

Estrategia de Manejo y Conservación de Recursos Hídricos para la Zona de Influencia Norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK).

*Judith Adriana Morales López, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales
Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, judithadml@yahoo.com.mx*

La zona de influencia norte de la RBSK se caracteriza por tener gran variedad de ecosistemas terrestres, costeros y marinos conectados por un sistema hidrológico único. Su mantenimiento y conservación depende del abastecimiento de agua en cantidad y calidad adecuada. Actualmente se encuentran amenazados por el manejo inadecuado de los recursos, el acelerado desarrollo urbano y el desconocimiento de la geohidrología. Al área de estudio la caracteriza clima cálido-subhúmedo, vegetación abundante y suelos poco profundos no aptos para agricultura, predominan comunidades rurales pequeñas y rancherías, siendo Tulum la más desarrollada sin infraestructura sanitaria adecuada amenazando la reserva de agua dulce subterránea que actualmente se explota. El acuífero, extremadamente vulnerable a la contaminación (Metodología-SINTACS¹), en la franja costera de 10 km, presenta ya contaminación por coliformes. La aplicación de elementos de manejo integrado de cuencas en Quintana Roo descarta a las cuencas superficiales como unidad de manejo, proponiendo utilizar una que incluyan los flujos subterráneos, sin embargo, otros elementos como los diagnósticos y propuestas de soluciones participativas son herramientas útiles a implementar. La estrategia de manejo hídrico propuesta integra elementos de investigación de la geohidrología; Modificación del marco normativo; Educación y participación social; E implementación de proyectos comunitarios con tecnologías alternativas.

Introducción

Quintana Roo se caracteriza por tener una gran variedad de ecosistemas importantes como son los humedales (1'128,704 ha decretadas como sitio RAMSAR) (CONANP, 2005), el tercer sistema de ríos subterráneos más grande del mundo (CINDAQ, 2003) y el Sistema Arrecifal Mesoamericano. Estos se encuentran conectados por un sistema hidrológico único que interactúa con los ecosistemas terrestres, costeros y marinos. El mantenimiento y conservación de la biodiversidad ahí presente, dependen en gran medida del abastecimiento de agua en cantidad suficiente y calidad adecuada.

Actualmente estos ecosistemas se encuentran gravemente amenazados por el manejo inadecuado de los recursos y el acelerado desarrollo de la zona. Se tiene poco conocimiento de los sistemas hidrológicos y su dinámica, sobre todo en los niveles de toma de decisiones. Se cuenta con pocos estudios técnicos, éstos son aislados y poco accesibles. De igual forma, no se incorporan los elementos del manejo integrado de cuencas en la

planeación del desarrollo en Quintana Roo, debido a la dificultad de definir las cuencas en esta zona, pero este enfoque puede ser una herramienta muy útil para el manejo de los recursos naturales en este estado. Se requiere por tanto estudiar la hidrología, su entorno biótico y socioeconómico y diseñar una estrategia de manejo hídrico, que permita a las diferentes instituciones, no solamente entender su funcionamiento y particularidades, sino apoyarse en esta estrategia para una mejor toma de decisiones relacionada con el uso y aprovechamiento de los recursos naturales.

Antecedentes

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an (RBSK) se estableció en enero de 1986, y es una de las Áreas Naturales Protegidas más grandes en México y tiene dos zonas de influencia importantes, Felipe Carrillo Puerto ubicado a 40 Km. al poniente del humedal y Tulum ubicado a 10 Km. al norte del humedal (Ramsar, 2003). La zona de influencia es el territorio colindante a los límites del área natural protegida (ANP) con la cual, ésta,

mantiene una continuidad de procesos físicos, biológicos y/o sociales. No posee límites rígidos, sino que estos se definen considerando los impactos mutuos de la comunidad en el ANP y viceversa. En este estudio se eligió trabajar con la zona de influencia norte por las oportunidades actuales de apoyar con información en la planeación del desarrollo que se está llevando a cabo en esa área.

La necesidad de hacer un manejo sustentable en las zonas de influencia de la RBSK radica en disminuir las presiones y amenazas que estas representan para la ANP y los ecosistemas aledaños que no se encuentran protegidos, promoviendo su conservación.

Los ecosistemas presentes en la zona de influencia norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, interconectados por el agua, se encuentra amenazada por el manejo inadecuado de los recursos naturales, el desarrollo urbano y turístico acelerado, la falta de sistemas de saneamiento y manejo de residuos sólidos, desconocimiento de las condiciones geohidrológicas particulares de la zona por las autoridades y la población y poca participación de esta última en los procesos de toma de decisiones.

Objetivo

Desarrollar una estrategia integrada de manejo hídrico, para la conservación del recurso agua y los sistemas que de este dependen en la zona de influencia norte de la Reserva de la Biosfera de Sian ka'an.

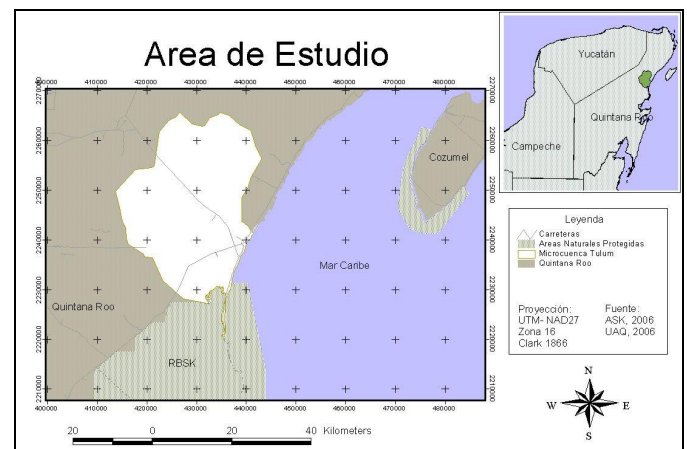
Metodología

Delimitación del área de estudio

Se ubica en la Península de Yucatán, en la porción centro-norte del estado de Quintana Roo (Figura 1), comprendiendo la parte sur del municipio de Solidaridad, representando la zona de influencia norte de la RBSK. Se realizó el ejercicio para la "Cuenca Tulum" (según la terminología de delimitación de cuencas de la Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería). Este polígono se encuentra entre las coordenadas UTM Z16 3,480,659 N y

2,405,369.46 E y 3,516,321.0 N y 2,349,364.46 E, colinda al sur con el límite norte de la RBSK al este con el mar Caribe y al norte y oeste con el resto del municipio de Solidaridad, y representa la zona de influencia norte de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. La "Cuenca Tulum" tiene una extensión de 1,157.84 Km² y un perímetro de 179,507.855 m. la cual, por su extensión, entra en la clasificación para fines de planeación como "C" (de 500 a 2500 km²) (Dominguez, M., 2007) esto se debe a las características geomorfológicas del área por lo que en adelante se denominará como cuenca Tulum.

Figura 1. Ubicación del área de estudio, Cuenca Tulum, delimitación de cuencas proyección UTM Z16



Caracterización ambiental, social y económica del área de estudio.

La caracterización física, ambiental y socioeconómica de la zona se elaboró siguiendo los términos de referencia del Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) de SAGARPA.

Estudio Hidrológico

Este consistió en la determinación del uso actual del recurso agua a través de visitas a la instituciones de gobierno, de 84 encuestas que en las comunidades, comercios y prestadores de servicios turísticos.

El balance hidrológico se calculó utilizando información de 122 estaciones meteorológicas de toda la Península, por los siguientes

métodos: "NOM-011-CNA-2000", Apéndice normativo "A" Métodos para determinar el volumen medio anual de escurrimiento natural, (CNA, 2000), el Método de Turc para la evapotranspiración y la infiltración fue determinada por diferencia de las anteriores.

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, se evaluó a través de diferentes métodos siendo SINTACS (Civita, 1975) con las modificaciones especificadas por Cucchi et al (2003) el mas adecuado.

La calidad del agua, se evaluó con los datos de monitoreo del agua (CAPA, 2005), para los pozos de las comunidades de Tulum, Francisco Uh May, Macario Gómez y José Ma. Pino Suárez, de acuerdo a su cumplimiento con la NOM 127 de la Secretaría de Salud la cual establece los límites máximos permisibles para el agua de uso potable. Para establecer el Índice de Calidad del Agua, se utilizó la metodología descrita por León, (sin año) del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Diagnóstico de la problemática

Se elaboró el diagnóstico de la problemática utilizando la información generada y recopilada en campo, siguiendo los términos de referencia del PRPC, descrito en el PNM.

Evaluación de la pertinencia de los elementos de gestión integrada de cuencas para Quintana Roo.

Se evaluó en base al ejercicio realizado en la Cuenca Tulum los elementos que se utilizan en el manejo y gestión integrada de cuencas en términos de la pertinencia de: Delimitación y características físicas de una cuenca, Caracterización biofísica y socioeconómica, Diagnostico de la problemática, Análisis de la Información, Propuesta de proyectos y soluciones, Manejo integrado, Interdisciplinariedad, Proceso participativo, Ínterinstitutionalidad, Actores Involucrados, Alternativas y acciones de gestión

Estrategias de Manejo del Agua y Alternativas de Saneamiento

A través de una revisión bibliográfica y visitas de campo a centros demostrativos de manejo integrado del agua se pudo establecer y seleccionar los mejores escenarios de manejo del recurso y acciones para la conservación de los ecosistemas presentes y su biodiversidad. Los diferentes indicadores ambientales, sociales y económicos analizados en la caracterización y el diagnóstico de la problemática intervinieron en la toma de decisiones.

Resultados

Caracterización de la Cuenca

La Cuenca Tulum tiene una extensión de 1,157.84 Km², correspondiendo al 26.20% del territorio del municipio de Solidaridad (4,419 km²). El clima predominante es de tipo Aw1 (x') también se presenta de tipo Aw2 (x'), siendo estos de tipo cálido sub húmedo La temperatura media anual para la cuenca es 25.78°C, debido a su relieve plano (altura media de 10msnm), En particular, Quintana Roo es la zona de mayor incidencia de huracanes en la República Mexicana. Se presentan suelos poco profundos y en asociaciones de dos o más tipos, donde predominan los litosoles y las rendzinas. Está comprendida en la provincia fisiográfica de Yucatán o Karst y la Región Hidrológica No. 32 (Yucatán Norte). En esta zona, no se encuentran escurrimientos superficiales de importancia El acuífero es de tipo freático, con marcada heterogeneidad respecto a sus características hidráulicas. En la llanura el acuífero presenta notable desarrollo cárstico, a lo que se debe su gran permeabilidad secundaria, a la vez cuenta con espectaculares manifestaciones en la superficie (cenotes de gran tamaño) y formación de "ríos subterráneos" (cavernas) de grandes longitudes. Geológicamente la Península de Yucatán es una estructura relativamente joven, su origen sedimentario se remonta a las formaciones rocosas del Mesozóico, sobre las cuales se han depositado arenas y estructuras de origen orgánico marino que han dado forma a una gigantesca loza caliza (INEGI, 2005).

La vegetación del Municipio de Solidaridad está conformada por selva mediana subperennifolia (SMSP) y subcaducifolia, y selva baja subperennifolia y caducifolia, Quintana Roo, por su posición geográfica y las características de su flora, es considerada un área rica en vida silvestre. El área de estudio colinda con dos áreas naturales protegidas, la RBSK y el Parque Nacional Tulum. Los habitantes de la cuenca Tulum se encuentran distribuidos en 4 localidades principalmente (Francisco Uh May, Macario Gómez, José Ma. Pino Suárez u Tulum), siendo Tulum la más poblada, 14 rancherías, y 53 establecimientos hoteleros en la costa y área de tulum.

Un elemento importante de toda la cuenca es la lengua materna Maya, que se ha combinado en la mayor parte de los pobladores. La mayoría de las viviendas del área urbana son unifamiliares con paredes de piedra y techo de losa o de cartón; en las áreas rurales las viviendas son de paredes de materiales perecederos como madera o bajareque con techo de huano. En las localidades de Francisco Uh May, Macario Gómez y José Ma Pino Suárez el 90, 97 y 68% respectivamente de las viviendas cocinan con leña, lo cual puede representar una amenaza a las selvas aledañas.

El municipio de Solidaridad cuenta con atención proporcionada por la Secretaría de Salud (SESA) y el Instituto Mexicano de Seguro Social (IMSS). Se tiene además una unidad de salud móvil para dar atención a las zonas rurales, que también son parte de la zona maya pero no es suficiente. En la comunidad de Francisco Uh May hay un centro de salud y las enfermedades más comunes son resfriados y enfermedades gastrointestinales. Macario Gómez no cuenta con centro de salud.

En Quintana Roo el 70% de la población económicamente activa se dedica a actividades terciarias, fundamentalmente en los sectores comercial, turístico, de transporte, servicios y administración pública. Casi la mitad de los quintanarroenses tiene ingresos menores a dos veces el salario mínimo de la región. En el

extremo opuesto, el tres por ciento de la PEA tiene ingresos superiores a diez salarios mínimos.

La tenencia de la tierra en la cuenca Tulum está constituida por terrenos de propiedad nacional, de propiedad federal, privada, de propiedad social (ejidos), terrenos nacionales libres y las áreas naturales protegidas de Tulum y Sian Ka'an.

Quintana Roo, tiene el saldo neto migratorio más alto de todo el país. El 55.4% de los habitantes de Quintana Roo no nacieron en la entidad. El grado de marginación reportado por COESPO para el municipio de Solidaridad es bajo, pero el INEGI reporta para las comunidades rurales de la Cuenca (Francisco Uh May y Macario Gómez) un índice de marginación alto.

La producción que se logra obtener por los pobladores de la cuenca tiene como principal destino el autoconsumo. La actividad agrícola presente en las comunidades de Francisco Uh May y Macario Gómez es de autoconsumo, de temporal y son métodos tradicionales. En la localidad de Francisco Uh May hay 21 personas que se dedican a la ganadería de tipo extensivo pero no es una actividad muy desarrollada en la cuenca. La actividad apícola se realiza en las comunidades de Francisco Uh May y Macario Gómez, pero se realiza de forma tradicional y está a punto de desaparecer.

La infraestructura turística para la Riviera Maya es de 347 hoteles 22,946 cuartos con una afluencia turística de 2,000,000 de turistas al año de 1,250,000 en el 2000.

Estudio Hidrológico

El abastecimiento de agua en la cuenca es a través del servicio que brinda la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) para las comunidades y las rancherías, la franja hotelera ubicada en la costa, se abastece a través de pipas y en algunas ocasiones extrayendo agua de pozos y cenotes cercanos.

En la cuenca el agua se utiliza principalmente para cubrir las necesidades domésticas (o uso popular como lo denomina CAPA) siendo el 82.20%. El resto es de uso comercial, hotelero y servicios en general que incluye el agua utilizada por las dependencias de gobierno y el municipio. No existe ninguna concesión de pozos para riego en la zona.

En las localidades de Francisco Uh May, Macario Gómez y José Ma. Pino Suárez, la mayoría de las familias cuentan con la conexión del agua potable a una manguera y de ahí obtienen y distribuyen el agua para las labores domésticas. No cuentan con tuberías para la distribución de agua potable en el hogar. En una zona de patio se realiza el lavado de trastos y ropa, se hace en el exterior de su vivienda, utilizando botes de plástico y tirando las aguas grises al suelo.

Tulum cuenta con seis pozos ubicados a siete km de la ciudad sobre la carretera Tulum-Coba. Las localidades de Francisco Uh May, Macario Gómez y José Maria Pino Suárez cuentan con un pozo cada una.

El servicio de agua potable para estas comunidades, como lo mencionaron los habitantes, es intermitente y muchas veces está sujeto a que la persona encargada de la bomba la prenda en los horarios establecidos, a la disponibilidad de diesel para la bomba y al buen funcionamiento de esta.

Tabla 1. Volúmenes de agua extraídos por comunidad (CAPA, 2006)

Pozos de las Comunidades	Volumen total de agua extraído 2005 (m ³)
Tulum	1,167,050.4
Francisco Uh May	42,623
Macario Gómez	41,765
José María Pino Suárez	11,016
TOTAL	1,262,454.4

En cuanto al almacenamiento de agua, el 64% utiliza tinacos Rotoplas de 450 litros, principalmente en la comunidad de Tulum. El 33 % restante almacena agua en botes de

plástico o no almacena agua, principalmente en las comunidades de Pino Suárez y Macario Gómez. Los habitantes mencionaron que lo anterior representa un problema importante ya que estas comunidades sufren escasez de agua por el suministro intermitente. De igual forma cuando son afectadas por huracanes la población queda sin agua debido a que no cuentan con tinacos para su almacenamiento. El 85% de los encuestados cuentan con 1 solo tinaco, 6% de 2 a 4 tinacos y el 8% cuenta de 6 a 8 tinacos. Solamente el supermercado San Francisco y algunos hoteles de la zona costera cuentan con cisterna para almacenar agua.

Se observaron algunos casos de captación de agua de lluvia, pero esto se hace de forma muy rustica, y la captación es mínima

En la cuenca la población (98% de los encuestados) generalmente utiliza agua de garrafón para beber, el 2% restante en la población de Francisco Uh May utiliza agua potable desinfectada con gotas para beber.

Una práctica común en esta zona es el uso de fosas sépticas (74% de los encuestados). Pero el 59 % reportó no dar mantenimiento a estas. El 20 % no cuentan con baños ni letrinas y defecan al aire libre, en las comunidades de Francisco Uh Ma, Pino Suárez y Tulum. El supermercado San Francisco cuenta con un sistema con trampa de grasas, filtro de arena, y pozo de absorción. Se encontró que, la falta de drenaje en la zona es un problema prioritario por resolver, al encontrar que las lavanderías de Tulum no cuentan con ningún tratamiento para sus aguas residuales. El cenote que da servicio turístico Carwash cuenta con baños secos.

En cuanto al manejo de residuos sólidos, representan una fuente de contaminación importante en la zona, encontrando que 86% utiliza el servicio de recolección municipal de residuos sólidos. El 8% quema los residuos, en particular en las comunidades de José María Pino Suárez y Francisco Uh May. El 3% tira los residuos sólidos en la selva o a las orillas de la carretera. Encontramos habitantes en la

comunidad de Tulum y en los hoteles de la zona costera que separan los residuos y hacen composta.

La Subdirección de Servicios Públicos Municipales de Tulum, cuenta con 4 camiones para dar el servicio de recolección de residuos sólidos, diariamente recogen los residuos de dos sectores lo que equivale de 45 a 50 toneladas por día, las cuales tienen como disposición final el relleno sanitario de Playa del Carmen. Anteriormente se depositaban en el tiradero de Tulum, que ya se encuentra clausurado, este se encuentra a 8 km sobre la carretera Tulum Coba y tiene un volumen de 38,560 m³. Actualmente este tiradero aunque ya está clausurado recibe chatarra. Es importante señalar que este tiradero se encuentra muy cercano a la zona de pozos de extracción de agua potable de Tulum.

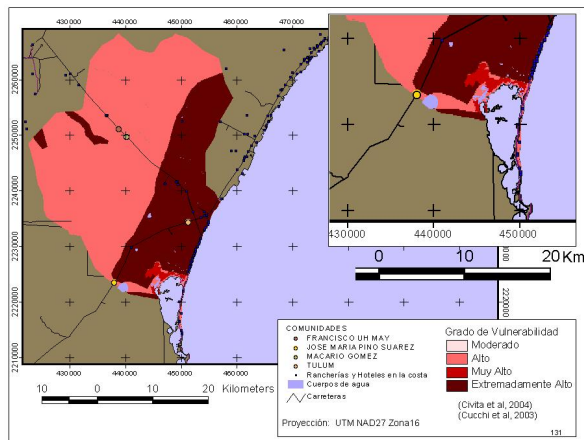
En cuanto al balance hidrológico, la precipitación media anual es de 1166.83 mm, se estima un volumen anual de 1,351,199.28 m³, que en su mayor parte se precipitan en los meses de mayo a octubre. Debido a la densa cobertura vegetal de la cuenca y a la poca pendiente topográfica del terreno y las elevadas temperaturas se estimó una evapotranspiración en el sistema es de 1,160,155.68 m³. Se obtuvieron datos de evapotranspiración media para la cuenca de 1002 mm. El escurrimiento medio anual obtenido es de 91.71mm. Se estima un volumen medio anual de 106,521.28 m³, como salida de agua del sistema por escurrimiento. La infiltración media anual calculada fue de 73.34 mm. Se estimó un volumen medio anual de 84,522.32 m³ como salida del sistema en la cuenca por infiltración.

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación evaluado por el método SINTACS, es el método que más se acerca a las condiciones reales, ya que dependiendo de las características particulares de la red de drenaje el acuífero hace una diferenciación en tres

tipos: con drenaje disperso y poco jerarquizado (tipo 1); con jerarquización parcial pero todavía con drenajes interdependientes (tipo 2); y con algunos drenajes dominantes y jerarquizados (tipo 3) (Civita, 1975). La diferenciación de los tipos de acuíferos cársticos (tipo 1 y 3 descritos anteriormente) se delimitaron utilizando las áreas potenciales a tener alta permeabilidad ubicadas por Neuman y Rahbek (2006), las cuales para designar estas áreas analizaron las siguientes tipos de estructuras: fallas y fracturas (utilizando las cartas del INEG), áreas con desarrollo de conductos conocido (ríos subterráneos descritos en Smart et al., 2006), áreas con alta densidad de cenotes (Imágenes de satélite y de Google Earth) y estructuras identificadas en imágenes de satélite que no son inmediatamente asociadas a flujos de agua. Quinientos km de cuevas y ríos subterráneos han sido explorados y mapeados hasta 15 km tierra adentro en una franja paralela a la costa del Caribe de Quintana Roo de 100 km (Smart et al., 2006) Estos sistemas alimentan puntos de salida que se encuentran espaciados cada 2-3 km a lo largo de la costa y se encuentran comúnmente asociados a caletas o bahías.

Como resultado del método SINTACS se encontró que el acuífero es extremadamente vulnerable en la franja de los 10 primeros kilómetros de la costa hacia el centro de la península por las características geohidrológicas y resulta de vulnerabilidad alta el resto del territorio de la cuenca. Para la evaluación del resultado del modelo SINTACS se debe considerar que para algunos parámetros como la conductividad hidráulica no se tiene la información necesaria y en algunos casos es información insuficiente, pero para efectos de este trabajo se puede concluir que la vulnerabilidad del acuífero aumenta conforme uno se acerca a la costa y es de gran importancia por que justo el desarrollo urbano y turístico en la cuenca se está dando y se dará en esta zona.

Figura 2. Grado de Vulnerabilidad Método SINTACS



En cuanto a la calidad del agua, el parámetro de unidades de color para el pozo cuatro de la localidad de Tulum sobre pasa lo permitido. Todos los demás parámetros físicos se encuentran dentro del rango permitido. Los parámetros químicos que se encuentran superiores a los límites máximos son los cloruros en el pozo de José Ma. Pino Suárez, y los pozos uno, dos, tres, cinco y seis de Tulum. Los pozos cinco y seis de Tulum sobrepasan los límites máximos permisibles de sólidos disueltos por 359 y 488 mg/l. Otro parámetro que sobrepasa la norma en los pozos uno, tres, cinco y seis de Tulum es la dureza total. Las concentraciones de sodio en el pozo cinco y seis de Tulum sobrepasan la norma también. La salinidad de todos los pozos se encuentra en el rango de 0.8 a 1.38 siendo consideradas como agua salobre oligohalina. En cuanto a las características bacteriológicas del agua, los pozos de Francisco Uh May, José Ma. Morelos y los

pozos cuatro, cinco y seis de Tulum presentan contaminación por coliformes fecales. Utilizando los datos de calidad del agua descritos anteriormente, se calculó el Índice de calidad de agua, resultando de calidad aceptable para uso potable el agua de los pozos de las cuatro comunidades de la cuenca. Asociado al valor numérico del ICA se indican las medidas aconsejables para su uso como agua potable (León, sin año) siendo esta agua dudosa para su consumo sin purificación.

Diagnóstico de la Problemática

En el análisis de la problemática se observó que los problemas que afectan al área de estudio son por una parte falta de oportunidades de desarrollo y alternativas económicas (Suelos inadecuados para agricultura, falta de tecnología agrícola, falta de alternativas productivas) con Pérdidas económicas en la comercialización de productos, en las zonas rurales y un acelerado desarrollo en la zona costera sin los servicios necesarios de saneamiento y manejo de residuos, así como de salud, educación y vivienda. Esta situación provoca en el aspecto ambiental contaminación y sobre explotación del acuífero, explotación de recursos naturales sin planeación como es el uso de cenotes sin un control, la deforestación de selva mediana los incendios, la erosión costera y la intrusión salina y además la afectación provocada por los fenómenos naturales como son los huracanes.

Evaluación de la pertinencia de los elementos de la gestión integrada de cuencas para Quintana Roo

Existen diferentes esfuerzos de delimitación de cuencas y microcuencas para México los cuales incluyen la Península de Yucatán, como la delimitación elaborada por la Universidad Autónoma de Querétaro, y la realizada por el ICRAN en el estudio de cuencas para la zona del Arrecife Mesoamericano. Las delimitaciones de cuencas no coinciden debido a lo difícil de determinarlas en esta zona. En este ejercicio solamente se utilizó como un mero límite para poder definir el área de estudio

y tener los límites para realizar los diferentes análisis de información que se realizaron.

Se identificó que en la realidad no existe la participación de todos los actores en la toma de decisiones sobre el manejo de los recursos naturales en el Estado, ni en la planeación de las actividades productivas y ni en la solución de la problemática social. Aún cuando se ha comenzado el trabajo por microregiones por SAGARPA, los habitantes de las comunidades e incluso las autoridades municipales no tienen conocimiento de esto.

La información existe de la zona se encuentra disponible y accesible en las diferentes dependencias del gobierno. Esto se debe en gran medida a la nueva ley de transparencia.

El diagnóstico se integró con la información disponible y aunque no se realizaron talleres con la participación de las comunidades y ejidos, los resultados del diagnóstico representan una buena base de información para conocer la problemática del al zona. Es necesario reconocer, que, debido al interés personal en los temas relacionados con la conservación de los recursos naturales y por los objetivos propios de este trabajo se inclinó mas en las propuestas de soluciones de la problemática ambiental, que de igual forma como se trató de utilizar un enfoque integrador estas tratan de resolver también parte de la problemática económica y social.

Estas propuestas no han sido concensuadas con las comunidades, ejidos y autoridades en talleres, solamente se conoce la opinión a través de las encuestas en las que se refleja apertura de participación en tres niveles, para adquirir conocimiento, para implementar medidas sencillas en sus hogares y para realizar acciones que impliquen instalación de infraestructura nueva.

La colaboración entre las instituciones gubernamentales en Quintana Roo se realiza en los comités estatales de usuarios y en los grupos técnicos especializados y la única participación

en el Foro que se tuvo a este nivel fue la presentación de lo que se pretendía hacer con este trabajo de tesis.

Se encontró que en el ceno de estos comité no participa SAGARPA y que la CONAGUA, y las comunidades de Francisco Uh May y Macario Gómez, en las que existe un PRPC no lo conocen, ni han oído hablar del plan nacional de microcuencas, no está enterada de la existencia de los PRPC elaborados en Quintana Roo.

Estrategias de manejo integrado del agua y alternativas de saneamiento

Con la finalidad de establecer las condiciones necesarias para mantener o mejorar la salud de los ecosistemas, las especies que los habitan, para mitigar las amenazas que los afectan y mantener el agua en calidad y cantidad adecuada se diseñaron metas enfocadas a la conservación de los recursos naturales del área teniendo como eje el recurso agua.

1. INVESTIGACION.

Dirigir los esfuerzos de instituciones académicas y Organizaciones de la Sociedad Civil para ejecutar proyectos de investigación y su difusión sobre la hidrogeología de la zona.

Línea estratégica 1.1 Promover la cartera de necesidades de información entre el sector académico y de ONGs,

Línea estratégica 1.2 Elaborar los estudios puntuales necesarios para complementar la información requerida en los modelos hidrológicos en la región y apoyar con información de base para el cumplimiento de las NOMs

2. MARCO LEGAL. Revisar y fortalecer el marco que legisla el uso y la conservación del agua.

Línea estratégica 2.1. Promover la regulación de la explotación y uso de cenotes

Línea estratégica 2.2. Proponer una Norma Oficial Mexicana que establece los límites

máximos de contaminantes en la descargas de aguas residuales en zonas costeras con presencia de arrecifes de coral, evaluada y promovida por el Centro Mexicano de Derecho Ambiental (CEMDA, 2006)

Línea estratégica 2.3. Evaluar la necesidad de modificar la NOM-83-SEMARNAT-2003 que contiene las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, para que exista una reglamentación adecuada en cuanto a la construcción de rellenos sanitarios.

Línea estratégica 2.4. Promover el manejo del agua en la superficie, desde el abastecimiento (captación pluvial), almacenamiento, tratamiento (biofiltros y humedales) y reutilización y así disminuir la afectación a las condiciones hidrogeológicas subterráneas, y si es posible, como lo sugiere Beddows *et al.* 2005 (en Neuman & Rahbek, 2007) eliminar la inyección de aguas tratadas en todo el acuífero de la Península de Yucatán, por lo extremadamente vulnerable que este es a dicha práctica.

3. EDUCACION. Valorización del recurso y difusión de conocimientos sobre hidrogeología local.

Línea estratégica 3.1. Diseñar y aplicar un programa de difusión y educación ambiental que apoye estrategias clave para impulsar una cultura de valoración de recursos naturales

Línea estratégica 3.2. Implementar un programa de difusión y educación de prácticas alternativas para el manejo sustentable del agua promoviendo fuentes alternativas de abastecimiento de agua y prácticas en el hogar para ahorro de agua en español y maya para las comunidades.

Línea estratégica 3.3. Implementar un programa para crear conciencia en la población sobre el manejo de residuos sólidos.

4. IMPLEMENTACION. Establecer proyectos comunitarios alternativos que disminuyan la presión sobre los recursos del área y que eleven la calidad de vida de los pobladores.

Línea estratégica 4.1 Promover la aplicación de técnicas alternativas de manejo del agua y saneamiento para la conservación de los recursos hídricos y de los ecosistemas que estos conectan en comunidades rurales y rancherías a través de captación de agua de lluvia para su uso en el hogar, instalación y uso de baños secos composteros y uso de la composta para mejoramiento de la tierra en cultivos de hortalizas de traspatio, la instalación de biofiltros y la técnica de acolchado para el tratamiento y reuso de las aguas grises residuales en riego de árboles frutales y hortalizas.

Línea estratégica 4.2 Promover la utilización de técnicas alternativas de manejo de agua y saneamiento para la conservación de los recursos hídricos en comunidades mayores a 500 habitantes a través de captación de agua de lluvia y la instalación de humedales artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales

Línea estratégica 4.3 Manejo adecuado de los residuos sólidos a través de elaboración de composta en el hogar y por parte del municipio en localidades mayores, desarrollando un programa de recolección de desechos orgánicos para compostar. Separación de residuos sólidos en vidrio, papel y cartón, PET, y plástico, recolección por el municipio de residuos separados y reciclaje. Utilización de artículos desechables biodegradables.

Línea estratégica 4.4 Conservación de áreas de captación y selvas por medio de promoción de huertos de traspatio y uso de estufas ahorradoras de leña.

Discusiones y Conclusiones

Las características y procesos que ocurren en la cuenca se definen en gran medida por los factores ambientales presentes. Las áreas de selva bien conservadas, con presencia de

comunidades rurales pequeñas en contraste con el desarrollo actual y el proyectado de la industria turística en la zona costera, sin la infraestructura de saneamiento y servicios básicos necesarios, representan una amenaza importante para los recursos naturales y los recursos hídricos.

La principal fuente de abastecimiento de agua en la cuenca es el acuífero y su uso principal es doméstico. En base a la estimación del balance hidrológico por promedios anuales históricos en la microcuenca Tulum, del 100% del agua que entra por precipitación, el 86% se evapotranspira, el 7% se escurre y el 6.25% se infiltra.

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación evaluado por el método SINTACS resultó para la franja de los primeros 10 Km. de la costa hacia el centro de la Península, extremadamente alta y el resto de la Cuenca con vulnerabilidad alta. Es necesario seguir evaluando los métodos existentes para calcular la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y ajustarlo a las características tan particulares de la Península con datos más completos.

La calidad del agua para los nueve pozos de extracción (período 2005) estimada a través del ICA presenta calidad de agua para uso potable aceptable y dudoso para su consumo sin purificación.

Los problemas que afectan el área de estudio y sus posibles soluciones se centran en la falta de oportunidades de desarrollo y alternativas económicas y servicios en las zonas rurales y un acelerado desarrollo en la zona costera sin los servicios necesarios de saneamiento y manejo de residuos.

La implementación de los elementos de la gestión integrada de cuencas para Quintana Roo logrará el considerar todos los usos del agua, incluido el medio ambiente, resolver conflictos entre los usuarios y los usos del agua y que la toma de dediciones dentro de la unidad de

manejo sea con gran participación social. La delimitación de las unidad de manejo para la Península de Yucatán, deben integrar microregiones establecidas en base a los ejidos y la estructura hidrogeológica y de flujos de agua subterránea, principalmente en las zonas más cercanas a la costa.

La estrategia de manejo integrado del agua soluciona la problemática de las comunidades y ofrece una alternativa para el aprovechamiento de las aguas residuales y residuos sólidos. Se requiere que dicha estrategia contenga acciones de investigación del sistema geohidrológico subterráneo de la Península de Yucatán; la revisión y fortalecimiento del marco legal; La educación para la promoción de manejo integrado del agua y; la implementación de proyectos comunitarios con tecnologías alternativas eficientes.

Agradecimientos

Deseo agradecer ampliamente el apoyo financiero otorgado por el Fondo Mundial Para la Naturaleza WWF, Amigos de Sian Ka'an A.C., la Coordinación de la Maestría y la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad para la realización de este trabajo.

Referencias

- Aller, Linda; Bennett, Truman; Lehr, Jay H.; Hackett, Glen; Petty, Rebecca J.; Thornhill, Jerry, 1987, DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydro geologic settings. EPA-600/2-87-035. , 445 p.
- CAPA, 2006, *Datos promedio para el 2005 de calidad del agua para el municipio de Solidaridad*, Coordinación Operativa, Departamento de Control de Calidad del Agua, Sistema operador Solidaridad.
- CINDAQ, 2003, *Presentación para el taller Construyendo las bases para la conservación del agua y su biodiversidad asociada en la Península de Yucatán*, Cancún.
- Civita M., 1975, *Criterios de evaluación de recursos hídricos subterráneos en regiones cársticas*, Art 3° Convención Internacional de acuíferos subterráneos, Palermo 217-237 p.
- CNA, 2000, *NOM-011-CNA-2000, Conservación del Recurso Agua - Que Establece Las Especificaciones y el Método para Determinar la Disponibilidad*

Media Anual de las Aguas Nacionales, Apéndice Normativo A, DOF, México.

- CONANP, 2005, *Los humedales prioritarios de México*, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, México D.F. 48 p.
- Cucchi F., Forti P., Zini L., 2003, *The vulnerability of complex karst hydrostructures: Problems and perspectives*, 1st International Workshop Aquifer Vulnerability Risk, Mexico 50-59 pp.
- Domínguez, M., 2007, *Diplomado Internacional en Desarrollo Integral de Cuencas, Conceptos Básicos de Hidrología de Cuencas* Módulo III-a, Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, División de estudios de posgrado.
- INEGI, 2005, *Estudio hidrogeológico del estado de Quintana Roo*, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, México, 79 pp.
- Neuman B., Rahbek M., 2006, *Modelling Concepts for the Sustainable Management of the Sian Ka'an Biosphere Reserve*, Quintana Roo, México, Institute of Environment & Resources Technical University of Denmark, Tesis de Maestría, 297 p.
- RAMSAR, 2003, *Ficha Informativa de los humedales Sian Ka'an*, RAMSAR, 17p.
- Smart, P.L., Beddows, P.A., Coke, J., Doerr, S., Smith, S., and Whitaker, F.F., 2006, *Cave development on the Caribbean coast of the Yucatan Peninsula, Quintana Roo, Mexico*, in Harmon, R.S., and Wicks, C., eds., *Perspectives on karst geomorphology, hydrology, and geochemistry—A tribute volume to Derek*