Latinoamérica, la razón principal por la cual no se pueden usar los acuíferos es su contaminación por aguas servidas.

El tercer caso de esta clasificación es una combinación de los dos primeros y probablemente el más irónico de todos. Incluye a todas las zonas de la ciudad que, a pesar de contar con infraestructura de drenaje público, no lo usan dado que siguen solucionando sus necesidades de tratamiento y desalojo de aguas servidas a partir de sistemas alternativos (zona amarilla Mapa 4.9 y polígono verde Mapa 4.10), lo que se explica por el hecho de que esta zona (habitacional de nivel económico bajo) fue urbanizada progresivamente, pero sus residentes (32% de la población total de Cancún) no se conectan al servicio –a pesar de que pagan un 20% adicional sobre su consumo de agua potable por este concepto– por motivos que incluyen: los económicos, la falta de una cultura ecológica y la falta de aplicación de la Ley del Agua Potable del Estado de Quintana Roo por las autoridades estatales y municipales, probablemente porque no existe claridad de cuál de ellas es la encargada, o por que no se quiere asumir el costo político de aplicar medidas más estrictas en cuanto al cuidado del medio ambiente. Durante 2003, esta zona produjo 6.52 mill/m³ de aguas servidas que representó el 24% del total producidas en la ciudad (zona amarilla, Mapa 4.9) y 10,488 toneladas de lodos residuales que en lugar de ser tratadas en las plantas de tratamiento fueron infiltradas directamente al acuífero sin tratamiento alguno o con tratamiento deficiente, contaminándolo irremediablemente.

La existencia de este tercer caso en cuanto a la cobertura de los servicios de tratamiento y desalojo de aguas residuales ha originado que exista ambigüedad entre

“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.

las estadísticas de las autoridades relacionadas con el agua urbana en Cancún (Tabla 4.5.), lo que dificulta que se aprecie la gravedad del asunto.

Tabla 4.5. Diferencias en las estadísticas sobre la cobertura del drenaje en Cancún, Quintana Roo, 2003.

Fuente	Cobertura del drenaje	
	instalado	en uso
CNA	71% del área urbana	41 % del área urbana
AGUAKAN	80% del área urbana	no especifica
Ayuntamiento de Benito Juárez	63.3% de viviendas	36.7% de viviendas
Resultados de la tesis	77% de la población	45% de la población

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN, 2004 a; AGUAKAN, 2004 b; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; BMO-FONATUR, 2004; Bazant, 2000; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; POR ESTO! de Quintana Roo, 2004; SECTUR 1994; Trabajo de campo 2003-2004. Abreviaciones: AGUAKAN, empresa concesionaria de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en Cancún; CNA, Comisión Nacional del Agua.

El análisis de los tres casos de cobertura de los sistemas de tratamiento y desalojo de aguas servidas en Cancún (Mapa 4.10) nos evidencia:

1. La problemática del agua urbana en Cancún depende del grado de desarrollo urbano de sus zonas, hallazgo similar a los que el Banco Mundial (2003) ha realizado en otras ciudades.
2. El uso del suelo y la estructura urbana de Cancún tienen una estrecha relación con la problemática del agua urbana en la ciudad, lo que es consistente con resultados de estudios realizados por Orishino (1982, mencionado en Finco y Nijkamp, s.f.) en otras ciudades del mundo. Aquí es importante resaltar que la existencia de ciertos usos del suelo, como los basureros en zonas críticas (cercanías del sistema lagunar *Nichupté*, SLN) sugiere un desprocuración o

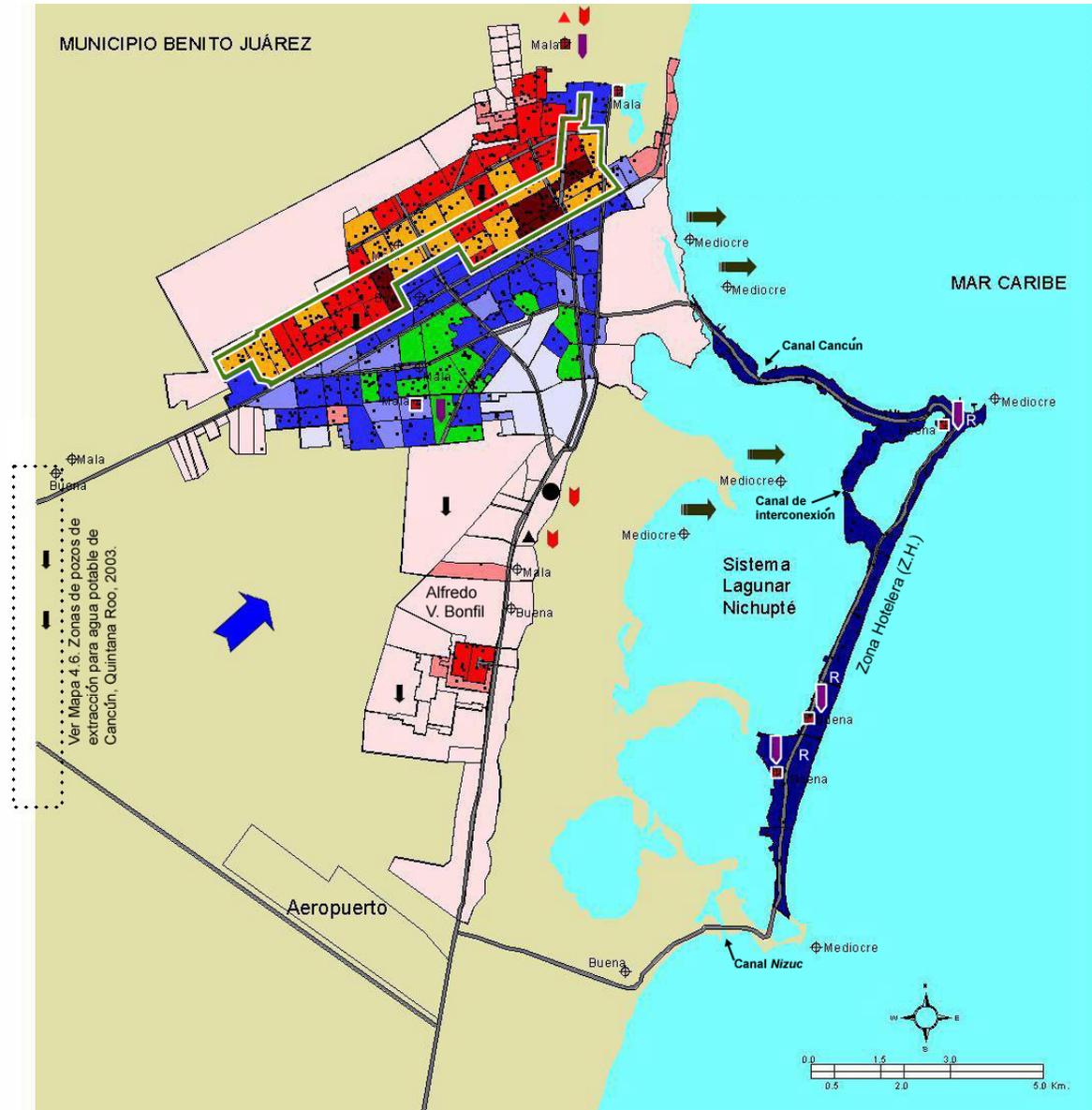
desconocimiento del funcionamiento del medio ambiente local por parte de las autoridades públicas encargadas de tales responsabilidades.

Retomando más profundamente la vertiente ambiental de esta discusión, y en especial su componente acuífero, se puede decir, sin lugar a dudas que éste es el más importante porque se puede contaminar muy fácilmente debido a las condiciones cársticas del suelo, que le confieren una alta permeabilidad, razón por la cual el acuífero de la zona es considerado por la CNA (2001 a y b) altamente vulnerable a sufrir contaminación. Otra particularidad del acuífero que nos señala esta Comisión, es que el acuífero en cuestión es del tipo libre, con movimiento SO-NE y se descarga en la costa y humedales costeros a través de surgencias (Diagrama 4.2 y Mapa 4.10). Por lo tanto, es de esperar que cualquier contaminante que se infiltre en el acuífero siga este curso, aunque es conveniente mencionar que existe la posibilidad de cambios de dirección en algunos puntos específicos por la complejidad del movimiento del acuífero subterráneo, que no se pueden identificar en la actualidad debido a la falta de estudios de su comportamiento. Este aspecto es importante, pues ayuda a identificar las posibles zonas donde aparecerán problemas de contaminación del acuífero, así como descartar posibles causas. De hecho a partir de la utilización de este criterio se pudo relacionar la contaminación producida en la zona norte de la ciudad con la calidad del agua de la costa y lagunas de Puerto Juárez y la parte continental del Municipio de Isla Mujeres (parte superior derecha del Diagrama 4.2, Mapa 4.10 y muestras número 9, 10, 17 y 19 de la Tabla 4.6). Dicho criterio también fue útil para el análisis del deterioro de la calidad de las aguas del SLN (muestras número 3, 6, 18 y 20 de la Tabla 4.6),

“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.

Mapa 4.10. Problemática de las aguas servidas en Cancún, Quintana Roo, 2003.



- Zona que cuenta con infraestructura de drenaje, pero no la usa (32% pob)
- Puntos de muestreo y resultado de calidad del agua.
- Relleno sanitario en uso. **
- Basurero Municipal cerrado. **
- Planta de composteo de lodos residuales **
- Plantas de tratamiento de aguas servidas. **
- Dirección del movimiento del acuífero subterráneo.
- Polisurgencia (descarga del acuífero subterráneo)
- Infiltración superficial de lixiviados. **
- Infiltración profunda de aguas servidas tratadas en plantas.
- Infiltración poco profunda de aguas servidas con tratamiento deficiente o sin ninguno. **
- Riego de áreas verdes con agua tratada.
- = 500 habitantes.
- Principales vías de comunicación.

- AGEB con drenaje conchado a planta de tratamiento.
Aporte de aguas servidas infiltradas en el subsuelo:
- Menos de 10,000 m³/año
 - 10,000 - 100,000 m³/año
 - 100,000 - 200,000 m³/año
 - 200,000 - 400,000 m³/año
 - Más de 400,000 m³/año

- AGEB con sumidero, fosa séptica o grieta en el piso.
Aporte de aguas servidas infiltradas en el subsuelo:
- Menos de 10,000 m³/año
 - 10,000 - 100,000 m³/año
 - 100,000 - 200,000 m³/año
 - 200,000 - 300,000 m³/año
 - Más de 300,000 m³/año

Fuente: Elaboración Propia a partir de AGUAKAN, 2004 b; MNO-FONATUR, 2004; CNA, 2003; CNA, 2004 b; FONATUR, 2000; INEGI, 2000; Ayuntamiento de Benito Juárez, 2004; SECTUR, 1994. Abreviaciones: ** Punto de transmisión de contaminación.

pudiéndose identificar qué aspectos son los principales causantes del mismo (Mapa 4.10).

La contaminación del SLN es poco probable que provenga de las aguas servidas producidas en la parte continental de la ciudad por dos motivos. 1. Aunque la zona de Alfredo V. Bonfil no cuenta con infraestructura de drenaje, sus aportes de aguas servidas son bajos debido a su bajo número de pobladores; aunque, esta situación podría cambiar en el futuro cercano si se sigue aumentando la densidad demográfica, no se introduce el drenaje y no se cuidan los usos del suelo compatibles con la zona ecológicamente hablando y 2. Las aguas servidas producidas en la parte central de la ciudad continental, la más antigua, son recolectadas por el drenaje público y tratadas en la Planta Caribe 2000, ubicada al suroeste de aquella.

Sin embargo, los causantes de la disminución de la calidad del agua del SLN (Tabla 4.6) son: 1. Los lixiviados producidos todavía por el antiguo tiradero municipal ubicado en la parte occidental del sistema lagunar (Diagrama 4.2 y Mapa 4.10) y que fue cerrado durante la década pasada. 2. En alguna medida los lixiviados de la planta de composteo de lodos residuales de BMO-FONATUR, también ubicada en la parte occidental de la laguna, (Diagrama 4.2, Mapa 4.10). 3. Aunque en menor grado, posibles descargas clandestinas de fosas sépticas en la Z.H. y 4. Las modificaciones en el funcionamiento hidrológico del SLN como producto de la expansión directa de la infraestructura y servicios turísticos en la Z.H., aspecto que ha sido comentado por el Ayuntamiento de Benito Juárez (2004), en particular por los rellenos a los que fue sujeta la laguna para obtener más suelo para uso turístico y la reducción de su comunicación con el mar a únicamente dos salidas, Canales Cancún y *Nizuc* (Mapa

4.10) que ha ocasionado que el tiempo de recambio de agua en la misma sea de 1.9 años. Esta situación hace que el SLN sea calificado como “ahogado” según la clasificación de Kjerfve (1986 mencionada en Ayuntamiento de Benito Juárez 2004), así como su cambio de un ecosistema oligotrófico (deficiente de nutrientes) a otro altamente eutrofizado (excesiva presencia de nutrientes) que propicia el crecimiento masivo de algunos tipos de algas, la muerte de la fauna, malos olores, la imposibilidad de poder utilizarla de manera segura, etcétera.

Las amenazas de contaminación de las zonas de captación de agua potable de Cancún, ya discutidas en el Apartado IV.3. son mostradas cuantitativamente en la Tabla 4.6 (muestras número 1, 5 y 8) Por otra parte, durante 2003, la eficiencia en el tratamiento de las aguas servidas que se lleva a cabo en las seis plantas de tratamiento nos indica que la calidad en que éstas son devueltas al medio ambiente es diferencial (muestras 9 a 14 de la Tabla 4.6.), siendo las más eficientes las de la Z.H. (Figura 4.4), mientras que las de la ciudad (Figura 4.5), a cargo de AGUAKAN, con frecuencia tienen problemas para cumplir con los estándares marcados por las normas oficiales mexicanas en la materia. Algunas de las causas de estas deficiencias en las plantas de tratamiento son los aumentos súbitos en el aporte de aguas servidas, ya sea producto del uso hecho por la población, por las lluvias, por aumentos en el volumen de cargas orgánicas que desestabilizan los procesos de saneamiento, frecuentemente relacionados con las aguas residuales que las empresas encargadas de la limpieza de sumideros y fosas sépticas, también llamados “piperos”, llevan a la planta de tratamiento Caribe 2000 para su saneamiento. Ante esta situación, la empresa

“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.



Figura 4.4. Planta de tratamiento de aguas residuales *Poktapok*. Zona hotelera, Cancún

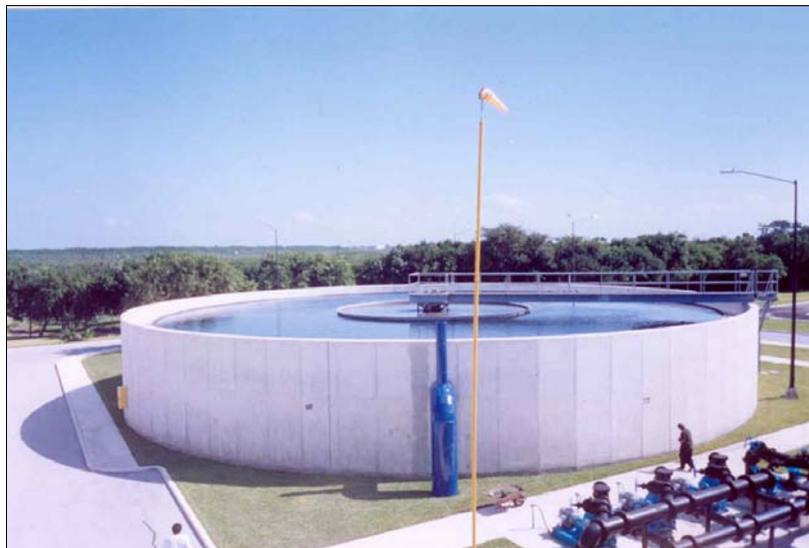


Figura 4.5. Planta de tratamiento de aguas residuales “Norte”. Ciudad Cancún

“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 4.6. Calidad del agua urbana de Cancún a partir de muestras de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos e índice trófico.

#	Sitio	Punto de muestreo	Muestra Representativa de:	Fecha (Mes/Año)	SST	DBO ₅	COL.	F. O. D.	Esta-do Trófico	Concentración promedio de la muestra	Calidad del agua	Criterio de evaluación
1	Pozo de extracción Leona Vicario *	Pozo 1	Sub. ZCA	NE/2003	ND	ND	< 3	ND	NA	NE	Buena	CE-CCA-001/89
2	Sistema de agua potable y pipas	Cancún	Agua que se consume en la ciudad	NE/2003	ND	ND	0	ND	NA	NE	Buena	NOM 127-SSA1-1994
3	Inmobiliar Chontal	Descarga antes de pozo de abs.	Sub. Alfredo V. Bonfil	Sep/2003	120	148	750	ND	NA	D	Mala	NOM-001-ECOL-1996
4	Inmobiliar Propac	Salida planta de tratamiento	Sub. Tercera etapa Z.H.	Sep/2003	11	13	36	ND	NA	D	Buena	NOM-001-ECOL-1996
5	Embotelladora del Caribe	Descarga 1	Sub. ZCA	Jul-Sep/2003	140	142.5	39	ND	NA	M	Mala	NOM-001-ECOL-1996
6	Refrigeración y Hielo	Registro principal	Alfredo V. Bonfil	Seo-Oct/2002	10	41	100	ND	NA	D	Buena	NOM-001-ECOL-1996

Continúa en la siguiente página.

“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.

Continuación Tabla 4.6.

#	Sitio	Punto de muestreo	Muestra Representativa de:	Fecha (Mes/Año)	SST	DBO ₅	COL.	F. O. D.	Esta-do Tráfico	Concentración promedio de la muestra	Calidad del agua	Criterio de evaluación
7	Sistema de alcantarillado	Entrada a las plantas de tratamiento	Sub. zona con fugas en alcantarilla	NE/2003	150-500	200-300	ND	ND	NA	E	Mala	NOM-001-ECOL-1996
8	Bodega en Playa del Carmen	Fosas sépticas, sumideros o descargas directas *	Sub. zona de la ciudad con fosas sépticas	Jul-Dic/2003	150	150	210 x 10 ³	ND	NA	M	Mala	NOM-001-ECOL-1996 Y CE-CCA-001/89
9	Planta Corales	NE	Sub. zona norte ciudad	Ene/2002	150	150	1000	ND	NA	NE	Mala	NOM-001-ECOL-1996
10	Planta Norte	NE	Sub. zona norte ciudad	Ene/2002	150	150	1000	ND	NA	NE	Mala	NOM-001-ECOL-1996
11	Planta Caribe 2000	NE	Sub. zona sur-poniente ciudad.	Ene/2002	150	150	1000	ND	NA	NE	Mala	NOM-001-ECOL-1996
12	Planta El Rey	Efluente	Sub. Z.H.	Nov/2003	< 5	2.2	< 3	ND	NA	D	Buena	NOM-001-ECOL-1996

Continúa en la siguiente página.

“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.

Continuación tabla 4.6.

#	Sitio	Punto de muestreo	Muestra Representativa de:	Fecha (Mes/Año)	SST	DBO ₅	COL.	F. O. D.	Esta-do Tráfico	Concentración promedio de la muestra	Calidad del agua	Criterio de evaluación
13	Planta <i>Gucumat z</i>	Efluente	Sub. Z.H.	Nov/2003	< 5	23.2	< 3	ND	NA	D	Buena	NOM-001-ECOL-1996
14	Planta <i>Poc-Ta-Pok</i>	Efluente	Sub. Z.H.	Nov/2003	< 5	15.4	< 3	ND	NA	D	Buena	NOM-001-ECOL-1996
15	Parque Marino Punta Cancún	Muestra compuesta	Mar fte. a primera etapa Z.H.	Ene-Nov/2002	ND	ND	ND	6.28	4.4	A	Mediocr e/ Buena	Índice Trix y TNOD
16	Parque Marino Punta <i>Nizuc</i>	Muestra compuesta	Mar fte. a tercera etapa Z.H.	Ene-Nov/2002	ND	ND	ND	6.11	4.6	A	Mediocr e/ Buena	Índice Trix y TNOD
17	Parque Marino Isla Mujeres	Muestra compuesta	Bahía Isla Mujeres	Ene-Nov/2002	ND	ND	ND	6.57	4.8	A	Mediocr e/ Buena	Índice Trix y TNOD
18	Laguna <i>Nichupté</i>	NE	SLN	NE/2000	ND	ND	ND	4.9	NA	NE	Mediocr e	TNOD
19	Polisurgen- cia Bahía de Mujeres *	Latitud Norte, -86.8037 Longitud	Bahía Isla Mujeres	Ene-Nov/2002	ND	ND	ND	6.11	4.6	A	Mediocr e/ Buena	Índice Trix y TNOD

Continúa en la siguiente página.

“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.

Continuación tabla 4.6.

#	Sitio	Punto de muestreo	Muestra Representativa de:	Fecha (Mes/Año)	SST	DBO ₅	COL. F.	O. D.	Esta-do Tráfico	Concentración promedio de la muestra	Calidad del agua	Criterio de evaluación
20	Polisurgenia (parte occidente SLN)*	NE	SLN	NE/2000	ND	ND	ND	4.9	NA	NE	Mediocre	TNOD

Fuente: Elaboración propia a partir de: AGUAKAN 2004; BMO-FONATUR 2004; Cortes y Borges 2003; CONANP 2004; CNA 2002; CNA 2004 a; INE 2004; <http://k12science.atistevens-tech.edu/curriculum/diproj2/fieldbook/oxigeno.shtml>. SST= Sólidos Suspendidos Totales (mg/l); DBO₅= Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l); COL. F.= Coliformes Fecales (NMP/100ml); O.D.= Oxígeno Disuelto (ppm); D= Promedio diario; M= Promedio mensual; A= Promedio anual; E= Promedio estimado; NE= No específica; NA= No aplica; ND= No disponible; Z.H.= Zona Hotelera; Sub.= Subsuelo; SLN.= Sistema Lagunar *Nichupté*; ZCA= Zona de captación de agua potable de Cancún; **Parámetro utilizado para la evaluación**. Notas: En los casos en que no se tenían datos específicos para Cancún (*), se utilizaron datos de otros puntos de muestreo que se pudiesen considerar aproximaciones fieles a la realidad. Para tal efecto tenían que cumplir tres requisitos: 1. Ser de un punto de muestra con el mismo uso, 2. Ser cercano a Cancún y 3. Que la fecha de toma de la misma sea entre los años 2000 y 2003. Los criterios para la evaluación de la calidad del agua fueron los siguientes: 1. Los SST, DBO₅ fueron evaluados a partir del parámetro 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 regularmente (RIOS-USO PÚBLICO URBANO) ante un contexto de falta de estudios particulares sobre tolerancia de contaminantes del acuífero local. 2. Los COL. F. fueron evaluados a partir del 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 potable se utilizó la norma NOM 127-SSA1-1994 que establece los parámetros de calidad para el agua potable. 3. El O. D. fue evaluado a partir de la tabla de niveles de oxígeno disuelto (TNOD) bajada del sitio de Internet <http://k12science.atistevens-tech.edu/curriculum/diproj2/fieldbook/oxigeno.shtml>. 4. El índice trófico es evaluado a partir de la escala trófica de TRIAX.

concesionaria del servicio en la ciudad ha hecho inversiones en sus plantas para mejorar la eficiencia de las mismas, y rechaza las cargas con excesiva carga orgánica que llevan los piperos, lo que ha producido que estos se deshagan de las aguas servidas clandestinamente en lugares cercanos, coladeras públicas e, inclusive, en Playa del Carmen, lo que incrementa la contaminación del acuífero en esta zona. Debido a su mejor calidad, el destino final de parte de las aguas servidas de las plantas de la Z.H. es el riego de los campos de golf, el resto es inyectada a pozos profundos (Mapa 4.10), donde el agua es salada y la diferencia de densidades evita un posible flujo inverso, mientras que las plantas de la ciudad sólo infiltran las aguas servidas en pozos profundos que frecuentemente se obstruyen debido a las incrustaciones de sales, lo que ocasiona dos efectos que son ecológicamente negativos: que los pozos rebocen en la superficie, alcanzando el acuífero superficial y que se tenga que utilizar un ácido llamado “DEX 70” el cual también se infiltra en el acuífero, con consecuencias desconocidas. Otros aspectos que revela el análisis de la problemática de las aguas servidas en Cancún discutida hasta ahora son:

1. Un panorama complejo y diferencial entre las distintas zonas de la ciudad, hallazgos que son compatibles con investigaciones realizadas por el Banco Mundial (2003) y Lahera (2000) en otras ciudades.
2. La calidad del acuífero de la zona es diferencial (Tabla 4.6), pero con una marcada tendencia al deterioro, lo que pone en peligro o por lo menos complica su utilización en cualquier forma.
3. La contaminación del acuífero por aguas servidas en la zona disminuye el potencial de su utilización, aspecto que refuerza las afirmaciones de UN-

HABITAT (2003 a) en cuanto a que en Latinoamérica la razón principal por la cual no se pueden usar los acuíferos es la contaminación por aguas servidas.

Finalmente un aspecto que indica lo poco que se conoce acerca del acuífero de Cancún y en general de la Península de Yucatán y que afecta su conservación, es la falta de actualización por parte de las autoridades gubernamentales de la norma oficial mexicana, NOM-001-ECOL-1996, la cual considera los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua, a partir de estudios que consideren las especificidades del acuífero de la zona para no seguir utilizando los límites máximos permisibles para ríos. De hecho, esa norma es tan cuestionable que aún tomando como buenos los parámetros aplicables a ríos, existen incongruencias entre qué parámetros máximos utilizar en la evaluación de la calidad de las aguas residuales del servicio público urbano de Cancún, debido a que de acuerdo a la Ley Federal de Derechos, los límites máximos que se deben utilizar son los de cuerpos receptores tipo “A”, es decir, ríos de uso para riego agrícola cuando en realidad debería aplicarse el de ríos de uso público urbano, los cuales son más estrictos.

IV.5. Patrones de insustentabilidad urbana en Cancún, Quintana Roo a partir del análisis del uso y manejo del agua urbana

Con base en el análisis de su desempeño de las vertientes ecológica, económica y social del uso y manejo del agua urbana en Cancún se encontró que éstas prácticas no son sustentables.

Las críticas ecológicas a esas prácticas son varias, comenzando con las pérdidas del 40% del agua potable en la ciudad durante 2003 (equivalentes a 22.5

mill/m³), las cuales evidencian que los actores sociales que intervienen en el uso y manejo del agua urbana no son eficientes abasteciendo y usando el recurso hídrico, aspecto que debe ser característica fundamental de un DUS de acuerdo a Maris y Alvino (s.f.). Esta situación, aunque seguramente relacionada con aspectos técnicos como la obsolescencia de la infraestructura instalada, demuestra un desinterés por parte de los actores involucrados para solucionar la problemática, ya sea porque se tengan otras prioridades económicas, o porque se cree que el acuífero subterráneo local está subutilizado, afirmación que es cuestionable debido a la poca información que se tiene del mismo, al constante incremento en la demanda, a la posibilidad de sufrir problemas de intrusión salina por extracciones cercanas a la costa y los cambios de uso del suelo en las zonas de abastecimiento, que amenazan con contaminar a las mismas. Sin embargo, el desinterés (por el motivo que sea) de los actores que intervienen en esta problemática es un obstáculo para alcanzar el DS, situación que ha sido señalada por Finco y Nijkamp (s.f.) en otros estudios.

Otro aspecto ecológico de esta problemática es la contaminación del acuífero de Cancún, que es producto y causa de complejos problemas urbanos entre los elementos del medio ambiente urbano y que comprometen el alcanzar en la ciudad los principios y objetivos del DS señalados por Haughton y Hunter (1994) y Dourojeanni (1997, ambos mencionados por Gonzáles y Romero 2001). La contaminación del acuífero local como problema urbano ambiental depende de los tres factores que determinan el éxito de un DUS (Finco y Nijkamp, s.f.), es decir, la estructura urbana, las actitudes y comportamiento de los ciudadanos y los factores institucionales. Estos factores se materializan negativamente en Cancún a través del déficit de infraestructura de drenaje

y tratamiento de aguas servidas; las modificaciones en el funcionamiento de los cuerpos permanentes de agua de la costa para ganar suelo urbano; la nula aplicación por parte de las autoridades de las leyes en materia del agua; así como la falta de colaboración de amplios sectores de la sociedad.

El complejo problema ambiental del acuífero de Cancún, provocado por acciones humanas al combinarse con las características y funcionamiento naturales de éste, está generando una sinergia tal que, sin lugar a dudas, comprometerá el éxito del turismo, la principal actividad económica no sólo en Cancún, sino también de la porción continental del municipio de Isla Mujeres. Esta situación representa una franca debilidad para la sustentabilidad urbana local porque pone en serio aprieto la sustentabilidad de los logros sobre los que se basó el desarrollo (Maris y Alvino, s.f.), es decir, el atractivo de las playas que atraen el turismo que, a su vez, genera los ingresos económicos locales (este aspecto representa una debilidad del modelo discutido cuando se confronta con la vertiente económica de los conceptos DS y DUS) y porque la transferencia de contaminantes al acuífero del municipio de Isla Mujeres representa una violación al principio de responsabilidad transfronteriza del concepto de DS (Haughton y Hunter, 1994, mencionado en González y Romero , 2001).

En cuanto al desempeño social y económico del uso y manejo del agua urbana en la localidad existen también varias críticas. La primera hace referencia a las diferencias en cuanto al acceso y costo de los servicios de agua potable y de desalojo y tratamiento de aguas servidas entre las zonas que conforman Cancún que evidencian que esas prácticas sociales no son equitativas ni en términos sociales, ni económicos, aspectos que se deben cumplir para considerarlas sustentables, pues la equidad es

parte fundamental de los principios y objetivos del concepto (Haughton y Hunter, 1994 y Dourojeanni, 1997, ambos mencionados en González y Romero, 2001).

A partir del acceso diferencial a la infraestructura hidráulica y de drenaje en Cancún, es conveniente discutir la responsabilidad que los habitantes de cada zona de la ciudad tienen en el incumplimiento de los postulados del DS y el DUS. Por una parte, se tiene que los residentes de las zonas con uso del suelo habitacional de nivel económico bajo y muy bajo son los que más contaminan el manto freático, pues no cuentan con sistemas de drenaje adecuado, sin embargo, las causas de esta situación son complejas y se encuentran en el proceso de urbanización seguido, generalmente del tipo progresivo, y en las políticas urbanas que deberían corregir esta situación desde una perspectiva de lo que es más conveniente para el DS de la ciudad. Estas causas son compatibles con los factores de estructura urbana e institucionales de los que depende el éxito de un DUS según Finco y Nijkamp (s.f.), pero son incompletas para explicar un caso *sui géneris* en lo que se refiere a la contaminación del manto freático que es provocada por el 32% de la población. Me estoy refiriendo a la zona de la ciudad que cuenta con infraestructura de drenaje, pero no la usa. Esta situación adicionalmente se explica por la falta de una cultura por parte de la población en el cuidado por el agua, aspecto que ha sido ampliamente discutido por Lahera (2000) y Kay (1999), así como por la falta de aplicación de las leyes en la materia y las deficiencias en el cuidado del medio ambiente por parte de las autoridades correspondientes.

Por su parte, los residentes y usuarios de las zonas con uso del suelo habitacional de niveles económicos altos y turístico son responsables de altos patrones

de consumo de agua y modificaciones en el funcionamiento del sistema lagunar *Nichupté* (SLN), que han traído como consecuencias la imposición de mayores demandas al medio ambiente local y su deterioro, aspectos que están relacionados con los factores de actitud y comportamiento de la población; en otras palabras con estilos de vida de los que también depende el éxito de un DUS (Finco y Nijkamp, s.f.), así como con la dicotomía del Estado de que hablan Bryant y Sinnéad (1997), es decir su doble papel de promotor del desarrollo y protector del medio ambiente, a lo que yo añadiría en un contexto de libre mercado que debe ser modificado para ajustarlo a los principios y objetivos del DS.

La última crítica socioeconómica del patrón de uso y manejo del agua urbana en Cancún hace referencia al costo del agua potable en la ciudad, pues evidencia la inequidad socioeconómica en la distribución de los costos y beneficios de la urbanización, pues se ha demostrado que las zonas habitacionales con nivel económico muy bajo son las que más pagan por el vital líquido, contradiciendo así una característica fundamental del DUS (Maris y Alvino (s.f.). Esta inequidad se acentúa aun más cuando se considera que, ante el alto costo del agua en Cancún, en parte explicado por el carácter privado del servicio, los sectores de menores ingresos satisfacen sus necesidades a partir de sistemas alternativos, como los camiones cisterna, mientras los sectores de mayores ingresos y, en particular, el sector turístico tienen los recursos económicos necesarios para solucionar sus necesidades de manera autónoma, llegando incluso a la implementación de plantas desalinizadoras.

Después de analizar el patrón de uso y manejo del agua urbana en Cancún desde todas las vertientes de los conceptos DS y DUS cabe hacer tres reflexiones finales:

1. Hay suficiente evidencia que indica que esas prácticas sociales no son sustentables, lo que muy probablemente se repita en otros problemas ambientales urbanos como son la basura y la contaminación atmosférica.
2. Existe un resultado diferencial en cuanto a los alcances de los objetivos del DS en la ciudad. Es decir, el desempeño económico de Cancún ha sido bueno hasta ahora, mientras que su desempeño ecológico y, en particular de la calidad del acuífero, muestra claros signos de deterioro y no hay equidad en los niveles de bienestar social.
3. Si calificamos el uso y manejo del agua urbana de Cancún en términos de sustentabilidad a partir de la aproximación de Maser (1997), tales prácticas sociales resultan reprobadas. Sin embargo, si se toma la postura de Finco y Nijkamp (s.f.), la cual comparto, tendrían una “insustentabilidad débil”, lo que significa que el desempeño de los componentes que intervienen en ésta es diferencial, pero con tendencia al deterioro tanto del ambiente como del bienestar de la población.