



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
UNIDAD ACADÉMICA COZUMEL
DIVISIÓN DE DESARROLLO SUSTENTABLE
MAESTRÍA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DEL TURISMO

**DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE IMPLEMENTACIÓN DEL
INDICADOR GRADO DE PRESIÓN HÍDRICO SOBRE EL
ACUÍFERO DE LA ISLA DE COZUMEL**

TESIS

Que para obtener el título de

MAESTRA EN GESTIÓN SUSTENTABLE DEL TURISMO

P R E S E N T A:

Eréndira Coral Zaragoza

COMITÉ DE TESIS

Dr. Ing. Geógrafo Óscar Frausto Martínez
Director

Dra. Guadalupe Velázquez-Olimán
Asesor

Dra. Lucinda Arroyo Arcos
Asesor

Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz
Asesor

Dr. Alejandro Collantes Chávez
Costa
Asesor

Cozumel, Quintana Roo, Octubre 2015



Programa Educativo: **Maestría en Gestión Sustentable del Turismo**
Nombre de la Tesis: **Diagnóstico del estado de implementación del indicador grado de presión hídrico sobre el acuífero de la isla de Cozumel.**
Nombre del Alumno: **Eréndira Coral Zaragoza**
Matrícula: **13-16256**

Tesis elaborada bajo la dirección del Dr. Oscar Frausto Martínez y la supervisión del Comité de Asesores, quienes otorgan su aprobación para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Gestión Sustentable del Turismo

Director de Tesis:


Dr. Oscar Frausto Martínez

Asesora:


Dra. Guadalupe Velázquez Olimán

Asesora


Dra. Lucinda Arroyo Arcos

Asesor:


Dr. Luis Manuel Mejía Ortiz

Asesor:


Dr. Alejandro Collantes Chávez-Costa

Cozumel, Quintana Roo, Septiembre de 2015

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.1 Problemática	13
1.2 Preguntas de Investigación	15
1.3 Objetivos.....	16
1.4 Metodología	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO/CONCEPTUAL.....	25
2.1 Los Indicadores en la Gestión Sustentable de los Recursos en Destinos Turísticos	25
2.1.1 Clasificación de los Indicadores de Destinos Turísticos	27
2.2 Antecedentes de los Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad en el Turismo.....	29
2.2.1 Evolución Histórica de los Indicadores Ambientales a Indicadores de Sustentabilidad	30
2.2.2 Estado del Arte de los Indicadores de Sustentabilidad en el Turismo.....	33
2.3 Los Indicadores del Agua en el Turismo	37
2.4 El Indicador Relación de Criticidad	41
2.4.1 Definición.....	41
2.4.2 El Grado de Presión sobre el/los Recurso(s) Hídrico(s)	43
2.5 Consideraciones Finales	44
CAPÍTULO 3. EL GRADO DE PRESIÓN EN LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD TURÍSTICA Y DEL MEDIO AMBIENTE	46
3.1 El Sistema de Indicadores de Sustentabilidad de los Destinos Turísticos de México.....	46
3.1.1 Antecedentes	46
3.1.2 Inclusión dentro de los Programas Sectoriales de Turismo	49
3.1.3 Aplicación	50
3.2 El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA)	54
3.2.1 Sitio Institucional de la SEMARNAT	55
3.3 El Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG).....	60
3.3.1 Sitio Institucional del INEGI	61
3.4 Consideraciones Finales	64
CAPÍTULO 4. EL GRADO DE PRESIÓN EN LA CONAGUA.....	67
4.1 Marco Regulatorio.....	67
4.1.1 Principales Unidades Administrativas Relacionadas con la Generación y el Empleo del Indicador.....	70
4.2 Aplicación	72
4.2.1 Sitio Institucional	72
4.2.2 Discurso por parte de la Gerencia del SINA.....	76
4.3 Consideraciones Finales	78
CAPÍTULO 5. EL GRADO DE PRESIÓN HÍDRICO SOBRE EL ACUÍFERO DE LA ISLA DE COZUMEL	80
5.1 Generalidades.....	80
5.2 Antecedentes	82
5.2.1 Marco Administrativo.....	82
5.2.2 Marco Regulatorio.....	83
5.3 Aplicación	84
5.3.1 Antecedentes	84
5.3.2 Discurso por el Área de Ordenamiento de Acuíferos.....	86
5.4 Informe de 1987 por Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A.....	87

5.4.1	Características Generales del Acuífero.....	87
5.4.2	Modelo Conceptual del Funcionamiento Hidráulico.....	89
5.4.3	VARIABLES.....	90
5.5	Propuesta para el Cálculo del Grado de Presión Hídrico sobre el Acuífero Isla de Cozumel	92
5.5.1	Cálculo del Grado de Presión sobre la Zona de Captación del Acuífero.....	92
5.5.2	Cálculo de la Relación de Criticidad en la Zona de Captación del Acuífero	93
5.6	El Monitoreo de la Concentración Salina del Acuífero.....	94
5.6.1	Importancia.....	94
5.6.2	Marco Regulatorio.....	96
5.6.3	Antecedentes	97
5.6.4	Discurso por el Departamento de Calidad de la CAPA de Cozumel	102
5.7	El Control de la Gestión del Agua en el Destino Turístico de la Isla de Cozumel	103
5.8	Consideraciones Finales	107
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		109
6.1	Discusión	109
6.2	Conclusiones	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		116
ANEXO		129

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Etapa, metas y actividades del proceso metodológico.....	17
Tabla 1.2	Nombres, cargos de los representantes de área entrevistados, lugar, fecha y medio por el cual se realizó la entrevista.....	23
Tabla 2.1	Indicadores de planeación y gestión del espacio turístico.....	37
Tabla 2.2	Cuestiones relacionadas con los recursos hídricos.	38
Tabla 2.3	Temas e indicadores del sistema de planificación y gestión del espacio turístico, relacionados con el agua.	39
Tabla 2.4	Resultados de la aplicación del modelo de indicadores de consumo de agua, escasez de agua y factores ambientales y sociales relacionados en México y la Península de Yucatán.....	40
Tabla 2.5	Clasificación del sitio de acuerdo a su grado de estrés	42
Tabla 2.6	Índice de criticidad a partir de los valores de disponibilidad (anual por habitante) y de RC. (Adaptado de Alcamo et al., 1997).	42
Tabla 3.1	Indicadores y variables del subtema agua.....	53
Tabla 3.2	Información sobre el grado de presión sobre los recursos hídricos en el sitio de la SEMARNAT.....	57
Tabla 3.3	Indicadores relacionados con el consumo, disponibilidad de agua subterránea y su relación. Escala espacial y fuentes.	58
Tabla 3.4	Información del metadato del indicador intensidad de uso del agua subterránea.	59
Tabla 3.5	Información sobre la relación extracción/recarga de algunos acuíferos.	60
Tabla 3.6	Información sobre el grado de presión sobre los recursos hídricos presentada en el sitio de INEGI.....	63
Tabla 4.1	Clasificación de México y sus regiones hidrológico-administrativas, a partir de los valores del grado de presión y sus variables.	75
Tabla 5.1	Volumen concesionado inscrito en el REPDA al 30 de septiembre del 2011	82
Tabla 5.2	Parámetros de medición de la concentración salina y límites máximos permisibles.....	97
Tabla 5.3	Ventajas y desventajas de las alternativas propuestas para solucionar el problema de abastecimiento de agua dulce en la Isla de Cozumel.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Modelo PSR.....	32
Figura 2.2 Modelo DPSIR	34
Figura 2.3 Modelo DPSIR adaptado al sector turístico.....	35
Figura 2.4 Organización del sistema de indicadores para la planificación y gestión del espacio turístico.....	36
Figura 5.1 Modelo Conceptual del Acuífero Isla de Cozumel	89

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Enlaces de interés en el sitio de la SEMARNAT.....	55
Cuadro 3.2 Enlaces de interés en el sitio del INEGI.....	61
Cuadro 4.1 Enlaces de interés en el sitio de la CONAGUA.....	72

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico en México.....	74
Gráfico 5.1 Cuerpos de agua superficiales y elevación del nivel estático de la isla.....	81
Gráfico 5.2 Profundidad del nivel estático julio – agosto 1988.....	95
Gráfico 5.3 Perfil de salinidad de una sección transversal del acuífero.....	96
Gráfico 5.4 Configuración del espesor de las capas de agua subterránea, conforme a su concentración salina.....	98

INDICE DE EXPRESIONES

Expresión 5.1 Cálculo de la disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica o acuífero.....	84
Expresión 5.2 Cálculo del GP sobre el Acuífero Isla de Cozumel.....	92
Expresión 5.3 Cálculo del GP sobre la Zona de Captación del Acuífero.....	93
Expresión 5.4 Cálculo de la RC en la Zona de Captación del Acuífero.....	93

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por su interés y apoyo en esta nueva aventura. Especialmente a mi mamá por brindarme la fortaleza y amor incondicional.

Al Dr. Oscar Frausto, por su confianza y dirección en el trabajo de investigación. A la Dra. Guadalupe Velázquez por su desinteresado apoyo durante las diferentes etapas de la tesis. Asimismo a los demás miembros del comité por sus aportaciones en las clases, así como sus contribuciones para la construcción, desarrollo y conclusión del trabajo.

Al M. en C. Christopher González por la significativa orientación dada a la investigación durante la asignatura de: Normatividad e Instrumentos de Gestión Ambiental.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el soporte recibido durante la maestría a través de la beca.

A la Dra. Liliana Marín, por su confianza en mí y su apoyo durante la estancia SANTANDER-ECOES en el Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIEMAD) del Instituto Politécnico Nacional.

Al personal entrevistado de la Secretaría de Turismo (SECTUR), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) de Cozumel, por las facilidades brindadas para la realización de las entrevistas, así como por el interés y apoyo mostrado.

A Mauro Sanluis por su apoyo, motivación y comentarios en las diferentes fases de la maestría y de la tesis.

A mis amigos, por su aliento, su comprensión y por ser una de mis motivaciones para concluir el trabajo. También a mis compañeros y amigos de la maestría, por la amistad y los lazos de solidaridad construidos, así como por sus comentarios de interés hacia mi investigación.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para el ser humano y la naturaleza, ya que constituye entre el 50 y 90% de la estructura de todos los organismos vivos y tiene un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio de los ecosistemas y fenómenos climáticos. Además, posee un gran valor en los ámbitos social, económico y cultural, debido a que es indispensable para el adecuado desempeño de las actividades cotidianas del ser humano y es un elemento primordial en el desarrollo de las actividades productivas. Asimismo, forma parte integral de los diversos paisajes de nuestro planeta (Barkin, 2011; Oswald, 2011).

En consecuencia, este recurso es indispensable para el desempeño de las actividades cotidianas del turista, el mantenimiento de la infraestructura, así como la producción de los bienes y servicios turísticos. Además, el agua forma parte del atractivo estético de los paisajes de los destinos turísticos, siendo un elemento fundamental de la mayoría de las actividades recreativas del sector turístico y en especial de los sitios costeros (Dodds, 2012; Gössling *et al.*, 2012).

Los cambios en la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos pueden tener un impacto negativo en los servicios y atractivos turísticos (Gössling *et al.*, 2012; Gössling, Hall y Scott, 2015). Existen varios ejemplos documentados que señalan los enormes costos ecológicos y financieros asociados con la restauración de los ecosistemas provocada por la baja calidad del agua y el descenso en los niveles de agua. Entre éstos se encuentran los casos del Parque Nacional de Everglades y de la región de Los Grandes Lagos en América del Norte, (Shlozberg *et al.*, 2014; UNESCO, 2009, citado por Gössling *et al.*, 2015).

De acuerdo con Oswald (2011), la cantidad y calidad de agua en el planeta varía de forma temporal y espacial y tiene una relación directa con el ciclo hidrológico, que a su vez está vinculado con la formación de las estaciones del año, la determinación del clima y las precipitaciones, así como el sostén de los ecosistemas naturales.

De Marsily (2005) señala que la energía térmica que aporta el sol sobre la superficie de los océanos y continentes permite que, debido a los fenómenos de evaporación y transpiración de la vegetación, el agua suba a la atmósfera, donde en promedio permanece 8 días, volviendo a caer, generalmente en forma de lluvia. De ahí, la infiltración del agua de lluvia se encarga tanto de restituir el abastecimiento superficial, que nuevamente nutrirá a la evapotranspiración, como de recargar las aguas subterráneas de los acuíferos, que a su vez pueden descargar en cuerpos superficiales o directamente en el mar. Además, cuando el suelo no puede absorber toda el agua que cae y dependiendo del gradiente orográfico, tiene lugar el escurrimiento superficial, que varía de acuerdo con la naturaleza del suelo, el estado de humedad, relacionado con las anteriores precipitaciones, así como con la intensidad de la lluvia. Al principio, el agua escurre en forma de una delgada película sobre el suelo, posteriormente se acumula en corrientes o cuencas que alimentan cuerpos de almacenamiento de agua o descargan al mar¹.

Bajo este esquema, aunque la Tierra es conocida como el planeta azul, por su apariencia desde el espacio, debido a que el 70% de su superficie está cubierta por agua, este recurso sólo representa 0.07% de su masa y 0.4% de su volumen. Por encima de ello, sólo 2.5% de esta riqueza natural es agua dulce y de ésta el 67.9% se localiza en glaciares, 30.1% en acuíferos, 0.26% en lagos y 0.006% en ríos (Oswald, 2011).

¹ El concepto de cuenca se puede observar al juntar ambas manos y colocarlas bajo la lluvia, formando una concavidad para coleccionar el agua que cae (Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, Centro Mexicano de Derecho [FEA], Centro Mexicano de Derecho Ambiental [CEMDA] y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006). Teniendo en mente esta imagen, las cuencas pueden definirse como:

“Concavidades creadas por la naturaleza en la superficie de la Tierra mediante las fuerzas tectónicas, la fuerza del agua y sus corrientes, los tipos de suelos, la vegetación y otros factores. Las cuencas pueden extenderse por algunos kilómetros cuadrados y hasta por cientos o miles. Son receptores de agua en la Tierra, captadores, una especie de embudos, y existen tanto en la superficie como en el subsuelo, aunque una cuenca superficial no siempre coincide con la subterránea; es común que a las cuencas subterráneas se les llame acuíferos” (FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006, p. 22).

Una cuenca hidrográfica es una unidad morfológica superficial, delimitada por la principal línea geográfica que divide a las aguas de lluvia. El interior de ésta cuenca puede estar conformado por subcuencas o cuencas de orden inferior. Por su parte, una cuenca hidrológica es una unidad morfológica que integra en un todo a la cuenca hidrográfica y a la estructura hidrogeológica que conforma el acuífero (FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006).

El contar con acceso a agua en cantidad y calidad suficiente, así como con servicios adecuados de drenaje y saneamiento de aguas negras, evita problemas serios de salud pública y permite mantener el equilibrio de los ecosistemas. A pesar de ello, en el 2010, Zafar Adeel, titular del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, señaló que 1.8 millones de niños menores de cinco años mueren anualmente en el mundo a causa de enfermedades relacionadas con la contaminación del agua. Adicionalmente, indicó que 2 mil 500 millones de personas carecen de un sistema adecuado de saneamiento de agua (La crisis del agua, (2010, Marzo, 23)).

En este sentido, es importante reconocer que los países más pobres y las personas más pobres son los más afectados. Además, cabe destacar que cada vez existen más zonas y sectores de la población, que antes no tenían estas problemáticas. Sin embargo, también está presente un grupo conformado por los sectores que tienen un gran consumo de agua, así como los que propician en mayor medida su contaminación (Santacruz, 2007).

Lo anterior, hace evidente el estrés hídrico² ocasionado por la escasez del recurso³, relacionada con la baja calidad del agua, provocada por la contaminación deliberada o la causada por la intrusión de agua salada y la sobreexplotación; así como por factores como el crecimiento poblacional, el crecimiento irregular de las áreas urbanas, la falta de una adecuada infraestructura, gobernanza y gestión del recurso (Tapper *et al.*, 2011).

México no es ajeno a este tipo de problemáticas, ya que la calidad del agua en el país es poco confiable por su alta contaminación⁴. Además, sólo el 27.6% de las aguas negras son tratadas y en ocasiones las plantas de tratamiento no tienen un

² Término acuñado por Falkemark en 1989 (Wolf, 1998).

³ Se refiere a la disminución del volumen de agua disponible por habitante a través del tiempo (Turton y Ohlsson, 1999).

⁴ Una enorme variedad de sustancias potencialmente peligrosas, provenientes principalmente de los procesos de extracción minera, industrial y agrícola, han sido descargadas por décadas e incluso por siglos en las cuencas.

adecuado mantenimiento o ya no están en función. Por encima de esto, 22.9 millones de habitantes, particularmente de las zonas marginales del sureste del territorio mexicano, no cuentan con agua potable y 37.9 millones no tienen acceso al alcantarillado (Oswald, 2011).

En cuanto a la distribución del agua en el país, los estados del norte que abarcan 50% del territorio mexicano, reciben 25% de las lluvias, mientras que los estados de Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco, de la región más angosta del país, que ocupa el 27.5%, reciben la mayor parte de la precipitación (49.6%) (FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006). Además de estas diferencias, el 68% de la precipitación ocurre entre los meses de junio a septiembre (CONAGUA, 2013).

Por otro lado, a pesar de que en México llueve aproximadamente 1 489 mil millones de metros cúbicos de agua, el 71.6% del agua de esa lluvia regresa a la atmósfera por evapotranspiración, el 22.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.2% restante se infiltra al subsuelo recargando a los acuíferos (CONAGUA, 2013).

Lo anterior destaca la importancia del agua subterránea en el país, ya que en muchos sitios, es la única fuente de abastecimiento, mientras que en todo el territorio representa el 60.7% del volumen empleado para abastecimiento público. Asimismo, en los últimos años se ha convertido en la fuente principal de suministro directo de la industria, ya que del 2001 al 2012 su volumen concesionado se incrementó en 55.5% (CONAGUA, 2013).

Por otro lado, como lo señala Famiglietti (2014), las extracciones de agua subterránea representan alrededor del 33% del total del agua extraída en el mundo; más de la mitad del agua empleada en el riego de productos agrícolas comestibles proviene de los acuíferos, siendo estos el suministro principal de agua de cerca de dos billones de personas, mientras que en ciertos lugares son las reservas estratégicas de agua en tiempos de sequía. Bajo este panorama, cabe destacar que

las aguas subterráneas también son vulnerables a la contaminación, la sobreexplotación, los procesos de salinización, etc. (FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006).

A pesar de lo anterior, existe una mayor atención hacia la gestión del agua superficial, comparada con la que se da a la gestión de las aguas subterráneas, destacando que en países no desarrollados el monitoreo es casi inexistente (Famiglietti, 2014).

Además, destaca el hecho de que los límites físicos y naturales de las cuencas, no coinciden con las fronteras sociopolíticas de las ciudades, estados o localidades, por lo que bajo esta perspectiva, la gestión integrada del agua presenta varios retos político-administrativos (FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana, 2006).

Atendiendo a lo anterior, el presente trabajo se centra en el estudio del indicador de vulnerabilidad de los recursos hídricos, conocido, entre otros términos, como: *relación de criticidad*. Este indicador se refiere a la relación existente entre el volumen de agua empleado anualmente con respecto al volumen total de agua renovable disponible durante el mismo periodo, la cual se expresa en unidades de porcentaje (Alcamo, Henrichs y Rösch, 2000; Peerven y James, 2011; Tapper *et al.*, 2012). Esta relación puede determinarse en distintas escalas espaciales, sin embargo, su empleo se ha enfocado en los niveles: regional mundial y nacional.

En México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2013) ha empleado los términos *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)* para nombrar a la *relación de criticidad* calculada a nivel país y por región hidrológico-administrativa, mientras que la Secretaría de Turismo ha denominado *grado de presión hídrico sobre el acuífero* al indicador aplicado en este nivel (Centro de Estudios Superiores de Turismo [CESTUR], 2012).

En este sentido, esta investigación se enfoca en el diagnóstico del estado de implementación del *grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel* por parte de las principales instituciones encargadas tanto de la gestión del agua como del turismo. Por lo que, primeramente se evalúa la aplicación dada al indicador por la SECTUR dentro de sus sistemas de indicadores de sustentabilidad, para posteriormente centrarse en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), dependencias gubernamentales encargadas de la generación y difusión de indicadores ambientales que han estado relacionados tanto con la generación, como con la aplicación de indicadores de sustentabilidad enfocados al sector turístico en México. Finalmente, el estudio profundiza en la CONAGUA, organismo responsable de la gestión del agua y en el organismo operador de Cozumel, dependiente de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA).

Con base en lo anterior, el presente documento quedó estructurado en seis capítulos. En el primero se contextualiza el objeto de estudio y se describen las preguntas de investigación, así como los objetivos y la metodología empleada para su consecución. En el siguiente capítulo, se presentan los elementos teóricos y conceptuales para el abordaje de la gestión sustentable de los recursos hídricos en destinos turísticos, así como los antecedentes y el estado del arte de los indicadores del agua en el turismo, centrándose a su vez en el indicador: *relación de criticidad*.

En el capítulo tres se señalan los antecedentes de aplicación de los indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos de México. Además, bajo esta perspectiva, se analizan los actuales sistemas de indicadores ambientales, empleados por la SEMARNAT y el INEGI y se evalúa la aplicación por la Secretaría de Turismo (SECTUR) del *Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el Turismo*. Asimismo, se determina la metodología empleada por estas tres dependencias para el cálculo del *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)* y se identifica si existe una aplicación del indicador en la escala de aguas subterráneas y/o acuíferos.

La identificación de las principales unidades administrativas, así como los sistemas de información de la CONAGUA relacionados con *el grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)* se abordan en el capítulo cuarto. A su vez, se describe la metodología empleada por la Comisión para el cálculo del indicador, se evalúa su aplicación para el caso de las aguas subterráneas y/o acuíferos y se determinan las funciones de este instrumento dentro de la institución.

En el capítulo quinto se describen, de forma general, las características y el funcionamiento del acuífero de la Isla de Cozumel, se analiza la validez de los valores asignados por la CONAGUA para la *disponibilidad media anual de agua subterránea* y se realiza una propuesta para el cálculo del *grado de presión hídrico sobre el acuífero*. Adicionalmente, se exponen los antecedentes sobre el monitoreo de la concentración salina del agua del acuífero y se determina su estado actual. Asimismo, se evalúa la aplicación del indicador por parte de los representantes de las áreas administrativas de la CONAGUA y la CAPA, relacionadas con la gestión del agua en la isla.

Es importante señalar que, desde el capítulo tres y hasta el cinco, se exponen los resultados del análisis de contenido realizado a los portales institucionales de la SEMARNAT, el INEGI y la CONAGUA, así como del análisis del discurso de los representantes de las áreas de la SECTUR, la CONAGUA y de la CAPA, responsables de la generación y/o aplicación del *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)*, así como del *grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel*.

Finalmente, en el capítulo seis se presenta la discusión, se estiman los alcances y limitantes de la investigación y se exponen la conclusiones.

CAPÍTULO 1. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se refiere la problemática y las preguntas de investigación. Asimismo se describen los objetivos y la metodología empleada para su consecución.

1.1 Problemática

El impacto del turismo en el uso del recurso hídrico disponible es todavía un área bajo estudio, que a menudo se pasa por alto (Gossling, 2005; Gossling, 2006; Gossling *et al.*, 2012, citado por Hadjikakou, Chenoweth y Miller, 2013, p.548). Esto es debido, en parte, al hecho de que la sustentabilidad ambiental, en años recientes, parece haberse enfocado, predominantemente, en la adopción de medidas para limitar las emisiones de carbono, lo que se ve reflejado en el incremento de investigaciones centradas en las emisiones de carbono producidas por el turismo y en particular por los viajes aéreos (Hadjikakou *et al.*, 2013).

Por otro lado, Tiburcio (2013) menciona que el sistema actual de gestión del agua en muchas partes del mundo, incluidas en ellas México, parece no haber sido capaz de frenar la actual degradación ambiental, lo que en parte se debe a la falta de definición de indicadores claros que puedan medir los avances de la gestión y de esta forma proponer mejoras de manera temprana y corregir el curso de las políticas establecidas.

Además, la investigadora señala que aunque el uso de indicadores en materia ambiental se encuentra ampliamente extendido en diversas instituciones a nivel nacional e internacional, existe todavía un mayor interés en el diseño de éstos por parte de los países industrializados en comparación con los países en desarrollo. Asimismo, destaca que, a pesar de las notables aportaciones de las iniciativas en la escala nacional, los resultados de estos esfuerzos no han permitido realizar observaciones que relacionen los cambios en el ambiente con la adopción de

medidas adecuadas para frenar el actual deterioro ambiental. Aunado a esto, refiere que en el ámbito local se observa una carencia de trabajos relacionados con el empleo y adaptación de indicadores que sirvan como herramienta para la gestión del agua en diferentes sitios. Por su parte, Gössling *et al.* (2015), refiriéndose al turismo, señala que los cambios en la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos pueden tener un impacto perjudicial sobre este sector.

En este sentido, el presente estudio se convierte en un instrumento de referencia para la gestión del recurso en destinos turísticos, dada la relevancia que tiene el conocimiento y el empleo de indicadores que revelen la cantidad y calidad de agua disponible, el consumo por los diferentes sectores, incluido el turismo, una de las principales actividades económicas del país, así como la relación existente entre estas variables.

Cabe señalar que esta investigación se enfocó en el acuífero de la Isla de Cozumel, dada la importancia del destino turístico, así como las condiciones de vulnerabilidad propias del acuífero. Además, de ser el sitio donde en 1999 se llevó a cabo el taller sobre indicadores de turismo sostenible para el Caribe y Centroamérica, una de las primeras iniciativas realizadas en México por la Organización Mundial de Turismo (OMT) y la SECTUR para la generación e implementación de indicadores de sustentabilidad en el sector (OMT, 1999; 2005).

Por otro lado, la Oficina Europea de Estadística [Eurostat] (2009), en un estudio piloto realizado a países de la región del Mediterráneo, señala que debido a que el tema del agua y su relación con el turismo es un objeto de estudio relativamente nuevo y a la ausencia de un compendio estadístico que conjugue las dos áreas, existen retos importantes para la obtención de los datos estadísticos. Éstos están relacionados, tanto con el acceso, como con la calidad de la información localizada a partir de los institutos estadísticos y las instituciones encargadas de la gestión del turismo y del agua.

Entre estos retos se encuentra el hecho de que la información estadística no está disponible para las personas ajenas a las instituciones, los datos existentes no siempre se publican o difunden y a menudo su uso se restringe a la unidad o cuerpo que los generó. Además de que no se presentan las fuentes de datos ni el método de recolección de los mismos (Eurostat, 2009).

En consecuencia, si la obtención de la información estadística relacionada con el turismo conlleva dificultades, éstas se incrementan al conjugar las dos áreas (Eurostat, 2009).

1.2 Preguntas de Investigación

Bajo este panorama, las principales interrogantes son:

¿Cuáles son los elementos teóricos y conceptuales para el abordaje de la gestión sustentable del agua en destinos turísticos? ¿Cuál es el estado del arte de los indicadores del agua en el sector turístico?

¿Cuáles son los antecedentes sobre la adopción en México del indicador grado de presión en México? ¿Qué instituciones se encargan de su generación, empleo y difusión? ¿Qué funciones cumple el indicador dentro de estas instituciones? ¿Qué metodología se emplea para su obtención? ¿Cuáles son sus escalas de aplicación?

¿Cómo se determina el grado de presión hídrica sobre el acuífero de la Isla de Cozumel? ¿Cuál es su estado de implementación? ¿Qué factores han intervenido en éste? ¿Cuáles son las repercusiones de su actual estado de implementación en la gestión del agua del destino turístico?

¿Cuáles son las limitaciones y aportaciones de la investigación a la gestión del agua en destinos turísticos?

1.3 Objetivos

General:

Diagnosticar el estado de implementación del indicador grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel y determinar sus repercusiones en la gestión del agua del destino turístico.

Específicos:

- Evaluar la implementación por la SECTUR del indicador grado de presión hídrico sobre el acuífero.
- Analizar la aplicación del indicador grado de presión hídrico sobre el acuífero en los sistemas de indicadores ambientales de la SEMARNAT y del INEGI.
- Evaluar la implementación del indicador grado de presión hídrico sobre el acuífero Isla de Cozumel por la CONAGUA y la CAPA.
- Determinar las repercusiones del estado de implementación del indicador en la gestión del agua del destino turístico.

1.4 Metodología

El presente estudio considera diversos enfoques de aproximación a la gestión del agua en destinos turísticos. Es decir, toma como referencia la metodología de la OMT (2005) para la evaluación de los indicadores de destinos turísticos y centrarse en los factores que de acuerdo con la Eurostat (2009), limitan la obtención de la información estadística relacionada con el agua y el turismo. Asimismo, se circunscribe en el marco de organización del sistema de indicadores de planeación y gestión del espacio turístico propuesto por Vera (2001). Además, incluye a un indicador como el eje central en torno al cual gira la investigación, basándose en la lógica de la causalidad y centrándose en un contexto local o de destino turístico.

Es así como el proceso metodológico se diferenció en 5 etapas, las cuales se sintetizan en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Etapa, metas y actividades del proceso metodológico

Etapa	Metas	Actividades
I	Descripción de los elementos teóricos y conceptuales para el abordaje de la gestión sustentable del agua en destinos turísticos.	Recopilación, revisión, análisis y sistematización de información biblio-hemerográfica relacionada con:
	Elaboración del estado del arte de los indicadores del agua en el sector turístico.	1. La gestión de los recursos hídricos en destinos turísticos a través de indicadores.
	Descripción de los antecedentes sobre el indicador relación de criticidad y su adopción en México.	2. El desarrollo histórico de los indicadores ambientales y su aplicación en el turismo. 3. La definición de la relación de criticidad su metodología de cálculo, su aplicación en destinos turísticos, así como su adopción en México.
II	Descripción de los antecedentes sobre los sistemas de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos de México.	Consulta y análisis de información documental relacionada con: 1. Los sistemas de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México y su aplicación al sector turístico. 2. La aplicación por la SECTUR, tanto de los sistemas de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos mexicanos, como del indicador grado de presión. 3. La metodología empleada por la SECTUR para el cálculo del grado de presión.
	Diagnóstico del estado de implementación por la SECTUR del grado de presión sobre el acuífero.	Identificación de las áreas responsables de la aplicación del sistema, realización y análisis de entrevistas a representantes.
	Análisis de la aplicación del indicador grado de presión sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos en los sistemas de indicadores ambientales de la SEMARNAT y del INEGI.	Identificación de los sistemas de información ambiental de la SEMARNAT y el INEGI, a partir de la cual se realizó un análisis del contenido de sus portales para determinar si existe aplicación del grado de presión sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos y determinar la metodología empleada para su obtención.
III	Descripción del marco regulatorio del grado de presión sobre el recurso hídrico y la metodología empleada por la CONAGUA para su cálculo.	Identificación de las principales unidades administrativas de la Comisión relacionadas con la generación y empleo del indicador. Realización de entrevistas a representantes del área encargada de la generación del indicador. A partir de la información del marco regulatorio, del portal de la Comisión y del discurso de la representante, se realiza:
	Pre-diagnóstico del estado de implementación por la CONAGUA del grado de presión sobre el acuífero de la Isla de Cozumel.	1. La evaluación de la aplicación del indicador sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos y la determinación de la metodología empleada para su cálculo. 2. La Identificación el grado de articulación entre los sistemas de indicadores de la SECTUR, la SEMARNAT, el INEGI y el SINA.

Tabla 1.1 Etapa, metas y actividades del proceso metodológico (continuación)

IV	<p>Caracterización del acuífero de la Isla de Cozumel y descripción el marco administrativo y regulatorio aplicable al grado de presión hídrico sobre este acuífero.</p>	<p>Recopilación, revisión, análisis y sistematización de la información relacionada con:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Las características y el funcionamiento hidráulico del acuífero. 2. Los antecedentes sobre el monitoreo de la concentración salina del agua del acuífero. 3. Los antecedentes administrativos y regulatorios aplicables al grado de presión sobre el acuífero. <p>Establecimiento de una expresión para el cálculo del grado de presión hídrica sobre el acuífero.</p> <p>Análisis de la validez de los valores asignados por la CONAGUA para la disponibilidad de agua subterránea del acuífero.</p>
	<p>Diagnóstico del estado de implementación por la CONAGUA y la CAPA del indicador grado de presión sobre el acuífero de la Isla de Cozumel.</p>	<p>Realización y análisis de entrevistas a representantes de áreas relacionadas con la gestión del agua en la isla con el fin de evaluar el estado actual de implementación del indicador y del monitoreo de la concentración salina, así como determinar los factores involucrados en su aplicación.</p>
V	<p>Definición del alcance del trabajo, así como de las líneas futuras de investigación.</p>	<p>Análisis de las repercusiones del estado de implementación del indicador en la gestión del agua del destino turístico.</p> <p>Estimación de los logros, aportaciones y limitantes del trabajo.</p> <p>Identificación de líneas futuras de investigación sobre la gestión del agua en destinos turísticos.</p>

Etapas I. Se describieron los elementos teóricos y conceptuales necesarios para abordar la gestión sustentable del agua en destinos turísticos, se elaboró el estado del arte de los indicadores del agua en el turismo y se describieron los antecedentes sobre el indicador relación de criticidad y su adopción en México.

Para ello se recopiló, analizó y sistematizó la información biblio-hemerográfica relacionada con:

1. La gestión de los recursos hídricos en destinos turísticos a través de indicadores
2. El desarrollo histórico de los indicadores ambientales y su aplicación al turismo.
3. La definición de la relación de criticidad su metodología de cálculo, su aplicación en destinos turísticos, así como su adopción en México.

Etapas II. Se describieron los antecedentes sobre los sistemas de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos y se diagnosticó el estado de implementación por la SECTUR del grado de presión sobre el acuífero. Asimismo se analizó la aplicación del grado de presión sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos en los sistemas de indicadores de la SEMARNAT y el INEGI.

Para tal fin se consultó y analizó la información documental relacionada con:

1. Los sistemas de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México y su aplicación al sector turístico.
2. La aplicación por la SECTUR, tanto de los sistemas de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos mexicanos, como del indicador grado de presión.
3. La metodología empleada por la SECTUR para el cálculo del grado de presión.

La mayoría de la información se obtuvo a partir de la consulta del portal institucional de la SECTUR, el Centro de Documentación Turística (CEDOC) y los Programas Sectoriales de Turismo del 2001 a la fecha. Asimismo, cabe señalar que se

realizaron solicitudes de información vía correo electrónico a las áreas correspondientes de la SECTUR y a la misma institución a través del sitio de INFOMEX del Instituto de Información y de Acceso de Información y de Acceso a la Opinión Pública (IFAI)⁵.

Conjuntamente, con el fin de diagnosticar el estado de implementación del indicador por la SECTUR, se evaluó la aplicación de los sistemas de indicadores de sustentabilidad de la institución y en específico del grado de presión. Para ello, se realizó una entrevista vía telefónica el 12 de junio del 2014 a la MIT. Carolina Chávez Oropeza, Directora de Zonas de Desarrollo Turístico Sustentable y quien se pronunció como representante de la Dirección General de Ordenamiento Turístico Sustentable (RDGOT).

Por lo que el diagnóstico se realizó con base en la información colectada, al análisis de la entrevista, así como a la asistencia al 2º Encuentro Nacional e Internacional de Observatorios Turísticos llevado a cabo en San Miguel Allende, Guanajuato en junio del 2014.

Simultáneamente a este proceso, y con el fin de analizar la aplicación del indicador grado de presión sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos en los sistemas de indicadores ambientales de la SEMARNAT y del INEGI, fue necesario, primeramente, identificar dichos sistemas, para posteriormente realizar un análisis del contenido de los portales de las instituciones y determinar la escala de aplicación del grado de presión, así como la metodología empleada para su obtención.

Etapas III. Se describieron el marco regulatorio del grado de presión sobre el recurso hídrico y la metodología empleada por la CONAGUA para su cálculo. Asimismo, se realizó un pre-diagnóstico del estado de implementación por la Comisión del grado de presión sobre el acuífero de la Isla de Cozumel.

⁵ Ahora nombrado Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI).

Para tal fin, se identificaron las principales unidades administrativas de la institución, relacionadas con la generación y empleo del indicador y se realizó una entrevista en comunicación personal el 15 de enero del 2015 a la Lic. Luz del Carmen Velázquez Simental, Jefa de Proyecto del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Usos y Conservación del Agua (SINA) y quien fungió como representante de la Gerencia del SINA (RGSINA). Además, a partir de la información del marco regulatorio, del portal de la Comisión y el discurso de la representante, se realizó:

1. La evaluación de la aplicación del indicador sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos y la determinación de la metodología empleada para su cálculo.
2. La identificación del grado de articulación entre los sistemas de indicadores de la SECTUR, la SEMARNAT, el INEGI y el SINA.

Etapas IV. Se caracterizó el acuífero de la Isla de Cozumel y se describió el marco administrativo y regulatorio aplicable al grado de presión hídrico sobre este acuífero. Además, se diagnosticó el estado de implementación por la CONAGUA y la CAPA de éste indicador.

Por lo que se recopiló, revisó, analizó y sistematizó la información relacionada con:

1. Las características y el funcionamiento hidráulico del acuífero.
2. Los antecedentes sobre el monitoreo de la concentración salina del agua del acuífero.

Esta información fue obtenida a partir de fuentes hemerográficas, decretos y acuerdos sobre el acuífero publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) así como de documentos y reportes de estudios técnicos del acuífero, localizados en la Biblioteca de Aguas Subterráneas de la CONAGUA. Asimismo, cabe señalar

que se realizaron solicitudes vía correo electrónico a las áreas correspondientes de la CONAGUA⁶.

Para el diagnóstico fue necesario validar los valores asignados por la institución para la disponibilidad de agua subterránea. Con base en el análisis de la información documental y de la entrevista realizada vía telefónica el 13 de abril del 2015 a la M. en C. Angélica Molina Maldonado, Especialista del Departamento de Ordenamiento de Acuíferos y quien se pronunció como representante de la Gerencia de Aguas Subterráneas (RGAS). Asimismo se estableció una expresión para el cálculo del indicador y se evaluó la conveniencia de su obtención.

Aunado a lo anterior, se analizaron las entrevistas realizadas a los representantes de las áreas relacionadas con la gestión del agua en la isla de Cozumel, con el propósito de evaluar el estado actual de implementación del indicador y del monitoreo de la concentración salina, así como determinar los factores involucrados en su aplicación.

En la Tabla 1.2 se muestran los nombres, cargos y áreas de los representantes entrevistados, así como las siglas empleadas en este trabajo para su denominación⁷, el lugar, la fecha y el medio a través del cual se realizó la entrevista.

⁶ Ahora nombrado Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI).

⁷ Éstas se establecieron de acuerdo con las iniciales del área y organismo que representan.

Tabla 1.2 Nombres, cargos de los representantes de área entrevistados, lugar, fecha y medio por el cual se realizó la entrevista.

Nombre	Cargo	Área que representa	Siglas	Lugar	Fecha	Medio
Ing. Froilán Torres Herrera	Director de Planeación del Organismo de Cuenca Península de Yucatán (OCPY).	Dirección de Planeación del Organismo de Cuenca Península de Yucatán (OCPY).	RDPOCPY1	Mérida	3/10/2014	Comunicación personal
Ing. Víctor Manuel Sauri Salazar	Jefe de Proyecto de la Dirección de Planeación del OCPY.	Dirección de Planeación del OCPY.	RDPOCPY2	Mérida	3/10/2014	Comunicación personal
Lic. Luz del Carmen Velázquez Simental.	Jefa de Proyecto del SINA.	Gerencia del SINA.	RGSINA	Distrito Federal	15/02/2015	Comunicación personal
Ing. Gregorio Gaudencio Mirón Hernández .	Director de Área Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas.	Dirección Técnica de la Dirección Local de la CONAGUA en Quintana Roo.	RDTDL	Chetumal	13/10/2014	Comunicación personal
Ing. Gerardo Téllez Díaz.	Jefe del Departamento de Calidad.	Departamento de Calidad Organismo Operador CAPA Cozumel.	RDCCAPA	Cozumel	3/12/2014	Comunicación personal
Q. Soledad Quiñones Campos.	Química de Laboratorio de Calidad.	Laboratorio de Calidad del Organismo Operador CAPA Cozumel.	RLCCAPA	Cozumel	3/12/2014	Comunicación personal
C. José Luis Chacón Méndez.	Gerente del Organismo Operador CAPA Cozumel.	Gerencia del Organismo Operador CAPA Cozumel.	RGCAPA	Cozumel	28/03/2014	Comunicación personal
Ing. Juan Enrique Buenfil Dorantes.	Subgerente Técnico del Organismo Operador CAPA Cozumel.	Subgerencia Técnica del Organismo Operador CAPA Cozumel.	RSTCAPA	Cozumel	29/03/2014	Comunicación personal

Etapa V. Se estableció el alcance del trabajo, así como las líneas futuras de investigación.

Para ello, se analizaron las repercusiones del estado de implementación del indicador en la gestión del destino turístico. Asimismo, se estimaron los logros,

aportaciones y limitaciones del trabajo y se identificaron algunas líneas futuras de investigación sobre la gestión del agua en destinos turísticos.

Es importante señalar que las entrevistas realizadas a los representantes de área fueron del tipo semiestructuradas. Éstas se diseñaron y aplicaron conforme a lo establecido por Hernández, Fernández y Baptista (2006) y con base a la información presentada en la lista de verificación para la reevaluación de indicadores de la OMT (2005).

Además, tanto la información documental, como la localizada en los portales institucionales y la recolectada mediante entrevistas, se categorizaron conforme al proceso señalado en Hernández (2006) y se analizaron mediante la técnica de análisis de contenido de carácter inferencial detallada por López *et al.* (1994) y bajo la perspectiva de los Estudios Críticos del Discurso mostrada en Londoño (2013).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO/CONCEPTUAL

En el presente capítulo se exponen los elementos teóricos y conceptuales para el abordaje de la gestión sustentable de los recursos hídricos en destinos turísticos, para lo cual se describe la evolución de los indicadores ambientales a indicadores de sustentabilidad y se precisa su aplicación dentro del turismo. Además, se reseña el estado del arte de los indicadores del agua en el sector y se señala la definición conceptual del indicador de vulnerabilidad de los recursos hídricos denominado: *relación de criticidad*. Asimismo se señalan los antecedentes sobre la adopción de dichos instrumento en México.

2.1 Los Indicadores en la Gestión Sustentable de los Recursos en Destinos Turísticos

La OMT (2005), señala que es posible que muchos destinos turísticos se encuentren en una etapa de decaimiento debido a una inadecuada planificación y gestión de sus recursos.

A este respecto, Pfeffer y Salancik (1978, citados por Dodds, 2012), señalan en la *Teoría de la Dependencia de los Recursos*, que las organizaciones dependen de recursos finitos para su viabilidad a largo plazo. La falta de control y administración sobre estos recursos se traduce en incertidumbre para las empresas que operan en ese entorno. Esta teoría resulta útil para la gestión de los recursos en destinos turísticos, ya que pone de manifiesto la importancia de la conservación de los recursos que atraen de manera directa e indirecta a los turistas.

Por lo tanto, resulta fundamental el uso de indicadores como herramienta en la gestión de los recursos en destinos turísticos, ya que éstos pueden funcionar no sólo como un sistema de alerta sobre riesgos potenciales, al permitir la identificación y prevención de problemas, sino también como proveedores de información en la adopción de soluciones. De la misma manera, cabe destacar el papel que los

indicadores tienen en la definición, desarrollo y evaluación de planes y políticas, así como de otros instrumentos relacionados con la gestión (Vera, 2001; OMT, 2005).

Para comprender mejor la definición e importancia de esta herramienta, es importante atender lo expuesto por distintos autores. Gallopín (1997 citado por Tiburcio, 2013) considera que el empleo de indicadores simplifica y resume propiedades importantes que facilitan la visualización de fenómenos de interés, así como la cuantificación y comunicación de información relevante. Por otro lado, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] (2007 citado por Tiburcio, 2013) establece que los indicadores son directrices de distintos aspectos, ya que pueden trasladar el conocimiento científico del medio físico y social, en unidades de información más manejables, facilitando el proceso de toma de decisiones.

Por su parte, el Ministerio de Medio Ambiente de España (2001 citado por Vera 2001) resalta la importancia del aspecto de la comunicación social al establecer que un indicador ambiental es una variable que además de poseer un significado propio de su configuración científica, está dotado de un componente social, debido a que refleja de manera sintética una preocupación social con respecto al ambiente y la inserta en el proceso de toma de decisiones.

En consecuencia, dada la actual necesidad de fomentar el desarrollo turístico basado en el equilibrio entre la preservación natural y cultural, la viabilidad económica del turismo y la equidad social, los indicadores resultan ser adecuadas herramientas para la gestión sustentable de los recursos en destinos turísticos (Vera, 2001).

2.1.1 Clasificación de los Indicadores de Destinos Turísticos

La OMT (2005) establece tres clasificaciones: 1) Por niveles de planificación y gestión del turismo, 2) Por tipo de interés para las instancias decisorias y 3) Por tipo de medición (cuantitativa, cualitativa y normativa).

1) Por niveles de planificación y gestión del turismo.

- Nivel nacional.
- Nivel regional.
- Destinos específicos (zonas costeras, ayuntamiento y comunidades locales).
- Sitios clave de uso turístico dentro de los destinos (áreas protegidas, playas, distritos históricos dentro de las ciudades y zonas de interés).
- Empresas turísticas (tour operadores, empresas hoteleras, de transporte y de suministro de comidas).
- Establecimientos turísticos individuales (hoteles, restaurantes, etc.).

La importancia de estos indicadores radica en la agrupación de los componentes de un nivel menor para la creación de los elementos de una escala mayor, además de la facilidad para hacer análisis comparativos.

2) Tipo de interés para las instancias decisorias.

- Indicadores de alerta temprana (disminución del número de turistas con intención de regresar).
- Indicadores de presión sobre el sistema (escasez de agua).
- Medidas de la situación del sector (tasa de ocupación).
- Medidas del impacto del desarrollo turístico en los entornos biofísico y socioeconómico (nivel de deforestación y nivel de ingreso de las comunidades locales).

- Medidas de las actividades de gestión (limpieza de la contaminación de las costas).
- Medidas del efecto, los resultados o rendimiento de la gestión o indicadores de respuesta (cambio en los niveles de contaminación).

Entre estos indicadores destacan los empleados en la anticipación de los graves efectos sobre el destino. Además, presentan la ventaja de que un indicador puede emplearse para diferentes fines y su uso puede cambiar con el tiempo, tal es el caso de un indicador de presión ejercida sobre el sistema, ya que en determinado momento puede servir para medir los efectos y resultados de las medidas de gestión tomadas en respuesta a los problemas detectados, convirtiéndose en una medida de la eficacia de la respuesta.

3) Por tipo de medición. Las diferentes formas que pueden emplearse en la medición de un indicador son:

- Mediciones cuantitativas.
 - a) Datos brutos (números de turistas que visitan un sitio por año o por mes).
 - b) Proporciones (proporción del número de turistas respecto al de residentes locales).
 - c) Porcentaje (porcentaje de aguas residuales que están siendo tratadas).
- Mediciones cualitativas y normativas.
 - a) Índices. Describen el estado o el grado de consecución respecto a una lista de clasificación (Índice Global de Sustentabilidad Hídrica).
 - b) Indicadores normativos. Están relacionados con la existencia de ciertos elementos de la gestión y la operación turísticas (existencia de planes de desarrollo turístico).
 - c) Indicadores nominales. Básicamente son etiquetas (existencia de certificación Bandera Azul).
 - d) Indicadores basados en opiniones. Se basan en cuestionarios cualitativos (grado de satisfacción de turistas).

2.2 Antecedentes de los Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad en el Turismo

A nivel mundial, los primeros esfuerzos por evaluar y monitorear las transformaciones sobre el ambiente y los recursos naturales, generadas por los procesos de desarrollo, han estado a cargo de algunos países desarrollados, organizaciones no gubernamentales y organismos internacionales. Entre estas organizaciones destacan: la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (CDS), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Banco Mundial (BM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (Ibañez y Angeles, 2012; Quiroga, 2007; Tiburcio, 2013).

Las Conferencias de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, también conocidas como Cumbres de la Tierra, son antecedentes importantes para la generación, desarrollo y uso de indicadores necesarios en la medición de la sustentabilidad ambiental, económica y social de los países participantes. Entre éstas destacan las cumbres internacionales de Estocolmo de 1972 y de Río de Janeiro de 1992 (Tiburcio, 2013).

El sector turístico no ha sido ajeno al desarrollo e implementación de indicadores de sustentabilidad. En este contexto, nuevamente aparecen instituciones, agencias y organismos internacionales que se han dado a la tarea de desarrollar y promover enfoques tanto para el establecimiento de indicadores que permitan evaluar la sustentabilidad de los destinos turísticos, como para la certificación de los mismos (Ibañez y Angeles, 2012).

La Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, incorporan el paradigma de la sustentabilidad a los procesos de planificación turística. Asimismo, la Carta del Turismo Sostenible de Lanzarote y la adaptación de la Agenda 21 al

sector de Viajes y Turismo, constatan la necesidad de evaluar la sustentabilidad de los destinos turísticos a través de un sistema de indicadores (Vera, 2001).

La Agenda 21 para la Industria de Viajes y Turismo, formulada en 1996 por el Consejo Mundial de la Industria de Viajes y Turismo, la Organización Mundial de Turismo y el Consejo de la Tierra, reconoce los impactos generados por las actividades turísticas sobre el ambiente, así como la necesidad de tomar conciencia e implementar acciones por parte de los distintos sectores involucrados directa e indirectamente, con el fin de generar una visión más amplia de la planificación de los destinos turísticos. Para ello, considera la integración del sector público y privado, así como de la sociedad civil como una importante estrategia para el logro de los objetivos planteados (Palafox y Anaya, 2007; SECTUR, s.f.).

2.2.1 Evolución Histórica de los Indicadores Ambientales a Indicadores de Sustentabilidad

El desarrollo sustancial de indicadores ambientales se inició a finales de los años 80's, siendo Canadá y algunos países de Europa sus principales promotores. El siguiente impulso se dio a partir de la Agenda 21, con la creación de la CDS y su correspondiente programa de trabajo de indicadores de desarrollo sustentable (IDS) para su aplicación en diversos países (Quiroga, 2007).

Quiroga (2007) propone una tipología de indicadores, basada en la evolución histórica de los indicadores ambientales a indicadores de sustentabilidad. Este autor señala que los indicadores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1) Indicadores Ambientales o de Primera Generación (1980-presente). Son conocidos como indicadores de sustentabilidad ambiental, se caracterizan por estar referidos a un sector productivo en particular (minero, agrícola, forestal) o a un fenómeno ambiental en particular (variables de contaminación de los recursos naturales). Los indicadores desarrollados en esta etapa, al ser puramente ambientales, parecen ser parciales, al cubrir sólo un aspecto de la

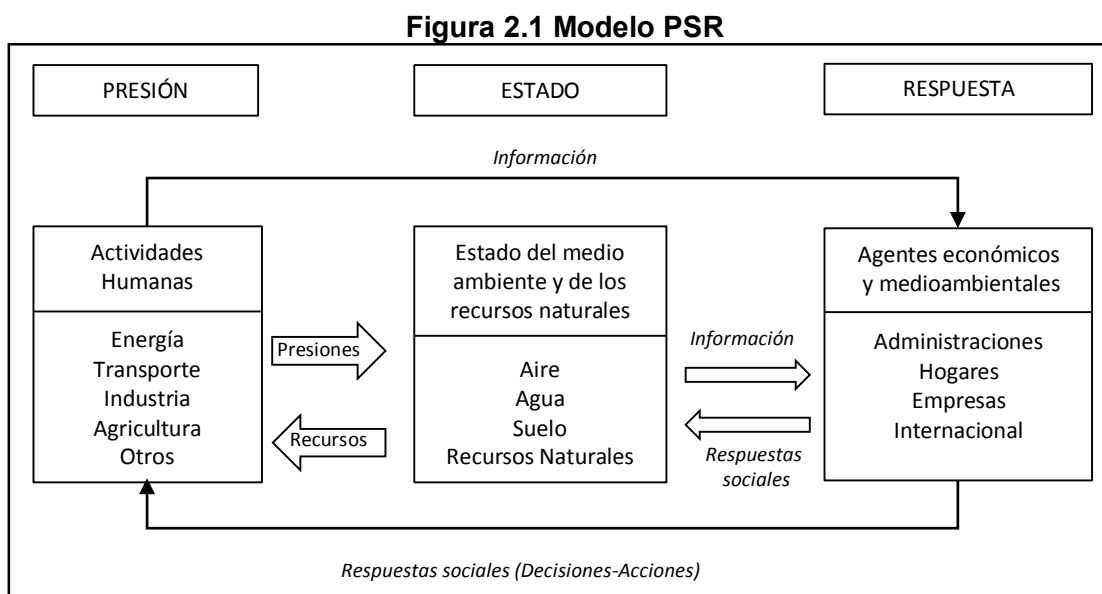
sustentabilidad; sin embargo, resultan ser muy útiles en países donde aún no se ha implementado ningún sistema. Asimismo, son importantes al apoyar el perfeccionamiento de la dimensión ambiental en países que desean implementar los indicadores de la generación inmediata.

- 2) Indicadores de Desarrollo Sustentable o de Segunda Generación (1990-presente). Presentan el enfoque multidimensional del desarrollo sustentable, al intentar integrar en uno o más indicadores, el aspecto ambiental, económico, social e institucional. En la práctica, más allá de lograr este objetivo, solamente se han presentado sistemas de indicadores de las cuatro dimensiones por separado, sin lograr aún una efectiva vinculación.
- 3) Indicadores de Sustentabilidad o de Tercera Generación (por desarrollar). Son potentes indicadores que pretenden vincular las dimensiones del desarrollo sustentable, de una forma transversal y sistémica. Es decir, a través del empleo de un número limitado de indicadores, verdaderamente vinculantes, que logren la incorporación tanto de las diferentes dimensiones, como de los distintos sectores involucrados.

Es importante señalar que, la mayoría de los países del mundo, así como los de la región latinoamericana, emplean indicadores que pertenecen a la primera y segunda generación. México, junto con Chile, Argentina, Estados Unidos, Reino Unido, etc., cuentan con iniciativas que pertenecen a la segunda generación, las cuales han sido lideradas por la CDS desde 1996 (Quiroga, 2007).

La mayoría de los países auspiciados por la CDS o que han desarrollado indicadores por iniciativa propia, han seguido el marco ordenador PSR (Pressure – State – Response), recomendado por la OCDE y adoptado por el PNUMA. Los demás países han ordenado sus indicadores en un esquema de tema y subtema, conforme a sus propias necesidades y prioridades (Quiroga, 2007).

El modelo PSR se basa en la lógica de la causalidad, donde las actividades humanas ejercen presiones sobre el ambiente y modifican la cantidad y calidad de los recursos naturales (estado). Por su parte, la sociedad responde a esas transformaciones, a través de políticas ambientales, económicas y sectoriales (respuestas), existiendo una interacción continua entre la presión sobre el medio y la respuesta (Vera, 2001).



Es importante señalar que con el fin de lograr la integración de las consideraciones ambientales en las políticas sectoriales, la OCDE desarrolló una variante del modelo PSR, en el que integra la participación de distintos sectores productivos, entre los cuales se incluye al turismo (Vera, 2001).

Además, en América Latina, la tarea de desarrollar indicadores ambientales y de sustentabilidad ha estado a cargo de organismos estadísticos oficiales o agencias gubernamentales del medio ambiente. Algunos países como México, Brasil, Argentina, Panamá, Nicaragua, Perú, Chile, Costa Rica y República Dominicana, cuentan con publicaciones sobre conjuntos de indicadores que hasta la fecha siguen manteniendo. Una propuesta desde esta región es la matriz del sistema socio-

económico-ambiental-institucional del proyecto denominado: Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe de la CEPAL (Quiroga, 2007).

2.2.2 Estado del Arte de los Indicadores de Sustentabilidad en el Turismo

En los años 90, tres importantes instituciones internacionales, representantes de los intereses del turismo, realizaron estudios sobre indicadores de sustentabilidad en el sector. El Consejo Mundial de Turismo y Viajes publicó el estudio denominado: *Indicadores Estadísticos Necesarios para Controlar la Sostenibilidad de los Viajes y el Desarrollo del Turismo*. Por su parte, la Federación Internacional de Tour Operadores llevó a cabo el proyecto ECOMOST, que incluye una propuesta de indicadores. Asimismo, la OMT elaboró un estudio sobre la evolución de los indicadores de turismo sustentable, que dio lugar a la publicación de una guía para el desarrollo y uso de indicadores de sustentabilidad aplicados a la industria turística. Además, esta organización constituyó una serie de talleres en distintos países, entre los que se encuentra México (Hughes, 2002; Vera, 2001; OMT, 1999).

Por su parte, la OCDE y la Asociación de Estados del Caribe (AEC) han elaborado otras metodologías de indicadores de sustentabilidad turística. La primera, al igual que la de la OMT, se conoce ampliamente, sin embargo la propuesta de la AEC, a pesar de que en el 2006 fue aceptada por la mayoría de los países miembros, presenta un enfoque limitado del aspecto ecológico, así como de las relaciones que existen entre un indicador y otro (Ibañez y Angeles, 2012).

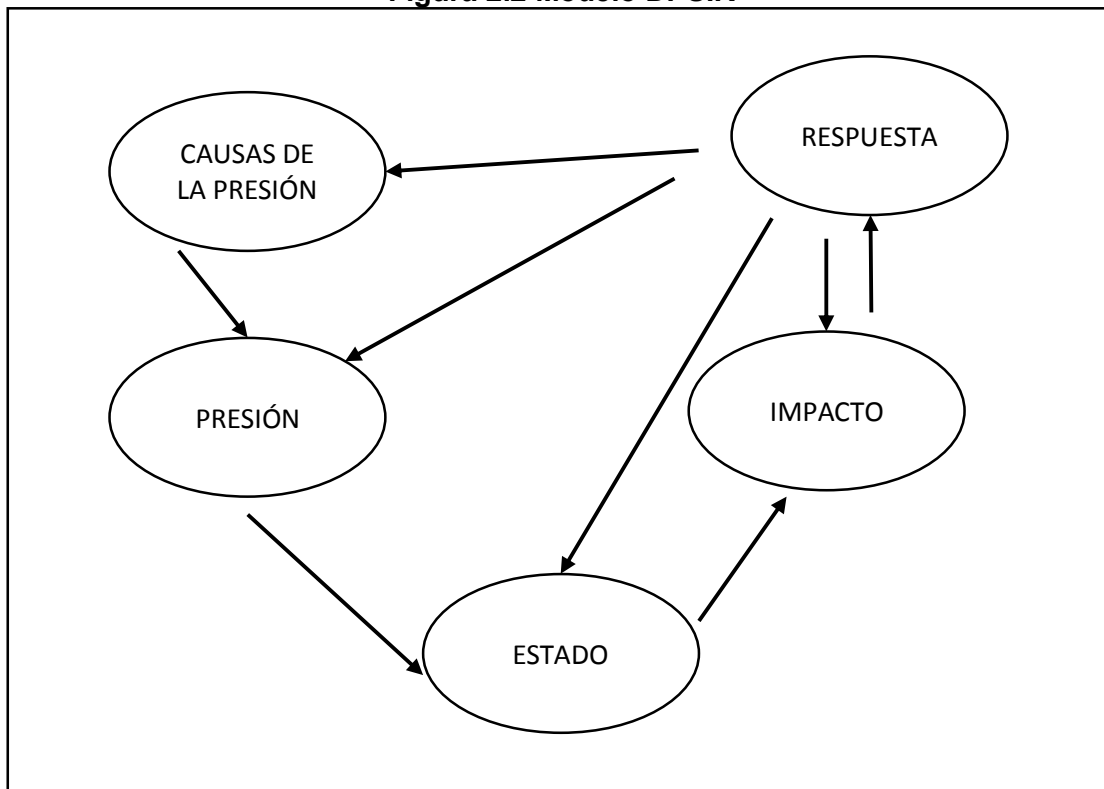
Por otro lado, es importante destacar las aportaciones que ha hecho el grupo de investigadores conformado por Vera, al clasificar y definir los diferentes marcos y modelos de organización de indicadores ambientales y adaptarlos al sector turístico.

En este sentido, Vera (2001), señala que los indicadores de tipo ambiental aplicados a destinos turísticos se encuadran adecuadamente en el modelo PSR de la OCDE,

así como en el marco del modelo DPSIR (Driving Forces– Pressure – State – Impact – Response) de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

Este modelo agrega las causas de la presión (crecimiento económico y demográfico, intensidad agrícola, etc.), así como los impactos, que son consecuencia de las transformaciones del estado del medio ambiente o de la salud humana. Véase Fig. 2.2

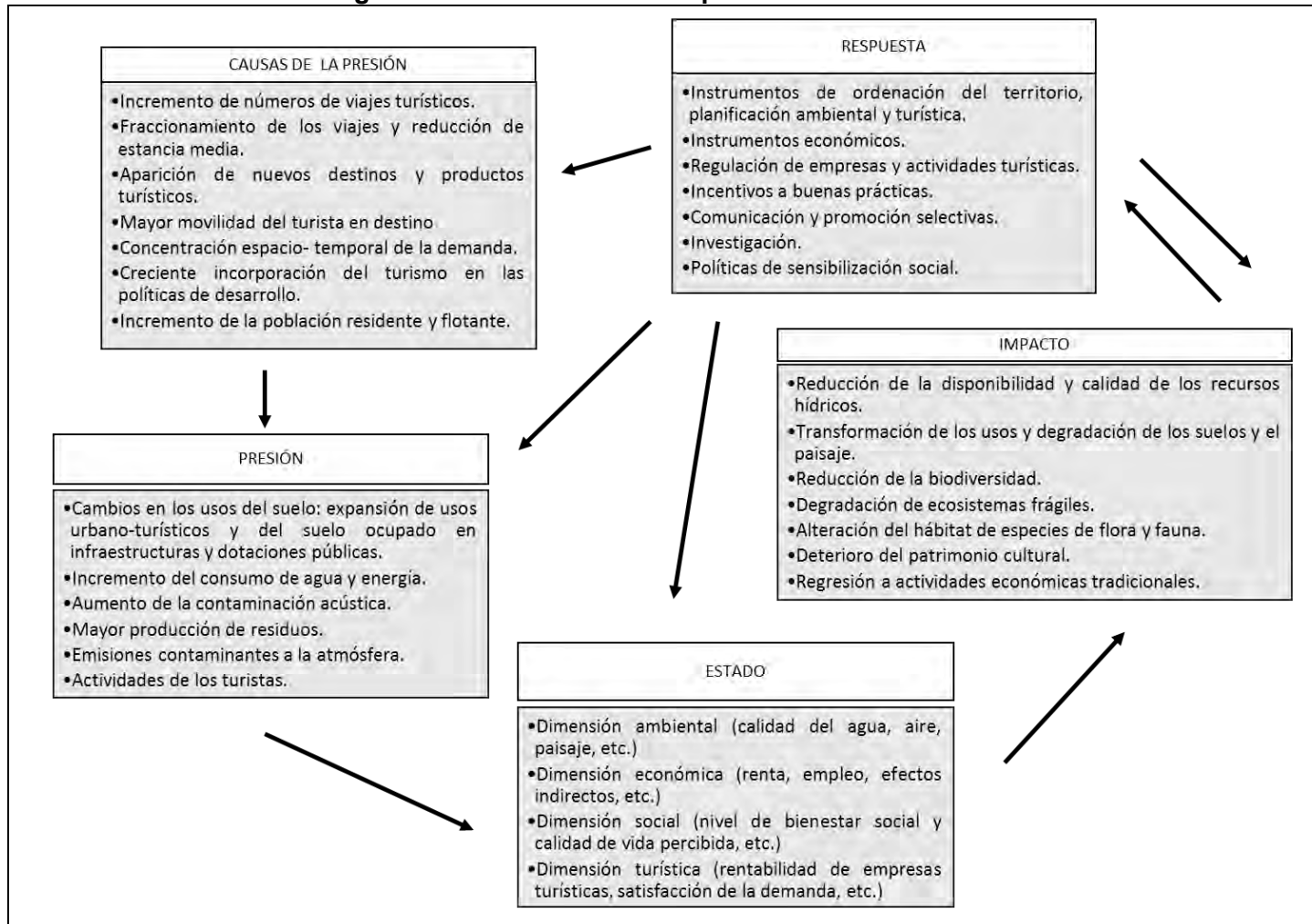
Figura 2.2 Modelo DPSIR



Fuente: Vera, 2001: pág. 19

Asimismo estos autores han adaptado el modelo ordenador DPSIR a la actividad turística, integrando a la dimensión ambiental, los aspectos económico, social e institucional de la sustentabilidad, desde una perspectiva territorial que permite el análisis del sector en la escala local. Véase Fig. 2.3.

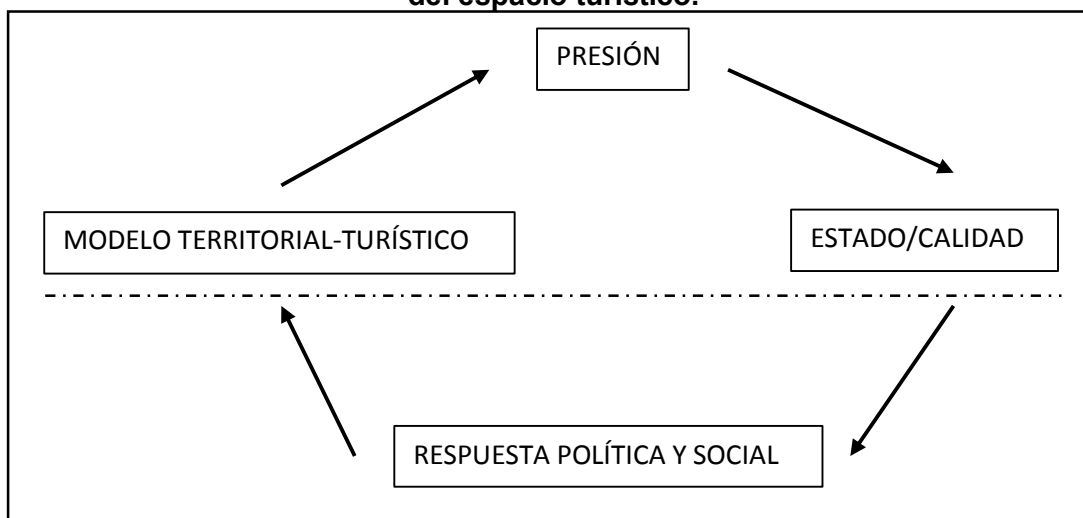
Figura 2.3 Modelo DPSIR adaptado al sector turístico



Fuente: Vera, 2001: pág. 52

De la misma manera, basándose en el marco de evaluación del medio ambiente definido por la Agencia Europea de Medio Ambiente, Vera (2001) propone un esquema que organiza los indicadores para la planeación y gestión del espacio turístico, en cuatro conjuntos interrelacionados: modelo territorial-turístico, presión, estado-calidad y respuesta política y social (Figura 2.4).

Figura 2.4 Organización del sistema de indicadores para la planificación y gestión del espacio turístico.



Fuente: Elaboración propia a partir de Vera, 2001.

En la Tabla 2.1 se muestran los temas que integran los conjuntos del sistema de indicadores de planificación y gestión del espacio turístico, resaltando aquellos que se relacionan con el tema del agua y con algunas de las respuestas de las dependencias gubernamentales, consideradas en el presente estudio. Dentro del apartado de indicadores de presión se encuentra el *consumo de agua potable*. Asimismo, en la sección de estado-calidad se localizan las áreas temáticas de *recursos hídricos* y *calidad de agua de mar y continentales*. Además, en el conjunto de respuesta política y social se enlista la *Agenda Local 21*, las *ordenanzas ambientales*, así como el *tratamiento de las aguas residuales*.

Tabla 2.1 Indicadores de planeación y gestión del espacio turístico.

Conjunto de Indicadores	Area Temática
Modelo Territorial Turístico	Recursos turísticos actuales Recursos turísticos potenciales Estructura territorial Estructura económica Estructura demográfica Estructura de la oferta y la demanda turística
Presión	Presión humana Cambios en los usos de suelo Consumo de energía Consumo de agua potable Generación de residuos Contaminación atmosférica Intensidad media de tráfico
Estado - Calidad	Calidad de vida residencial Satisfacción de la demanda turística Calidad de la atmósfera y confort climático Recursos hídricos Biodiversidad Conservación del litoral Calidad del agua de mar y continentales Contaminación Acústica Paisaje
Respuesta Política y Social	Planeamiento urbanístico, ordenación del territorio y protección del medio ambiente. Agenda Local 21 Planificación turística Presupuesto verde Instrumentos económicos Ordenanzas ambientales Regulación administrativa de las empresas Medidas empresariales Actuaciones de colectivos sociales Tratamiento de aguas residuales Tratamiento de residuos Energías renovables Conservación del litoral

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por Vera, 2001

2.3 Los Indicadores del Agua en el Turismo

La OMT (2005), en su guía práctica para el desarrollo y empleo de indicadores para destinos turísticos, establece diferentes cuestiones e indicadores referentes a los recursos hídricos en los temas relacionados con la protección y gestión de los recursos naturales, así como con el del impacto ambiental del turismo. Véase Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Cuestiones relacionadas con los recursos hídricos.

Tema	Cuestiones
Protección de los recursos naturales de valor	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de ecosistemas en peligro • <i>Calidad del agua del mar</i>
Gestión de recursos naturales escasos	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión energética • Cambio climático y turismo • <i>Disponibilidad y conservación del agua</i> • <i>Calidad del agua potable</i>
Limitación del impacto ambiental del turismo	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tratamiento de las aguas residuales</i> • Gestión de los residuos sólidos • Contaminación atmosférica • Control de los niveles de ruido

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por OMT, 2005

Como se mencionó anteriormente, Vera (2001) coloca distintos temas e indicadores relacionados con el consumo, disponibilidad y calidad del agua, así como con el tratamiento de las aguas residuales, en tres de los conjuntos del sistema de indicadores de planificación y gestión del espacio turístico (presión, estado – calidad y respuesta política y social). En la Tabla 2.3 se muestran los indicadores incluidos dentro de las áreas temáticas relacionadas con el agua.

Tabla 2.3 Temas e indicadores del sistema de planificación y gestión del espacio turístico, relacionados con el agua.

Conjunto de Indicadores	Área Temática	Indicadores
Presión	Consumo de Agua Potable	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen y variación interanual del agua consumida. • Estimación del consumo de agua por habitante. • Procedencia del agua potable consumida • Sobreexplotación de acuíferos (cociente entre el volumen de agua bombeado y la recarga superior a la unidad) • Porcentaje de población sin tratamiento de aguas residuales • Porcentaje de pérdidas en la red de distribución.
Estado - Calidad	Recursos hídricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad del agua de abastecimiento urbano. • Recursos hídricos naturales por habitante. • Superficie de los acuíferos contaminados. • Superficie de acuíferos costeros salinizados por intrusión marina.
	Calidad del agua de mar y continentales	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de calidad del agua en los puntos de muestreo. • Puntos de muestreo y tipo de tratamiento en el litoral y cauces.
Respuesta Política y Social	Tratamiento de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo, número y capacidad de las estaciones de depuración • Volumen de aguas depuradas • Volumen de aguas reutilizadas sobre el total depurado

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por Vera, 2001

Por otro lado, entre los pocos esfuerzos que existen por enfocar la atención del tema del agua en el sector turístico, a través de un sistema de indicadores, sobresale el modelo planteado por Tapper, Hadjidakou, Noble, y Jenkinson (2011), aplicado a 17 países con destinos turísticos (Santa Lucía, Barbados, Jamaica, México, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Cuba, Malta, Chipre, España, Grecia, Turquía, Egipto, Túnez, Marruecos, Kenia y Sri Lanka). Este modelo contiene indicadores que miden la escasez y calidad del agua, el consumo del recurso por el sector turístico, así como otros factores ambientales y sociales relacionados. Cabe destacar que también fue aplicado a la región de la Península de Yucatán. Véase Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Resultados de la aplicación del modelo de indicadores de consumo de agua, escasez de agua y factores ambientales y sociales relacionados en México y la Península de Yucatán.

SITIO	ESCASEZ DE AGUA	CAMBIO CLIMÁTICO	CONSUMO DE AGUA POR EL TURISMO					AGUA DESALINIZADA	INEQUIDAD Y DESARROLLO	CALIDAD DEL AGUA	ONG'S Y OC'S CRECIMIENTO DEL TURISMO				
			Índice de criticidad	Índice de amenaza para la seguridad de agua para el ser humano	Pronóstico del efecto sobre la precipitación pluvial (% cambio)	% Consumo de agua por el turismo del sistema de redes	% Consumo de agua dulce por el turismo de suministros nacionales/locales					% Consumo de agua dulce por campos de golf de suministros nacionales/locales	No. veces que excede el consumo de agua por turista/noche en relación al residente		
México	1	3.5	-9	5.08	0.86	0.27	1.94	0.02	20.93	Alta	3	102	52	4.6	3
Península Yucatán	3	4	4	4	4	2	3	3	4	2		3	3	4	3

Presión sobre los recursos hídricos



Elaboración propia con datos de Tapper *et al.*, 2011.

2.4 El Indicador Relación de Criticidad

Existen varios indicadores que permiten cuantificar el grado de vulnerabilidad, entendida como estrés y escasez, de los recursos hídricos en diferentes poblaciones y regiones, la cual es consecuencia de la limitada disponibilidad de éstos, así como de su uso intensivo. Del mismo modo que otros indicadores, la mayoría de los análisis y evaluaciones realizados están enfocados primordialmente en la escala nacional y regional (Peerven y James, 2011).

Uno de los indicadores que permite cuantificar el grado de vulnerabilidad de los recursos hídricos, y cuyo uso se encuentra ampliamente extendido, es el indicador conocido como *relación de criticidad* (RC) (Alcamo, J., Henrichs, T., y Rösch, 2000; Peerven y James, 2011; Tapper *et al.*, 2012). Por su parte, las Naciones Unidas, en su *Evaluación Integral de los Recursos de Agua Dulce del Mundo* (1997 citado por Peerven y James, 2011, p.323), se refieren a éste como *estrés técnico del agua*. Al respecto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2015) emplea el término *extracción de agua dulce como porcentaje de los recursos hídricos renovables totales*, para nombrar al indicador que señala la presión a la que se someten los recursos hídricos renovables.

2.4.1 Definición

Alcamo, J., Henrichs, T., y Rösch (2000), definen a este indicador como la relación entre el promedio de agua anualmente extraído y el anualmente disponible, mientras mayor es el valor de este indicador, mayor es el estrés sobre los recursos hídricos debido a su uso. Los valores mayores a 40% indican una fuerte competencia entre los usuarios del agua. Véase Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Clasificación del sitio de acuerdo a su grado de estrés

$0 \leq GP < 10$	Sin estrés hídrico
$10 \leq GP < 20$	Estrés hídrico bajo
$20 \leq GP < 40$	Estrés hídrico medio
$40 \leq GP < 80$	Estrés hídrico alto (estrés severo)
$80 \leq GP \leq 100$	Estrés hídrico muy alto (estrés severo)

Fuente: Elaboración propia con base en parámetros propuestos por Alcamo *et al.*, 2000.

Tapper *et al.* (2012) denominan a este indicador como *índice relativo a la escasez de agua o relación entre extracción y disponibilidad de agua*, al cual definen como la relación entre la cantidad total de agua empleada en un país con respecto al total de recursos de agua renovable disponible en el mismo (expresada en unidades de porcentaje).

Estos autores utilizan la RC en combinación con el *indicador Falkenmark*, que mide la cantidad de agua disponible por persona durante un año, para calcular el *índice de criticidad* (IC). Este índice clasifica a un sitio en categorías que van del 1 al 4, donde el primer valor se asigna a un lugar con un excedente de recursos hídricos, mientras que el último al sitio donde el agua escasea. Véase Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Índice de criticidad a partir de los valores de disponibilidad (anual por habitante) y de RC. (Adaptado de Alcamo et al., 1997).

Disponibilidad de agua por habitante (m ³ /hab año)	Relación de criticidad (volumen extraído/volumen disponible)				
	<30%	30 -40 %	40 -60 %	60 -80%	>80%
>2000	2	2.5	3	4	4
2000-1000	1	1.5	2	3	4
>10000	1	1.5	1	2	4

- 1: excedente de agua
- 2: vulnerable marginalmente
- 3: estrés de agua
- 4: escasez de agua

Fuente: Elaborado a partir de Tapper *et al.*, 2012

Los valores del indicador de Falkenmark y la RC a nivel país, se pueden obtener de la base de datos del Sistema de Información Global sobre el Agua y la Agricultura (AQUASTAT) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015).

2.4.2 El Grado de Presión sobre el/los Recurso(s) Hídrico(s)

En México, CONAGUA (2013) menciona que el porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos⁸ respecto al agua renovable, se conoce como indicador de *grado de presión sobre el recurso hídrico* (GP), el cuál puede calcularse a nivel de país, cuenca o región. Este puede clasificarse como: muy alto, alto, medio, bajo y sin estrés.

Además, el Programa Nacional Hídrico 2014-2018 (2014) en la ficha del *Índice Global de Sustentabilidad Hídrica* (IGSH), señala que el *grado de presión sobre los recursos hídricos*, también nombrado así por INEGI (2015), es uno de los cuatro elementos que integran este índice. Asimismo, indica que este componente se calcula a partir de las siguientes variables:

- *Grado de presión sobre el agua superficial por uso agrícola (%)*.
- *Grado de presión sobre el agua superficial por uso en abastecimiento público-urbano (%)*.
- *Grado de presión sobre el agua superficial por los usos en la industria autoabastecida y termoeléctrica (%)*.
- *Grado de presión sobre el agua subterránea por uso agrícola (%)*.
- *Grado de presión sobre el agua subterránea por uso en abastecimiento público-urbano (%)*.
- *Grado de presión sobre el agua subterránea por los usos en la industria autoabastecida y termoeléctrica (%)*.

⁸ Hernández (2007) señala que existen dos tipos de uso de agua: el consuntivo y no consuntivo. El primero se refiere a aquel que debido a las características del proceso presenta pérdidas volumétricas de agua. En el uso no consuntivo no existen pérdidas ya que la cantidad de agua que entra es muy cercana a la que sale del proceso (Castelán, 2003, citado por Hernández, 2007, p.14). Al respecto, CONAGUA (2015), clasifica dentro de los usos consuntivos a la agricultura, el abastecimiento público, la industria autoabastecida, así como las termoeléctricas; mientras que en los usos no consuntivos coloca a las hidroeléctricas.

Por otro lado, existen evidencias de que la SECTUR ha empleado los términos: *grado de presión sobre el recurso hídrico* (Ibañez y Angeles, 2012; Martínez, *et al.*, 2009) y *grado de presión hídrico sobre el acuífero* (Centro de Estudios Superiores de Turismo [CESTUR], 2012)⁹.

Cabe destacar que los parámetros de clasificación del GP empleados por CONAGUA (2013) coinciden con los establecidos por Alcamo *et al.* (2000) para la RC y que esta institución señala que los valores mostrados del GP de distintos países fueron tomados de la base de datos de la variable AQUASTAT.

Por lo que se concluye que la definición operacional del indicador GP, relacionada con la metodología para su cálculo, coincide con la de la RC. Sin embargo, las definiciones conceptuales muestran diferencias, ya que la RC maneja el término *agua disponible*, mientras que la GP menciona a la variable: *agua renovable*¹⁰.

2.5 Consideraciones Finales

Aunque el modelo de Tapper *et al.* (2011) es una referencia importante sobre los indicadores del agua en el turismo aplicados a nivel nacional y en algunos casos del regional, no lo es para el local. Asimismo, posee la desventaja de no presentar un apartado especial que muestre claramente el concepto, la justificación y otros datos adicionales de cada indicador. Por encima de ello, no establece una memoria de cálculo de ningún indicador, lo que dificulta su obtención. A su vez, para el caso de la Península de Yucatán, aunque se muestran algunas fuentes, no todas están actualizadas o guían a la determinación de los indicadores.

Cabe destacar que, Tapper *et al.* (2011) muestran los resultados de la aplicación del índice de criticidad en distintos países y regiones, dentro de los que se incluye

⁹ Este último término para referirse a su aplicación en este nivel.

¹⁰ En el capítulo 4 se define este término, mientras que en el 5 se observa la diferencia operacional entre ambos.

México y la Península de Yucatán. Sin embargo, la ausencia de una memoria de cálculo para cada caso dificultó su obtención.

Por otro lado, a pesar de que el portal de AQUASTAT presenta información general sobre la situación de los recursos hídricos y de su gestión a nivel nacional, además de incluir un glosario de términos, no incluye información sobre otras escalas espaciales y/o de gestión.

Por su parte, la OMT (2005) menciona dentro de sus indicadores a las variables de consumo y disponibilidad de agua, pero no considera su relación matemática. Sin embargo, presenta una metodología para la evaluación de los indicadores en destinos turísticos, la cual ha sido tomada como referencia para este estudio.

Al respecto, Vera (2011) sí considera esta relación, pero solo a nivel de acuífero, al considerar a la *sobreexplotación de acuíferos* dentro del sistema de indicadores de planificación y gestión del espacio turístico. Asimismo, cabe señalar que la presente investigación se circunscribe dentro del marco de organización de este sistema. Esto es, considera determinados indicadores de: 1) presión (como el de sobreexplotación de acuíferos y los relacionados con el volumen de agua anualmente consumido); 2) estado-calidad (los vinculados con la cantidad y calidad de los recursos hídricos disponibles durante el mismo periodo) y; 3) respuesta política y social (como la Agenda 21 y otras ordenanzas ambientales). Asimismo, incluye las relaciones existentes entre estos indicadores, basándose en la lógica de la causalidad y se centra en un contexto local o de destino turístico.

Con base en lo anterior, este estudio posee la ventaja de considerar diversos enfoques de aproximación a la gestión del agua en destinos turísticos, así como de incluir al grado de presión sobre el recurso como el eje central en torno al cual gira la investigación, un potente indicador que podría clasificarse, de acuerdo con Quiroga (2007), como de sustentabilidad o de tercera generación, al vincular distintas dimensiones del desarrollo sustentable.

CAPÍTULO 3. EL GRADO DE PRESIÓN EN LOS SISTEMAS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD TURÍSTICA Y DEL MEDIO AMBIENTE

En el presente capítulo se describen los antecedentes del sistema de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos de México y se analiza su inclusión dentro de los programas sectoriales de Turismo, así como en el portal de la Secretaría de Turismo (SECTUR). De la misma manera, se evalúa la aplicación del sistema por parte de las áreas responsables dentro de la institución. Asimismo, se reseñan los antecedentes del empleo del *grado de presión sobre el recurso hídrico* y el *grado de presión sobre el acuífero*, así como la metodología utilizada por la Secretaría para su cálculo.

Por otro lado, se identifican los sistemas de información ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, con el fin de determinar, a partir de un análisis de la información presentada en sus portales, si existe una aplicación del indicador sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos, así como la metodología empleada en su cálculo.

3.1 El Sistema de Indicadores de Sustentabilidad de los Destinos Turísticos de México

3.1.1 Antecedentes

Los Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad en México

En México, entre 1996 y 1999, en el marco de los compromisos adoptados como país firmante del Programa de Acción para el Desarrollo Sustentable o Agenda 21, se realizó una prueba piloto auspiciada por la CDS, cuyos resultados se dieron a conocer oficialmente en julio de 2000. En dicha prueba colaboraron diferentes organismos tanto nacionales como internacionales. A nivel nacional se contó con la participación del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, el

Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) (Ibañez y Ángeles, 2012; INEGI, 2000; Quiroga, 2007).

Diversos organismos internacionales colaboraron en la construcción de las hojas metodológicas y sus correspondientes indicadores. Entre ellos se encuentran: el BM, la Oficina de Estadística de la Comunidad Europea, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la OCDE, la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el PNUMA, el Comité Científico sobre Problemas del Medio Ambiente (SCOPE), la UICN, el WorldwatchInstitute y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) (Ibañez y Angeles, 2012; Quiroga, 2007).

Con base en los contenidos de los capítulos de la Agenda 21 y en la propuesta de la CDS de 134 indicadores de sustentabilidad, clasificados en las categorías: ambiental, social, económica e institucional, se generaron un total de 113 indicadores, que de acuerdo a su naturaleza se dividieron en 39 de presión, 43 de estado y 31 de respuesta (INEGI, 2000).

Aunque estos indicadores se aplicaron a nivel nacional y por entidad federativa, es importante señalar que la Agenda 21 Local fue un antecedente importante para su desarrollo en la escala local, ya que de acuerdo con Ruiz y Martínez (2007), para el año 2001, ya existían cerca de 3000 iniciativas relacionadas con la implementación de la misma (Martínez, Ruiz y Valladares, 2009).

El Modelo de Indicadores de Sustentabilidad de los Destinos Turísticos Mexicanos de SECTUR

Un antecedente importante en México sobre el desarrollo de indicadores de sustentabilidad turística es el Taller sobre Indicadores de Turismo Sostenible celebrado en la Isla de Cozumel del 24 al 26 de mayo de 1999. Este evento fue organizado por la OMT y apoyo por la SECTUR, siendo su principal objetivo, la aplicación de los indicadores de la organización en un destino del Caribe (OMT, 1999).

El informe final señala que no todos los indicadores propuestos por la OMT se aplicaron directamente, ya que algunos tuvieron que ser adaptados a las necesidades específicas del destino. Además, los resultados de este taller se emplearon en la conformación de la versión del 2005 de la guía de indicadores de la OMT.

Por otro lado, es importante señalar que la participación de distintos sectores, relacionados directa e indirectamente con los diferentes temas de interés, entre los que destaca el académico, sugirió un modelo de desarrollo de indicadores diferente a los aplicados en México.

En el mismo año, la Secretaría formuló, en atención al Programa de Desarrollo del Sector Turismo 1995-2000, el instrumento denominado: Política y Estrategia Nacional para el Desarrollo Turístico Sustentable, que de acuerdo con SECTUR (1999), debía ser examinado y renovado anualmente con el propósito de ampliarlo, así como lograr su consolidación.

Este documento establecía las bases para la colaboración, en materia de estudios relacionados con la sustentabilidad de destinos turísticos, entre esta institución, SEMARNAP, INE y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Además, proponía las pautas para el monitoreo,

evaluación y control de la sustentabilidad de los destinos turísticos, a través de acciones básicas como son (SECTUR, 1999):

1. La conformación del Sistema de Información de la Sustentabilidad Turística (SISTUR).
2. La creación de las bases de información sobre la sustentabilidad turística, por medio del Sistema de Información Turística Estatal (SITE).
3. La participación de las Redes Locales para el Desarrollo Turístico Sustentable en la adopción, la adaptación, la mejora continua, la administración, así como el seguimiento de los sistemas de indicadores.
4. La adopción, adaptación y mejora del modelo de indicadores en islas, desarrollado por la OMT y la SECTUR;
5. El desarrollo de nuevos sistemas de indicadores de acuerdo con la categorización de tipo de destinos empleada por la OMT.

3.1.2 Inclusión dentro de los Programas Sectoriales de Turismo

En el sexenio 2001-2006, en un contexto histórico de transición de gobierno, se creó el Programa para el Turismo Sustentable. Este programa, basado en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2001-2006 y en el Programa Nacional de Turismo 2001-2006 (2002), retoma, la necesidad de aplicar en destinos turísticos, un sistema de indicadores de sustentabilidad basado en la metodología propuesta por la OMT y la Agenda 21.

Por su parte, en el sexenio que va del 2006 al 2012 se estipulaba con base en el PND 2007-2012, el Programa Sectorial de Turismo 2007-2012 (2008). Este documento señala a la actualización y ampliación del Programa Agenda 21 para el Turismo Sustentable, así como a la evolución de la metodología de indicadores, dentro de las líneas de acción para orientar la política turística hacia el desarrollo regional. Así mismo, define a la concurrencia y la transversalidad como las medidas necesarias para garantizar la coordinación entre las instituciones, la federación, los

estados y los municipios y en este sentido, lograr resolver problemas de sustentabilidad.

Por otro lado, el Programa Sectorial de Turismo 2013-2018 (2013), a pesar de considerar la importancia del desarrollo sustentable y tener como objetivo el fomento del desarrollo sustentable de los destinos turísticos, no hace referencia al empleo de un sistema de indicadores de sustentabilidad ni a la aplicación de la Agenda 21.

Además, es importante destacar que tanto el Programa Nacional de Turismo 2001-2006, como los Programas Sectoriales de Turismo 2007-2012 y 2013-2014, no hacen referencia a la Política y Estrategia Nacional para el Desarrollo Turístico Sustentable, ni refieren información sobre la continuidad de las acciones planteadas en este instrumento.

3.1.3 Aplicación

Es importante señalar que los escasos documentos localizados en el Centro de Documentación Turística (CEDOC) sobre el desarrollo y aplicación del sistema de indicadores de sustentabilidad de destinos turísticos de la SECTUR, corresponden a presentaciones realizadas por las consultoras, así como por esta institución en conjunto con la SEMARNAT.

Ibañez y Angeles (2012), una de las pocas referencias publicadas sobre el tema, señalan los nombres de los indicadores del sistema, así como los destinos turísticos y periodos de aplicación del modelo. Sin embargo, reconocen la necesidad de contar con una bibliografía y hemerografía que divulgue los resultados obtenidos de la aplicación del modelo.

Por otro lado, aunque algunos investigadores como Martínez, Ruiz y Valladares (2009), así como Frausto, Ihl, Gonzáles y Vázquez (2009), han divulgado los

resultados de la aplicación del sistema propuesto por la SECTUR en ciertos destinos turísticos, es importante señalar que no describen su metodología.

Con lo que respecta al indicador *grado de presión hídrico sobre el acuífero*, la única referencia, localizada en el portal del CESTUR¹¹, fue el estudio realizado por investigadores de la Universidad Anáhuac y promovido por el Fondo CONACyT-SECTUR, el cual muestra los resultados de la aplicación del indicador en 50 destinos turísticos y menciona como fuente secundaria de información una matriz de indicadores de destinos elaborada por la SECTUR en el año 2010 (CESTUR, 2012).

Sin embargo, a pesar de que se solicitó dicha matriz, así como la metodología para el cálculo de los indicadores del agua a las áreas correspondientes de la Secretaría, no se obtuvo respuesta sino hasta que se hizo una petición expreso a través del sistema INFOMEX del Instituto de Acceso a la Información y Protección de Datos (IFAI).

En consecuencia, para la evaluación de la aplicación del sistema, sólo se consideraron estos documentos, así como las consultas realizadas al sitio de la SECTUR y las entrevistas realizadas a la representante de la Dirección General de Ordenamiento Turístico Sustentable (RDGOTS).

Antecedentes

De acuerdo con Felipe Ochoa y Asociados, S.C. (2003a; 2003b), en el año 2003, se realizó una prueba piloto en cinco destinos turísticos, entre los que se encuentra nuevamente Cozumel, para la cual se proponía un sistema de indicadores que constaba de cuatro temas: medio ambiente, entorno socioeconómico, turismo y desarrollo urbano, cada uno con sus respectivos subtemas. La categoría medio

¹¹ Órgano descentralizado de la SECTUR y ahora nombrado Instituto de Competitividad Turística (ICTUR)

ambiente contenía los subtemas de agua, energía, aire, desechos sólidos, educación ambiental, biodiversidad, suelo y paisaje. Asimismo, cabe señalar que se establecía una tipología de destinos.

Ibañez y Angeles (2012) mencionan que del 2002 al 2006, la SECTUR aplicó y, en algunos casos, actualizó un sistema de indicadores en distintos destinos turísticos. Es importante observar que, en comparación con el modelo propuesto por la consultora, aunque se señalan los mismos temas, el de medio ambiente, se redujo a 5 subtemas (energía, aire, agua, desechos y educación ambiental). Sin embargo, se conservó la idea de categorizar a los destinos (playa, ciudad colonial, pueblo mágico, etc.).

Por su parte, SECTUR (2014a) señala en un documento de su sitio institucional que, el *Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el Turismo* se aplicó del 2002 al 2011 en distintos destinos de México, completando un total de 115 sitios y 79 comités de turismo sustentable. Sin embargo, en este documento no se mencionan las condiciones actuales y futuras del sistema, ni tampoco se refieren detalles sobre la aplicación y la metodología que se empleó. De la misma manera que en el sistema de indicadores señalado por Ibañez y Angeles (2012), se observa una reducción de los subtemas correspondientes a la categoría de medio ambiente, ya que de los 9 propuestos inicialmente por la consultora, sólo se conservaron el de agua y el de desechos sólidos.

Estado Actual

El resultado de las consultas electrónicas al sitio institucional de la SECTUR durante el año 2014 y 2015 (SECTUR 2014b, 2015), muestra una disminución sobre la información publicada sobre el *Programa de Turismo Sustentable en México* o *Agenda 21 para el Turismo Mexicano*, hasta el punto de sólo mostrar el documento antes mencionado.

Además, la representante del área de Ordenamiento Turístico Sustentable, al responder sobre las cuestiones relacionadas con los antecedentes, el estado actual, los planes para la aplicación del sistema, así como la metodología empleada para el cálculo de los indicadores del sistema, declaró que la única fuente de información al respecto, con la que cuenta esta área es la misma que la SECTUR presenta en su portal.

Lo anterior se confirmó en el 2º Encuentro Nacional e Internacional de Observatorios Turísticos llevado a cabo en San Miguel Allende, Guanajuato en el 2014, ya que la única ponencia sobre indicadores de sustentabilidad fue la titulada “Importancia de los Indicadores para lograr una Certificación de Sustentabilidad”; a cargo de la misma representante, que al referirse al *Programa de Turismo Sustentable* y a la aplicación del *Sistema de Indicadores de Sustentabilidad para el Turismo*, mencionó, prácticamente, la misma información del documento actualmente publicado en el sitio de la SECTUR.

El Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico

De acuerdo con el modelo propuesto para la SECTUR por la consultora Felipe Ochoa y Asociados, S.C., el subtema agua incluía los indicadores y variables que se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Indicadores y variables del subtema agua.

Subtema	Indicador	Variable
Agua	Disponibilidad neta de agua potable	Extracción total de agua en el sitio. Balance Hidráulico
	Consumo de agua	Consumo de agua por turista/por cuarto Consumo de agua per cápita
	Índices de calidad en cuerpos de agua con fines de actividad turísticas	Índices de calidad (DBO, DQO, coliformes totales, pH, nitratos, fosfatos, aceites y grasas, turbiedad, fertilizantes, etc.)
	Tratamiento de agua	Niveles de tratamiento de aguas residuales Calidad de la descarga Re-uso de agua tratada

Fuente: Elaboración propia con datos de Felipe Ochoa y Asociados, S.C., 2003a, 2003b

Este modelo contenía algunos indicadores relacionados con la disponibilidad del agua, el consumo del recurso, la calidad, así como con el tratamiento de las aguas residuales. Cabe destacar que la variable que guarda una mayor relación con el indicador en cuestión es el *balance hidráulico*, sin embargo, de acuerdo con Felipe Ochoa y Asociados, S.C. (2003b), en ese momento aún no se contaba con una definición sobre ésta. A pesar de ello, Ibañez y Angeles (2012), así como Martínez, *et al.* (2009), ya señalan el término “grado de presión sobre el recurso hídrico” en el modelo de indicadores planteado por la SECTUR.

El Grado de Presión Hídrico sobre el Acuífero

En la respuesta proporcionada por el IFAI, se anexa un archivo en formato Excel en el que se muestran los resultados de la aplicación del *grado de presión hídrico sobre el acuífero*, así como de otros indicadores del agua en 110 destinos turísticos clasificados como: 1) playas, 2) pueblos mágicos, 3) ciudades coloniales y ciudades patrimonio, 5) ciudades medias y 6) destinos de naturaleza. Cabe señalar que el documento sólo muestra los resultados y no introduce la fórmula de cálculo.

Asimismo, con respecto a la metodología solicitada, la respuesta remitió al documento original del CESTUR (2012), donde al hacer referencia a la obtención del indicador sólo se menciona la definición y clasificación del *grado de presión sobre el recurso* establecidas por CONAGUA (2013).

3.2 El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA)

El Reglamento Interior de la SEMARNAT (2012) menciona que la Secretaría es una dependencia del Poder Ejecutivo Federal cuyas atribuciones se señalan en la Ley Orgánica de la Administración Pública y otras leyes, así como en los reglamentos, decretos y órdenes del Presidente de los Estados Unidos Mexicanos.

Asimismo, en el artículo 22 de este reglamento, se expresa que la Dirección General de Estadística e Información Ambiental (DGEIA), una de las unidades administrativas encargadas del estudio, planeación y despacho de los asuntos de la SEMARNAT, tiene la responsabilidad de administrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN). Dicha información se debe obtener con la colaboración de otras unidades administrativas relacionadas; órganos desconcentrados, delegaciones federales y coordinaciones regionales de la SEMARNAT y las entidades del Sector; así como de los gobiernos de las entidades federativas y municipios; las instituciones de investigación y educación superior y organizaciones sociales, además del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Además, este artículo establece que dicha unidad administrativa está a cargo de desarrollar y actualizar el Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). Asimismo, en conjunto con las unidades administrativas correspondientes, se encarga de publicar la información ambiental a través del sitio de internet de la Secretaría, la cual puede ser consultada por el público en general, de conformidad con las disposiciones jurídicas aplicables.

3.2.1 Sitio Institucional de la SEMARNAT

De acuerdo con lo señalado en el Reglamento Interior de la SEMARNAT (2012), así como el análisis de contenido de SEMARNAT (2014), se determinaron los enlaces de interés mostrados en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1 Enlaces de interés en el sitio de la SEMARNAT.

SEMARNAT	
TEMAS	
1.	Estadísticas Ambientales
1.1.	Sistema Nacional de Información Ambiental y Recursos Naturales (SNIARN)
a.	Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA)

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2014

En el apartado del SNIA, se aclara que el núcleo de este sistema de indicadores está conformado por un *Conjunto Básico del Desempeño Ambiental*, así como por un *Conjunto de Indicadores Clave*. Alrededor de éstos se encuentran los conjuntos de Indicadores Estatales, Indicadores Regionales e Indicadores Internacionales.

La información localizada en los conjuntos básico y clave de indicadores, destaca por su sistematización, ya que cada indicador presenta su justificación, así como las secciones de datos, metadato, información complementaria y fuentes¹².

La Tabla 3.2 concentra la información referente al *grado de presión sobre los recursos hídricos*, mostrada en el conjunto de indicadores clave. Cabe señalar su aplicación tanto al nivel nacional como de Región Hidrológico-Administrativa (RHA).

¹² La información mostrada en los conjuntos restantes son reportes de diferentes iniciativas, que para fines de análisis no se consideraron dentro de la categoría de sistema de información.

Tabla 3.2 Información sobre el grado de presión sobre los recursos hídricos en el sitio de la SEMARNAT.

Grado de presión sobre los recursos hídricos	
Breve definición	Porcentaje que representa el volumen de extracción de agua media anual total para usos consuntivos del total de recursos hídricos renovables.
Unidad de medida	Porcentaje.
Definiciones y conceptos relacionados	<p>Recursos hídricos renovables: incluyen el escurrimiento medio superficial y la recarga media de los acuíferos. Las medias se refieren a valores históricos de acuerdo con la disponibilidad de estudios hidrológicos.</p> <p>Uso consuntivo: es el volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo.</p> <p>Disponibilidad natural media: es el volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región.</p> <p>Con base en : CNA. SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Edición 2004. México. 2004. CONAGUA. Estadísticas del Agua en México. Edición 2011. México. 2011.</p>
Periodicidad	Anual
Escala y periodo de información presentada	Nacional: 2001 a 2012 RHA: 2002 a 2012
Limitaciones	<p>La estimación del volumen total asume que los usuarios utilizan aproximadamente el mismo volumen que tienen concesionado. Para el cálculo se emplea la disponibilidad natural media de los valores históricos, que puede ser distinta a la disponibilidad natural del año correspondiente.</p> <p>Las tendencias de extracción del agua muestran patrones de cambio relativamente lentos, y es poco probable que el indicador muestre variaciones significativas de un año a otro. La estimación de extracción de agua por sectores es la principal limitación para el cálculo del indicador.</p>
Fuentes de datos	CNA, SEMARNAT. Compendio Básico del Agua en México. Edición 2002. México. 2002. CNA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Edición 2004. México. 2004. CNA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Síntesis. Edición 2005. México. 2005. CONAGUA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2006 - 2008, 2010 - 2013. México, 2006 - 2008, 2010, 2011 y 2014.

Fuente: Elaboración propia a partir de información proporcionada por SEMARNAT, 2014

En la Tabla 3.3 se muestran los indicadores relacionados con la aplicación del *grado de presión* sobre las aguas subterráneas, encontrados tanto en conjunto básico como en el clave.

Tabla 3.3 Indicadores relacionados con el consumo, disponibilidad de agua subterránea y su relación. Escala espacial y fuentes.

Conjunto	Nombre del Indicador (unidad)	Escala y Periodo de Información Presentada	Fuentes
Básico	<ul style="list-style-type: none"> Volumen total concesionado de agua subterránea (Km³/año). 	Nacional. y Región Hidrológico-Administrativa. 2000 al 2012	<i>Estadísticas del Agua en México.</i> Ediciones 2002 a 2013.
	<ul style="list-style-type: none"> <i>Acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina y/o bajo el fenómeno de salinización de suelos o aguas subterráneas salobres (número de acuíferos).</i> 	Región Hidrológico-Administrativa 2003 a 2012	<i>Estadísticas del Agua en México.</i> Ediciones 2004 a 2013. <i>Atlas del Agua en México 2012.</i>
	*Relación extracción/recarga	Acuífero 2008 a 2012	<i>Estadísticas del Agua en México.</i> Ediciones 2008, 2010 y 2013.
Clave	<ul style="list-style-type: none"> <i>Intensidad de uso del agua subterránea o grado de presión sobre el agua subterránea (porcentaje).</i> 	Nacional 2001 a 2010 y Región Hidrológico-Administrativa 2004 a 2012	Compendio Básico del Agua en México. Edición 2002. Estadísticas del Agua en México. Ediciones del 2003 al 2012.

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2014

Es importante destacar que dentro del conjunto de indicadores clave, se encontró la *Intensidad de uso del agua subterránea*¹³. Sin embargo, cabe destacar que la escala empleada en la aplicación pertenece al nivel nacional y por Región Hidrológico-Administrativa (RHA). En la Tabla 3.4 se muestra la información señalada en el metadato del indicador.

¹³ Este indicador se relaciona en la sección de comentarios con el término *grado de presión*

Tabla 3.4 Información del metadato del indicador intensidad de uso del agua subterránea.

Intensidad de uso del agua subterránea	
Breve definición	Volumen de agua anual que se extrae para usos consuntivos respecto al volumen de recarga media anual de los acuíferos del país.
Unidad de medida	Porcentaje.
Definiciones y conceptos relacionados	<p>Recarga media de acuíferos: es el volumen medio anual de agua que ingresa a un acuífero.</p> <p>Uso consuntivo: es el volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo.</p> <p>Acuífero - Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo. El país se ha subdividido en 653 acuíferos o unidades hidrogeológicas.</p> <p>Con base en: CONAGUA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Edición 2011. México. 2011.</p>
Método de cálculo del indicador	La intensidad de uso del agua subterránea es el cociente de la extracción de agua subterránea por la recarga media de acuíferos, expresado en porcentaje.
Periodicidad	Anual
Escala y periodo de información presentada	Nacional: 2001 a 2012 RHA: 2004 a 2012
Limitaciones	La estimación asume que los usuarios utilizan aproximadamente el mismo volumen que tienen concesionado. Para el cálculo se emplea la recarga natural media, que puede ser distinta a la recarga natural del año correspondiente.
Fuentes de datos	CNA, SEMARNAT. Compendio Básico del Agua en México. Edición 2002. México. 2002. CNA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2003 y 2004. México. 2003 y 2004. CNA, SEMARNAT. Estadísticas del agua en México. Edición 2005. Síntesis. México, 2005. CONAGUA, SEMARNAT. Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2006 - 2008, 2010 - 2012. México. 2006 - 2008, 2010, 2011 y 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2014

Además, dentro de la sección de disponibilidad del agua del conjunto básico, se localizó el indicador *Acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina y/o bajo el fenómeno de salinización de suelos o aguas subterráneas salobres*. En la información complementaria de este indicador, se menciona al *Índice de*

sobreexplotación de los acuíferos sobreexplotados y se muestran en un apartado adicional, los valores obtenidos de la *Relación extracción/recarga* de 119 acuíferos. En la Tabla 3.5 se pueden observar los resultados de la relación aplicada a cuatro acuíferos en los años 2007, 2008 y 2009.

Tabla 3.5 Información sobre la relación extracción/recarga de algunos acuíferos.

Región Hidrológico-Administrativa	Unidad Hidrogeográfica (acuífero)	Cuenca	Relación Extracción/Recarga		
			2007	2008	2009
XIII	Zona Metropolitana de la Cd. de México	Río Moctezuma	1.82	1.22	1.22
XIII	Chalco-Amecameca	Río Moctezuma	1.73	1.26	1.26
XIII	Texcoco	Río Moctezuma	9.58	1.14	1.14
XIII	Cuautitlán-Pachuca	Río Moctezuma	2.38	2.10	2.11

Notas:

1) Cuando la relación extracción/recarga > 1 (es mayor a uno), el acuífero se considera sobreexplotado.

Fuentes:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México, ediciones 2008 y 2010. México 2008 y 2010.

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2014

3.3 El Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG)

La Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (2008), en el artículo primero, y haciendo referencia al inciso B del artículo 26 constitucional, señala que el Estado debe contar con un Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), cuyos datos se consideran oficiales. Asimismo, señala al Instituto Nacional de Estadística y Geografía como el organismo responsable de normar y coordinar el SNIEG (art. 52).

Por su parte, esta Ley define al SNIEG como el conjunto de unidades organizadas a través de subsistemas, que están a cargo de producir información sobre temas específicos. Las unidades o áreas administrativas cuentan con atribuciones para desarrollar actividades estadísticas y geográficas y pueden obtener información de otros organismos, de dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como de las entidades federativas y los municipios (art. 2). Cabe

señalar que las unidades del Estado participan en el sistema, por medio del Consejo Consultivo Nacional, los Comités Ejecutivos de los subsistemas y los Comités Técnicos Especializados (art. 8).

Además, el Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente, en su componente de medio ambiente, tiene a cargo la descripción del estado y las tendencias del ambiente. Este subsistema es el responsable de generar indicadores sobre el tema de agua, atmósfera, suelo, flora, fauna, residuos peligrosos y residuos sólidos (art. 27).

Estos indicadores se elaboran a partir de la información de: 1) el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos (SNIARN), 2) un sistema integrado de inventarios y encuesta sobre recursos naturales y medio ambiente y 3) los registros administrativos que permitan obtener la información requerida (art. 28).

Por otro lado, el artículo 56 menciona que el Instituto, en coordinación con las Unidades, debe establecer el Catálogo Nacional de Indicadores, ajustándose a los criterios dispuestos en los artículos 22, 25 y 28.

3.3.1 Sitio Institucional del INEGI

Conforme a lo señalado en la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (2008) y el análisis de contenido de INEGI (2015), se determinaron los enlaces de interés presentados en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Enlaces de interés en el sitio del INEGI

INEGI
SNIEG
1. Catálogo Nacional de Indicadores
1.1 Tema
1.1.1 Medio Ambiente
a. Agua

Fuente: Elaboración propia a partir de consulta de INEGI, 2015

El apartado del Catálogo Nacional de Indicadores (CNI) señala que éste se integra por 188 indicadores Clave, los cuales son generados periódicamente por 13 dependencias de la Administración Pública Federal, así como por 4 organismos autónomos.

En la sección correspondiente al tema del agua del CNI, se presentan los siguientes 3 indicadores:

- *Grado de presión sobre los recursos hídricos.*
- Población con acceso a los servicios de alcantarillado y saneamiento básico
- Población con acceso a servicios de agua entubada.

Cada indicador cuenta con las secciones de Metadato y Series estadísticas. La primera está integrada por los enlaces de: 1) Características generales, 2) Fuente/Proyecto y 3) Documentación soporte. La segunda está conformada por las series estadísticas del indicador, clasificadas por periodo o por variable.

La Tabla 3.6 resume la información mostrada en los primeros dos enlaces del metadato del indicador *grado de presión sobre los recursos hídricos*. Es importante resaltar que la aplicación del indicador es a nivel nacional y por RHA.

Tabla 3.6 Información sobre el grado de presión sobre los recursos hídricos presentada en el sitio de INEGI.

Grado de presión sobre los recursos hídricos	
Tema/subtema	Medio ambiente / Medio físico natural / Agua
Objetivo	Estimar el efecto de la utilización del agua sobre los recursos hídricos, mediante la determinación del porcentaje que representan los usos consuntivos respecto al total de agua renovable, a fin de incidir en la toma de decisiones dirigidas a la sustentabilidad de los Recursos Hídricos.
Definición	Es el porcentaje de agua utilizada para usos consuntivos respecto al agua renovable total.
Unidad de medida	Porcentaje.
Periodicidad	Anual
Escala y periodo de información presentada	Nacional: 2003 a 2013 RHA: 2003 a 2013
Forma de cálculo	$GP = \left(\frac{U_{AGRI} + U_{ARAP} + U_{IND}}{AREN} \right) 100$ <p><i>GP</i> Grado de presión o porcentaje de agua utilizada para usos consuntivos respecto al agua renovable en el año <i>t</i>.</p> <p><i>U_{AGRI}</i> Volumen de agua concesionada para uso agrícola en el año <i>t</i>.</p> <p><i>U_{ARAP}</i> Volumen de agua concesionada para abastecimiento público en el año <i>t</i>.</p> <p><i>U_{IND}</i> Volumen de agua concesionada para industria abastecida en el año y termoeléctricas <i>t</i>.</p> <p><i>ARENU</i> Agua renovable en el año <i>t</i>.</p>
Medios de difusión	Atlas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Unidad del Estado responsable	Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación.
Política pública donde se utiliza	Sustentabilidad de los recursos hídricos.
Estándares o recomendaciones nacionales y/o internacionales	Objetivos de desarrollo del Milenio. Organización de las Naciones Unidas. En los objetivos del Desarrollo del Milenio, este indicador se identifica como <i>Proporción del total de recursos hídricos utilizada</i> .

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, 2015

Por otro lado, el enlace de Documentación soporte, muestra los documentos mediante los cuales se incorporó el indicador al CNI, dentro de éstos destaca el dictamen por el cual el Comité Técnico Especializado de Información, en materia de

Agua (CETAGUA) aprobó, en el 2012, la propuesta de incorporación al catálogo, de un conjunto de indicadores en materia de agua. Dentro de esta propuesta se incluía, entre otros indicadores, al de *Intensidad de uso del agua subterránea*, que a pesar de ser el único directamente relacionado con la gestión del agua subterránea, no se aceptó (CETAGUA, 2012).

A este respecto, CETAGUA (2012), menciona que los criterios para la aceptación de los indicadores fueron:

1. Los indicadores “resultan” necesarios para sustentar el diseño, seguimiento y evaluación de políticas públicas de alcance nacional.
 - a. Son relevantes para el diseño, seguimiento y evaluación de las acciones de la Agenda del Agua 2030.
 - b. Se emplean para monitorear los objetivos estratégicos del Plan Nacional del Desarrollo, así como el Programa Nacional Hídrico.
 - c. Forman parte de diferentes iniciativas internacionales en las que México participa como: los Objetivos de Desarrollo del Milenio y la Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible (ILAC).
2. Se elaboran con rigor metodológico, en congruencia con las mejores prácticas estadísticas nacionales e internacionales, y con información de calidad.
3. Se producen periódicamente y cuentan con un calendario de actualización con el fin de que se les dé un seguimiento.

3.4 Consideraciones Finales

La paulatina reducción en los programas sectoriales de turismo de acciones concretas que permitan dar seguimiento a los planes, inicialmente trazados en la Política y Estrategia Nacional para el Desarrollo Turístico Sustentable, para el desarrollo y aplicación de un sistema de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos, coincide con la disminución de subtemas relacionados con la categoría ambiental del modelo inicialmente propuesto para la institución.

Asimismo, la eliminación del término *Agenda 21* de los instrumentos de planeación, la escasa información actualmente publicada en el portal de la SECTUR sobre la aplicación del sistema de indicadores de sustentabilidad, así como el mayor interés por determinar indicadores que sólo se enfocan en el aspecto económico, reflejan la poca importancia por parte de la Secretaría por evaluar el impacto que generan las actividades turísticas sobre los ecosistemas de los destinos.

Además, aunque la SECTUR cuenta con áreas específicas encargadas de la gestión sustentable de los destinos turísticos, es evidente que se les ha dado pauta para que justifiquen su desatención, en la falta de claridad de sus responsabilidades, al no incluir en los programas correspondientes, como en el caso del sistema de indicadores, los antecedentes y acciones para su aplicación y seguimiento. Lo que también se ve reforzado por la ausencia de un Reglamento a la Ley General de Turismo publicada desde el 2009.

Aunado a esto, las pobres prácticas de conservación, difusión y acceso a la información; además de los desestabilizantes cambios de gobierno, son factores que limitan la aplicación del sistema de indicadores dentro y fuera de la institución. Lo que se refleja en la falta de un documento que describa los antecedentes y resultados, así como la metodología para el cálculo de cada indicador.

En este sentido, resultó más factible obtener información sobre la metodología para el cálculo del *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)*, aunque sólo para el nivel nacional y por RHA, a partir de los sitios institucionales de la SEMARNAT y el INEGI; que para este indicador y el *grado de presión hídrico sobre el acuífero* desde la propia SECTUR.

Además, es importante señalar que, aunque la SEMARNAT no determina el *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)* para la escala de aguas subterráneas o acuíferos, sí lo hace para otros indicadores relacionados con la definición

conceptual de éste. Entre éstos se encuentra la *intensidad de uso del agua subterránea*, que a pesar de haberse propuesto para su inclusión en el CNI, no se aceptó.

Por lo que hasta este momento, es importante observar que las referencias de la SECTUR, la SEMARNAT y el INEGI; tanto para el cálculo del *grado de presión sobre el/los recurso(s) hídrico(s)*, como para otros indicadores del agua, conducen a la CONAGUA. Lo que se explica al atender la definición del indicador, donde el consumo de agua por diferentes sectores, no incluye explícitamente al turístico o por lo menos el de servicios.

Teniendo esto en mente, será fundamental la revisión del siguiente capítulo para establecer la metodología del cálculo del indicador.

CAPÍTULO 4. EL GRADO DE PRESIÓN EN LA CONAGUA

En el presente capítulo se expone el marco regulatorio sobre *el grado de presión sobre el recurso hídrico*, así como la metodología empleada por la CONAGUA para su cálculo y se evalúa su aplicación sobre las aguas subterráneas y/o acuíferos. Asimismo, se identifican las principales unidades administrativas y sistemas de información relacionados con la generación y el empleo del indicador. Además, se determinan las principales funciones de los indicadores que conforman estos sistemas, así como el grado de articulación entre éstos y los de la SECTUR, la SEMARNAT y el INEGI.

4.1 Marco Regulatorio

La Comisión Nacional del Agua es el órgano administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la SEMARNAT, responsable de la gestión del agua en México, cuya misión es: “administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general” (CONAGUA, 2011, p.81).

El Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua (2012) estipula que ésta se rige por la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y por las demás disposiciones legales y programas aplicables, así como por los reglamentos, decretos, acuerdos y órdenes del Presidente de la República.

El artículo primero de la Ley de Aguas Nacionales (2014), establece que ésta tiene como objetivo: regular la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad.

La LAN (2014) define el término “uso”, como la “aplicación del agua a una actividad que implique el consumo, parcial o total de ese recurso” (p.7). En este contexto, el

Reglamento de la LAN (2014), considera los siguientes usos: agrícola, agroindustrial, doméstico, acuacultura, industrial, pecuario, público urbano, servicios y usos múltiples.

En este sentido, esta ley establece que el “uso” de las aguas nacionales debe realizarse por medio de títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal, a través de la CONAGUA y los Organismos de Cuenca (CONAGUA, 2013).

Además, es importante señalar que conforme lo señalan la LAN (2014) y su reglamento, para llevar a cabo el “uso” de las aguas nacionales, destinadas a los servicios de agua con carácter público urbano o doméstico se otorga un título de concesión, cuando el solicitante es una persona física o moral de carácter público o privado, mientras que el título de asignación se concede a los municipios, a los estados o al Distrito Federal. Asimismo, en el caso de que estas entidades no puedan prestar directamente el servicio, la asignación de agua puede otorgarse a organismos o entidades paraestatales o paramunicipales que presten el servicio de agua potable y alcantarillado.

Conforme la LAN (2014) lo señala, la diferencia entre un título de concesión y asignación radica en que el primero se otorga a personas físicas o morales de carácter público y privado, mientras que el segundo se concede a los municipios, a los estados o al Distrito Federal.

Asimismo, el artículo 22 de esta ley establece que para el otorgamiento de los títulos de concesión o asignación debe tomarse en cuenta la *disponibilidad media anual de agua* de la región o cuenca hidrológica, o del acuífero en el que se desea realizar el aprovechamiento. Además de la normatividad en materia de control de la extracción, explotación, uso o aprovechamiento de las aguas, así como la relacionada con las zonas reglamentadas, vedas y reservas.

En este mismo artículo, se indica que la Comisión debe publicar, dentro de los primeros tres meses de cada tres años, la disponibilidad de aguas nacionales por cuenca hidrológica, región hidrológica o localidad, la cual puede consultarse en las oficinas del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y a través del Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua (SINA).

Las disponibilidades de 653 unidades hidrogeológicas o acuíferos, así como de 731 cuencas hidrológicas, se encuentran publicadas en el acuerdo del DOF del 31 de diciembre del 2013. Esta información se basa en la NOM-011-CONAGUA-2000, Conservación del Recurso Agua, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales (CONAGUA, 2014a).

Para el caso especial de las aguas subterráneas, el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2014) establece que:

“Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional” (p.27).

Al respecto, es importante destacar que el 5 de abril del 2013, el Ejecutivo Federal firmó 8 acuerdos de carácter general mediante los cuales se suspende provisionalmente el libre alumbramiento de las aguas subterráneas de un total de 333 acuíferos, distribuidos a lo largo de 23 entidades federativas (CONAGUA, 2015).

Por otro lado, la LAN establece tres tipos de zonas para controlar la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas tanto de los acuíferos como de las cuencas y regiones hidrológicas del país. A saber:

- Las zonas de veda son aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas o regiones hidrológicas donde no es posible la autorización de concesiones o asignaciones de agua adicionales a las establecidas, debido al deterioro del agua, ya sea en cantidad o calidad, así como a la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
- Las zonas reglamentadas son áreas que debido a: “sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica” (p.8). La CONAGUA (2014a) establece que en estas zonas aún existe *disponibilidad media anual de agua subterránea*, por lo que es posible seguir otorgando concesiones o asignaciones, sin rebasar el volumen disponible.
- Las zonas de reserva, son áreas determinadas donde se establecen limitaciones para la explotación, uso o aprovechamiento de una parte o del total de las aguas disponibles. Esto con el objetivo de “prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública” (LAN, 2014, p.8).

4.1.1 Principales Unidades Administrativas Relacionadas con la Generación y el Empleo del Indicador.

El SINA y los SIRAS

La LAN (2014) menciona que la planificación y programación nacional hídrica y de las cuencas se sustenta en el SINA y los Sistemas Regionales de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del Agua (SIRAS), cuya creación y desarrollo están apoyados por la Comisión y los Organismos de Cuenca (art. 15).

Las Regiones Hidrológico-Administrativas y Organismos de Cuenca

La Comisión ejecuta sus funciones a través de 13 Organismos de Cuenca con ámbito de competencia en las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas en las que se ha dividido el país para fines de administración y preservación del agua. Además, cuenta con 20 direcciones locales, ubicadas en las entidades federativas donde no existen sedes de los organismos (CONAGUA, 2014a).

Cabe señalar que dichas regiones están integradas por agrupaciones de cuencas hidrológicas, que conjuntamente con los acuíferos, constituyen la unidad de gestión de los recursos hídricos, que para facilitar la información socioeconómica, respetan los límites municipales. Asimismo, es importante considerar que una cuenca hidrológica está conformada a su vez por subcuencas y microcuencas (CONAGUA 2013; LAN, 2014).

Por su parte, el Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua (2006) señala que la Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, la Subdirección General de Planeación, la Gerencia del SINA, la Gerencia de Planeación Hídrica, la Subdirección General Técnica y la Gerencia de Aguas Subterráneas, tienen atribuciones relacionadas con la generación, integración, administración, actualización y difusión de la información relacionada con los indicadores de cantidad, calidad, usos y conservación del agua a nivel nacional, por región hidrológica administrativa, así como por cuenca hidrológica, subcuenca y acuífero (art. 26,48,49, 50, 52 y 53).

Es importante destacar que el Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua del 2012, comparado con el del 2006, conserva los artículos 26, 50 y 52, pero modifica el 48 y 49. El artículo 48 especifica la sustitución de la Subdirección General de Programación por la Subdirección General de Planeación, manteniendo las mismas atribuciones en lo que se refiere a los indicadores del agua. Sin embargo, el artículo 49 menciona el reemplazo de la Gerencia del SINA por la

Gerencia de Cooperación Internacional y además modifica, completamente, la fracción I, dejando en manos de una sola unidad, las actividades relacionadas con la administración del SINA y los SIRAS.

4.2 Aplicación

En esta sección se expone el análisis del contenido del portal institucional de la CONAGUA, así como del discurso de la entrevista realizada a la Jefa de Proyecto del SINA. Asimismo se analiza la metodología para el cálculo del indicador de interés y se evalúa su aplicación en la escala de aguas subterráneas y/o acuíferos. De la misma manera, se establecen los usos que se les da a los indicadores del SINA y su vinculación con los sistemas ambientales y de sustentabilidad turística analizados en el capítulo anterior.

4.2.1 Sitio Institucional

De acuerdo con lo señalado en la LAN (2014) y en el Reglamento Interior de la CONAGUA (2006, 2012), así como el análisis de contenido de CONAGUA (2014b), se determinaron los enlaces de interés mostrados en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1 Enlaces de interés en el sitio de la CONAGUA

CONAGUA		
AGUAS NACIONALES		TRÁMITES Y SERVICIOS
1. Agua Subterránea 1.1 Disponibilidad del agua subterránea 1.2 Disponibilidad por acuífero	2. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). 2.1 Reporteador temático y visor geográfico. 2.2 Atlas digital del agua. 2.3 Publicaciones estadísticas y geográficas.	1. Registro Público de Derechos de Agua (REPDA). 1.1 Consulta a la base de datos del REPDA. 1.2 Estudios de disponibilidad, vedas y reservas. 1.3 Información estadística a. Títulos y volúmenes de aguas nacionales y bienes inherentes por uso de agua.

Fuente: Elaboración a partir de consulta en CONAGUA, 2014.

En la sección denominada Reporteador Temático y Visor Geográfico se muestran los indicadores del SINA. Sin embargo, sólo se publican los valores de los

indicadores y sus variables, así como de algunas gráficas comparativas, sin considerar información importante como la definición, justificación, datos, metadato, etc., que tanto la SEMARNAT como el INEGI sí emplean en la presentación de sus conjuntos de indicadores.

Así mismo, el indicador *grado de presión sobre el recurso hídrico* se maneja en la escala nacional y por región hidrológico-administrativa, como en el caso de INEGI y SEMARNAT, agregando además valores del indicador por país.

En el Reporteador se observa que el *grado de presión sobre el recurso hídrico*, se obtiene a partir de relacionar las variables de *volumen total de agua concesionado* y *agua renovable media*; y expresarlas en unidades de porcentaje.

Además, la variable *agua renovable* aparece dentro del Reporteador como un indicador, el cual se puede calcular al sumar el *escurrimiento natural medio superficial total* y la *recarga media total de acuíferos*¹⁴.

Agua Renovable

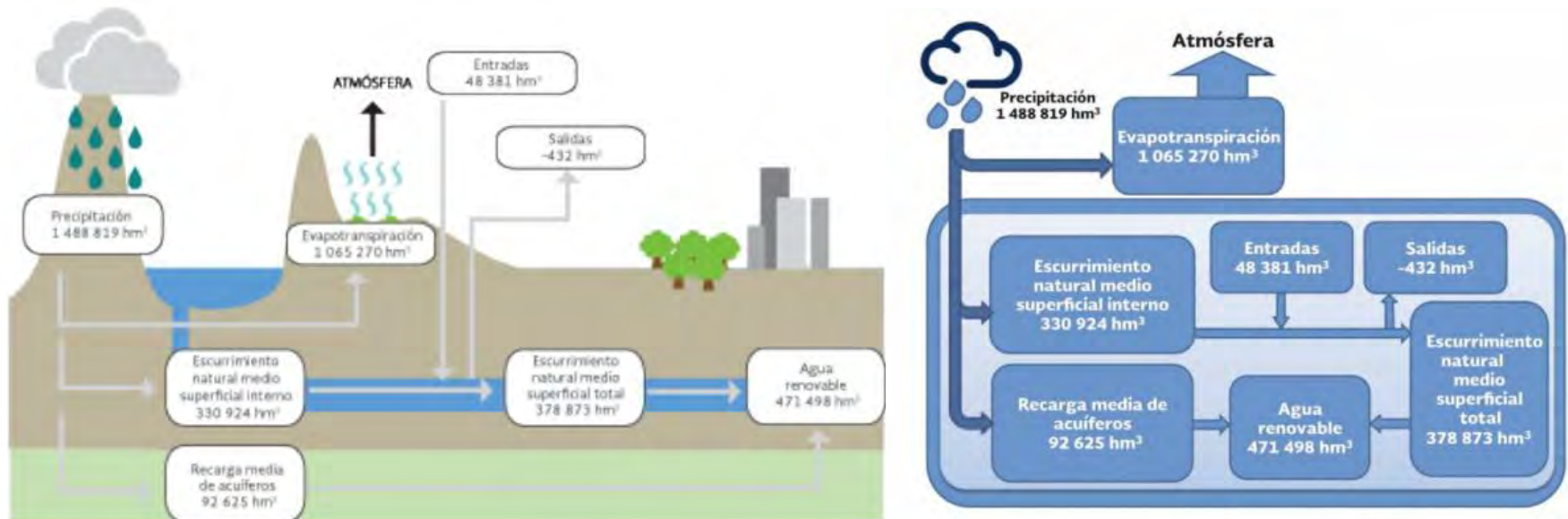
Gleick (2002 citado por CONAGUA, 2013, 2014) define al *agua renovable* como la cantidad de agua máxima que se puede explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que se renueva por la lluvia, más el agua que proviene o se envía a otras regiones o países (balance de importaciones y exportaciones).

El *agua renovable* se calcula a partir de la *recarga total anual de los acuíferos* y el *escurrimiento natural medio superficial total*, que se compone de la suma del *escurrimiento natural medio superficial interno anual* y los flujos de entrada y salida de agua a otras regiones (CONAGUA, 2013, 2014).

¹⁴Esta información coincide con lo señalado en los documentos de Estadísticas del Agua en México que pueden consultarse en la sección de Publicaciones y Estadísticas Geográficas.

Para una mejor comprensión, en el Gráfico 4.1 se muestran los componentes del ciclo hidrológico en México, así como sus valores medios.

Gráfico 4.1 Valores medios anuales de los componentes del ciclo hidrológico en México.



Fuente: CONAGUA, 2013, 2014.

Grado de Presión sobre el Recurso Hídrico

Es así como en la Tabla 4.1 se observa que la Comisión obtiene la variable de *agua renovable*, a través de sumar el valor del *escurrimiento natural medio superficial total* con el de la *recarga media total de acuíferos*. Asimismo, al dividir el *volumen total concesionado* entre el *agua renovable* y multiplicarlo por 100, calcula el *grado de presión sobre el recurso hídrico*.

Es importante notar que tanto el valor del *agua renovable*, como el del *volumen total concesionado*, calculados a nivel nacional, corresponden a la suma de los valores de cada RHA.

Tabla 4.1 Clasificación de México y sus regiones hidrológico-administrativas, a partir de los valores del grado de presión y sus variables.

RHA		Escurrimiento natural medio superficial total 2011-2018	Recarga media total de acuíferos (hm ³ /año) 2011-2018	Agua renovable (hm ³ /año) 2011-2018	Volumen total concesionado (hm ³) 2013	Grado de presión (%)	Clasificación de acuerdo al grado de presión
I	Península de Baja California	3 341	1 658	4 999	3 434	68.7	Alto
II	Noroeste	5 073	3 251	8 325	6 317	75.9	Alto
III	Pacífico Norte	22 650	3 290	25 939	10 228	39.4	Medio
IV	Balsas	17 057	5 842	22 899	10 702	46.7	Alto
V	Pacífico Sur	30 800	1 551	32 351	1 510	4.7	Sin estrés
VI	Río Bravo	6 857	5 900	12 757	9 145	71.7	Alto
VII	Cuencas Centrales del Norte	5 745	2 320	8 065	3 761	46.6	Alto
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	26 005	9 749	35 754	15 012	42.0	Alto
IX	Golfo Norte	24 146	3 969	28 115	5 777	20.5	Medio
X	Golfo Centro	90 419	4 705	95 124	4 931	5.2	Sin estrés
XI	Frontera Sur	141 128	22 718	163 845	2 241	1.4	Sin estrés
XII	Península de Yucatán	4 541	25 316	29 856	3 814	12.8	Bajo
XIII	Aguas del Valle de México	1 112	2 357	3 468	4 779	137.8	Muy alto
	Total Nacional	378 873	92 625	471 498	81 651	17.3	Bajo

Fuente: Elaboración propia a partir de información localizada en CONAGUA, 2013, 2014.

4.2.2 Discurso por parte de la Gerencia del SINA

Gestión de los Indicadores del SINA

Se reconocen las áreas que asisten al SINA y se señala la importancia de éstas en la obtención de datos para la generación de los indicadores. Asimismo se destaca a la unidad responsable del REPDA.

En cuanto al indicador grado de presión a nivel nacional, se confirma que los valores de las variables necesarias para su cálculo, se determinan a partir de la integración de los datos de cada RHA.

Escala del Indicador

Se aclara que el SINA sólo presenta los valores del indicador *grado de presión sobre el recurso hídrico* aplicado a nivel nacional y por RHA, ya que son los únicos que se generan, debido a la simplicidad que existe en el procesamiento de la información, ya que las variables necesarias forman parte de las bases de datos manejadas por diferentes áreas de la institución.

Se indica que con base en la definición del indicador es posible su aplicación en el nivel de acuífero, sin embargo se señala que no se ha considerado realizar este cálculo. Asimismo, se recomienda obtener la información relacionada con el consumo de agua a través del REPDA y para el caso del sector turístico, dado que la CONAGUA no lo considera, solicitarla al organismo operador correspondiente.

Al mismo respecto, no se responde de manera contundente si actualmente se pone atención especial a la gestión del agua subterránea o si existen planes para esto y en su lugar, se recomienda preguntar directamente al área encargada.

Funciones de los Indicadores

Se infiere que los indicadores mostrados en el sitio de la CONAGUA se usan como herramientas de difusión de la información. Además se menciona que aunque están dirigidos al público en general, existen conceptos que para su comprensión requieren de conocimientos previos adquiridos antes y durante el nivel medio superior.

Asimismo, se concluye que los indicadores nacionales se emplean como soporte de cuestiones legislativas, al señalar que pueden integrarse en “enmarcamientos legislativos”.

Por otro lado, aunque se afirma que, el *grado de presión sobre el recurso hídrico* se emplea para la planeación de los recursos hídricos a nivel nacional, no se refiere información específica que demuestre que se utiliza en la toma de decisiones en éste o en otros niveles.

Articulación Interinstitucional para la conformación del SINA y los Sistemas de Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad Turística

Se infiere que no existe una vinculación entre el SINA y los sistemas de la SEMARNAT y la SECTUR, ya que sólo se reconocen los indicadores del SINA. Sin embargo, sí hay evidencia de articulación con el INEGI, al hacer referencia sobre el conocimiento del SNIEG, así como a la participación de la CONAGUA dentro del comité de éste sistema y de la necesidad de uniformizar criterios en la elaboración de los indicadores.

Futuro de los Indicadores

Se declara que, con excepción de los indicadores del Programa Nacional Hídrico, actualmente no existen planes para incluir nuevos indicadores al SINA, ni tampoco

para aplicar, los ya existentes, a otras escalas. Esta condición se justifica en la insuficiente disponibilidad de “recursos humanos y económicos”.

Sin embargo, se reconoce el papel de las universidades en la realización de investigaciones en el nivel local, por lo que se concluye que estas instituciones serían las únicas iniciativas viables para la generación de nuevos indicadores, así como para su aplicación en otras escalas.

4.3 Consideraciones Finales

Aun cuando el cálculo del *grado de presión sobre los recursos hídricos* de una Región Hidrológico-Administrativa, requiere la integración de la información de sus cuencas, subcuencas y microcuencas, ésta no se ha reflejado en la obtención del indicador en estos subniveles, ni en el empleo específico en la escala de aguas subterráneas o acuífero. Por lo que la falta de sistematización y/o coordinación interinstitucional, como en el caso de la SEMARNAT¹⁵ y la SECTUR, podrían ser algunos de los factores que limitan el cálculo del *grado de presión sobre los recursos hídricos*, así como de otros indicadores en otros niveles.

Por otro lado, se observa que la principal función de éste y otros indicadores del SINA, se ha reducido a su publicación dentro del portal institucional, así como en los reportes anuales de Estadísticas del Agua en México o en señalamientos legislativos.

En cuanto a la utilización del indicador dentro del proceso de gestión del recurso, se observa que aunque se incluye en el Programa Nacional Hídrico, no existen evidencias suficientes que soporten su empleo en la toma de decisiones.

¹⁵La cual muestra reportes de iniciativas donde se aplican indicadores relacionados con el consumo y disponibilidad de agua en otras escalas, pero sin el grado de sistematización empleado en la presentación de los indicadores de los conjuntos básico y clave de indicadores del SNIA.

Por lo anterior, será fundamental la revisión del capítulo siguiente, donde se indagará más sobre la posible aplicación y metodología empleada para el *cálculo del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel*.

CAPÍTULO 5. EL GRADO DE PRESIÓN HÍDRICO SOBRE EL ACUÍFERO DE LA ISLA DE COZUMEL

En el presente capítulo se mencionan las características generales de la Isla de Cozumel, para posteriormente centrarse en los antecedentes administrativos y regulatorios que enmarcan las variables relacionadas con el *grado de presión hídrico sobre el acuífero* de la isla. Además, se analiza la validez de los valores asignados por la CONAGUA para la *disponibilidad media anual de agua subterránea* en el acuífero y se propone una expresión para la obtención del *grado de presión* en el sitio de estudio. Asimismo, se describen las características generales del acuífero, su funcionamiento hidráulico y los antecedentes sobre el monitoreo de la concentración salina del agua. Finalmente, se evalúa el estado actual del monitoreo, así como el empleo del indicador y sus variables, por los representantes de diferentes unidades administrativas de la CONAGUA y de la CAPA Cozumel, relacionadas con la gestión del agua en la isla.

5.1 Generalidades

La Isla de Cozumel se localiza al noreste de la Península de Yucatán, a 17.5 Km de la costa de la ciudad de Playa del Carmen, cuenta con una superficie de 502 Km², una longitud máxima de 45 Km y un ancho de 15 Km, posee una elevación media de 4 m.s.n.m, sin embargo, la parte oriental presenta elevaciones hasta de 11 m.s.n.m. Sus coordenadas extremas son: 87°02'W 20°16'N; 86°43'W 20°36'N (Acuerdo No. 1, 2013, 21 de mayo; CONANP, 2007; Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., 1987) (ver Gráfico 5.1).

La temperatura promedio anual de la isla es de 24.7 °C, con un mínimo de 19.7 °C y un máximo 31.7 °C. El clima predominante es el cálido húmedo, con abundancia de lluvias en verano y otoño, resultando en una precipitación promedio anual de 1643.7 mm (Acuerdo No. 1, 2013, 21 de mayo).

Tabla 5.1 Volumen concesionado inscrito en el REPDA al 30 de septiembre del 2011

Uso	Volumen concesionado y asignado (millones de m³/año)
Público urbano	8.3519
Servicios	5.6796
Industrial	1.8902
Múltiples	0.0513
Doméstico	0.0006
Agrícola	0.0226
Total	15.9963

Fuente: Elaborado a partir de información proporcionada por CONAGUA, 2012

5.2 Antecedentes

5.2.1 Marco Administrativo

El acuífero que se extiende dentro de la porción total insular del Municipio de Cozumel, correspondiente al Estado de Quintana Roo, ha sido denominado *Acuífero Isla de Cozumel* y se le ha designado la clave 2305 (Acuerdo No. 1, 2013, 21 de mayo). Cabe destacar que pertenece a la Región Hidrológica 32, Yucatán Norte, que a su vez se localiza dentro de la Región Hidrológico-Administrativa XII, Península de Yucatán. En consecuencia, se encuentra dentro de la jurisdicción del Organismo de Cuenca del mismo nombre, así como de la Dirección Local de Quintana Roo, con sede en Chetumal (Acuerdo No. 1, 2013, 21 de mayo; CAPA, 2011).

Por su parte, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (CAPA), organismo público descentralizado, a través de su organismo operador en Cozumel, tiene a su cargo la administración de los aprovechamientos de la llamada “zona de captación”, concedidos en un título de asignación para uso público urbano. Asimismo, tiene la responsabilidad de proporcionar los servicios de agua potable y alcantarillado dentro de la isla (CAPA, 2011).

5.2.2 Marco Regulatorio

Zona de Veda

Con el fin de conservar y proteger los acuíferos de la evidente explotación de las aguas subterráneas, la cual se había estado dado de manera irracional y desordenada, el 23 de marzo de 1981 se publicó en el DOF el decreto que: “declara de Interés público la conservación de los mantos acuíferos del área que circunda los límites geopolíticos de los Municipios de Benito Juárez y Cozumel, Quintana Roo” (p.3).

En este decreto se establecía indefinidamente a la porción total del acuífero de la isla como zona de veda para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas subterráneas. Asimismo, se limitaba la extracción del recurso al uso doméstico y de abrevadero, siempre y cuando se realizara a través de medios manuales. Además, se designaba a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos como la entidad encargada del otorgamiento de los permisos para la ejecución de las obras relacionadas, las asignaciones y concesiones (art. 6).

En este sentido, el artículo 6 y 7 de este decreto, señalan que estas decisiones debían basarse en el estudio geohidrológico correspondiente. De la misma manera, con el fin de evitar la afectación de las reservas de agua subterránea, al existir un volumen mayor de extracción que de recuperación, así como de sancionar las obras que contravinieran lo antes dispuesto, la Secretaría debía conducirse conforme a lo establecido en la Ley Federal de Aguas.

Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea en un Acuífero

La Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 (2012) señala que la *disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica o acuífero* se calcula mediante la siguiente expresión:

Expresión 5.1 Cálculo de la disponibilidad media anual de agua subterránea en una unidad hidrogeológica o acuífero.

$$\begin{array}{r} \text{Disponibilidad} \\ \text{Media Anual de} \\ \text{Agua Subterránea} \\ \text{en una Unidad} \\ \text{Hidrogeológica o} \\ \text{Acuífero} \\ \text{(DAS)} \end{array} = \begin{array}{r} \text{Recarga Total} \\ \text{Media Anual} \\ \text{(R)} \end{array} - \begin{array}{r} \text{Descarga} \\ \text{Natural} \\ \text{Comprometida} \\ \text{(DNCOM)} \end{array} - \begin{array}{r} \text{Volumen} \\ \text{Concesionado} \\ \text{de Agua} \\ \text{Subterránea} \\ \text{(VCAS)} \end{array}$$

Con base en esta norma, CONAGUA (2013) señala que, a partir del 2003, se comenzó a publicar en el DOF, el valor de la *disponibilidad media anual de agua subterránea* de los 653 acuíferos que integran al país, así como su actualización.

En consecuencia, cualquier acuerdo de disponibilidad de agua subterránea presenta los valores del *Volumen Concesionado de Agua Subterránea* (VCAS), la *Recarga Total Media Anual* (R), la *Descarga Natural Comprometida* (DNCOM), y la *Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea en un Acuífero* (DAS).

5.3 Aplicación

En el siguiente apartado se analizan los resultados de la revisión de los estudios técnicos realizados al acuífero Isla de Cozumel, encontrados en la Biblioteca de Aguas Subterráneas de la Comisión, así como la información proporcionada por el Área de Ordenamiento de los Acuíferos, sobre la obtención de la DAS y su aplicación al acuífero.

5.3.1 Antecedentes

Anteriormente, el abastecimiento de agua en la isla era a través de pozos someros y de cenotes. Estos suministros de agua tenían la particularidad de que durante la extracción de agua a caudales mayores de 2 litros por segundo, brotaba agua salada, que al mezclarse con el agua dulce, resultaba poco útil para su consumo.

Debido a esta preocupación, la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1976 inició estudios, principalmente geológicos, para conocer las características del acuífero. Dichos resultados se publicaron en 1978 en una revista informativa de esa institución (Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., 1987).

De acuerdo con estos mismos autores, entre 1978 y 1981, se realizaron otras exploraciones que permitieron mejorar las prácticas de aprovechamiento del recurso y construir un área de pozos en la porción central de la isla. Dentro de éstas, destacan las realizadas por Lesser et al. (1978), así como por Lesser y Asociados S.A. (1982).

Entre 1982 y 1985, se continuó con la construcción del sistema de pozos, detectándose la necesidad de contar con un programa de monitoreo e instrumentación que permitiera controlar la extracción de agua dulce sin inducir efectos nocivos sobre el acuífero. Asimismo, se reconocía que hasta el momento existía una carencia de estudios que permitieran conocer las características reales del funcionamiento hidráulico de dicha zona (Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., 1987).

Es así como para solventar esta situación, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología contrató a la consultora Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A. con el propósito principal de elaborar un programa de operación del área de pozos que garantizara el adecuado abastecimiento de agua a los usuarios. Este estudio debía basarse en una serie de observaciones del comportamiento del acuífero durante un período no menor a un año (Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., 1987).

Al respecto, la consultora destaca que en junio de 1987 se elaboró un informe final en el que entre otras cuestiones, incluye la actualización del modelo conceptual de funcionamiento del acuífero, así como la propuesta de un modelo matemático de simulación del acuífero. Estos modelos se basaban en observaciones realizadas al

acuífero durante 15 meses, las cuales se analizaron e interpretaron, con el apoyo de la información generada en estudios previos a 1986.

Por su parte, el siguiente y último estudio, localizado en la Biblioteca de Aguas Subterráneas, es el elaborado por la Gerencia Regional de la Península de Yucatán, con fecha de octubre del 2003, el cual no hace mención alguna sobre el informe de 1987, ni se asemeja en estructura y profundidad. Por lo que, aunque incluye el cálculo para el balance de aguas subterráneas, así como para la DAS en el acuífero Isla de Cozumel, no menciona la fuente de información ni la metodología para la obtención de las variables, evidenciando con ello la falta de confiabilidad de los valores presentados.

Por otro lado, es importante señalar que no se encontraron informes que hicieran referencia a los acuerdos del 28 de agosto del 2009 y del 20 de diciembre del 2013, que actualizan el valor de la DAS, así como al del 21 de mayo del 2013, cuyo propósito es dar a conocer los estudios técnicos realizados al acuífero.

Por encima de ello, cabe destacar que éstos acuerdos tampoco aclaran la metodología o fuente de información empleada para la obtención de las variables relacionadas con el balance de agua subterránea y la DAS. Además, a excepción de la mención que hacen a los acuerdos anteriores, no señalan los antecedentes de los estudios, ni las referencias bibliográficas que los soportan.

5.3.2 Discurso por el Área de Ordenamiento de Acuíferos

Se declara que la *disponibilidad media anual de agua subterránea* se emplea como un concepto, más de carácter administrativo-legal, que técnico, ya que, debido a que en el país existen 653 acuíferos y al poco presupuesto asignado, sólo se consigue actualizar los valores de la disponibilidad de 20 acuíferos por año. Además, se evidencia que dicha actualización no se basa en estudios recientes y que la Gerencia de Aguas Subterráneas obtiene los valores de las variables

necesarias para el cálculo de la *disponibilidad*, a partir de la información que le proporciona el organismo de cuenca correspondiente, así como del REPDA, donde se destaca que a pesar de que el VCAS sólo incluye el término de volumen concesionado, para su cálculo también se considera el volumen asignado¹⁶.

Para el caso del acuífero Isla de Cozumel, se aclara que aunque en los acuerdos se ha actualizado el VCAS, conforme al REPDA, se ha mantenido el valor de la recarga. Sin embargo, como medida de prevención, se ha empleado un factor que se aplica sobre el volumen de salida subterránea al mar¹⁷. En el 2003 dicho factor fue del 53.8%, mientras que para el 2009 y el 2013, se decidió incrementar hasta el 80%, esto con el fin de impedir un posible avance de la intrusión salina.

5.4 Informe de 1987 por Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A.

Dado que el informe de 1987 es el más completo, se consideró como el último en su tipo, así como la fuente más confiable para la obtención de las variables relacionadas con el *grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel*. Por lo que con base en dicho informe, a continuación se exponen de forma general las características y el funcionamiento hidráulico del acuífero. Asimismo, se identifican los valores de las variables, así como las consideraciones empleadas en su determinación.

5.4.1 Características Generales del Acuífero

Los estudios geohidrológicos de la isla identifican a la formación Cozumel como la más antigua dentro del Terciario. Ésta no aflora en la superficie y se encuentra por debajo de las formaciones Chancanab, Abrigo y Mirador, mientras que las dos últimas afloran totalmente y la primera presenta afloramientos muy pequeños.

¹⁶ Esto se puede corroborar al realizar una búsqueda de los títulos del municipio de Cozumel presentados en el enlace de la base de datos del REPDA, ya que al localizar el otorgado a CAPA, se observa el volumen asignado de 8.325 millones de m³ al 31 de marzo de 2015; coincide, aproximadamente, con el volumen destinado para uso público urbano de la Tabla 5.1.

¹⁷ Afectando con ello indirectamente el valor de la disponibilidad

Las aguas subterráneas de la Isla de Cozumel se encuentran dentro de estas formaciones, que al ser del tipo calcárea, presentan abundancia y distribución espacial irregular de fisuras, fracturas, así como de oquedades y conductos formados por efectos de disolución de las rocas carbonatadas. Por lo que estas características confieren al acuífero una alta permeabilidad, así como una gran heterogeneidad en sus propiedades hidráulicas.

El agua dulce se localiza principalmente en las formaciones superiores, Abrigo y Mirador, mientras que el agua de mayor concentración salina se encuentra en las inferiores, Chancanab y Cozumel. Destacando que la cima de ésta última se sitúa a una profundidad aproximada de 25 a 29 m en el centro de la isla y hasta de 39 en algunas zonas de la costa.

La presencia de una capa de agua dulce en la superficie, que flota sobre un cuerpo de agua de mayor concentración salina, que a pesar de su explotación se ha mantenido, revela una renovación del almacenamiento de agua dulce, debido a la infiltración vertical del agua de lluvia.

Por su parte, el agua salada del fondo puede considerarse como una evidencia de la conexión con el agua de mar del litoral de la isla, o como agua que quedó atrapada en formaciones inferiores menos permeables con poca comunicación con el agua de mar pero con características similares. Es importante destacar la presencia de una zona de transición entre el agua dulce y el agua salada, que llega hasta los límites del litoral.

5.4.2 Modelo Conceptual del Funcionamiento Hidráulico

El modelo conceptual del ciclo hidrológico en la Isla de Cozumel es el de una cuenca hidrológica abierta, donde se efectúan los procesos de recarga y descarga del acuífero. La recarga se produce a través de la infiltración del agua de lluvia, mientras que las descargas se deben al escurrimiento horizontal subterráneo del agua hacia la línea de costa, a las extracciones de agua por la operación de los pozos, así como a la evaporación en zonas donde los niveles estáticos se encuentran cerca de la superficie del terreno (ver Fig. 5.1)

Figura 5.1 Modelo Conceptual del Acuífero Isla de Cozumel



Fuente: CONAGUA, 2012

En la temporada donde no existen precipitaciones en la isla, el acuífero disminuye su volumen de almacenamiento de agua, al llevarse a cabo la extracción de ésta a través de los pozos de aprovechamiento, reflejándose en la disminución de los niveles estáticos. Por otro lado, al caer las lluvias, y debido a que el acuífero posee una entrada natural a través de las regiones donde el agua de lluvia se infiltra al subsuelo, se forman corrientes subterráneas que desembocan en el mar. Por lo que el acuífero se recarga en mayor o menor medida; dependiendo de factores como la permeabilidad, el tamaño de las cavidades de las zonas, así como los niveles piezométricos presentes.

Una vez terminada la precipitación e infiltración, los niveles del acuífero tienden a recuperarse y mantener una altura sobre el nivel del mar, con lo que se produce un

decremento en el flujo de las descargas hacia éste a través del tiempo. Asimismo, la continua extracción del acuífero a través de los pozos contribuye a la disminución del flujo de agua hacia la costa.

En resumen, el acuífero de la isla puede compararse con un gran receptáculo que almacena un volumen variable de agua de lluvia. Esta variación se puede considerar como cíclica, ya que después del periodo de estiaje, se presenta la temporada de lluvias y así en lo sucesivo, con lo que se pueden establecer ciclos hidráulicos que dependen del régimen de lluvia de cada año.

Es importante destacar que este modelo es válido, en tanto no se modifiquen substancialmente las características naturales de la isla; es decir, mientras se mantengan las condiciones de vegetación, pavimentación o construcción, así como no se afecte la descarga del acuífero o en tanto que la extracción de agua se mantenga alejada de la línea de costa y no se propicie la intrusión de agua salada desde del mar.

5.4.3 Variables

Volumen de Almacenamiento Medio de Agua Dulce

Para el cálculo del volumen de almacenamiento de agua dulce se consideró una superficie total del acuífero de 262.7 Km², conformada por dos zonas, la primera se refiere a la zona de captación, con una superficie de 107.6 km²; mientras que la segunda corresponde a la porción suroeste de la isla, denominada El Cedral, con un área de 155.2 Km².

El espesor medio de agua dulce de la zona de captación, resultó de 11.8 m, que para un coeficiente de almacenamiento regional de 6.9% corresponde a un volumen de 87.7 millones de m³. Por su parte, la zona de El Cedral, contó con un espesor medio de 9.8 m, y un volumen de almacenamiento de agua dulce de 105.1 millones de m³.

Recarga Media Anual

La recarga media anual, calculada a partir de resolver un sistema de ecuaciones planteado para el balance hidráulico, resultó de 47.5 millones de m³, de los cuales 29.1 (61.2%) correspondían a la zona de captación, mientras que los 18.4 restantes (38.8%) pertenecían a la zona de El Cedral.

Disponibilidad Hidráulica

La disponibilidad hidráulica se definió como aquella que corresponde al volumen de agua que se puede explotar sin que se induzca una invasión de agua salada, ya sea desde la línea de costa o desde la parte inferior del acuífero, que perjudique la calidad del agua. Además se consideró que esta disponibilidad representa un porcentaje de la recarga que capta el acuífero por infiltración o para el mantenimiento de la interfase salina dentro de una zona que no perjudique la calidad del agua almacenada.

En consecuencia, la recarga se consideró con una variación del orden del 20%, con lo que se estableció un valor mínimo de 38 millones de m³ y un valor máximo de 57 millones de m³. Por lo que a partir del volumen mínimo se propuso disponer de cuando menos el 50%, correspondiente a un valor medio anual de 19 millones de m³. El otro 50% debía conservarse con el objetivo de impedir que la línea interfase salina se moviera desde la costa hacia tierra adentro.

Volumen de extracción

Conforme al inventario realizado por Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., se señala que se encontraron 246 de aprovechamientos subterráneos, entre pozos, norias y cenotes. Dentro de éstos existían 151 pozos que eran operados por el Sistema de Agua Potable de la Isla de Cozumel, los cuales se extendían en 7 campos de extracción, conocidos como Ruta San Miguel, Km 6+200, Km 8+000, Carretera Transversal y los ejes 1, 2 y 3. Para 1986 el volumen de extracción alcanzó un valor de 1.9 millones de m³.

5.5 Propuesta para el Cálculo del Grado de Presión Hídrico sobre el Acuífero Isla de Cozumel

Al tomar como referencia la definición del *grado de presión sobre el recurso hídrico* señalada por la CONAGUA y aplicarla sobre el acuífero Isla de Cozumel, se consideró al *escurrimiento natural medio superficial* como despreciable, por lo que el valor de la variable *agua renovable* se redujo al de la *recarga media anual del acuífero*¹⁸.

Por lo que, para el cálculo del *grado de presión sobre el acuífero Isla de Cozumel* se propone la siguiente expresión:

Expresión 5.2 Cálculo del GP sobre el Acuífero Isla de Cozumel

$$GP = \frac{\text{Volumen Concesionado Anual de Agua Subterránea (VCAS)} \times 100}{\text{Recarga Media Anual del Acuífero (R)}}$$

Es importante señalar que, aunque el VCAS en el acuerdo del 20 de diciembre del 2013 era de 15.95 millones de m³, el valor de 208.7 millones de m³ de la R no resulta confiable, ya que además de no estar soportado en un estudio técnico y de ser el mismo que se ha manejado desde el acuerdo del 31 de enero del 2003, no se aproxima al obtenido en el informe de 1987, ni a los señalados en otros estudios¹⁹.

Debido a lo anterior, no se procedió al cálculo del indicador. Sin embargo, con los valores de la referencia del informe de 1987, se obtuvo el *grado de presión*, así como la *relación de criticidad* en la zona de captación.

5.5.1 Cálculo del Grado de Presión sobre la Zona de Captación del Acuífero

Dado que el informe de 1987 señala los valores, tanto del volumen extraído por el Sistema de Agua Potable de la Isla de Cozumel durante 1986, como el de la recarga

¹⁸ Cabe destacar que para este caso, la definición del *grado de presión* coincide con la *intensidad de uso del agua subterránea* propuesta por la SEMARNAT.

¹⁹ Para mayor información, consultar CONANP, 2007.

en la zona de captación, se propone la Expresión 5.3 para el cálculo del *grado de presión sobre la zona de captación del acuífero*.

Expresión 5.3 Cálculo del GP sobre la Zona de Captación del Acuífero

$$GP_{ZC} = \frac{\text{Volumen Extraído por el Sistema de Agua Potable (VE}_{SAP})}{\text{Recarga Media Anual de la Zona de Captación (R}_{ZC})} \times 100$$

Donde:

$$R_{ZC} = 29.1 \text{ millones de m}^3.$$

$$VE_{SAP} = 1.9 \text{ millones de m}^3.$$

Por lo que:

$$GP_{ZC} = 6.53 \%$$

El valor obtenido es menor al 40 %, por lo que para 1986 y conforme a la clasificación de Alcamo *et al.* (2000), la zona de captación del acuífero se ubicaba en la categoría de sin estrés hídrico.

5.5.2 Cálculo de la Relación de Criticidad en la Zona de Captación del Acuífero

Conforme a la definición conceptual de la RC, donde se menciona a la variable *agua disponible* en vez de *agua renovable*, se propone la Expresión 5.4 para el cálculo de la *relación de criticidad en la zona de captación del acuífero*.

Expresión 5.4 Cálculo de la RC en la Zona de Captación del Acuífero

$$RC_{ZC} = \frac{\text{Volumen Extraído por el Sistema de Agua Potable (VE}_{SAP})}{\text{Volumen Medio de Agua Disponible en la Zona de Captación (D}_{ZC})} \times 100$$

Donde:

$$VE_{SAP} = 1.9 \text{ millones de m}^3$$

$D_{ZC} = 11.64$ millones de m^3 . Conforme a lo considerado por Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A., para el conjunto conformado por la zona de captación y la de El Cedral y aplicándolo únicamente a la zona de captación²⁰.

Por lo que:

$RC = 16.32 \%$

El valor obtenido es mayor al 10 %, pero menor al 20%, por lo que para 1986 y conforme a la clasificación de Alcamo *et al.* (2000), la zona de captación del acuífero se ubicaba en la categoría de estrés hídrico bajo.

5.6 El Monitoreo de la Concentración Salina del Acuífero

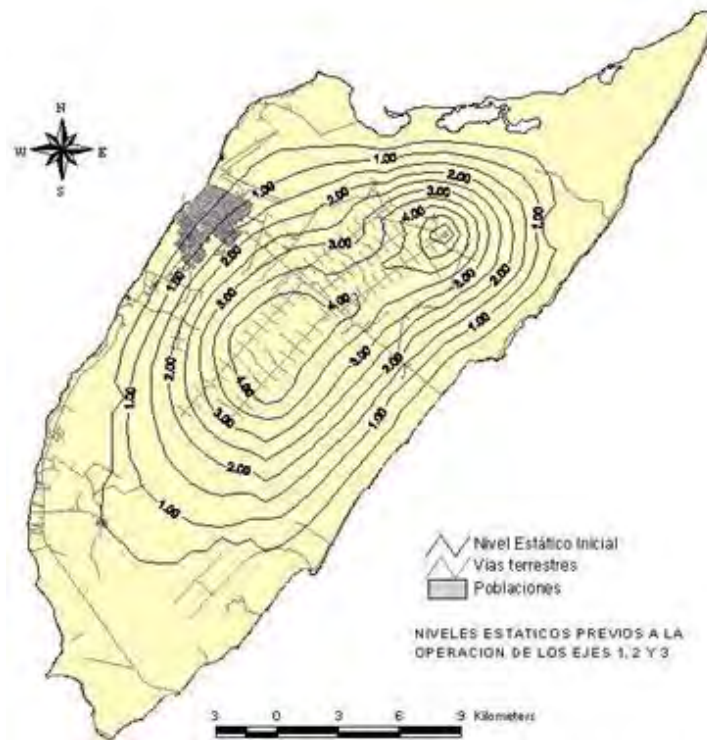
5.6.1 Importancia

El acuífero de la isla, debido a sus condiciones hidrogeológicas, presenta una alta vulnerabilidad al deterioro de la calidad de sus aguas, ya que pueden ser afectadas por diversos contaminantes biológicos y fisicoquímicos. Las oquedades y fracturas del terreno kárstico, de alta permeabilidad, la ausencia de un medio poroso que funcione como material filtrante, así como la escasa profundidad del nivel del agua subterránea, permiten tanto el fácil acceso de los contaminantes al subsuelo, como su rápida propagación dentro del acuífero.

De acuerdo con CONAGUA (2012), las profundidades del nivel freático del agua, a partir de la superficie del terreno, son menores de 1m en la zona costera, mientras que en la parte central de la isla fluctúan entre 4.5 y 7m (Gráfico 5.2).

²⁰ El 20% de valor $R_{ZC} = 29.1$ corresponde a un valor mínimo 23.28 millones de m^3 , por lo que el volumen medio disponible se considera como el 50% de éste.

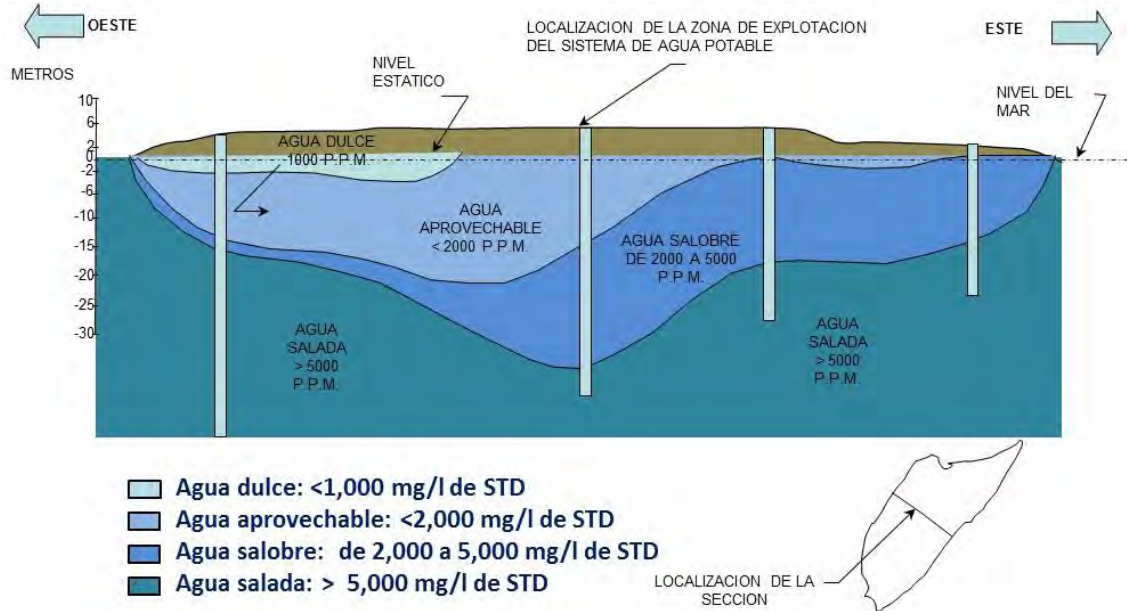
Gráfico 5.2 Profundidad del nivel estático julio – agosto 1988.



Fuente: CONAGUA, 2012

El agua del acuífero presenta características del tipo cálcica y sódica bicarbonatada o clorurada, por lo que necesita un monitoreo constante tanto de estos iones como los relacionados con su formación (Acuerdo No. 1, 2013, 21 de mayo). Aunado a ello se encuentra el fenómeno de la distribución espacial de las capas de agua dulce y de mayor concentración salina, que varía de acuerdo con la profundidad y la distancia hacia la costa (ver Gráfico 5.3).

Gráfico 5.3 Perfil de salinidad de una sección transversal del acuífero.



Fuente: Tomado de CONAGUA, 2012 y adaptado a partir de Lesser, H., Azpeitia, J. y Lesser, J.M., 1978.

El reducido espesor de la capa de agua dulce, que por su menor densidad, flota sobre las de mayor concentración salina, así como el aumento del espesor de éstas, conforme al patrón de flujo del agua subterránea (del centro a la costa), restringe tanto la velocidad de extracción como la superficie de aprovechamiento del acuífero.

5.6.2 Marco Regulatorio

La Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (2008), define el término de agua potable como aquella que: “presenta las características de carecer de exceso de sales minerales, bacterias y parásitos, y que puede consumirse sin que peligre la salud” (p.4).

Al respecto, la norma oficial mexicana NOM 127-SSA1-1994 (2000), establece los límites permisibles de calidad, así como los tratamientos para la potabilización del agua para uso y consumo humano, aplicable a los sistemas de abastecimiento públicos y privados, así como para cualquier persona física o moral que se encargue de su distribución dentro del territorio nacional. Estos límites se establecen

conforme a las características: 1) microbiológicas, 2) físicas y organolépticas, 3) químicas y 4) radiactivas.

En la tabla 5.2 se muestran algunos parámetros relacionados con el monitoreo de la concentración salina, así como los límites máximos permisibles señalados en la NOM 127-SSA1-1994 (2000).

Tabla 5.2 Parámetros de medición de la concentración salina y límites máximos permisibles

Parámetro	Límite Permissible (ppm)
Cloruros (como Cl ⁻)	250
Dureza total (como CaCO ₃)	500
Sólidos disueltos totales	1000

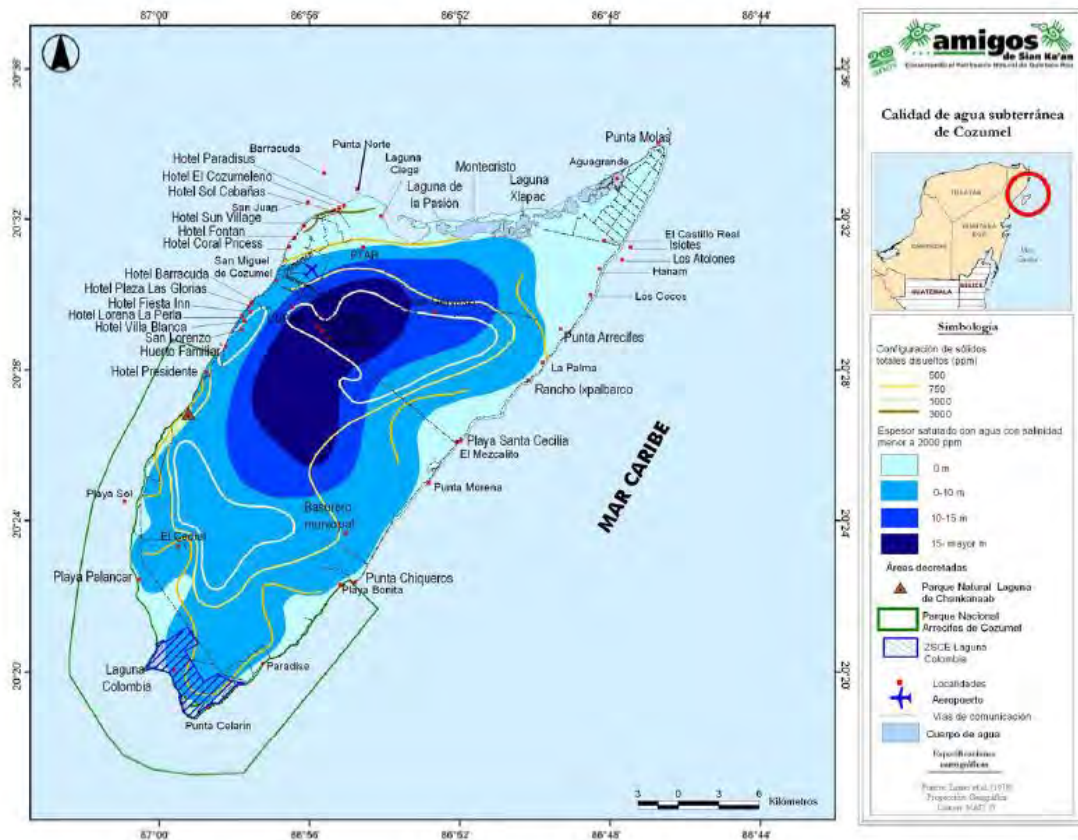
Fuente: Elaboración propia con base en la información proporcionada por la NOM-127-SSA1-1994 (2000)

5.6.3 Antecedentes

El Acuífero

Lesser *et al.* (1978) realizaron un estudio que relaciona el espesor de las capas de agua subterránea con su concentración salina, empleando para ello el parámetro de sólidos disueltos totales. En el perfil se puede observar que el espesor con agua de calidad menor a 2000 ppm varía entre 0 y 15 metros de profundidad, siendo mayor en la parte central de la isla. Además, aunque el espesor de agua con mejor calidad, menor a 1000 ppm, va de 0 a 10 m., la zona con más de 3.5 m de espesor se reduce a una pequeña porción localizada en el centronorte de la isla.

Gráfico 5.4 Configuración del espesor de las capas de agua subterránea, conforme a su concentración salina.



Tomado de CONANP, 2007

Por su parte, Coronado, L., Gutiérrez, M. A. y Cervantes, A. (2011), llevaron a cabo un estudio a lo largo de los meses comprendidos entre noviembre del 2007 y octubre de 2008, durante el cual analizaron, tanto en sitio como en el laboratorio, variables fisicoquímicas como profundidad, temperatura del agua, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, concentración de cloruros, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica. Los resultados mostraron una disminución de los valores de cloruros (principalmente), sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica en la estación de lluvias. Además se destacó que el agua con mejor calidad se encontró en la región centro norte. Asimismo, los pozos con agua de calidad intermedia se hallaron en la zona este, mientras que los de menor calidad se localizaron en la zona oeste, donde de acuerdo con los autores se exceden los estándares nacionales e internacionales del agua para uso y consumo humano; y donde existe una mayor intrusión salina.

La Zona de Captación

Por lo anterior, es razonable que los pozos de aprovechamiento se concentren en la llamada zona de captación, ubicada en la parte central del acuífero, ligeramente al noroeste, donde los estudios antes mencionados, señalan la mejor calidad del agua para consumo humano.

Dicha área actualmente consta de 5 ejes con un total de 144 pozos en funcionamiento, de los cuales se extrae agua con una tasa de extracción de alrededor de 1 litro por segundo (RDCCAPA, 2014).

Wurl y Giese (2005), Zack (2001) y Dolores (2003) han aportado información relevante sobre la concentración salina en la zona de captación. Algunos de estos estudios han sido realizados en colaboración de la CONAGUA y/o la CAPA.

Wurl y Giese (2005) señalan que de los 226 pozos de aprovechamiento que existían en el año 2000, 58 se cerraron a causa de la intrusión salina el agua de mar. Además, declaran que conforme a los análisis mensuales realizados por CAPA, en agosto del 2000 se encontraron 12 pozos con más de 400 mg/L de cloruros. Los autores indican que con base al análisis de muestras tomadas de agua de precipitación, agua subterránea y de mar, así como a cálculos geoquímicos, se determinó que en los últimos dos tipos de agua existe la misma relación entre cloruros y bromuros, lo que significa que la alta mineralización de los pozos debe ser generada por agua de mar. Por otro lado, al analizar la relación cloruros y sulfatos en el agua subterránea y compararla con la del agua de mar, se observó un ligero predominio del ion cloruro en la primera, debido a la reducción del sulfato dentro del acuífero.

Asimismo, estos autores concluyen que la conductividad eléctrica puede emplearse como el parámetro principal para monitorear la intrusión salina en los pozos. Además, consideran que este fenómeno es reversible y que la salinidad de los aprovechamientos se ve afectada por el régimen hidráulico, por lo que destacan que

el cierre de éstos cuando presentan una alta concentración de salinidad, no resulta un método conveniente para resolver el problema, dado que en la zona intermedia entre el agua dulce y el agua salada, puede ocurrir un proceso de disolución de la calcita, causando una mayor permeabilidad del acuífero. En este sentido, proponen el monitoreo constante de la conductividad eléctrica, así como la reducción de la tasa de extracción en caso de que los pozos presenten altas concentraciones de salinidad.

En el año 2001, en el marco de un acuerdo de cooperación técnica del Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA), se promovieron 3 misiones de consultoría (22 mayo – 8 junio; 20 agosto – 3 septiembre; 10 – 24 octubre), a cargo de Allen Zack de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Durante estas visitas se observa un trabajo conjunto entre la Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA y la CAPA en la realización de los estudios de permeabilidad, recarga y espesores de la zona de difusión y dispersión de la zona de captación, así como en las pruebas de la técnica de extracción alternada de agua dulce y agua salada por bombeo mixto (Zack, 2001).

En el informe final de estas visitas se menciona que a partir del análisis de cloruros realizado diariamente por CAPA durante el periodo de enero del 2000 a octubre del 2001, a una muestra compuesta por la suma de agua extraída de los pozos en funcionamiento de la zona de captación, una vez que ha pasado por el proceso de cloración y antes de ser distribuida a la población, se observó que durante la temporada de secas los valores de este parámetro rebasaron los 360 mg/L, mientras que durante las lluvias, los valores llegaron hasta 240 mg/L. Por lo que, se determinó que existe una relación entre la precipitación y la concentración de cloruros (Zack, 2001).

Por su parte, Dolores (2003) en un trabajo realizado en conjunto con la Gerencia de Aguas Subterráneas, reseña algunos estudios llevados a cabo al acuífero de la isla y hace un análisis comparativo de 8 alternativas para solucionar el problema de

abastecimiento de agua dulce (ver Tabla 5.3). Asimismo, con base a información piezométrica y a perfiles de conductividad eléctrica de una muestra de pozos de la zona de captación, señala a la extracción alternada de agua dulce y agua salada por medio del bombeo mixto, como la opción económica y ambientalmente más viable.

Tabla 5.3 Ventajas y desventajas de las alternativas propuestas para solucionar el problema de abastecimiento de agua dulce en la Isla de Cozumel.

Alternativa	Ventajas	Desventajas
Incorporación de un nuevo tapón de concreto en los pozos	Permitirá la captación directa de agua de la tubería ranurada, mejorando la calidad de producción a bajo costo	Si el cambio de tapón no es el problema no habrá cambio favorable.
Modificación del diseño de pozos	Los gastos aumentarían de 1.5 lps a 3 lps.	Costos altos por maniobra y cambio de tubería.
Intercalado de pozos	Se incrementaría el suministro de agua utilizando las líneas de conducción existentes	Resultados a largo plazo.
Realización de obras de captación	Condiciones hidrológicas favorables para la captación de agua dulce.	Costos elevados de infraestructura.
Construcción de un dique	Incremento del nivel de agua subterránea.	Debido a características del subsuelo podrían existir comportamientos diferentes que no garanticen el incremento de agua dulce deseado.
Instalación de una planta termoeléctrica	Aumento de la cantidad de agua disponible	El agua destilada obtenida no es apta para consumo humano y los costos de infraestructura son altos
Instalación de una planta desalinizadora	Aumentaría la cantidad y calidad del agua subterránea.	Los costos son muy elevados y se requiere realizar estudios de impacto ambiental.
Extracción alternada de agua dulce y agua salada por medio de bombeo mixto	Incremento de las tasas de extracción de 1.5 lps hasta 4 lps, sin provocar el ascenso de agua salada. Los costos e impacto ambiental son bajos.	No existen desventajas.

Fuente: Adaptado de Dolores, 2003

Al respecto, CAPA (2002) señala que durante una visita realizada por el Ing. Allen Zack de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se probó esta alternativa, dando como resultado una reducción considerable de la conductividad del agua, por lo que su implementación traería como resultados importantes la compactación del

sistema de captación y el incremento del volumen de agua aprovechable, sin embargo, implicaría la construcción de nuevos pozos, así como la adecuación de los existentes y de las líneas de conducción.

5.6.4 *Discurso por el Departamento de Calidad de la CAPA de Cozumel*

A pesar de que Zack (2001) menciona la participación del actual Jefe de Departamento de Calidad de la CAPA Cozumel en los estudios de la OMM del año 2001, en comunicación personal, el RDCCAPA (2014) no hace referencia a la implementación del sistema de bombeo mixto. Sin embargo, sí menciona la visita de Allen Zack y señala que después de los trabajos realizados por este investigador, él se encargó, por su cuenta, de llevar a cabo un estudio en el que determinó la conductividad eléctrica, a diferentes profundidades, del agua de los pozos de la zona de captación. No obstante, es importante destacar que al solicitar dicha información se observa que ésta no está procesada, por lo que no se cuenta con un reporte que permita su análisis. Además, cabe destacar que el entrevistado señala que a partir de esa fecha, el organismo no ha podido generar estudios de este tipo, debido a la falta de un conductímetro que permita tomar los valores del parámetro a distintas profundidades.

Asimismo, sobre el monitoreo de la calidad de agua, se identifica que actualmente el laboratorio de calidad de CAPA Cozumel, lleva a cabo dos tipos de análisis. El primero es a partir del muestreo a 6 metros de profundidad de cada uno de los 144 pozos que actualmente están en funcionamiento, el cual se realiza cada mes. Este análisis abarca los parámetros de cloruros, conductividad, pH, dureza total, dureza de calcio y de magnesio, así como sólidos disueltos totales (SDT) (RLCCAPA, 2014; RDCCAPA, 2014)

El segundo análisis corresponde a muestras diarias del agua proveniente del conjunto de los pozos en funcionamiento, una vez que ha pasado por el proceso de cloración y antes de ser distribuida a la población. Para este análisis se incluyen los

parámetros antes mencionados, agregando los de coliformes totales y fecales, así como el de cloro residual (RLCCAPA, 2014; RDCCAPA, 2014).

Por su parte, la representante del laboratorio de calidad del organismo operador, aclara que el parámetro mediante el cual se basan para monitorear la salinidad es la concentración de cloruros. En este sentido, la entrevistada menciona que de enero a junio del 2013 se rebasó la norma, ya que el agua que se distribuyó a la población tuvo una concentración arriba de 250 mg/L. Sin embargo, subraya que el periodo que va de julio del 2013 a julio del 2014, fue excepcional, ya que debido a las lluvias, se pudo cumplir con la norma, al obtener valores de cloruros por debajo de los 250 mg/L. Por otro lado, en cuanto al monitoreo de los pozos, la entrevistada señala que una vez que se detecta un pozo con altas concentraciones de cloruros, se suspende su extracción, pero se continúa supervisando hasta que tenga valores aceptables para proceder a su apertura (RLCCAPA, 2014).

5.7 El Control de la Gestión del Agua en el Destino Turístico de la Isla de Cozumel

En la siguiente sección se contrastan y analizan los discursos de los representantes de las unidades administrativas de la CONAGUA y de la CAPA Cozumel, con el fin de evaluar el uso del indicador y de sus variables relacionadas.

Función del Indicador

Se reconoce que la Dirección de Planeación del OCPY, la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas de la CONAGUA en Quintana Roo, la Dirección de la CAPA Cozumel, así como su respectiva Subdirección Técnica, no están familiarizados con el término: *grado de presión*, ni con la definición del indicador. Por lo que no lo emplean ni en la difusión de la información, ni como herramienta para los procesos de planeación y de toma de decisiones.

La Dirección de Planeación del OCPY, aclara que ésta área se enfoca más en la oferta que en la demanda de agua (RDPOCPY1 y RDPOCPY2, 2014). Por su parte, el representante de la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas muestra una postura en contra de los indicadores al considerarlos como un medio de manipulación (RDTDL, 2014). Aunado a lo anterior, el entrevistado señala que prácticamente no existe planeación del recurso en la institución, ya que las decisiones se toman con base en la experiencia. A pesar de ello, existe una consideración reciente por el tema de la planeación por lo que se espera que en el futuro, no inmediato, se observen los resultados de su aplicación (RDTDL, 2014).

La Disponibilidad de Agua

El Director de Agua Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas señala que en Quintana Roo no existen problemas de disponibilidad de agua, ya que hay suficientes lluvias, el problema se encuentra en que cada vez se construyen más obras que evitan la recarga de los mantos freáticos y su aprovechamiento (RDTDL, 2014).

En Cozumel, las casas de antes contaban con un recolector de agua de lluvia. Además, se han ido construyendo obras de drenaje, que pensando en evitar inundaciones, envían el agua de lluvia hacia el mar. Por lo que esta agua se desperdicia al no emplearse en la recarga del acuífero y además, se contamina al entrar en contacto directo con las “calles sucias” (RDTDL, 2014).

A este respecto, el subgerente técnico de CAPA Cozumel considera que es necesario el fomento de una cultura que permita mantener limpias las calles, ya que la basura evita el paso del agua a través de las coladeras (RSTCAPA, 2014).

Además, el RSTCAPA (2014) señala que el principal problema que afecta la disponibilidad de agua en la isla es el “vandalismo” y la falta de soluciones para su combate por parte de la autoridad correspondiente. En este sentido, refiere que debido a la distancia a la que se encuentra la zona de captación, es muy frecuente

el robo de cable de cobre de las líneas aéreas que suministran la energía necesaria para extraer el agua del sistema de pozos. Lo anterior, limita la operación y genera un continuo gasto adicional para CAPA.

Por su parte, el Director de la CAPA Cozumel señala que “no podría decir cuántos años queda de agua para Cozumel”. Asimismo, no muestra preocupación por la disponibilidad de agua y el impacto que pueda tener sobre ésta, tanto el crecimiento de la población, como el aumento del turismo, ya que considera que el actual proceso puede soportar esta demanda y que los pozos de captación de agua son muy productivos. Sin embargo, sí existe un problema por el agua salada que se obtiene de estos pozos (RGCAPA, 2014).

El RDTDL (2014), coincide en que la problemática del agua en Cozumel, no es tanto la disponibilidad sino la calidad de la misma, ya que CAPA sólo entrega agua desinfectada, pero con alta dureza, por lo que no puede considerarse como potable.

La vigilancia sobre la extracción

El RGCAPA (2014) declara que en Cozumel es una práctica común la extracción de pozos de agua no registrados. Asimismo, señala que no está dentro de las facultades de CAPA regular esta situación y que sería complicado ir casa por casa preguntando si existe o no un pozo. Sin embargo, el entrevistado reconoce que para que un hotelero abra un pozo, necesita un permiso de la CONAGUA.

Al respecto, la RGSINA (2015) confirma que todavía sigue vigente el decreto de veda de 1981, por lo que, en su caso, dichos aprovechamientos podrían considerarse como clandestinos. Además, señala que existe un área encargada de estos asuntos, la cual forma parte de la unidad de administración del agua. Aunque también refiere que la vigilancia es un tanto complicada, debido a que se cuenta con un registro de “300 y tantos mil pozos”. Sin embargo, aclara que existe una campaña que comenzó el año pasado, pero que desconoce la situación particular de Cozumel.

Por otro lado, existe la posibilidad de que un usuario tenga diferentes pozos, siempre y cuando no rebase el volumen de agua otorgado, además otro aspecto que es importante considerar en esta zona es que los desarrollos turísticos pueden extraer agua de mar o agua salobre, lo que les resulta más económico, ya que el cobro por la extracción de agua dulce es mayor que por la de agua de mayor concentración salina.

Las Propuestas de Desalinización

Al respecto de la salinidad de los pozos de Cozumel, el entrevistado señala a la desalinización del agua de mar como una solución al problema, al indicar que el futuro de Cozumel está en producir agua dulce a partir del agua de mar (RGCAPA, 2014).

El RSTCAPA (2014) señala que una posible solución se encuentra en reemplazar la extracción de agua de los distintos pozos de la actual zona de captación, por la extracción de “agua salina” desde un solo pozo en una zona distinta.

El RDTDL (2014) destaca que la propuesta de desalinización del agua de mar debe tomarse con cautela, ya que es necesario considerar el impacto que produce el agua de rechazo, producto del proceso de desalinización.

Otras Problemáticas de Interés

El RGCAPA (2014) señala que independientemente de la cuestión sobre “cuánto tiempo hay agua para Cozumel”, se encuentra la del saneamiento de las aguas residuales, su incorporación al acuífero, así como su cobro. Además, refiere que este es uno de los temas que se puso sobre la mesa en el 2014.

El RSTCAPA (2014) y el RDTDL (2014) coinciden en que otra de las problemáticas relacionadas con la calidad de agua en un acuífero de tipo kárstico, es la falta de

ordenamiento territorial. El RSTCAPA (2014) señala que un ejemplo claro se observa en el asentamiento irregular de Las Fincas. Asimismo, el RGCAPA (2014) reconoce la importancia de la concientización de la gente para evitar la contaminación del acuífero.

5.8 Consideraciones Finales

La falta de confiabilidad de los últimos estudios realizados por la CONAGUA al acuífero Isla de Cozumel, pone en duda la validez de los valores establecidos por el organismo para el grado de presión a nivel nacional y por RHA y para la *disponibilidad media anual de agua subterránea en un acuífero*. Además, imposibilita la obtención de un valor confiable para el grado de presión hídrico sobre el acuífero.

En este sentido, a partir de la información proporcionada por el informe de Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A. de 1987, se obtuvieron los valores del GP_{ZC} y de la RC_{ZC} . Sin embargo, es evidente que durante casi 30 años, en la Isla de Cozumel se ha incrementado la demanda de agua por parte de la población y el turismo y que, tanto las construcciones realizadas, como las obras que desvían el agua de lluvia hacia el mar, han modificado la recarga del acuífero.

Por otro lado, aunque los gestores muestran una mayor preocupación por la contaminación del agua dulce a través de la salinización, que por la disponibilidad total del recurso, ésta no se ha reflejado en la elaboración de nuevos estudios desde el seno de las instituciones, en el seguimiento de las propuesta realizadas²¹ o en el cumplimiento de los parámetros de salinidad establecidos por la normatividad mexicana en materia de agua potable.

Por su parte, la falta de monitoreo, tanto en la extracción del agua, como en la concentración salina de la misma, reflejan por un lado, el escaso conocimiento de los gestores sobre las características y el funcionamiento del acuífero, así como de

²¹ Como el caso de la técnica de bombeo mixto o de las alternativas señaladas por Dolores (2003).

la relación existente entre los fenómenos de extracción y salinización de agua y su repercusión final en la disponibilidad de agua dulce; mientras que, por otra parte muestran una deficiente articulación intra e interinstitucional que impide el cumplimiento de objetivos comunes necesarios en la gestión integrada del recuso.

Bajo este esquema, la escasa sistematización de la información, la falta de buenas prácticas de conservación y difusión de la información, provocan una distribución no uniforme, orientada a la centralización, de los estudios ya generados y, por ende del conocimiento. Por lo que, estos factores, además de contribuir a la construcción de una barrera en el acceso a la información dentro y fuera de las instituciones son un obstáculo para la obtención y la generación de indicadores.

Aunado a lo anterior se encuentra la falta de recursos económicos, señalada por los gestores como un impedimento para la realización de estudios, así como para la construcción de nuevos indicadores o en la aplicación de los ya existentes a otros niveles.

Por lo que, bajo estas circunstancias, es importante evidenciar las ventajas que representa para la Gerencia del SINA; por una parte, la adopción de un indicador propuesto internacionalmente (*relación de criticidad*), en lugar de la generación de uno propio y por la otra, la adaptación de éste con base en la información estadística generada por la CONAGUA (*grado de presión*) y no conforme a la definición puntual del indicador.

Sin embargo, es importante considerar que, aunque la adaptación del indicador evita la generación de nuevas bases de datos, no exime la responsabilidad de producir información confiable para su cálculo.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1 Discusión

El indicador grado de presión, al relacionar las variables de disponibilidad de agua con el consumo del recurso, permite conectar fenómenos naturales con sociales. De la misma manera, facilita la vinculación entre diferentes escalas espaciales y de gestión del agua, distintas fuentes de abastecimiento y diversos sectores de consumo.

Por lo que, al brindar elementos para la integración intra e interinstitucional, así como de otras dimensiones del desarrollo sustentable, resulta ser un potente indicador que, conforme a Quiroga (2007), podría considerarse como de tercera generación.

A pesar de ello, la obtención del indicador en México se ha reducido a la escala nacional y por RHA y a su inclusión en los sistemas de información ambiental de la SEMARNAT y el INEGI, así como en el SINA de la CONAGUA.

En este sentido, aunque la SECTUR refiere el empleo del *grado de presión sobre el recurso hídrico*, así como del *grado de presión hídrico sobre el acuífero*, dentro de los sistemas de indicadores de sustentabilidad de destinos turísticos implementados por la institución, no se encontró información sobre la metodología empleada para su obtención. Por encima de ello, se identifica una eliminación paulatina del sistema, tanto en los programas sectoriales, como en los planes de acción.

Por otro lado, la información obtenida a partir de la CONAGUA para el cálculo del indicador sobre el acuífero de la Isla de Cozumel, no resultó ser confiable, por lo que impidió su determinación; poniendo además en duda la validez de los valores asignados por el organismo para las escalas antes señaladas.

Asimismo, la generalizada falta de sistematización de la información sobre el tema, aunada a las pobres prácticas de conservación, difusión y acceso a los documentos relacionados, dentro y fuera de las instituciones, son factores que, además de coincidir con lo señalado por el estudio de la Eurostat (2009), limitan la obtención de indicadores del agua en las micro escalas y con ello en los destinos turísticos.

Por otro lado, el desconocimiento generalizado, por parte de los representantes de las áreas encargadas de la gestión regional y local del agua, sobre la función del indicador como herramienta proveedora de información útil tanto en la identificación de posibles problemas como en la propia toma de decisiones, aunado al insuficiente monitoreo sobre la extracción y la concentración salina del agua, ponen de manifiesto una falta de control sobre la gestión del recurso, así como de una visión común y de objetivo afines.

Por su parte, un problema fundamental es la falta de presupuesto, o de su adecuada asignación, para la generación de estudios técnicos, la producción e implementación de indicadores, así como para el control de la gestión del recurso, que deja estas responsabilidades en manos del posible soporte que pudieran ofrecer organismos internacionales e instituciones educativas y de investigación.

Por lo que, esta situación pone en riesgo el futuro no sólo del recurso en el sitio, sino, como lo señalan Dodds (2012) y Gössling *et al.* (2015), del propio destino turístico.

6.2 Conclusiones

De acuerdo con los objetivos planteados inicialmente en la investigación se concluye que:

1. La SECTUR dejó de implementar el sistema de indicadores de sustentabilidad en destinos turísticos y por lo tanto del grado de presión y su aplicación a la

escala de acuífero. Además, no se encontró información sobre la metodología empleada en el cálculo del grado de presión hídrica sobre el acuífero.

2. La función del grado de presión sobre el recurso hídrico se reduce a su inclusión en el SNIA de la SEMARNAT y en el CNI del INEGI. Asimismo, no se observó una aplicación directa del indicador sobre las aguas subterráneas o acuíferos. Además, la fuente de información señalada por estas instituciones para la obtención del indicador fue la CONAGUA.
3. La CONAGUA sólo ha determinado el grado de presión sobre el recurso hídrico en la escala nacional y por RHA y no refiere su aplicación específica para el nivel de agua subterránea o acuífero. La función del indicador dentro de la Comisión se reduce a su inclusión en el SINA en instrumentos de planeación, como el Programa Nacional Hídrico. Sin embargo, no se identificó al indicador como referencia en la gestión del recurso.
4. No se observó implementación, por la CONAGUA ni por el organismo operador de la CAPA en Cozumel, del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel.
5. A partir de la definición conceptual y operacional del grado de presión sobre el recurso hídrico propuesta por la CONAGUA, se planteó una expresión para el cálculo del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la Isla de Cozumel. Sin embargo, no fue posible obtener un valor confiable que representara al indicador.
6. Se propone una expresión para el cálculo del grado de presión sobre la zona de captación del acuífero. Además, con el fin de identificar las diferencias entre las variables de *agua renovable* y *agua disponible* y por lo tanto entre el indicador *grado de presión* y *relación de criticidad*, se planteó una expresión para el cálculo de la relación de criticidad en la misma zona. Por lo que se obtuvieron

los valores para cada indicador y con base en ellos se clasificó a la zona dentro de las categorías establecidas por Alcamo *et al.* (2000).

Debido a que en México, como en otros países, el tema sobre la relación agua y turismo es de reciente interés, existen pocas investigaciones, lo que sigue representado un reto en cuanto a la sistematización de la información. Aunado a esto, se encontraron las siguientes limitaciones para la obtención e implementación de indicadores del agua en destinos turísticos:

1. Las nulas o pobres prácticas de conservación, difusión y acceso a la información dentro y fuera de las instituciones encargadas tanto de la gestión del agua como del turismo. Asimismo, el desconocimiento por parte de estas organizaciones sobre criterios para la generación y procesamiento de información de calidad.
2. El escaso conocimiento y desconfianza, por parte de los gestores, sobre las ventajas que proporciona el empleo del indicador como herramienta en la gestión. Así como el hecho de que la tendencia hacia el desarrollo e implementación de los indicadores de sustentabilidad tiene su origen en fuentes externas a las instituciones, ya que son los organismos internacionales los que brindan soporte, de acuerdo con ciertas condiciones, y promueven la coordinación inter e intrainstitucional de forma temporal. Por lo que, una vez terminado el periodo de apoyo, el seguimiento sólo depende de las instituciones y áreas inicialmente involucradas en estas iniciativas, además de otros factores como los cambios en el gobierno; que pueden traer modificaciones en la estructura interna de las organizaciones, la legislación, las políticas, los programas y los planes relacionados.
3. La falta de presupuesto, o de su adecuada asignación, para la generación de estudios técnicos, la producción e implementación de indicadores, así como para el control de la gestión del recurso.

4. La poca atención o importancia que se sigue dando a la gestión del agua subterránea.
5. La falta de una gestión del agua que realmente pueda considerarse como integrada.

Por lo que, con base en lo anterior, se identificaron las siguientes aportaciones y limitantes del presente trabajo, así como algunas líneas futuras de investigación sobre la gestión del agua en destinos turísticos.

Aportaciones:

1. Un antecedente sobre los indicadores del agua en sitios turísticos implementados por la SECTUR y la situación general de la gestión del agua subterránea en México desde la perspectiva del contexto del acuífero de la Isla de Cozumel y sus implicaciones sobre este destino.
2. Una propuesta para el mejoramiento y control de la gestión del agua a través de la implementación de indicadores confiables obtenidos a partir del nivel local que puedan ser el referente para su construcción y aplicación en otras escalas y que al mismo tiempo puedan articular diversos sectores, instituciones y dimensiones de la sustentabilidad.
3. Una fuente de consulta para los estudiantes y académicos interesados en ampliar su conocimiento sobre el tema, así como el punto de partida de nuevas investigaciones. Además de ser una guía para los gestores tanto del agua, como del turismo, y para los actores directamente relacionados con las problemáticas planteadas.

Limitantes y líneas futuras de investigación:

1. Aunque el grado de presión incluye distintos sectores económicos, no considera directamente al sector turístico ni al de servicios. Por lo que para observar mejor los impactos del turismo sobre el recurso, se propone la aplicación exclusiva del indicador a este sector.
2. Existen aspectos de las dimensiones de la sustentabilidad que el indicador no considera, por lo que es necesario no solamente realizar interpretaciones basadas en este indicador, sino en un sistema integral de éstos.
3. La imposibilidad para grabar la información señalada por los entrevistados, debido a la renuencia de algunos de ellos, así como a la falta de condiciones adecuadas, dio lugar al registro escrito durante y después de la entrevista. Por lo que es posible que existan ciertos sesgos durante el proceso de análisis.
4. Se detectaron líneas específicas de investigación que están relacionadas con el papel de estructuras ya creadas para la integración de la gestión del recurso y la participación social, así como para la investigación relacionada. Entre éstas destacan: los Consejos de Cuenca, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).
5. Otros enfoques de investigación detectados son el del agua como derecho humano, así como la Ley General de Aguas, impulsada por la Cámara de Diputados y su contraparte propuesta desde la ciudadanía.

Finalmente, la investigación sobre la gestión del agua en destinos turísticos en su intento por incluir a diferentes sectores relacionados con la gestión del recurso, no debe olvidar a la sociedad como uno de los principales actores dentro del proceso. Por lo que no sólo es necesario emplear los indicadores como instrumentos que proporcionen información confiable a la ciudadanía, sino como recursos de

divulgación de los procesos y fenómenos involucrados en la gestión del agua, que además de facilitar la comunicación entre los gestores, los especialistas y la población, promuevan la participación de la sociedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACUERDO por el que se dan a conocer los estudios técnicos de aguas nacionales subterráneas del acuífero isla de Cozumel, Clave 2305, Estado de Quintana Roo (2013, 21 de mayo). *David Korenfeld Federman – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Disponible en http://www.cofemer.gob.mx/noticia.aspx?not_id=1273

ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican. (2013, 20 de diciembre). *David Korenfeld Federman – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión, la descripción geográfica de 202 acuíferos. (2009, 28 de agosto). *José Luis Luege Tamargo – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

ACUERDO por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización. (2003, 31 de enero). *Cristobal Jaime Jaquez – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Disponible en http://www.cofemer.gob.mx/noticia.aspx?not_id=1273

- Alcamo, J., Henrichs, T., y Rösch, T. (2000). *World water in 2025: Global modeling and scenario analysis for the world commission on water for the 21st century*. (Report A0002). Kassel, Germany: Center for Environmental Systems Research, University of Kassel. Recuperado de <http://www.env-edu.gr/Documents/World%20Water%20in%202025.pdf>
- Barkin, D. (2011). La ingobernabilidad en la gestión de agua urbana en México. En U. Oswald (Ed.), *Retos de la investigación del agua en México*(pp. 539-551). Cuernavaca, México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Recuperado de http://www.crim.unam.mx/drupal/crimArchivos/Colec_Dig/2011/Ursula_Oswald/47_Barkin.pdf
- CAPA (2011). *Programa de Desarrollo Institucional de Infraestructura Hidráulica y Sanitaria 2011-2016*. Gobierno del Estado de Quintana Roo. Recuperado de http://transparencia.groo.gob.mx/SIWQROO/Transparencia/Documentos/7_1_16836_1.pdf
- CAPA (2012). Sistema de agua potable y alcantarillado de la Ciudad de Cozumel. Presentación.
- Carmona, M. C. (2008). La Constitución y el agua: Apuntes para la gobernabilidad en el caso del agua en México. En E.O. Rabasa y C. B. Arriaga (Eds.), *Agua: Aspectos constitucionales* (pp. 83-140). Ciudad de México, México: Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. Recuperado de <http://biblio.juridicas.unam.mx/libros/6/2598/8.pdf>
- Coronado, L., Gutiérrez, M. A. y Cervantes, A. (2011). Water quality in wells from Cozumel Island, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 13, 233-

241. Recuperado el 8 de diciembre de 2013 desde <http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/808/574>
- CESTUR (2012). Evaluación de desempeño de los destinos turísticos en el marco de los convenios de coordinación en materia de reasignación de recursos. México: Autor. Disponible en <http://ictur.sectur.gob.mx/index.php/publicaciones/estudios-e-investigaciones/estudios-del-fondo-sectorial-conacyt-sectur?id=63>
- CETAGUA (2012). DICTAMEN con base en el cual el Comité Técnico Especializado de Información en materia de Agua aprueba un conjunto de indicadores en materia de Agua para que sea presentado al Comité Ejecutivo del Subsistema Nacional de Información Geográfica y del Medio Ambiente. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/cni/infometadato.aspx?idOrden=1.1&ind=6200011985&porDetalle=no&gen=673&d=n#>
- CNA (2003). *Estudio técnico para el acuífero de la Isla de Cozumel, en el Estado de Quintana Roo*. Gerencia Regional de la Península de Yucatán.
- CONAGUA (2011). *Estadísticas del Agua en México 2011*. Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>
- CONAGUA (2012). Presentación de los resultados de los estudios técnicos del acuífero Isla de Cozumel, Estado de Quintana Roo. Subdirección General Técnica.

CONAGUA (2013). *Estadísticas del Agua en México 2013*. Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-2-14Web.pdf>

CONAGUA (2014a). *Estadísticas del Agua en México 2014*. Ciudad de México, México: SEMARNAT. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-2-14Web.pdf>

CONAGUA (2014b). Sitio institucional de la Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 7 de noviembre de 2014 desde <http://www.conagua.gob.mx/>

CONAGUA (2015). Sitio institucional de la Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 30 de abril de 2015 desde <http://www.conagua.gob.mx/>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2007). *Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área de Protección de Flora y Fauna Isla de Cozumel, Quintana Roo, México*. México. Recuperado el 2 de enero de 2015 desde http://www.icmyl.unam.mx/pdf/GRAMED/Assessments_Delivery-Item-1/New%20Assessments/New_Assessments_pdf_support%20information/Previous%20study%20supporting%20the%20establishment%20of%20area.pdf

CONSULTORÍA EN OPTIMIZACIÓN EMPRESARIAL, S. A. DE C.V. (2002). Programa de Turismo Sustentable. Reporte Final. Consultoría en Optimización Empresarial, S. A. de C.V. Disponible en <http://cedocvirtual.sectur.gob.mx/>

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (2014). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2014, 7 de julio). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

DECRETO por el que se declara de Interés público la conservación de los mantos acuíferos del área que circunda los límites geopolíticos de los Municipios de

- Benito Juárez y Cozumel, Quintana Roo y se establece veda por tiempo indefinido para la extracción, alumbramiento y aprovechamiento de las aguas del subsuelo (1981, 23 de marzo). *José López Portillo – Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos*. Disponible en http://www.cofemer.gob.mx/noticia.aspx?not_id=1273
- De Marsily, G. (2005). *El agua*. Mosaicos. Distrito Federal, México: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V.
- Dodds, R. (2012). Sustainable tourism: A hope or a necessity? The case of Tofino, British Columbia, Canada. *Journal of Sustainable Development*.5,54-64. Recuperado de <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jsd/article/viewFile/16688/11184>
- Dolores, M. (2003). *Extracción de agua dulce-agua salada en la zona costera de la isla de Cozumel, Q.R.* (Tesis maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- FAO (2015). Sitio institucional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es>
- Famiglietti, J.S. (2014). The global groundwater crisis. *Nature Climate Change*.4, 945–948.
- FEA, CEMDA y Presencia Ciudadana Mexicana. (2006). *El agua en México: Lo que todas y todos debemos saber*. Ciudad de México, México: Autor. Recuperado de http://www.cemda.org.mx/wp-content/uploads/2011/12/agua-mexico_001.pdf

Felipe Ochoa y Asociados, S.C. (2003a). Desarrollo de un sistema de indicadores de sustentabilidad para el turismo y su implementación en cinco destinos turísticos mexicanos (Rosarito, Baja California, Puerto Peñasco, Sonora, Cozumel, Quintana Roo, Huatulco, Oaxaca, Pátzcuaro, Michoacán). Presentación de resultados. Pp. 1-23. Disponible en <http://cedocvirtual.sectur.gob.mx/>

Felipe Ochoa y Asociados, S.C. (2003b). Desarrollo de un sistema de indicadores de sustentabilidad para el turismo y su implementación en cinco destinos turísticos mexicanos (Rosarito, BC; Los Cabos, BCS; Cozumel, Q. Roo; Huatulco, Oaxaca; Pátzcuaro, Mich). Presentación preliminar de resultados. Disponible en <http://cedocvirtual.sectur.gob.mx/>

Frausto, O., Ihl, T., Gonzáles, B. y Vázquez, A. (2009). Reflexiones históricas, metodológicas, teóricas sobre la implementación de los indicadores de turismo sustentable en Quintana Roo, México. En R.G.Segrado, L. Arroyo, K. Amador, A. Tapia y A. Palafox (Comp.), *Nuevas aproximaciones a la investigación turística*. (Tomo 1, pp. 51-75). Buenos Aires, Argentina: Elaleph. Disponible en <http://www.researchgate.net/>

Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J.P., Dubois, G., Lehmann, L. V. y Scott, D. (2012). Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review, *Tourism Management*, 33, 1-15.

Gössling, S., Hall, C. M. y Scott, D. (2015). *Tourism and Water* [versión Kindle]. Disponible en <http://www.amazon.com/Tourism-Water-Essentials-Stefan-G%C3%B6ssling/dp/1845414985>

- Hernández, M.L. (2007). *Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala: Un análisis desde la perspectiva social*. (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Disponible en <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2007/lhr/index.htm>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la Investigación* (4ta ed). México, DF: Mc Graw-Hill.
- Hughes, G. (2002). Indicadores medioambientales, *Annals of Tourism Research en Español*, 4(1) 163-185.
- Ingenieros Civiles y Geólogos Asociados, S.A. (1987). *Informe final del estudio de control de acuíferos del Sistema de Agua Potable en Cozumel, Quintana Roo*. (Contrato No. 87-W-DC-A-002-Y-0-7). México: Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
- Ibáñez, R. y Ángeles, M. (2012). Indicadores de sustentabilidad turística en México. En A. Ivanova y R. Ibáñez. (Comp.) *Medio ambiente y política turística en México. Ecología, biodiversidad y desarrollo turístico*. (Tomo 1, pp. 47-66). México: SEMARNAT. Disponible en http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=669
- INEGI (2000). *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. Aguascalientes, México: Autor. Recuperado de http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/indesmex/2000/ifdm2000f.pdf
- INEGI (2015). Sitio institucional del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/>

- La crisis del agua (2010, Marzo 23). *La Jornada*. p. 3. Recuperado de <http://www.jornada.unam.mx/2010/03/23/politica/003n1pol>
- Lesser, H., Azpeitia, J. y Lesser, J.M. (1978). Geohidrología de la Isla de Cozumel, Q. Roo. *Recursos Hidráulicos*, 6(1), 32-50. Recuperado de <http://www.lesser.com.mx/files/78-1-Geohidrologia-Isla-de-Cozumel,-Q-Roo.pdf>
- Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo. (1996). *Periódico Oficial*. México. (2008, 30 de septiembre). Disponible en <http://www.congresoqroo.gob.mx/leyes/>
- Ley de Aguas Nacionales. (2014). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2014, 11 de agosto). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. (2006). Recuperado de http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/pais/lsnieg/LSNIEG_I.pdf
- López, E. (1994). El análisis de contenido. En M. García, J. Ibañez y F. Alvira (Comp.), *El análisis de la realidad social: Métodos y técnicas de investigación* (pp. 1-35). Recuperado de http://www.ocacchile.org/wp-content/uploads/2015/01/lopez-aranguren_analisis-de-contenido.pdf
- Londoño, O.I. (2012). *Poliedros discursivos: Miradas a los Estudios del Discurso* (288pp). Córdoba, Argentina: Red de Editoriales de Universidades Nacionales.
- Martínez, O.C., Ruiz, J. G. y Valladares, O.L. (2009). Las particularidades de la Agenda 21 para el turismo mexicano: Un análisis de la aplicación del sistema de indicadores de sustentabilidad en el municipio de Playas de Rosarito, B.C.

México. *Gestión Turística*, 12, 9-29. Recuperado de <http://mingaonline.uach.cl/pdf/gestur/n12/art01.pdf>

NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000. (2012). *Diario Oficial de la Federación*. México. (17 de abril de 2012). Recuperado el 15 de mayo de 2014 desde <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2480.pdf>

NORMA Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. (2000). *Diario Oficial de la Federación*. México. (20 de junio de 2000). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

OMT (1999). Taller sobre indicadores de turismo sostenible para el Caribe y Centroamérica. Informe Final. Cozumel, México. Consulting and AuditCanada, Centre for a Sustainable Future. Recuperado de http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/mexico_0.pdf

OMT (2005). *Indicadores de desarrollo sostenible para los destinos turísticos: Guía práctica*. Madrid, España: Autor.

Oswald, U. (2011). Seguridad del agua, conflictos e hidrodiploMACIA. En U. Oswald (Ed.), *Retos de la investigación del agua en México* (pp. 441-454). Cuernavaca, México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM. Recuperado de http://www.crim.unam.mx/drupal/crimArchivos/Colec_Dig/2011/Ursula_Oswald/38_Oswald.pdf

- Palafox, A. y Anaya, J.S. (2007). Reflexiones en torno a la implementación de la agenda 21 en Cozumel, *Gestión Turística*, 7, 103-128. Recuperado de <http://mingaonline.uach.cl/pdf/gestur/n7/art07.pdf>
- Perveen, S. y James, L. A. (enero 2011). Scale invariance of water stress and scarcity indicators: Facilitating cross-scale comparisons of water resources vulnerability, *Applied Geography*, 31(1) 321-328. Recuperado de <http://water.columbia.edu/files/2011/11/Perveen2010ScaleInvariance.pdf>
- Programa Nacional Hídrico 2014-2018. (2014). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2014, 8 de abril). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Programa Sectorial de Turismo 2007-2012. (2008). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2008, 8 de enero). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Programa Sectorial de Turismo 2013-2018. (2013). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2013, 13 de diciembre). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Programa Nacional de Turismo 2001 – 2006. (2002). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2002, 22 de abril). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: Avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Serie Manuales. Santiago de Chile, Chile: División de Estadísticas y Proyecciones Económicas, CEPAL, ONU. Recuperado de <http://www.cepal.org/deype/publicaciones/xml/4/34394/LCL2771e.pdf>
- Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (2014). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2014, 12 de enero). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>
- Reglamento Interior de CONAGUA. (2006). *Diario Oficial de la Federación*. México. (2006, 30 de noviembre). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

Reglamento Interior de CONAGUA. (2012). *Diario Oficial de la Federación*. México.

(2012, 12 de octubre). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

Reglamento Interior de la SEMARNAT. (2012). *Diario Oficial de la Federación*.

México. (2012, 26 de noviembre). Disponible en <http://www.dof.gob.mx/>

Santacruz, G. (2007). *Hacia una gestión integral de los recursos hídrico en la Cuenca del Río Valles, Huasteca, México*. (Tesis doctoral). Universidad

Autónoma de San Luis Potosí. Recuperado de

<http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectoaguaSLP/Documentos/TESSANTACRUZ.pdf>

SECTUR (s.f.). Agenda 21 para el Turismo Mexicano: Programa para el turismo sustentable. Presentación. Recuperado de

http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgipea/sem_cert_amb_tur_pon_02_vazquez.pdf

SECTUR (1999). Política y Estrategia Nacional para el Desarrollo Turístico Sustentable. México: Autor. Disponible en <http://cedocvirtual.sectur.gob.mx/>

SECTUR (2014a). Programa de turismo sustentable en México. Presentación. Recuperado de

http://www.sectur.gob.mx/PDF/planeacion_estrategica/PTSM.pdf

SECTUR (2014b). Sitio institucional de la Secretaría de Turismo. Disponible en <http://www.sectur.gob.mx>

SECTUR (2014b). Sitio institucional de la Secretaría de Turismo. Disponible en <http://www.sectur.gob.mx>

SECTUR (2015). Sitio institucional de la Secretaría de Turismo. Disponible en <http://www.sectur.gob.mx>

SECTUR y SEMARNAT (2002). Agenda 21 para el turismo en México. Un marco de acción para el desarrollo sustentable de la actividad turística. Presentación. Pp. 1-18. Disponible en <http://cedocvirtual.sectur.gob.mx/>

SEMARNAT (2014). Sitio institucional de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 15 de mayo de 2014 desde <http://www.semarnat.gob.mx/>

Tapper, R., Hadjikakou, M., Noble, R., y Jenkinson, J. (2011). The impact of the tourism industry on freshwater resources in countries in the Caribbean, Mediterranean, North Africa and other regions. London, UK: Tourism Concern y Environment Business & Development Group. Recuperado de http://www.thetravelfoundation.org.uk/images/media/Tourism_water_resources_in_destinations_report_Aug_2011.pdf

Tiburcio, A. (2013). *Desarrollo de un marco de indicadores para la gestión del agua urbana: El caso de la Ciudad de México*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.

Turton, A. R. y Ohlsson, L (1999). *Water scarcity and social adaptive capacity: Towards a deeper understanding of the key concepts needed to manage water scarcity in developing countries*. School of Oriental and African Studies, University of London. Recuperado de <https://www.soas.ac.uk/water/publications/papers/file38353.pdf>

Vera, J. A. (Comp.) (2001). *Planificación y gestión del desarrollo turístico sostenible: Propuestas para la creación de un sistema de indicadores*. (Documentos de trabajo). Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante. Recuperado de

http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20506/1/Planificacion_gestion_sostenible_desarrollo_turistico_sostenible.pdf

- Wolf, A. T. (1998). Conflict and cooperation along international waterways, *Water Policy*, 1(2) 251-256. Recuperado de http://www.transboundarywaters.orst.edu/publications/conflict_coop/
- Wurl, J. y Giese, S. (2005). Groundwater quality research on Cozumel Island, State of Quintana Roo, Mexico. En O. Frausto, (Ed.), *Desarrollo sustentable: Turismo, costas y educación* (pp. 171-176). Universidad de Quintana Roo, México.
- Zack, A. (2001). *Application of Scavenger-Well Technology in Cozumel, Quintana Roo*. (Informe Final No. 69). Programa de Modernización del Manejo del Agua. México: Comisión Nacional del Agua. Organización Meteorológica Mundial.

ANEXO

Las entrevistas semiestructuradas se conformaron de 3 etapas. En la primera fase se realizó la presentación y se expusieron los objetivos, tratando de crear un clima de confianza para continuar con la formulación de las preguntas y finalmente proceder con el cierre de la entrevista.

A continuación se muestra la guía empleada durante las entrevistas.

GUÍA DE ENTREVISTAS

Fecha:

Hora:

Lugar (ciudad y sitio específico):

Nombre del entrevistado:

Cargo:

1. Presentación y objetivos

La presente entrevista forma parte del proyecto de investigación de tesis de maestría titulado: "Evaluación del proceso de gestión para la implementación del indicador grado de presión en la Isla de Cozumel".

El objetivo de esta investigación se centra en el análisis de la generación, aplicación y difusión de los indicadores de disponibilidad y consumo, con énfasis en el indicador de grado de presión de los recursos hídricos en los distintos niveles espaciales y administrativos, con un especial interés por la Isla de Cozumel como destino turístico.

2. Preguntas y temas clave

a) Dirección General de Ordenamiento Turístico Sustentable

¿Cuáles son los sistemas de indicadores de sustentabilidad que actualmente la SECTUR emplea en destinos turísticos? ¿Cuál es su actual estado de implementación?

Referir que existe información en el portal de la SECTUR sobre el programa Agenda 21 aplicada a algunos destinos, pero que no se muestra el seguimiento que hasta la fecha se le ha dado.

Referir la necesidad de contar con la metodología para la obtención de indicadores relacionados con el consumo y disponibilidad de agua en destinos turísticos y en específico del grado de presión sobre los recursos hídricos, así como del grado de presión hídrico sobre el acuífero.

b) Gerencia del SINA

¿Cuáles son las unidades administrativas encargadas del manejo de la información relacionada con los indicadores consumo y disponibilidad?

Relación entre SECTUR, SEMARNAT, INEGI y CONAGUA. Plan para uniformizar indicadores. Visión a futuro.

Relación entre la CONAGUA y la CETAGUA.

¿Cómo se puede proponer el empleo de indicadores a niveles micro?

¿Cómo se integra la información de los diferentes subniveles para crear los indicadores de los niveles superiores?

¿Qué objetivo tiene la publicación de los indicadores en la página institucional de la CONGUA? ¿A quién está dirigida?

¿Cómo se calcula y genera el indicador de grado de presión?

¿Qué importancia tiene el uso del indicador grado de presión sobre los recursos hídricos? *En la toma de decisiones relacionadas con la planeación. Proyectos para estados, municipios, acuíferos.*

¿Existe atención especial a la gestión del agua subterránea?

¿Cuáles son las principales problemáticas con respecto al consumo y la disponibilidad de agua en México? *Isla de Cozumel*

¿Cuáles son los principales retos en la planeación hídrica?

c) Gerencia de Aguas Subterráneas

¿Cómo se determina la disponibilidad media anual de agua subterránea del acuífero Isla de Cozumel?

¿Cuáles son las fuentes de referencia para la obtención de los basan los datos publicados en el acuerdo del 21 de mayo sobre el estudio técnico del acuífero de la isla?

d) Dirección de Planeación del Organismo de Cuenca Península de Yucatán

¿Cómo se realiza la planeación hídrica en el estado y en el OCPY?

¿Por qué actualmente ya no se genera el Programa Hídrico PY por sexenio y sólo se cuenta con el de visión 2030?

¿Qué indicadores se emplean en la planeación hídrica estatal y de la región?

¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo para generar estos indicadores? *Preguntar sobre el Registro Público de Derechos de Agua.*

¿Cómo se integra la información de los diferentes subniveles para crear los indicadores de los niveles superiores?

¿Cuáles son las unidades administrativas encargadas del manejo de la información relacionada con los indicadores?

¿Conoce el indicador de grado de presión sobre los recursos hídricos? ¿Qué tan útil lo considera en la toma de decisiones relacionadas con la planeación?

e) Dirección de Área Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas (Quintana Roo)

¿Qué indicadores se emplean en la planeación hídrica en la dirección local? ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo para generarlos?

¿Cómo se integra la información de los diferentes subniveles para crear los indicadores de los niveles superiores?

¿Conoce el indicador grado de presión sobre los recursos hídricos? ¿Qué tan útil lo considera en la toma de decisiones relacionadas con la planeación?

¿Cuáles son las principales problemáticas con respecto al consumo y la disponibilidad de agua en la Isla de Cozumel?

¿Cuáles son los principales retos en la planeación hídrica?

f) Dirección de Área Potable y Alcantarillado en Zonas Urbanas (Quintana Roo)

¿Qué indicadores se emplean en la planeación hídrica en la dirección local? ¿Cuál es el proceso que se lleva a cabo para generarlos?

¿Cómo se integra la información de los diferentes subniveles para crear los indicadores de los niveles superiores?

¿Conoce el indicador grado de presión sobre los recursos hídricos? ¿Qué tan útil lo considera en la toma de decisiones relacionadas con la planeación?

¿Cuáles son las principales problemáticas con respecto al consumo y la disponibilidad de agua en la Isla de Cozumel?

¿Cuáles son los principales retos en la planeación hídrica?

g) Gerencia de CAPA Cozumel

¿Cuál es la normatividad que maneja en materia del agua para el desempeño de sus funciones?

¿Cuáles son las problemáticas relacionadas con la disponibilidad y consumo de agua en la Isla de Cozumel? *Relación con el turismo.*

Principales temas que CAPA considera de interés, relacionados con la gestión del agua y su relación con el turismo, y en el que la UQROO puede apoyar.

Facilidad para el acceso a la información relacionada con la obtención de indicadores de disponibilidad y consumo de agua.

h) Subgerencia Técnica de CAPA Cozumel

¿Cuál es la normatividad que maneja en materia del agua para el desempeño de sus funciones?

¿Cuáles son las problemáticas relacionadas con la disponibilidad y consumo de agua en la Isla de Cozumel? *Relación con el turismo.*

¿Cuál es la disponibilidad de agua en la Isla de Cozumel?

i) Departamento y Laboratorio de Calidad

¿En qué normas se basa el organismo para el cumplimiento de la calidad del agua que se abastece a la isla?

¿Cuál es el principal parámetro en el que se basan para medir la concentración salina?

¿Qué tipo de muestreo y análisis se realiza al agua desde que se extrae hasta que se entrega a la población? *Parámetros, frecuencia, entidades verificadoras, etc.*

¿Dónde se reportan los datos sobre los parámetros analizados?

¿Cuáles son los estudios que el organismo ha realizado sobre el acuífero de la isla?

3. Cierre

Se agradece, se insiste en que una vez terminada la investigación se le hará llegar una copia del trabajo, se hacen acuerdos sobre la confidencialidad y se solicita su colaboración en futuros proyectos.