

*Estrategia de pago de servicios  
ambientales por desempeño  
hidrológico en Quintana Roo*

Hilda Hesselbach, Luis Miguel Galindo,  
Karina Caballero, Roberto de la Maza,  
Luis Felipe Sánchez y Yaatsil Guevara



Corredor Biológico Mesoamericano México  
Serie Acciones / Número 1



Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

# *Estrategia de pago de servicios ambientales por desempeño hidrológico en Quintana Roo*

---

Hilda Hesselbach, Luis Miguel Galindo,  
Karina Caballero, Roberto de la Maza,  
Luis Felipe Sánchez y Yaatsil Guevara

con la colaboración de Francisco Reyna

Serie Acciones / Número 1



Juan Rafael Elvira Quesada  
*Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales*

José Sarukhán KermeZ  
*Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*  
*Coordinador Nacional*

Ana Luisa Guzmán y López Figueroa  
*Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*  
*Secretaria Ejecutiva*

Pedro Álvarez Icaza  
*Corredor Biológico Mesoamericano México*  
*Director General*

Xochitl Ramírez Reivich  
*Corredor Biológico Mesoamericano México*  
*Directora Técnica*

Raúl Herrera Massieu  
*Corredor Biológico Mesoamericano México*  
*Coordinador de Comunicación*

Colección Corredor Biológico Mesoamericano México

■ Conocimientos ■ Acciones ■ Diálogos

---

Para mayor información sobre éste y otros temas relacionados con el Corredor Biológico Mesoamericano México consultar [www.cbmm.gob.mx](http://www.cbmm.gob.mx)  
Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de sus autores y pueden no coincidir con las de la CONABIO y el CBMM.

Coordinación editorial: ROSALBA BECERRA  
Revisión de textos: ANA EZCURRA  
Ilustración de portada: MARA MAI  
Producción: TRAZOS, CONSULTORÍA EDITORIAL

**Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad**  
**Corredor Biológico Mesoamericano México**  
Liga Periférico Insurgentes Sur 4903  
Col. Parques del Pedregal  
14010. Tlalpan. México, D.F.  
Tel. (55) 5004 5000 / (55) 5004 4939  
<[www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)> <[www.cbmm.gob.mx](http://www.cbmm.gob.mx)>

México, 2009

## PRESENTACIÓN

Al igual que muchos otros trabajos auspiciados por el Corredor Biológico Mesoamericano México (CBMM) en el último lustro, este estudio es un trabajo seminal en el proceso de reorientar el desarrollo en los estados del sur y este del país, conjuntando las visiones sectoriales en estrategias territoriales de acción colectiva.

El pago de servicios ambientales es una de las líneas estratégicas que, junto con el manejo forestal sustentable, la agroecología, la producción de café de sombra, chicle y miel orgánica, la ganadería silvopastoril semiestabulada y el ecoturismo, entre otras, impulsa el CBMM como una de las opciones para compatibilizar el mejoramiento de los medios de vida y la conservación de un entorno que contribuya a la función de conectividad entre las áreas que, bajo diversos esquemas de protección, albergan una enorme diversidad biológica.

El creciente reconocimiento social al valor de los servicios ambientales de bosques y selvas está asociado con la anticipación de la escasez, pero también con consideraciones éticas derivadas de la percepción de la inequitativa distribución de los costos y beneficios de los bienes públicos en nuestra sociedad.

Quintana Roo es, ciertamente, un ejemplo emblemático de ello, como lo documenta el presente estudio. La cobertura del servicio de agua potable domiciliar llega a ser de 1.9% en uno de los municipios y, en el mejor de los casos, no supera 50%, en tanto que 2/3 partes del consumo corresponden al sector hotelero.

Por otra parte, esta lacerante imagen constituye una oportunidad vinculada con el hecho de que 84% de bosques y selvas a nivel nacional son propiedad de ejidos y comunidades y habida cuenta de que el programa busca, entre otros objetivos, impulsar la creación de nuevas formas de ingreso para los dueños de terrenos de importancia para la conservación de los ecosistemas y funciones hidrológicas.

La sinergia ambiental-económica-social, se resume en la posibilidad real de:

- a) preservar los ecosistemas ricos en biodiversidad que proveen dichos servicios ambientales, para
- b) asegurar la provisión de un insumo productivo a una industria de gran dinamismo que le confiere un enorme valor agregado al agua como factor de producción, generando ingresos que contribuyan a

- c) expandir la cobertura de los servicios públicos y pagar a los propietarios de los terrenos que han decidido conservar las selvas.

Los estudios económicos revelan una muy baja elasticidad en la demanda de un insumo como el agua, para el que no existe un sustituto adecuado, lo que puede ser aprovechado considerando su insustituible contribución al éxito de la industria turística que actualmente aporta más de 90% de los cobros en el rango de tarifas máximas.

Reunir en un solo texto la información biofísica, la calificación de propietarios de los predios oferentes, la valoración económica, el marco jurídico y el arreglo administrativo para la instrumentación del pago de servicios ambientales hidrológicos que reflejan la importancia de la convergencia de capital natural y capital social, es un paso fundacional en el diseño de los mecanismos apropiados para asegurar la provisión futura de un bien público, tanto para su aprovechamiento como insumo productivo en el sector turístico y de servicios en general, como para la provisión básica de la población, garantizando una tarifa mínima o cero para asegurar otro bien público: la salud de la población de bajos recursos.

RICARDO HERNÁNDEZ MURILLO

# CONTENIDO

<b>Introducción</b>	7
<b>I. Sitios generadores de servicios hidrológicos</b>	11
1. Valoración de elementos índice	13
<i>Precipitación</i>	13
<i>Suelos</i>	14
<i>Rocas</i>	16
<i>Vegetación</i>	17
<b>II. Selección de oferentes</b>	25
1. Criterios de selección y calificación de oferentes	25
2. Padrón de oferentes	34
<b>III. Indicadores de valuación económica de los servicios hidrológicos, usuarios y mercado potencial</b>	35
<b>IV. Soporte jurídico y administrativo</b>	53
1. Marco jurídico del organismo operador	53
2. Oportunidades y necesidades de modificación de la estructura jurídica actual	54
<b>Conclusiones</b>	55
<b>Bibliografía</b>	59
<b>Anexo. Lineamientos para la aplicación del programa</b>	67



## INTRODUCCIÓN

De los varios tipos de servicios ecosistémicos, el agua es uno de los más concretos y medibles y, como se explica adelante, en el caso de Quintana Roo está muy ligado con el mantenimiento de los diferentes tipos de selvas en la región. Se trata de un servicio de aprovisionamiento y se relaciona con otros servicios como la conservación de ecosistemas y su diversidad biológica, y la captura de carbono. Ayuda, al mismo tiempo, a la aplicación del principio precautorio de *deforestación evitada*, que busca mantener las condiciones originales de las comunidades naturales nativas y prescindir de los costos que implicarían la reforestación y la restauración ecológica cuando las selvas han sido perturbadas.

La pertinencia de impulsar el Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico (PSADH) en Quintana Roo obedece a las siguientes razones:

- Condiciones de desarrollo y consumo de agua: Quintana Roo tiene una tasa de crecimiento superior a la media del PIB nacional, sin embargo, persisten enormes desigualdades en los niveles de desarrollo al interior del estado. En un periodo de 35 años (1970-2005), la población de Quintana Roo creció cerca de millón y medio de habitantes y, con ello, se incrementó el consumo de agua, que tiene un patrón espacial marcadamente diferencial y se relaciona con los niveles de desarrollo y la dinámica demográfica entre sus regiones. El norte del estado, donde se encuentran importantes centros urbano-turísticos como Cancún y Playa del Carmen, contrasta con las áreas rurales del sur. Ciudad del Carmen, es uno de los ejemplos más claros de este crecimiento: su población creció de 3 098 habitantes en 1990 a 100 383 en 2005.<sup>1</sup> El porcentaje de viviendas que disponen de agua de la red pública a nivel municipal, muestra también estas diferencias. Mientras en el municipio de Benito Juárez cerca de 50% de las viviendas tienen este servicio, en municipios como Isla Mujeres y José María Morelos el porcentaje es de 1.1 y 1.9 respectivamente.
- La conversión de usos del suelo tiene repercusiones en la conservación de áreas naturales. Sólo en el municipio Solidaridad, entre 1976 y 2000, desaparecieron alrededor de 53 500 hectáreas de selvas altas y medianas

---

<sup>1</sup> INEGI. Censos generales de población y vivienda 1995 y 2005.



subperennifolias y 1 890 hectáreas de selvas bajas subperennifolias.<sup>2</sup> Por su parte, en el centro y norte de la entidad se encuentran las mayores superficies con capacidades calificadas como muy altas por su desempeño hidrológico.

- Las áreas no urbanas (clasificadas como rurales para fines del servicio de agua potable) contienen los ecosistemas donde se realizan las funciones críticas de captación y recarga de agua y allí viven los custodios potenciales de estas funciones, sin embargo, las diferencias de consumo de agua y acceso a servicios de dotación de agua potable en zonas urbanas y rurales son enormes, como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1. Comparativo consumo y servicio en zonas urbanas y rurales**

Consumo y servicio	Zonas urbanas	Zonas rurales
Metros cúbicos facturados	9302654	547504
Número de tomas activas	142957	48082
Tomas con alcantarillado	63668	1046

Fuente: Coordinación Comercial de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, 2008

Revertir escenarios como éste, donde se combinan tasas elevadas de crecimiento demográfico, urbanización y consumo creciente de agua en regiones concentradas, así como disfunciones regionales y pérdida de ecosistemas originales, implica abrir varios frentes en el quehacer público, que incluyan la gestión territorial y proyectos específicos de manejo de recursos particulares. El Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico (PSADH) que desarrolla el Corredor Biológico Mesoamericano México (CBMM) en Quintana Roo, atiende una parte de este complejo contexto, a través de la búsqueda de soluciones efectivas de orden ambiental, social y económico como:

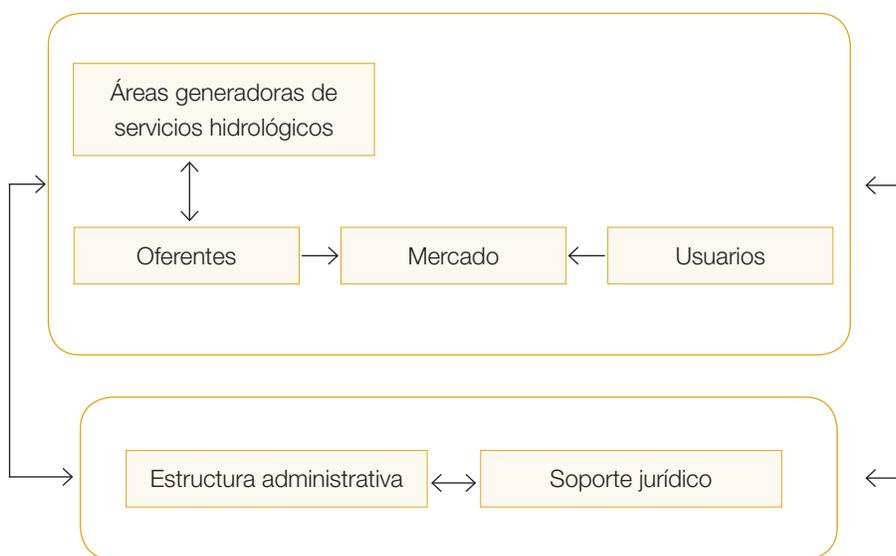
- Contar con un mecanismo paralelo a los existentes para la conservación y recuperación de áreas que ofrecen servicios hidrológicos.

<sup>2</sup> Gobierno municipal de Solidaridad. Administración 2005-2007. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Solidaridad, 2007.



- Disminuir las tasas de cambio de uso del suelo.
- Valorar económicamente el servicio de provisión de agua.
- Impulsar la creación de nuevas formas de ingreso para los dueños de terrenos de importancia para la conservación de ecosistemas y funciones hidrológicas.
- Generar nuevas estrategias públicas para la administración de las funciones ambientales.

Para diseñar e implementar cualquier programa de pago por servicios ambientales, el primer paso es identificar los componentes involucrados y conocer sus relaciones.



**Figura 1.** Componentes del Programa de Pago de Servicios Ambientales

Bajo este esquema, la primera fase del PSADH se orientó a:

- Identificar y calificar el desempeño hidrológico de Quintana Roo, y definir áreas prioritarias por condiciones biofísicas.
- Encontrar criterios para la adecuada selección de los ofertantes/beneficiarios, en función de la fortaleza social que diese viabilidad al programa.



- 
- Conocer la demanda y los usuarios, así como las posibilidades de crear un mercado del agua.
  - Desarrollar indicadores de valuación económica del agua como guía para orientar el mercado.
  - Conocer las capacidades institucionales y administrativas, así como las condiciones jurídicas de soporte y, en su caso, proponer esquemas para fortalecer el programa.

Los pasos anteriores aportan la plataforma de partida para saber dónde, con quién, cómo y bajo qué esquemas desarrollar el programa. La participación de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo (CAPA) en la planificación del programa ha sido una condición alentadora y necesaria para hacerlo efectivo. Una vez terminada esta primera fase, la tarea en curso es implementar el PSADH a través de mecanismos de gestión institucional con las dependencias locales (estado y municipios), federales (Comisión Nacional del Agua y Comisión Nacional Forestal), Congreso del Estado y, en su caso, con organizaciones de usuarios y oferentes de los servicios hidrológicos.

## I. SITIOS GENERADORES DE SERVICIOS HIDROLÓGICOS

Para el análisis del desempeño hidrológico y la selección de sitios generadores de servicios hidrológicos se definieron criterios de valoración, a partir de cuatro elementos índice básicos de los cuales depende el proceso de infiltración-recarga:

Elemento índice	Parámetro
Precipitación	Isoyetas/intervalo de precipitación
Suelos	Permeabilidad/láminas de infiltración Porosidad drenable y conductividad hidráulica
Rocas	Porosidad eficaz de la secuencia litológica superficial
Tipo de vegetación	Fenología, capacidad de precipitación incidente y capacidad de intercepción del agua

Se establecieron intervalos de variación de los parámetros de cada elemento índice sobre los que fueron calificadas las áreas. El valor individual se sometió a un proceso de ponderación que da como resultado la selección final y la calificación global de la capacidad hidrológica en cuatro categorías: muy alta, alta, media y baja.

Dado que la principal fuente disponible de agua en Quintana Roo es subterránea, los criterios empleados para seleccionar y evaluar las áreas geográficas y su desempeño hidrológico están más ligados a la relación planta-suelo-agua subterránea que aquéllos que puedan tener incidencia en el ciclo del agua en términos atmosféricos o a escalas mayores, por lo que el fenómeno de infiltración adquiere un peso importante en la identificación de sitios generadores de servicios hidrológicos.

La infiltración es el proceso por el cual el agua de lluvia penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra, una vez que un porcentaje ha sido retenido por el follaje de la vegetación. Posteriormente, parte del recurso hídrico suele quedar retenido por el suelo y la otra parte, dependiendo de la porosidad eficaz de cada roca, alcanza la zona saturada del sistema acuífero. Esta última se le conoce como agua gravífica, percolación profunda, infiltración eficaz o infiltración profunda. No obstante, cuando el nivel freático está a cierta profundidad, la parte de la infiltración que se convierte en recarga tarda



un determinado tiempo, en función de la permeabilidad intrínseca<sup>3</sup> del medio; por lo que el agua en tránsito descendente se denomina “recarga en tránsito” (Custodio-Gimena, 1998). Por otra parte, es menester señalar que la capacidad de infiltración de un suelo ( $C_i$ ) es la cantidad de lluvia que puede absorber en unidad de tiempo, por lo que ésta dependerá de la intensidad de lluvia ( $I$ ) y además, tenderá a decrecer en función del tiempo, mientras  $I > C_i$ .

El agua infiltrada que no escurre ocupa todos o parte de los poros del terreno y tiende a descender vertical y lentamente si supera la llamada capacidad de campo. Esta parte del agua está disponible para ser transpirada por las plantas en la franja de penetración de las raíces (franja radicular) o para ser evaporada por la acción de la energía solar sobre la superficie del terreno.

Factores que influyen en el proceso de infiltración		
Características del terreno o del medio permeable	Condiciones de superficie	Tipo y densidad de vegetación que cubre al suelo, Compactación del suelo. Pendiente del terreno
	Características del terreno	Textura y estructura del suelo. Cantidad de arcilla. Calor específico
	Condiciones ambientales	Humedad del suelo. Temperatura del medio y del suelo
Características del fluido que se infiltra	El espesor de lámina de agua ( $H$ ) y el espesor de la zona saturada ( $l$ ) son del mismo orden de magnitud. $H$ disminuye al aumentar $l$	
	La turbidez del agua afecta al suelo por los materiales en suspensión que contiene	
	Contenido de sales del agua puede aumentar o inhibir la infiltración, por floculación o desfloculación	
	La temperatura del agua afecta su viscosidad y en consecuencia, la facilidad con que discurrirá por el suelo	

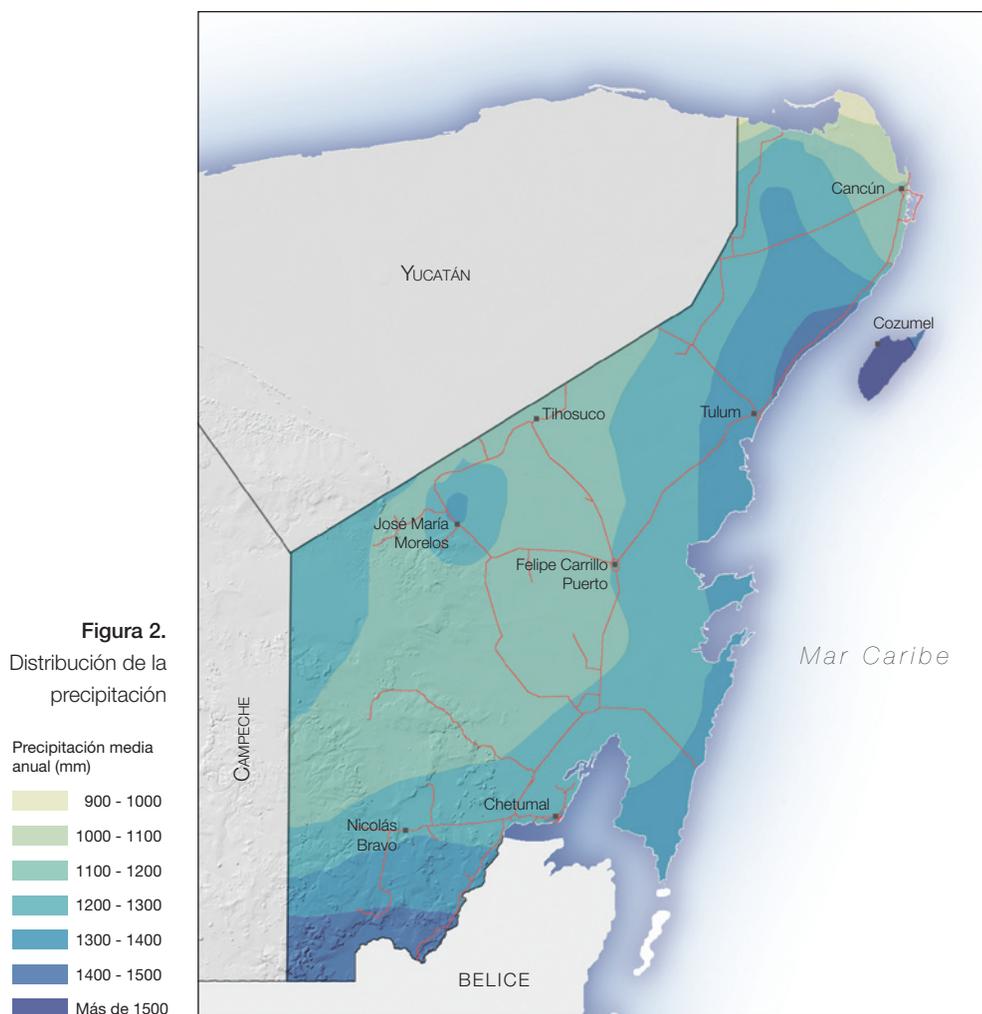
<sup>3</sup> Permeabilidad intrínseca o específica: es la propiedad de un cuerpo a ser atravesado por el agua u otro fluido; es una característica del material geológico que depende exclusivamente de su textura (Custodio-Gimena y Llamas-Madurga, 1983).



## 1. Valoración de elementos índice

### *Precipitación*

El clima cálido subhúmedo de Quintana Roo tiene una estación lluviosa de mayo a octubre y otra de secas de noviembre a abril. Los valores de lluvia media anual, dentro del periodo 1970-2000, varían entre los 900 y más de 1500 mm/año. El elemento de clasificación de áreas relacionado con la precipitación fueron las isoyetas.





**Cuadro 2. Zonas preferenciales en función de la precipitación**

Intervalo de precipitación (mm/año)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Criterio de selección
900 – 1 000	195.30	1
1 000 – 1 100	729.73	1
1 100 – 1 200	15 573.44	2
1 200 – 1 300	15 495.70	2
1 300 – 1 400	8 664.56	3
1 400 – 1 500	1 496.39	3
Más de 1 500	417.65	3

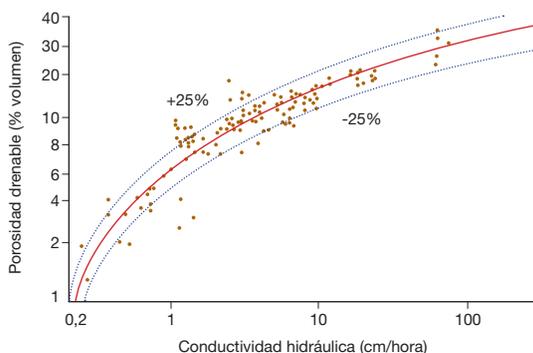
### *Suelos*

En el ámbito de la infiltración de la lluvia a través del suelo, diversos autores (p. ej., Ortiz-Villanueva y Ortiz-Solorio, 1990; Fernández-Sanjurjo, 1999; Salgado, 2001) definieron que los valores absolutos de porosidad no bastan para estimar la permeabilidad de éste, por lo que se incluyeron otros criterios que a continuación se indican:

**Cuadro 3. Permeabilidad por láminas de infiltración**

Permeabilidad	Valores (cm/hora)
Muy lenta	< 0.15
Lenta	0.15 - 0.50
Lenta a moderada	0.50 - 2.00
Moderada	2.00 - 5.00
Moderada a rápida	5.00 - 10.00
Rápida	5.00 - 15.00
Muy rápida	15.00 - 25.00
Extremadamente rápida	> 25.00

Considerando la relación que hace Grassi (1981) entre la porosidad eficaz (drenable) y la conductividad hidráulica (cm/hora), se establece un rango del porcentaje de volumen drenable o infiltración del suelo.



**Figura 3.** Relación entre porosidad drenable y conductividad hidráulica de los suelos

Por los tipos de suelos de Quintana Roo y algunos resultados aportados por diversos autores (Fernández-Sanjurjo, 1999), la permeabilidad-porosidad eficaz y volumen infiltrado serían aquellos que se indican en el cuadro 4. En tanto, en el cuadro 5 se analiza la selección de zonas preferenciales de infiltración en el estado de Quintana Roo, en función de los valores de permeabilidad-porosidad eficaz y volumen infiltrado en los suelos.

Cuadro 4. Valores de permeabilidad-porosidad eficaz y volumen infiltrado		
Tipo de suelo	Permeabilidad / porosidad eficaz	Volumen (%)
Cambisol	Lenta a moderada	4.00 a 8.50
Fluvisol	Muy rápida a extremadamente rápida	18.30 a 25.00
Gleysol	Muy lenta	< 2.00
Litosol	Moderada	8.50 - 12.00
Luvisol	Lenta a moderada	4.00 - 8.50
Nitosol	Moderada	8.50 - 12.00
Regosol	Moderada / moderada a rápida	8.50 - 17.60
Rendzina	Lenta a moderada / moderada	4.00 - 12.00
Solochack	Lenta a moderada	4.00 - 8.50
Vertisol	Lenta / lenta a moderada	2.00 a 6.00



**Cuadro 5. Sitios preferenciales en función de valores de permeabilidad-porosidad eficaz y volumen infiltrado**

Tipo de suelo	Superficie (km <sup>2</sup> )	Valor de selección
Rendizina	21 278.057	2
Litosol	10 644.137	2
Gleysol	3 853.328	1
Regosol	2 458.689	3
Vertisol	1 797.904	1
Luvisol	940.431	1
Solochack	877.941	1
Cambisol	75.625	1
Nitosol	37.803	2
Fluvisol	5.1 61	3
No definido	603.708	

### *Rocas*

A cada tipo de roca establecida se le asignó un valor de porosidad eficaz, en función de los valores en rocas similares señalados por diversos autores (Davis y De Wiest, 1981; Ingebritsen y Sanford, 1998). Con base en ello, se definió la selección de zonas preferenciales de recarga natural en el estado de Quintana Roo.

**Cuadro 6. Valores de porosidad eficaz de la secuencia litológica superficial**

Formación geológica	Descripción	Porosidad eficaz
Q	Caliche, calizas alteradas, calcarenitas, calcilutitas y depósitos de playa	7
M-P	Carrillo Puerto Caliza recristalizada y caliza coquinóide.	12
M	Bacalar Calizas cretosas con nódulos, margas y yesos.	9
E	Chichenitzá Calizas, margas y lutitas	10



Cuadro 7. Zonas preferenciales de recarga en función de valores de porosidad de las rocas

Litología (edad geológica)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Criterio de selección
Cuaternario	4858.092	1
Mioceno-Plioceno	23230.500	3
Mioceno	4500.381	2
Eoceno	9983.811	2
Total	42572.784	

### *Vegetación*

La cobertura vegetal de los sistemas tropicales tiene un fuerte impacto en procesos hidrometeorológicos y micrometeorológicos, así como en el ciclo global del agua. La evaluación del desempeño hidrológico en escalas regionales, los fenómenos más significativos están ligados con las relaciones funcionales de la vegetación con su rendimiento hídrico (capacidad o reducción de disponer el agua en el suelo y subsuelo), en el que intervienen características fenológicas (particularmente porcentaje de pérdida de hojas; intercepción por follaje y relación área foliar-*evapotranspiración*) y formas de vida (en este caso, arbórea y herbácea). La evaluación fenológica aplicada a selvas en relación a su participación en el rendimiento hídrico parte de los siguientes supuestos:

En selvas o bosques tropicales húmedos característicos de Quintana Roo, alrededor de 80% de la superficie vegetal son hojas, con un índice y área foliar de 15 y 20%. Interceptan entre 10 y 30% de la lluvia incidente, con altas tasas de infiltración y baja *escorrentía* superficial, generalmente menor a 2% de la lluvia (Jiménez, 2006). La cobertura y el tamaño de las hojas en selvas altas y medianas *perennifolias* y *subperennifolias* conduce a la retención de una porción importante de la precipitación que regresa a la atmósfera por *evaporación* (intercepción por follaje).

En condiciones de igual precipitación, las selvas *perennifolias* tienen una mayor tasa de precipitación incidente (que llega al dosel superior y se *evapora*) y mayor intercepción (agua de lluvia retenida por la vegetación y la *hojarasca* del suelo que también luego es *evaporada*) que las *subperennifolias* y aún mayor en las *subcaducifolias* o *caducifolias*. La precipitación neta que llega al suelo por goteo directo, goteo desde el dosel y *escurrimiento* fustal, es mayor en las selvas siempre verdes.



Las salidas de agua por transpiración son más elevadas en las selvas perennifolias por el tamaño de las hojas, la cobertura foliar, la actividad de los estomas y el total de albura (tejido activo que participa en la conducción del agua) que en los otros tipos de vegetación y por tanto, en la época húmeda la transpiración del dosel superior puede influir en la recarga de aguas subterráneas. El mantillo retiene agua de lluvia (se calcula que una unidad de peso de mantillo retiene dos veces más su peso; Pritchett, 1987). Su acumulación y permanencia a lo largo del año es distinta en los diferentes tipos de selvas. Aunque la acumulación de mantillo es más constante en las selvas perennifolias que en los otros tipos de vegetación con mayor pérdida de hojas, la evaporación es más elevada. En áreas con vegetación caducifolia, subcaducifolia y subperennifolia (en este orden) la época de pérdida de las hojas coincide con las mayores precipitaciones, hay menor evaporación y por tanto mayor capacidad de retención de agua en el suelo.

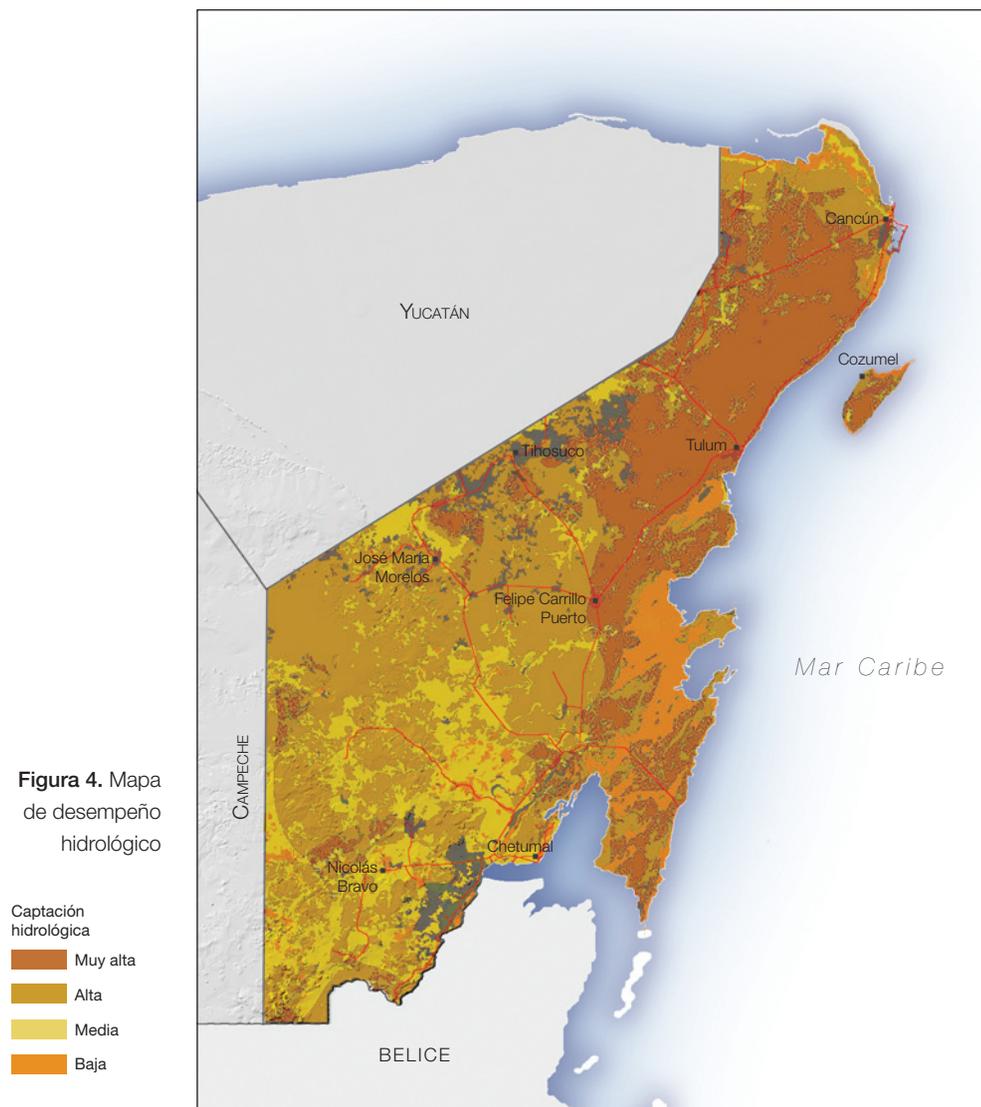
Los árboles caducifolios utilizan el agua de los horizontes más superficiales del suelo y los perennifolios usan agua de horizontes más profundos (Jackson *et al.*, 1995). Las raíces profundas de los árboles pueden llevar el agua hidráulicamente desde los horizontes profundos o el manto freático hasta las porciones más secas del suelo donde se libera. Esta agua puede ser reabsorbida por la misma planta o por plantas vecinas con raíces activas en esa capa del suelo (Burgess *et al.*, 1998; Scholz *et al.*, 2004).

Para hacer una justa asignación de valores a cada tipo de vegetación por la capacidad de intercepción e infiltración subterránea del agua, con todo rigor, sería necesario hacer mediciones directas de campo para conocer la variabilidad de las respuestas para cada tipo de vegetación y cobertura. Sin embargo, bajo los supuestos teóricos arriba expresados y su posterior análisis a través del SIG puede concluirse que una ecuación global, todos los tipos de selvas de la región participan en el desempeño hidrológico en términos de cantidad y también de calidad del agua, por lo que se asignan valores iguales.

Por su parte, los sistemas vegetales azonales presentan deficiencia de drenaje durante gran parte del año, por lo que su capacidad de infiltración es menor que en otros tipos de vegetación y por tanto su calificación en el desempeño hidrológico regional es cero. Comparativamente con los bosques, los pastizales tienen un mayor escurrimiento superficial, menor captación foliar del agua y participan más eficientemente en el proceso de recarga acuífera, sin embargo, muchos de ellos son inducidos. Tanto por la escala de trabajo como

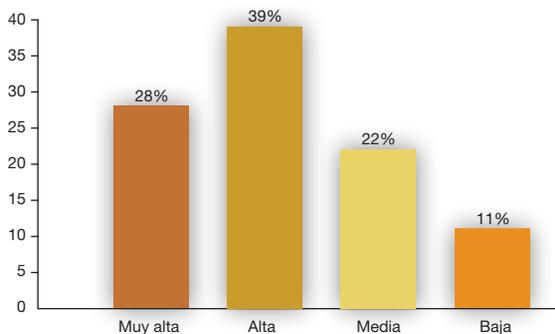


por la correlación positiva que existe entre los factores del medio físico con la presencia de selvas, se consideró pertinente incluir todos los tipos de selvas en la misma categoría (alta).





**Figura 5.** Porcentaje de superficies por categoría de potencial hidrológico



El resultado del análisis multicriterio con base en los elementos índice muestra que cerca de la tercera parte de la superficie total del estado donde se llevan a cabo procesos de recarga-infiltración de agua, son calificadas con potencial que va de alto a muy alto, y poco menos de una cuarta parte es calificada con potencial medio, lo que significa, desde el enfoque territorial, que existe una muy extensa región que debe ser protegida por su papel de abastecedora de agua para diversos usos en el estado. Por otra parte, poco más de 96% de las selvas altas y medianas subperennifolias sin vegetación secundaria están en las categorías de muy alta y alta capacidad de recarga, lo que sugiere que su incorporación al programa tendría el doble beneficio de conservación de funciones ecosistémicas: la hidrológica y la protección de la biodiversidad asociada a estos sistemas.

**Cuadro 8. Superficies por categoría de recarga**

Zonas de recarga (potencialidad)	Superficie (ha)
Baja	573063.98
Media	1093693.64
Alta	1944353.29
Muy alta	1388469.46
Zonas urbanas y cuerpos de agua	48863.53
Total	5048443.90



**Cuadro 9. Grado de recarga por tipo de vegetación**

Grado de recarga	Uso del suelo y vegetación	Superficie (ha)	%
Muy alta	Selva alta y mediana subperennifolia	1 278 604.67	25.33
Muy alta	Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria	103 909.10	2.06
Muy alta	Selva baja subperennifolia	6 713.07	0.13
Muy alta	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	2 057.30	0.04
Alta	Pastizal cultivado	53 869.96	1.07
Alta	Selva alta y mediana subperennifolia	1 084 770.60	21.49
Alta	Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria	341 901.48	6.77
Alta	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	18 861.04	0.37
Alta	Selva baja subperennifolia	145 474.49	2.88
Alta	Selva baja subperennifolia con vegetación secundaria	15 096.96	0.30
Alta	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	242 733.08	4.81
Alta	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria	49 836.86	0.99
Media	Agricultura de humedad	1 180.94	0.02
Media	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	14 271.52	0.28
Media	Agricultura de temporal con cultivos anuales	179 754.83	3.56
Media	Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	2 055.68	0.04
Media	Área sin vegetación aparente	3 902.59	0.08
Media	Pastizal cultivado	310 309.38	6.15
Media	Pastizal inducido	5 907.32	0.12
Media	Riego suspendido	769.39	0.02





Grado de recarga	Uso del suelo y vegetación	Superficie (ha)	%
Media	Selva alta y mediana subperennifolia	111 844.23	2.22
Media	Selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria	182 509.99	3.62
Media	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	10 626.14	0.21
Media	Selva baja espinosa	360.96	0.01
Media	Selva baja subperennifolia	154 956.49	3.07
Media	Selva baja subperennifolia con vegetación secundaria	65 210.50	1.29
Media	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	2 968.26	0.06
Media	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria	39 201.35	0.78
Baja	Agricultura de humedad	865.99	0.02
Baja	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	61 966.18	1.23
Baja	Agricultura de temporal con cultivos anuales	9 256.56	0.18
Baja	Agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes	709.29	0.01
Baja	Áreas sin vegetación aparente	465.08	0.01
Baja	Manglar	153 852.15	3.05
Baja	Palmar	9 042.13	0.18
Baja	Pastizal cultivado	49 587.62	0.98
Baja	Pastizal inducido	18.77	0.00
Baja	Popal-tular	263 220.52	5.21
Baja	Sabana	9 018.97	0.18
Baja	Selva baja caducifolia y subcaducifolia	468.95	0.01





Grado de recarga	Uso del suelo y vegetación	Superficie (ha)	%
Baja	Selva baja subperennifolia con vegetación secundaria	1 285.86	0.03
Baja	Selva mediana caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria	6.12	0.00
Baja	Vegetación de dunas costeras	8000.08	0.16
Baja	Vegetación halófila y gipsófila	2 058.89	0.04
No aplica	Asentamiento humano	21 560.12	0.43
No aplica	Cuerpo de agua	27 402.47	0.54
	<b>Total</b>	<b>5 048 443.90</b>	<b>100.00</b>



## II. SELECCIÓN DE OFERENTES

La preocupación por el pago de servicios ambientales tiene que ver, en primera instancia, con la administración del territorio y la percepción del espacio y la región que tienen las comunidades de su entorno, ya que transforma la propiedad colectiva, la participación comunitaria y la densidad en la cohesión social, dado que las decisiones sobre el uso de los recursos influirán en gran medida en sus condiciones de conservación o deterioro. En ese sentido el reconocimiento del territorio atraviesa por nuevas distribuciones de poder y de organización que pueden crear debilitamiento comunitario, fragmentación social y problemas en torno a la territorialidad con contenidos políticos, económicos y sociales.

El éxito de un programa de pagos por servicios ambientales tiene que ver con las relaciones colectivas que se desarrollan en un territorio dado, las conexiones simbólicas y densificadas de la población hacia/con sus recursos naturales y una equivalencia directa con su uso y apropiación. Las posibilidades del buen funcionamiento de la política ambiental dependerán del capital social con que cuenten estas comunidades y de la estructura de incentivos que enfrenten, condiciones que son resultado de las características económicas, sociales, políticas y legales de los contextos en que están insertas). Las políticas ambientales que fortalezcan la organización comunitaria y regional; aseguren la productividad de los territorios —y a su vez, mejoren las condiciones de vida de los habitantes— y, ofrezcan un abanico de posibilidades de desarrollo comunitario que induzca al fortalecimiento de las representaciones sociales y la apropiación, serán sin duda, mecanismos que impulsen una gestión ambiental comunitaria que asegure capacidades que trasciendan a nivel regional. Es entonces, a partir del control de los recursos naturales, la otredad y la simbolización, que el territorio se puede construir desde diferentes perspectivas. Es aquí donde el control del territorio reconstruye formas de vida y fortalece la cotidianidad.

### 1. Criterios de selección y calificación de oferentes

Como se dijo anteriormente, la cohesión social, la apropiación del territorio y la utilización de los recursos naturales son maneras en que se construye una región y fueron variables tomadas en cuenta para generar el índice de valoración de los ejidos que deberían tener prioridad para su inclusión en el PSADH. De esta forma los ejidos que cumplieran con el mayor número de requisitos serían candidatos a obtener mayor calificación y encabezar la lista final.



Para la obtención de la información se consultaron fuentes electrónicas y bibliografía diversa, así como la elaboración de entrevistas a servidores públicos de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) y, de la Comisión Nacional Forestal (Conafor). Los datos de la esfera territorial y agraria se obtuvieron principalmente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, así como del Registro Nacional Agrario y la Secretaría de la Reforma Agraria. Asimismo, se utilizó el Censo Ejidal 2001, el Censo Agrario 2007 y el conteo de núcleos agrarios sobre el Programa de Certificación de Derechos Ejidales-Comunales (Procede).

A partir de la obtención de los datos para las variables del grupo territorial y agrario se procedió a incorporar los del área social, calificado con base en el índice de marginación del Consejo Nacional de Población (Conapo) y de la información obtenida de las entrevistas realizadas en Quintana Roo. Posteriormente se hizo una matriz de tipificación para agrupar las calificaciones obtenidas por los ejidos y así ordenarlos por el mayor puntaje. Los ejidos localizados en regiones con alta captación de agua, una organización social sólida (comprobable por proyectos anteriores sobre conservación ambiental, equidad de género, productivos y de infraestructura comunitaria), con actualización en el Procede y fuera de problemáticas limítrofes, son aquellos que de manera óptima están agrupados como los candidatos a participar en el programa.

De esta forma, los ejidos calificados son los que muestran mejor sedimentación social, donde el PSADH se ejerza de una manera comunitaria, donde se respeten los procesos sociales y culturales, donde el control sobre el territorio genere espacios de interacción política que, a su vez, traerá a las dinámicas sociales de nivel local mayores herramientas para fortalecer su capital social y lograr una sustentabilidad que sirvieran de base para una autonomía y un manejo de recursos naturales a nivel regional.



**Cuadro 10. Criterios de selección y pertinencia del índice de calificación de oferentes**

	Elemento de índice	Pertinencia
Agrarios	Procede	Este elemento permite contar con garantías respecto a la propiedad y reconocimiento jurídico de los predios patrimonio de ejidos y comunidades incorporados en el programa. La incorporación de este elemento permitirá contar con un mayor nivel de garantía respecto al oferente de servicios ambientales al tener individualizado el dominio de un área en particular dentro de la dotación ejidal
	Autoridades electas conforme a ley agraria	El contar con autoridades formales y con reconocimiento de las autoridades agrarias permitirá establecer compromisos de largo plazo
	Conflicto de límites	La experiencia muestra que un área en conflicto de tenencia presenta un mayor índice de deterioro y no se pueden establecer compromisos de largo plazo, por lo que es importante excluir superficies que presenten esta irregularidad
	Extensión	La superficie colectiva o individualizada involucrada en el programa de pago de servicios hidrológicos es un elemento que tiene una alta jerarquía en la formulación del índice para calificar, en la medida que amplias extensiones de terreno bajo un mismo control permitirá una mejor supervisión y facilitará el otorgamiento de las compensaciones resultantes
	Instrumento de ordenamiento territorial	Con la doble finalidad de que el programa de pago de servicios hidrológicos sea un promotor de la creación de instrumentos de administración de suelo y como estímulo al cumplimiento de las normas derivadas de estos, se considera necesario incorporar esta variable en la construcción del índice de selección





	Elemento de índice	Pertinencia
Territoriales	Localización dentro de áreas de interés ambiental	Con la doble finalidad de que el programa de pago de servicios hidrológicos sea un promotor de la creación de instrumentos de administración de suelo y como estímulo al cumplimiento de las normas derivadas de estos, se considera necesario incorporar esta variable en la construcción del índice de selección
	Localización dentro de áreas naturales protegidas	Con la doble finalidad de que el programa de pago de servicios hidrológicos sea un promotor de la creación de instrumentos de administración de suelo y como estímulo al cumplimiento de las normas derivadas de estos, se considera necesario incorporar esta variable en la construcción del índice de selección
	Apoyo de programas federales relacionados con la conservación del medio ambiente	Con la finalidad de cumplir con el objetivo de complementariedad que se ha propuesto el programa de compensación de servicios hidrológicos, se propone incluir este elemento en la construcción del índice de selección
	Apoyo de programas estatales relacionados con la conservación del medio ambiente	Con la finalidad de cumplir con el objetivo de complementariedad que se ha propuesto el programa de compensación de servicios hidrológicos, se propone incluir este elemento en la construcción del índice de selección
	Sanciones por violación de leyes, reglamentos, normas y/o acuerdos	Se incorpora este elemento en razón a la información que proporciona respecto a nivel de compromiso que establecen los núcleos agrarios o particulares en la protección de su patrimonio
	Programa forestal vigente	Este elemento se refiere al nivel de compromiso colectivo con el que los núcleos agrarios asumen su responsabilidad. De igual manera incorpora elementos respecto a procesos para la toma de decisiones y muestra indicios sobre los efectos sociales de la derrama económica del programa





	Elemento de índice	Pertinencia
Organizativos	Localización dentro de la región hidrológica prioritaria y las áreas de recarga	La obtención de reconocimientos al trabajo colectivo a favor de la restauración, conservación y protección ambiental y el aprovechamiento sustentable de zonas con valor ambiental es una importante referencia respecto al esfuerzo y nivel de organización que muestran los núcleos agrarios y los particulares, por lo que la inclusión de este elemento permitirá conocer y ponderar el perfil de los oferentes en relación a los objetivos del programa
	Sistemas de vigilancia	La existencia de sistemas de vigilancia deberá ser un elemento de primera importancia a considerar en la calificación de las áreas susceptibles de incorporarse al programa, en la medida que su función es proteger las áreas que le son de interés y motivo mismo del programa
	Brigadas de prevención y combate de incendios	La existencia de sistemas de prevención y combate de incendios deberá ser un elemento de primera importancia a considerar en la calificación de las áreas susceptibles de incorporarse al programa, en la medida que su función es proteger las áreas que le son de interés y motivo mismo del programa
Sociales	Índice de marginación municipal	El nivel de marginación se incorpora en la medida que se pretende que el programa considere una vertiente social y colabore con las políticas gubernamentales en este rubro
	Nivel de asociación y organización en el ejido	El nivel de asociación y organización en el ejido se incorpora ya que se pretende que los ejidos en donde se aplique el programa tengan una cohesión social sólida y autónoma

Esta selección de variables conformó el índice que señala qué ejidos u otras formas de propiedad deben ser prioritarios en la lista de oferentes. Los ejidos que cumplieron con el mayor número de requisitos, tienen mayor calificación, con lo que se obtuvo el padrón de oferentes en orden jerárquico.



**Cuadro 11. Jerarquización de oferentes**

	Elemento de índice	Propiedad social		Propiedad privada	
		Cualidad	Valor	Cualidad	Valor
Agrarios	Titulación de bienes	Si	2	No aplica	
		No	0		
		En proceso	1		
	Escrituración	No aplica		Si	2
				No	0
				En proceso	1
	Procede	Si	2	No aplica	
		No	0		
		En proceso	1		
	Autoridades electas conforme a ley agraria	Si	1	No aplica	
		No	0		
	Conflicto de límites	Si afecta a una superficie mayor a 10% del área elegible	Se excluye del programa	Si afecta a una superficie mayor a 10% del área elegible	Se excluye del programa
Si afecta a una superficie menor a 10% del área elegible		1	Si afecta a una superficie menor a 10% del área elegible	1	
No		2	No	2	





	Elemento de índice	Propiedad social		Propiedad privada	
		Cualidad	Valor	Cualidad	Valor
Territoriales	Extensión	Hasta 200 ha	2	Hasta 200 ha	1
		De 200 a 500 ha	3	De 200 a 500 ha	3
		De 500 a 2 000 ha	4	De 500 a 2 000 ha	4
		Más de 2 000 ha	5	Más de 2 000 ha	5
	Instrumento de ordenamiento territorial general	Si	1	Si	1
		No	0	No	0
	Instrumento de ordenamiento territorial local	Si	4	Si	4
		No	0	No	0
	Localización dentro de áreas de interés ambiental	Si	3	Si	3
		No	0	No	0
	Localización dentro de áreas naturales protegidas	Si	4	Si	4
		No	0	No	0
	Presencia de especies de flora y fauna enlistadas en norma	Si	4	Si	4
		No	0	No	0





	Elemento de índice	Propiedad social		Propiedad privada	
		Cualidad	Valor	Cualidad	Valor
Organizativos	Apoyo de programas federales relacionados con la conservación del medio ambiente	Si	2	Si	2
		No	0	No	0
	Apoyo de programas estatales relacionados con la conservación del medio ambiente	Si	2	Si	2
		No	0	No	0
	Sanciones por violación de leyes, reglamentos, normas y/o acuerdos	Si	Menor a 5 años	0	Si
			Mayor a 5 años	1	
		No	3	No	3
	Nivel de comunalidad	Alto	3	No aplica	
		Medio	2		
		Bajo	1		
		Ninguno	0		
	Premios y estímulos	Nacionales	1	Nacionales	1
		Internacionales	2	Internacionales	2
		Ninguno	0	Ninguno	0
	Sistemas de vigilancia	Equipada y certificada	4	Equipada y certificada	4
		Certificada	2	Certificada	2
		Equipada	3	Equipada	3
		Sin equipo	1	Sin equipo	1
		No cuenta	0	No cuenta	0



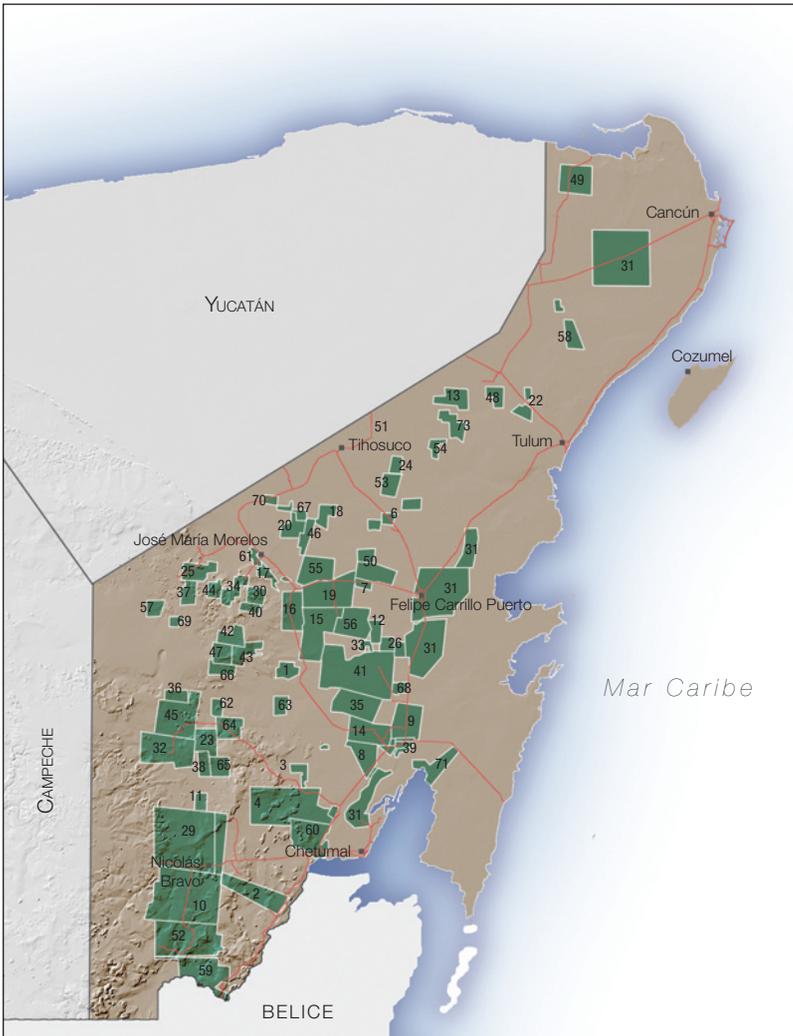


	Elemento de índice	Propiedad social		Propiedad privada	
		Cualidad	Valor	Cualidad	Valor
Organizativos	Brigadas de prevención y combate de incendios	Equipada y certificada	4	Equipada y certificada	4
		Certificada	2	Certificada	2
		Equipada	3	Equipada	3
		Sin equipo	1	Sin equipo	1
		No cuenta	0	No cuenta	0
	Asistencia a cursos de capacitación acreditados	Nacionales	1	Nacionales	1
		Internacionales	2	Internacionales	2
Sociales	Número de individuos con derechos registrados	Menos de 50	1	No aplica	
		Entre 50 y 200	2		
		Más de 200	3		
	Índice de marginación del núcleo agrario	Alto	3	No aplica	
		Medio	2		
		Bajo	1		



## 2. Padrón de oferentes

El padrón final de los 77 oferentes mejor calificados (identificados en la figura 6) fue producto de la aplicación y calificación de los filtros antes descritos, así como de la revisión de los mismos con funcionarios de la Dirección de Participación Ciudadana de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado, que ayudó a sumar su experiencia sobre el grado de organización, cohesión y respuesta de los núcleos agrarios.



**Figura 6.**  
Localización de  
oferentes

Padrón de oferentes  
 Ejido

### III. INDICADORES DE VALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS SERVICIOS HIDROLÓGICOS, USUARIOS Y MERCADO POTENCIAL

El principal objetivo de este tema fue ofrecer una primera aproximación a la valuación del agua para consumo municipal en el estado de Quintana Roo y explorar las consecuencias de este valor de mercado ante el establecimiento de diversas políticas públicas. El consumo de agua es, desde luego, un bien fundamental tanto para la vida humana como para la preservación de las especies, la biodiversidad y las actividades económicas. Estas características del agua le permiten generar un conjunto de beneficios económicos que se traducen en un valor económico. El valor económico es distinto dependiendo de un conjunto de factores tales como la propia composición del agua o su destino y uso o incluso las estaciones del año. No obstante ello, se observa un acelerado consumo que puede traducirse en agotamiento y escasez, que generarían condiciones incompatibles con el desarrollo sostenido deseado.

Existen diversos métodos de valuación del agua. En este caso, se utilizó, como una aproximación inicial y considerando la información disponible, el método de transferencia de beneficios apoyado en un meta análisis para realizar diversas simulaciones de política pública. Este método permite utilizar los valores de un estudio (*study site*) y transferirlos a una propuesta específica de política pública (*policy site*) (Young, 2005). Este enfoque se complementó con un análisis de sensibilidad.

Las simulaciones realizadas indican la fuerte dependencia del consumo de agua a la trayectoria del ingreso y que los efectos del precio, dadas las actuales elasticidades precio son limitados. En todo caso, es necesario modificar la elasticidad precio para tener una mayor incidencia. No obstante ello, el manejo de precios puede ser útil para administrar una demanda creciente de manera más eficiente y ordenada. En este contexto, resulta fundamental reconocer que otorgarle un valor al agua es un factor que contribuye a su conservación. Esto es, el precio del agua es una señal que refleja, entre otras cosas, su escasez y limita, en alguna medida, una demanda excesiva sobre el recurso ya que normalmente un precio bajo del agua se traduce en una demanda artificial elevada. Sin embargo, debe también reconocerse que el uso del precio como mecanismo de asignación del recurso tiene límites importantes.

La valuación del agua consiste en otorgarle un valor monetario a los bienes y servicios que provee el agua y por este medio otorgarle un valor al recurso hídrico (Young, 2005). Desde luego, las características y peculiaridades



del agua hacen que, en muchas ocasiones, no pueda hacerse una valoración del recurso en forma directa utilizando los precios de mercado. Esto se debe, en parte, a que no existen mercados de agua establecidos en sus diversos tipos y niveles y que incluso en estos mercados existen limitaciones importantes a considerar como la presencia de subsidios o de cuotas garantizadas de agua y que el precio del agua es diferente dependiendo tanto de sus propias características como de otros factores como el clima, la disponibilidad y los costos de transporte o su destino final. En este sentido, es común utilizar para valorar el agua diversos métodos indirectos (Young, 2005). Estos métodos son consistentes con la fijación de precios en el mercado y permiten obtener aproximaciones al valor del agua que resultan fundamentales para pronosticar y simular los impactos de diversas políticas públicas. Esto es, el principio de agregación indica que la política pública debe orientarse de acuerdo con las preferencias individuales y por tanto considerar el impacto del precio del agua en el bienestar de los individuos. El agua tiene diversas características naturales que deben de considerarse para realizar una valoración. En particular, debe considerarse los siguientes atributos:

- El agua es un recurso indispensable para la vida más allá de sus características específicas. En este sentido, todo ser requiere una cantidad de agua en forma prácticamente continua.
- El agua es un recurso con una alta movilidad, con una fuerte interrelación con su entorno y que tiene costos muy elevados de exclusión de modo que es muy difícil controlarla y limitar su consumo (ello se conoce como *high exclusion costs*). Esto es, el agua se mueve por ríos de superficie y bajo tierra con ciclos hidrológicos que los relacionan con los patrones de lluvia. De este modo, el agua tiene características que lo acercan a un bien público bajo determinadas condiciones naturales, pero que crecientemente aparece más como un bien privado donde su consumo es limitado y tienen un precio específico. Ello refleja la creciente conciencia de la escasez del recurso.
- El agua no es un bien homogéneo ya que tiene características y propiedades diferentes; asimismo se observa que es un bien con un bajo costo por volumen, y, con costos importantes de transportación aunque decrecientes por volumen. Estas características se traducen en precios diferenciados por tipo de agua y por área. Asimismo debe considerarse que



la oferta de agua tiene una fuerte variación estacional que incluso puede influir en su precio.

- El agua es utilizada como receptáculo aprovechando que es un disolvente general. En este sentido, el agua recibe las externalidades negativas de una gran diversidad de actividades económicas que arrojan sus desechos.

El conjunto de estos beneficios económicos deben traducirse en un valor económico del agua. Los métodos para valorar el agua incluyen desde las opciones directas utilizando los precios realmente observados de compra venta de agua hasta los métodos indirectos. El conjunto de estos métodos (Young, 2005; Russell *et al.*, 2001), se clasifican en métodos inductivos que incluyen a los valores reales observados de precios, estimaciones econométricas de funciones de producción, de costos o de demanda (Hexem y Heady, 1978), de costos de viaje, de precios hedónicos (Freeman, 2003; Taylor, 2003), de gastos defensivos o de daño (Dickie, 2003), de valuación contingente, tanto en la forma del deseo de pagar (conocido como *willingness to pay*, WTP) como el deseo de aceptar (conocido como *willingness to accept*, WTA) (Azqueta, 1994), los beneficios de transferencia o de una función de transferencia basada en meta análisis. Por su parte, los métodos deductivos incluyen al método del residual (Heady, 1952); el cambio neto de rentas por programación matemática, por valor añadido; modelos de equilibrio general computable y el de costos alternativos o de producción (Caballer y Guadalajara, 1998). Así, en el caso donde existen mercados de agua se utiliza el precio real observado aunque debe reconocerse que en muchos casos incluso este precio muestra un sesgo importante como consecuencia de los subsidios al consumo del líquido. Sin embargo, reconociendo los atributos y características del agua es común utilizar algunos métodos indirectos de valuación para los casos donde no existen precios.

La evaluación de la información disponible para Estados Unidos sugiere que puede utilizarse, en términos generales, el método de transferencia de beneficios apoyado en un meta análisis para realizar diversas simulaciones de política pública. Este método se basa en transferir los beneficios identificados o la función de demanda de otra región o propuesta de política económica a aquella de este modo se toman los valores de un estudio (*study site*) y se transfieren a un propuesta específica de política pública (*policy site*) (Young, 2005). Este tipo de estudios se han aplicado para analizar las funciones de demanda de desechos al agua en modelos de ríos o para transferir las elasticidades de



precio de la demanda de agua en municipios<sup>4</sup> o industria (Flax *et al.*, 2002; Vaux y Howitt, 1984; Booker y Young, 1994). Estas elasticidades precio de la demanda permiten entonces realizar diversos ejercicios de modelación de distribución regional de agua.

El meta análisis utiliza diversos métodos estadísticos y econométricos para integrar el conjunto de resultados sobre un tema específico e inferir resultados generales. Esto es, los análisis primarios se basan en investigaciones originales con datos básicos, mientras que un meta análisis integra los resultados de los estudios sobre el tema y los analiza en forma conjunta; en este sentido la investigación no se concentra en la significancia estadística de los coeficientes sino en el impacto promedio de algunas variables. De esta forma, el método aplica técnicas estadísticas y econométricas considerando a cada estudio específico como una observación. De este modo, el meta análisis busca identificar los patrones regulares en el conjunto de estudios sobre un tema a través de la estimación del efecto medio de las variables en todos los estudios (Glass, 1976, en Soe, Koki y Chnag, 2000). Estos patrones regulares pueden entonces aprovecharse en una función de beneficios de transferencia aplicando los valores apropiados y resolviendo para la variable dependiente del estudio específico (Rosemberger y Loomis, 2003; Florax *et al.*, 2002; James y Lee, 1971); en particular Espey *et al.* (1997) aplican un meta análisis para identificar la demanda de agua residencial.

Este enfoque se complementó con un análisis de sensibilidad de los resultados. En particular, se consideró la prueba de cambio de valor (Switching Value Test) (Gittinger, 1982) donde se observa la magnitud que tiene que cambiar un factor para que los beneficios se hagan cero.

En este contexto, pueden considerarse las estimaciones sobre la demanda de agua indican una gran variedad de resultados. Por ejemplo, Scheierling *et al.* (2004) con una amplia revisión de la literatura encuentra que las elasticidades precio de la demanda de agua para irrigación oscilan entre 0 y -2.0 con una media de -0.5. Esta diversidad de resultados se observa también en otros estudios como Turnovsky (1969) que encuentra una elasticidad precio de la demanda entre -0.5 y -0.8. Destaca además el estudio realizado por De Rooy

---

<sup>4</sup> Cuando el precio de un producto o servicio sube o baja, la reacción de los consumidores varía. La elasticidad precio de la demanda de agua, indica la proporción en que variará la demanda de agua ante la variación proporcional del precio de la misma.



(1974) donde estima elasticidades de -0.35, -0.9 y 0.6 para la demanda de agua procesada, para agua de cocina y para generación de calor respectivamente. De este modo existe evidencia que indica que no obstante la alta variabilidad en las estimaciones sobre la sensibilidad de la demanda de agua al precio se observa una convergencia a una baja elasticidad precio (Stone y Whittington, 1984; Babin *et al.*, 1982). Así, por ejemplo, Rezetti (1992) encuentra una elasticidad precio para la demanda de agua industrial de -0.38 con oscilaciones entre -0.15 y -0.59; asimismo, Dupont y Renezzetti (2001) estima una elasticidad precio de -0.77 y Reynaud (2003) de -0.29. debe sin embargo destacarse que las estimaciones de las elasticidades para la demanda de agua en general en países subdesarrollados son más elevadas, por ejemplo Hussain (2002) estima para Sri Lanka una elasticidad precio de -1.3 y Wang y Lall (2001) estima una elasticidad para China entre -0.57 y -1.20.

El análisis del consumo de agua municipal debe considerar que en este caso el agua se cataloga como un bien privado y se clasifica como un bien final. Esto es, el agua es capturada, almacenada, transportada y distribuida a los consumidores para su consumo individualizado. Esta demanda municipal incluye normalmente a una amplia gama de consumidores tales como hoteles, oficinas, gobierno, servicios de modo que las sensibilidades de respuesta reflejan el comportamiento agregado.

La evidencia empírica disponible a nivel internacional (Young, 2005) indica que los principales factores que determina el consumo de agua municipal son el precio del agua y de los bienes relacionados con ella, el ingreso de los consumidores, la población, el clima y las políticas de conservación del líquido. Esto puede formalizarse en la siguiente ecuación:

$$DA = f(P_a, P_x, Y, P, C, T)$$

Donde DA es la demanda de agua, Pa el precio del agua, Px precio de otros bienes relacionados con ella, Y el ingreso de los consumidores, P población total, C el clima y T las políticas de conservación del líquido.

La evidencia disponible sobre la relación entre la demanda y el precio del agua indica que existe una relación inversa (Hanemna, 1998; Howe, 1998; Arbus *et al.*, 2003) con una baja sensibilidad de respuesta. Esto es, Howe y Linaweaver (1967) y Griffin y Chang (1991) estiman una elasticidad precio



de la demanda de agua municipal de entre -0.4 y -1.6. Asimismo, Howe y Linaweaver (1995) estiman una elasticidad precio de entre -0.3 y -0.4 que se modifica estacionalmente, lo que es confirmado por Taylor et al (2003) con una elasticidad de -0.3 y en alguna medida por Pint (1999) con elasticidades de -2.0 y -0.47. La excepción es quizá el trabajo de Hewit y Hanemann (1995) que encuentra una elasticidad superior a la unidad, de -1.5. Estos resultados se reflejan en el meta análisis de Espey *et al.* (1997) que encuentra que la elasticidad precio oscila entre -0.02 y -3.33 con una media de -0.51. Asimismo, estimaciones disponibles para el caso de países subdesarrollados muestran elasticidades similares. Así, Hussain *et al.* (2002) encuentra una elasticidad precio de -0.18 para India y Galindo y Montesillo (1999) de -0.08 para México.

### *Evidencia empírica*

La base de datos utilizada consiste en 70 estudios en el ámbito internacional. Se incluyeron todos los trabajos disponibles. Estos estudios muestran una gran diversidad de resultados, aunque consistentemente se observa una baja elasticidad precio de la demanda de agua. Este resultado es consistente con el hecho de que no existen sustitutos adecuados para el agua y por tanto, la proporción del gasto en agua de los diferentes sectores, será baja en relación a su gasto total en bienes y servicios.

**Cuadro 12. Elasticidad precio de la demanda de agua**

Estudio	Elasticidad precio		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Agthe y Billings (1980)	-0.179	-0.705	-0.442
Agthe y Billings (1997)	-0.390	-0.570	-0.480
Agthe <i>et al.</i> (1986)	-0.260	-0.620	-0.440
Arbués <i>et al.</i> (2000)	-0.002	-0.655	-0.329
Bachrach y Vaughan (1994)	-0.030	-0.470	-0.250
Barkatullah (1996)	-0.230	-0.280	-0.255
Billings (1982)	-0.560	-0.660	-0.610
Billings (1987)	-0.060	-0.500	-0.280
Billings y Agthe (1980)	-0.267	-0.490	-0.379
Billings y Day (1989)	-0.520		-0.520
Billings y Day (1989)	-0.700		-0.700
Carver y Boland (1980)	-0.020	-0.700	-0.360
Chicoine y Ramamurthy (1986)	-0.470		-0.470





Estudio	Elasticidad precio		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Cochran y Cotton (1985)	-0.400		-0.400
Corral <i>et al.</i> (1998)	-0.110	-0.170	-0.140
Dando <i>et al.</i> (1997)	-0.120	-0.860	-0.490
De Rooy (1974)	-0.350		-0.350
De Rooy (1974)	-0.900		-0.900
Séller <i>et al.</i> (1986)	-0.360	-1.120	-0.740
Dupont y Renezetti (2001)	-0.770		-0.770
Foster y Beattie (1979)	-0.270	-0.760	-0.515
Gibbs (1978)	-0.510		-0.510
Gibbs (1978)	-0.620		-0.620
Griffin y Chang (1990)	-0.160	-0.380	-0.270
Griffin y Chang (1990)	-0.010	0.035	0.013
Hanke y de Mar'e (1982)	-0.150		-0.150
Hansen (1996)	-0.003	-0.100	-0.052
Höglund (1999)	-0.100		-0.100
Höglund (1999)	-0.200		-0.200
Howe (1982)	-0.060	-0.570	-0.315
Howe y Linaweaver (1967)	-0.210	-1.570	-0.890
Howe y Linaweaver (1995)	-0.300	-0.400	-0.350
Hussain <i>et al.</i> (2002) (agua municipal)	-0.180		-0.180
Jones y Morris (1984)	-0.070	-0.210	-0.140
Jones y Morris (1984)	-0.180	-0.340	-0.260
Kulshreshtha (1996)	-0.230	-0.780	-0.505
Kulshreshtha (1996)	-0.340	-0.960	-0.650
Martin y Thomas (1986)	-0.500		-0.500
Martin y Wilder (1992)	-0.320	-0.600	-0.460
Martin y Wilder (1992)	-0.490	-0.700	-0.595
Martin <i>et al.</i> (1984)	-0.256		-0.256
Martínez-Espiñeira (2002b)	-0.120	-0.280	-0.200
Moncur (1987)	-0.030	-0.680	-0.355
Nauges y Thomas (2000)	-0.220		-0.220
Nieswiadomy (1992)	-0.020	-0.170	-0.095
Nieswiadomy (1992)	-0.220	-0.600	-0.410
Nieswiadomy (1992)	-0.290	-0.450	-0.370
Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.170	-0.290	-0.230
Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.450	-0.640	-0.545
Nieswiadomy y Cobb (1993)	-0.319	-0.637	-0.478





Estudio	Elasticidad precio		
	Mínimo	Máximo	Promedio
Nieswiadomy y Molina (1989)	-0.090	-0.860	-0.475
Pint (1999)	-0.040	-1.240	-0.640
Point (1993)	-0.167		-0.167
Renwick y Archibald (1998)	-0.330	-0.530	-0.430
Renwick y Green (2000)	-0.160		-0.160
Renzetti (1992)	-0.010	-0.650	-0.330
Rezetti (1992) (agua Industrial)	-0.150	-0.590	-0.370
Reynaud (2003)	-0.290		-0.290
Rizaiza (1991)	-0.780	0.180	-0.300
Schneider y Whitlatch (1991)	-0.110	-0.262	-0.186
Sewell y Roueche (1974)	-0.067	-0.568	-0.318
Stevens <i>et al.</i> (1992)	-0.100	-0.690	-0.395
Taylor <i>et al.</i> (2003)	-0.300		-0.300
Turnovsky (1969)	-0.500	-0.800	-0.650
Wang y Lall (2001)	-0.570	-1.200	-0.885
Williams (1985)	-0.263	-0.539	-0.401
Williams (1985)	-0.619	0.332	-0.144
Williams (1985)	-0.220	-0.490	-0.355
Williams y Suh (1986)	-0.250		-0.250
Williams y Suh (1986)	-0.484		-0.484
Williams y Suh (1986)	-0.179	-0.315	-0.247

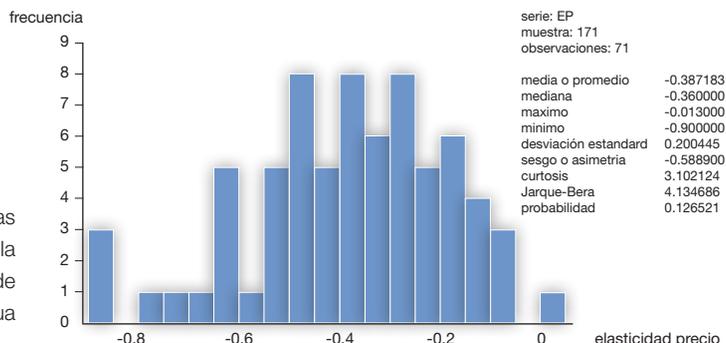
Nota: algunos estudios se duplican debido a que se utilizan diferentes métodos de estimación en la misma publicación.

El análisis estadístico del conjunto de los estudios, sin corregir por el tamaño de muestra, indica que no se rechaza la hipótesis de una distribución normal de acuerdo con la prueba de Jarque Bera (Jarque y Bera, 1980). Esto es, el estadístico de la prueba es 4.13 menor al valor de rechazo de 5.94 para una chi cuadrada con dos grados de libertad. Asimismo, la inspección gráfica muestra una distribución normal con algunos valores extremos. Los valores extremos de la elasticidad precio son 0.013 y -0.90. Por su parte, la elasticidad precio media de los estudios es -0.39.

Estos resultados pueden entonces tomarse como referencia para el análisis de la demanda de agua en los ocho municipios de Quintana Roo: Cozumel (001), Felipe Carrillo Puerto (002), Isla Mujeres (003), Othón P. Blanco (004), Benito Juárez (005), José María Morelos (006), Lázaro Cárdenas (007),



**Figura 7.** Pruebas de normalidad de la elasticidad precio de la demanda de agua



y Solidaridad (008). La población de la entidad de acuerdo con el conteo de población de 2005 es de 1 135 309 habitantes, la cual ha crecido de forma importante en los últimos 10 años (60.9%).

La distribución de la población en los municipios es muy desigual, siendo el municipio de Benito Juárez el que concentra más de 50%, particularmente la localidad de Cancún. Por su parte el municipio que presenta una tasa de crecimiento poblacional más elevado es Solidaridad (371.4%), el cual se explica en parte por el creciente turismo que se está generando en esa zona, en las zonas de Playa del Carmen y Tulum.

El crecimiento económico del estado en los últimos 14 años ha sido importante, manteniendo una tasa de crecimiento promedio anual de 7.11%, la cual está muy por encima del crecimiento nacional de 3.5%. Asimismo, sigue consolidando su participación en el PIB nacional; así, en 2004 participa con 1.54%.

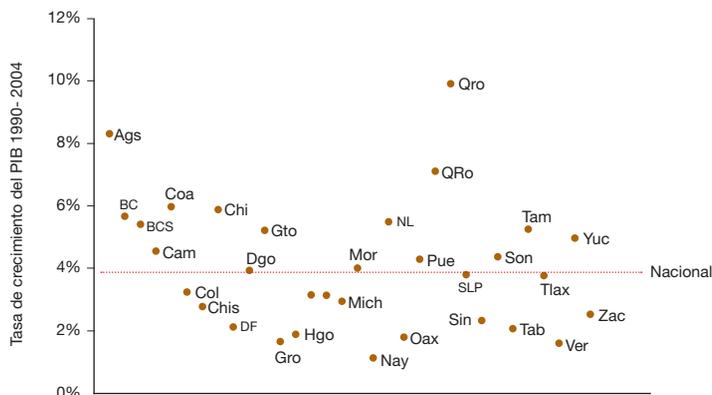
**Cuadro 13. Distribución de la población de Quintana Roo 1995 y 2005**

Municipio	1995	%	2005	%	TC 95-05
001 Cozumel	48385	6.86	73193	6.45	51.27
002 Felipe Carrillo Puerto	56001	7.94	65373	5.76	16.74
003 Isla Mujeres	8750	1.24	13315	1.17	52.17
004 Othón P. Blanco	202046	28.64	219763	19.36	8.77
005 Benito Juárez	311696	44.18	572973	50.47	83.82
006 José María Morelos	29604	4.20	32746	2.88	10.61
007 Lázaro Cárdenas	18307	2.59	22434	1.98	22.54
008 Solidaridad	28747	4.07	135512	11.94	371.40
Total	705531	100.00	1 135 309	100.00	60.92

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI



**Figura 8.** Tasa de crecimiento promedio anual del pib/entidad federativa 1990-2004



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

Al revisar los datos referentes a los últimos cinco años, se observa que la tasa de crecimiento presenta variaciones importantes, que sin embargo están por encima del PIB nacional. Así, en este último periodo la tasa de crecimiento promedio ha sido de 5.2%, dato que tomaremos como referencia del crecimiento para los próximos años.

**Cuadro 14. PIB de Quintana Roo y nacional 1993-2004**

(miles de pesos a precios de 1993)

Año	Quintana Roo	Nacional	Participación (%)	TC Q. Roo	TC Nal.
1993	14846909	1 155 132 189	1.29		
1994	15544326	1 206 135 039	1.29	4.70	4.42
1995	14779986	1 131 752 762	1.31	-4.92	-6.17
1996	15798823	1 190 075 547	1.33	6.89	5.15
1997	17505022	1 270 744 065	1.38	10.80	6.78
1998	18656961	1 334 586 475	1.40	6.58	5.02
1999	18521526	1 384 674 491	1.34	-0.73	3.75
2000	19556595	1 475 927 095	1.33	5.59	6.59
2001	20680948	1 475 438 954	1.40	5.75	-0.03
2002	20902720	1 486 792 334	1.41	1.07	0.77
2003	22071342	1 507 449 991	1.46	5.59	1.39
2004	24066662	1 570 126 305	1.53	9.04	4.16

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI



Al analizar las actividades económicas de la entidad se observa que más de 50% del PIB lo genera el comercio, restaurantes y hoteles, siguiéndole los servicios financieros, inmobiliarios y de alquiler, los cuales están relacionados con la actividad turística. En total ambas actividades en 2004 aportaban 70.7% del PIB. En consecuencia la destacada actividad económica se ha generado principalmente por el turismo, dejando relegadas las actividades primarias, las cuales en los últimos cinco años han presentado una tasa de crecimiento promedio negativa de 6.45% para la agricultura, silvicultura y pesca.

Cuadro 15. PIB por gran división de actividad económica 1999-2004					
(miles de pesos)					
Gran división	1999	%	2004	%	TC 99-04
Agropecuaria, silvicultura y pesca	256724	1.4	240157	1.0	-6.45
Minería	75135	0.4	66591	0.3	-11.37
Industria manufacturera	513750	2.8	599082	2.5	16.61
Construcción	413045	2.2	483338	2.0	17.02
Electricidad, gas y agua	118547	0.6	147660	0.6	24.56
Comercio, restaurantes y hoteles	9787377	52.8	12992411	54.0	32.75
Transporte, almacenaje y comunicaciones	1695495	9.2	2095293	8.7	23.58
Servicios financieros, seguros, actividades inmobiliarias y de alquiler	2674691	14.4	4027294	16.7	50.57
Servicios comunales, sociales y personales	3212486	17.3	3655945	15.2	13.80
Servicios bancarios imputados	-225726	-1.2	-241107	-1.0	6.81
Total	18521526	100	24066662	100	29.94

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

En relación con la distribución de viviendas particulares habitadas por cada municipio y las viviendas que cuentan con agua de la red pública, se observa que en concordancia con la densidad poblacional en el municipio de Benito Juárez se concentra el mayor número de viviendas que disponen de agua, con un 49.3%, siguiéndole en importancia el municipio de Othón P. Blanco.



**Cuadro 16. Viviendas particulares habitadas con agua de la red pública por municipio, 2005**

Municipio	Viviendas particulares habitadas	Disponibilidad de agua de la red pública	Disponibilidad de drenaje
Quintana Roo	249 375	231 534	226 700
Benito Juárez	123 687	114 125	120 902
Cozumel	18 318	16 988	17 913
Felipe Carrillo Puerto	13 258	11 942	6 516
Isla Mujeres	2 762	2 455	2 645
José María Morelos	6 597	6 061	3 284
Lázaro Cárdenas	4 838	4 401	2 493
Othón P. Blanco	52 589	49 644	47 008
Solidaridad	27 326	25 918	25 939

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

**Cuadro 17. Fuentes de abastecimiento y volumen diario de extracción de agua/municipio**

Municipio	Fuentes de abastecimiento			Volumen promedio día (miles de metros cúbicos)		
	Total	Pozos	Manantiales	Total	Pozos	Manantiales
Benito Juárez	132	132		154.14	154.14	
Cozumel	174	174		10.56	10.56	
Felipe Carrillo Puerto	76	74	2	15.10	14.75	0.35
Isla Mujeres	11	11		3.50	3.50	
José María Morelos	62	53		8.81	8.81	
Lázaro Cárdenas	37	28	1	10.80	10.55	0.25
Othón P. Blanco	101	100	1	72.32	72.10	0.22
Solidaridad	41	38	3	41.18	34.91	6.27
Total / Estado	634	610	7	316.41	309.32	7.09

Fuente: CNA-QR y CAPA, datos referidos al 31 de diciembre de 2007. \*Anuario Estadístico\_2008\_CAPA

El análisis de uso diferencial del agua en el estado muestra que el sector hotelero es el mayor consumidor (poco más de 62% del volumen total). Este mismo sector es también el de mayor crecimiento económico y el que aporta más de 90% de los cobros en el rango de tarifas máximas. La ausencia de datos de facturación para el municipio de Benito Juárez sesga el análisis global, dado que ahí se encuentran grandes consumidores, especialmente del sector



**Cuadro 18. Relación facturación-volumen extraído y población**  
(% respecto al total estatal)

Municipio	Facturación	Volumen extraído	Población
Benito Juárez	No registrado	48.72	59.47
Cozumel	15.98	3.34	6.45
Felipe Carrillo Puerto	2.48	4.77	5.76
Isla Mujeres	0	1.11	1.17
José Ma. Morelos	1.82	2.78	2.88
Lázaro Cárdenas	1.66	3.41	1.98
Othón P. Blanco	23.11	22.86	19.36
Solidaridad	54.94	13.01	11.94

turismo, pero con todo, el importe de facturación registrado para 2008 indica que de los sectores que emplean el agua como insumo productivo (comercios, turismo e industria), el ramo hotelero aporta 63% de la facturación total. El valor económico del agua varía, entre otras cosas, en función del uso. En el caso del turismo, el agua se emplea como insumo de otras actividades productivas lo que le da un valor más elevado que el uso de consumo directo. Esto es, la presencia de un gran consumidor con capacidades de pago comparativamente altas a la de otros usuarios sugiere la posibilidad de contar con las fuentes necesarias para la compensación por pago de servicios ambientales. Una primera aproximación derivada del análisis de valuación y costos del agua indica la factibilidad de un aumento en las tarifas que oscila entre 1 y 2% para el fondo de compensación.

**Cuadro 19. Distribución de usuarios por organismo, 2007**

Organismo	No. usuarios
Cozumel	13 840
Solidaridad	34 261
Othón P. Blanco	65 197
F. Carrillo Puerto	14 737
J. Ma. Morelos	9 053
Lázaro Cárdenas	6 661
Total	143 749

Fuente: CAPA, 2007

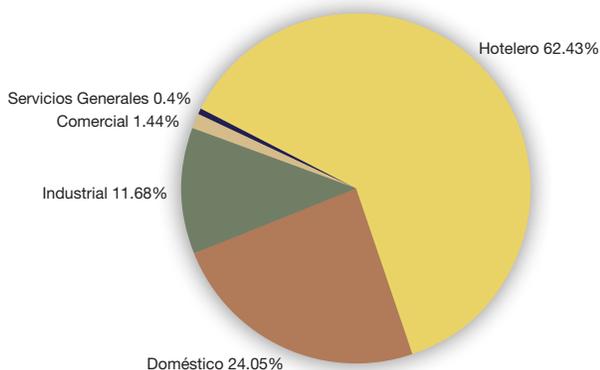


**Cuadro 20. Número de tomas por sector**

Organismos operadores	Doméstica	Comercial	Industrial	Hotelero	Serv. Grales	Tomas
Chetumal	46.183	2.603	13	68	387	49.254
Othón P. Blanco	16.492	400	21	13	639	17.565
Othón P. Blanco	62.675	3.003	34	81	1.026	66.819
Cozumel	12.442	1.499	5	58	165	14.169
Playa del Carmen	29.386	2,399	5	163	152	32.105
Tulum	4.212	454	5	13	111	4.795
Solidaridad	33.598	2.853	10	176	263	36.900
Felipe Carrillo Puerto	14.275	300	1	6	356	14.939
José Ma. Morelos	8.641	316	3	6	305	9.271
Lázaro Cárdenas	6.323	207	14	31	227	6.802
Total	137.955	8.178	67	358	2.342	148.900

**Cuadro 21. Distribución de usuarios por tarifa, 2007**

Tipo de uso	2007	%
Doméstica	133225	92.68
Comercial	7812	5.43
Industrial	67	0.05
Hotelera	353	0.25
Servicios generales	2292	1.59
Total	143749	100.00



**Figura 9.** Porcentaje de tomas por sector



El conjunto de esta evidencia permite entonces realizar diversos ejercicios de simulación de políticas públicas para la demanda de agua en el estado de Quintana Roo. Esto es, suponiendo que la elasticidad ingreso de la demanda de agua municipal sea similar a la nacional estimada en Galindo y Montesillo (1999) y que la elasticidad precio corresponda a la media del meta análisis, se obtiene entonces la ecuación presentada en esta misma página. Los coeficientes de esta ecuación indican que la demanda de agua es sensible a la trayectoria del ingreso (0.53). De este modo, un mayor ritmo de crecimiento económico en el estado se traducirá en una creciente demanda de agua. Por ejemplo, una tasa de crecimiento del 7% del PIB estatal se traducirá en un aumento del consumo de agua de 3.71%. Por su parte, la elasticidad precio aplicada sugiere que la sensibilidad al precio es baja -0.39. De este modo, un aumento del precio real de 10% se traduce en una reducción del consumo de agua de 3.9%.

Así, la dinámica de estas dos variables permite simular diversos escenarios de política pública. Esto es, suponiendo una tasa de crecimiento similar a la presentada en los últimos cinco años del PIB de 5.2% es necesario contemplar un aumento del precio de 7.1% para que no exista un aumento en el consumo de agua. Desde luego, estos aumentos en el precio resultan particularmente elevados y difíciles de instrumentar en la práctica atendiendo a sus efectos colaterales, para lo cual se elaboraron diversas simulaciones de políticas de precios para ilustrar la dinámica entre la respuesta del consumo de agua al ingreso y al precio, aunque debe aclararse que estas simulaciones sólo incluyen el modelo estático e imponen ambos coeficientes por lo que deben de tomarse como indicativas.

$$Da = -0.39*Pa + 0.53*Y$$



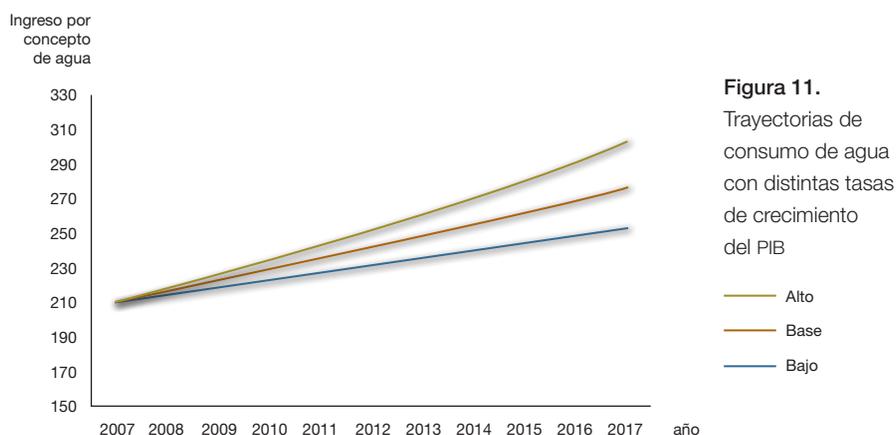
Cuadro 22. Simulaciones de política pública

$\Delta y$	$\Delta p$	$\Delta da$
0.00%	0.00%	0.00%
0.00%	5.00%	-1.95%
0.00%	10.00%	-3.90%
3.50%	0.00%	1.86%
3.50%	5.00%	-0.09%
3.50%	10.00%	-2.05%
5.20%	0.00%	2.76%
5.20%	5.00%	0.81%
5.20%	10.00%	-1.14%
7.00%	0.00%	3.71%
7.00%	5.00%	1.76%
7.00%	10.00%	-0.19%

Con base en las simulaciones se puede observar que manteniendo la tasa de crecimiento constante un aumento importante en precios sólo da como resultado una reducción en la demanda de agua de 3.9%. Para altas tasas de crecimiento económico el aumento en precios tiene un impacto menor, así un aumento de 10% sólo incide en una reducción de 0.19%, y con base en las tasas de crecimiento de la entidad esta tasa de crecimiento no es exagerada, por lo que las políticas de precios no surtirán el efecto deseado.

Las simulaciones multianuales (a 10 años), se sintetizan en la figura 11, en donde se mantiene la tasa de crecimiento de los precios constante y se muestran tres escenarios de crecimiento del producto base de 5.2%, bajo crecimiento de 3.5% y alto crecimiento de 7%. Esta gráfica muestra que a un ritmo de crecimiento similar al promedio de los últimos años se observará un aumento de la demanda de agua importante.

Los principales resultados del meta análisis indican que los valores máximo y mínimo de las elasticidades precio de la demanda oscilan entre 0.013 y -0.90 con una media de -0.39. Esta media es consistente con el trabajo de Young (2005) que argumenta que generalmente las estimaciones precio de la demanda se ubican entre -0.2 y -0.6. Asimismo, se observa que la distribución de resultados no rechaza la hipótesis de normalidad por lo que el valor medio de la distribución es una buena aproximación. Estos resultados sugieren que no obstante la alta variabilidad la elasticidad converge a un valor bajo.



Estos resultados pueden entonces tomarse como referencia para el análisis de propuestas de política pública sobre la demanda de agua municipal en el estado de Quintana Roo. El conjunto de esta evidencia permite entonces realizar diversos ejercicios de simulación de política públicas para la demanda de agua considerando que la elasticidad ingreso de la demanda de agua municipal corresponde a la nacional estimada en Galindo y Montesillo (1999) y que la elasticidad precio corresponde a la media del meta análisis. Las simulaciones realizadas muestran que el consumo de agua depende, en buen medida de la trayectoria del PIB y que los efectos del precio, dadas las actuales elasticidades precio son limitados. En todo caso, es necesario modificar la elasticidad precio para tener una mayor incidencia. No obstante, el manejo de precios puede ser útil para administrar una demanda creciente de manera más eficiente y ordenada. Ello sugiere además la importancia de instrumentar políticas de educación y de sensibilización sobre el agua que modifique las conductas de los agentes económicos. Estos resultados muestran que es en todo caso necesario estudiar con mayor detenimiento el costo beneficio de distintas políticas públicas, en el manejo y administración del recurso.



## IV. SOPORTE JURÍDICO Y ADMINISTRATIVO

El objetivo de este apartado es el análisis de la viabilidad administrativa y la aplicación jurídica del programa. A partir de la revisión de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del estado (LAPA), se plantean dos escenarios: el primero, utilizando como referencia el marco jurídico vigente, lo que permitiría implementar el PSADH sin necesidad de realizar reformas y adiciones a las diferentes leyes que resultan aplicables, lo cual facilitaría al Ejecutivo Estatal la operación del mismo. Para este escenario, se desarrollaron los lineamientos de operación y el modelo básico de contrato que individualizará las normas con cada oferente de servicios hidrológicos ya identificados (véase propuesta de lineamientos de operación en la pág. 67).

En el segundo escenario se identifican las principales necesidades de reforma y adiciones al marco jurídico vigente, que ayudarían a consolidar la aplicación del PSADH, particularmente, incorporar a la LAPA la facultad expresa de la Comisión Estatal de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) para aplicar el PSADH, con las modificaciones propuestas. Este proceso podría llevar más tiempo, toda vez que se requiere de la participación del H. Congreso del Estado, y, por ende, debe sujetarse al proceso legislativo correspondiente. Este esquema permitiría vincular el programa con otras autoridades ambientales y contar con la participación y apoyo de otras dependencias gubernamentales para el manejo de los recursos económicos.

### 1. Marco jurídico del organismo operador

Si la CAPA será quien administre los recursos del PSADH, era necesario conocer si el organismo cuenta con las facultades para emitir los lineamientos, y para suscribir los contratos correspondientes con los beneficiarios. En este sentido, el artículo 26, fracción XV de la LAPA faculta al Consejo Directivo de la CAPA para aprobar los lineamientos relativos a la suscripción de convenios y contratos necesarios para el cumplimiento de los objetivos de la Comisión.

Por otro lado, dentro de las facultades que la LAPA le otorga a la CAPA, la fracción X del artículo 19 dispone que le corresponde: “Celebrar los convenios y contratos necesarios con organismos oficiales federales, estatales, municipales o centros de población para el cumplimiento de sus funciones y atribuciones en la prestación del servicio”. Adicionalmente, el artículo 33 de la propia ley faculta al director general de la CAPA a celebrar los convenios y contratos necesarios para el cumplimiento de los objetivos de la comisión.



---

Por ende, es viable la aplicación jurídica del programa con el marco jurídico vigente; es decir, la inclusión de un concepto al pago de servicios ambientales en la tarifa de agua; que los recursos devengados por dicho concepto se destinen a un fondo gestionado por la CAPA, y que dichos recursos sean entregados a los propietarios o poseedores de predios generadores de servicios hidrológicos, mediante la suscripción de un contrato en el marco del programa y los lineamientos correspondientes. Lo anterior, sin perjuicio de que eventualmente se actualice la LAPA en materia de pago por servicios ambientales hidrológicos.

## **2. Oportunidades y necesidades de modificación de la estructura jurídica actual**

La Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, en su estado actual, tiene, en su contenido, algunos soportes para la aplicación del programa, sin embargo, para no forzar su interpretación y darle mayor certeza jurídica al PSADH, es posible hacer algunas reformas y adiciones sugeridas.

## CONCLUSIONES

Cerca de la tercera parte de la superficie total del estado donde se llevan a cabo procesos de recarga-infiltración de agua, son calificadas con potencial que va de alto a muy alto, y poco menos de una cuarta parte es calificada con potencial medio, lo que significa, desde el enfoque territorial, que existe una muy extensa región que debe ser protegida por su papel de abastecedora de agua para diversos usos en el estado. Por otra parte, poco más de 96% de las selvas altas y medianas subperennifolias sin vegetación secundaria están en las categorías de muy alta y alta capacidad de recarga, lo que sugiere que su incorporación al programa tendría el doble beneficio de conservación de la biodiversidad y de funciones hidrológicas.

A partir de un riguroso análisis de selección de criterios para la identificación de oferentes de servicios hidrológicos, se ha encontrado que existen núcleos agrarios que cumplen satisfactoriamente con los requisitos necesarios para participar en el programa. Se cuenta con un padrón de oferentes calificados en función de sus fortalezas de carácter agrario (límites, inscripción en el Procede, autoridades electas conforme a la Ley Agraria, extensión); territorial (localización en áreas de interés ambiental por desempeño hidrológico y áreas protegidas); compromisos colectivos y grado de cohesión (nivel de asociación, elaboración de programas de manejo forestal o de ordenamiento territorial; sistemas de vigilancia, control y combate de incendios forestales; antecedentes sobre sanciones por violación de acuerdos, leyes o reglamentos); grado de marginación; nivel de participación en programas federales y estatales de apoyo a la conservación de recursos naturales y filiaciones políticas y estado de relación con las autoridades encargadas con la administración del agua

El análisis del consumo de agua municipal debe considerar que en este caso el agua se cataloga como un bien privado y se clasifica como un bien final. La evidencia empírica disponible a nivel internacional indica los principales factores que determina el consumo de agua municipal son el precio del agua y de los bienes relacionados a ella, el ingreso de los consumidores, la población, el clima y las políticas de conservación del líquido.

Los principales resultados del meta análisis indican que los valores máximo y mínimo de las elasticidades precio de la demanda oscilan entre 0.013 y -0.90 con una media de -0.39. Esta media indica que generalmente las estimaciones precio de la demanda se ubican entre -0.2 y -0.6. Asimismo, se observa que la distribución de resultados no rechaza la hipótesis de normalidad por lo que el valor medio de la distribución es una buena aproximación. Este



resultados sugieren que no obstante la alta variabilidad, la elasticidad converge a un valor bajo. Esto es consistente con el hecho de que no existen sustitutos adecuados para el agua y por tanto, la proporción del gasto en agua de los diferentes sectores, será baja en relación a su gasto total en bienes y servicios.

El método de transferencia de beneficios apoyado en un meta análisis para realizar simulaciones de política pública, permitió identificar que la demanda de agua es sensible a la trayectoria del ingreso (0.53). De este modo, un mayor ritmo de crecimiento económico en el estado se traducirá en una creciente demanda de agua. Por ejemplo, una tasa de crecimiento de 7% del PIB estatal se traducirá en un aumento del consumo de agua de 3.71%. Por su parte, la elasticidad precio aplicada sugiere que la sensibilidad al precio es baja -0.39. De este modo, un aumento del precio real de 10% se traduce en una reducción del consumo de agua de 3.9%.

El análisis de uso diferencial del agua en el estado muestra que el sector hotelero es el mayor consumidor (poco más de 62% del volumen total). Este mismo sector es también el de mayor crecimiento económico y el que aporta más de 90% de los cobros en el rango de tarifas máximas. El valor económico del agua varía, entre otras cosas, en función del uso. En el caso del turismo, el agua se emplea como insumo de otras actividades productivas lo que le da un valor más elevado que el uso de consumo directo. Es decir, la presencia de un gran consumidor con capacidades de pago comparativamente altas a la de otros usuarios sugiere la posibilidad de contar con las fuentes necesarias para crear el mercado necesario para la compensación por pago de servicios hidrológicos. Una primera aproximación derivada del análisis de valuación y costos del agua indica la factibilidad de un aumento en las tarifas que oscila entre 1 y 2% para el fondo de compensación propuesto.

Desde la perspectiva jurídica, se estima viable la instrumentación J del Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico, toda vez que la interpretación extensiva del artículo 70 de la Ley de Agua Potable y Alcantarillado de Quintana Roo, señala que los estudios que justifiquen la revisión y/o modificación de las tarifas deberán considerar, entre otros aspectos, la disponibilidad de los recursos hídricos. Por ende, se justifica la compensación de los propietarios que mantienen la cobertura forestal que permite garantizar la recarga de los acuíferos y, por lo tanto, mantener la disponibilidad del recurso. Para ello se plantea la propuesta de lineamientos que desarrollarán



---

y regirán el citado programa, y el contrato básico que individualizará las normas con cada uno de los beneficiarios.

En todo caso, reconociendo la necesidad de actualizar algunos preceptos de la legislación vigente, se han identificado las disposiciones de la LAPA en las cuales se podría reforzar la figura. Dado que recientemente entró en vigor una nueva Ley de Cuotas y Tarifas para los Servicios Públicos de Agua Potable y Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales del Estado de Quintana Roo. Se sugiere sea analizada nuevamente para evaluar sus impactos sobre el desarrollo de ésta propuesta a futuro.

Quintana Roo cuenta con un organismo operador del agua estatal (CAPA) que agrupa y se coordina, de manera poco convencional, con los organismos municipales. Además de la disposición manifiesta de la CAPA para participar en el proyecto, el análisis de la estructura y condición jurídica de la CAPA, muestran que tiene facultades para administrar el programa (la fracción VIII del artículo 19 de la LAPA faculta a la CAPA para “realizar las gestiones necesarias con el fin de obtener créditos y aportaciones económicas oficiales o particulares, promoviendo la constitución de fondos para el ejercicio de programas y cumplimiento de sus objetivos”. Para ello se plantean dos opciones: a) constitución de un fideicomiso público y b) la creación de un programa especial de la CAPA vinculado con el fondo para el pago/compensación de los propietarios o poseedores de los predios generadores de servicios ambientales hidrológicos.

En el caso del fideicomiso, éste se constituye a efectos de auxiliar al Ejecutivo o a las entidades paraestatales del estado para impulsar áreas del Plan Nacional de Desarrollo (PND) y del Plan Estatal de Desarrollo Estatal (PED), de conformidad con el artículo 7º de la Ley de las Entidades de la Administración Pública Paraestatal del Estado de Quintana Roo (LEP).



## BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Semarnat. 2004. Estudio de manejo de saneamiento ambiental en la costa del estado de Quintana Roo en los Estados Unidos Mexicanos. 370 pp.
- Agthe, D.E., y R.B. Billings. 1980. Dynamic models of residential water demand. *Water Resources Research* 16 (3), pp. 476-480.
- Agthe, D.E., y R.B. Billings. 1997. Equity and conservation pricing policy for a government-run water utility. *Journal of Water Supply Research and Technology. AQUA* 46 (5): 252-260.
- Agthe, D.E., R.B. Billings, J.L. Dobra y K. Rafiee. 1986. A simultaneous equation demand model for block rates. *Water Resources Research* 22 (1): 1-4.
- Aguakan-COPEI Ingeniería. 2001. Determinación del comportamiento geohidrológico de los campos de los pozos Aeropuerto del sistema de abastecimiento de Cancún, Q.R. Estudio realizado para la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 132 pp.
- Aguayo, J.E., M.R. Bello, C.M. Vecchio, M.J. Araujo y L.M.A Basañez. 1980. Estudio sedimentológico en el área de Tulum-Cancún-Isla Mujeres, Estado de Quintana Roo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, tomo XLI, núms. 1 y 2, pp. 15-32.
- Alcocer, J., A. Lugo, L. Marín y E. Escobar. 1998. Hydrochemistry of waters from five cenotes and evaluation of their suitability for drinking-water supplies, northeastern Yucatan, Mexico. *Hydrogeology Journal*, vol. 6: 293-301.
- Arbués, F., R. Barberán e I. Villanúa. 2000. Water price impact on residential water demand in the city of Zaragoza. A dynamic panel data approach. Conferencia presentada en el 40th European Congress del European Regional Studies Association (ERSA), en Barcelona, España, agosto, pp. 30-31.
- Arbués, F.M., A. García-Valinas y R. Martínez-Espineira. 2003. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. *Journal of Socio-Economics* 32: 81-102.
- Ataroff, M., y L.A. Sánchez. 1999. Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, estado Táchira, Venezuela. *Rev. Geog. Venez.*, vol. 41 (1): 11-30.
- Azqueta, D. 1994. *Valoración económica de la calidad ambiental*. McGraw-Hill, Madrid, España.
- Babin, F., C. Willis y P. Allen. 1982. Estimation of substitution possibilities between water and other production inputs. *American Journal of Agricultural Economics* 64 (1): 148-151.
- Bachrach, M., y W.J. Vaughan. 1994. Household water demand estimation. Tech. Rep. Working Paper ENP 106, Inter-American Development Bank Productive Sectors and Environment Subdepartment Environment Protection Division.
- Barkatullah, N. 1996. OLS and instrumental variable price elasticity estimates for water in mixed-effects model under multiple tariff structure. *Working Papers in Economics*, Departamento de Economía, Universidad de Sídney.



- Belmonte, S.F., D.A. Romero, B.F. López y L.E. Hernández. 1999. Óptimo de cobertura vegetal en relación con las pérdidas de suelo por erosión hídrica y las pérdidas de lluvia por interceptación. *Papeles de Geografía*, Universidad de Murcia, núm. 30, p. 5.
- Bera, A.K., y C.M. Jarque. 1980. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters* 6 (3): 255-259.
- Billings, R.B. 1982. Specification of block rate price variables in demand models. *Land Economics* 58 (3): 386-393.
- Billings, R.B. 1987. Alternative demand model estimations for block rate pricing. *Water Resources Bulletin* 23 (2):341-345.
- Billings, R.B., y D.E. Agthe. 1980. Price elasticities for water: a case of increasing block rates. *Land Economics* 56(1):73-84.
- Billings, R.B., y W.M. Day. 1989. Demand management factors in residential water use: the southern Arizona experience. *Journal of the American Water Works Association* 81 (3):58-64.
- Booker, J.F., y R.A. Young. 1994. Modeling intrastate and interstate markets for Colorado River water resources. *Journal of Environmental Economics and Management* 26 (1).
- Burgess, S.O., M.A. Adams y N.C. Turner. 1998. The redistribution of soil water by tree root systems. *Oecología* 115:306.
- Caballer, V., y N. Guadalajara. 1998. *Valoración económica del agua de riego*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Cantú, S.I., y R.H. González. 2005. Pérdidas por intersección de la lluvia en tres especies del matorral submontano. *Ciencia UANL*, vol. 8, núm. 001, enero.
- Carson, R.T., N.E. Flores y R.C. Mitchell. 1999. The theory and measurement of passive - use value. En: I.J. Bateman y K.G. Willis (eds.), *Valuing environmental preferences*. Oxford University Press, Oxford.
- Carver, P.H., y J.J. Boland. 1980. Short-run and long-run effects of price on municipal water use. *Water Resources Research* 16 (4):609-616.
- Chicoine, D.L., y G. Ramamurthy.1986. Evidence on the specification of price in the study of domestic water demand. *Land Economics* 62 (1):26-32.
- Cochran, R., y A.W. Cotton. 1985. Municipal water demand study, Oklahoma City and Tulsa, Oklahoma. *Water Resources Research* 21 (7):941-943.
- Comisión de Agua Potable y Alcantarillado. 2005. Análisis físico, químico y bacteriológico de muestras de agua provenientes de 309 pozos.
- Comisión Nacional del Agua. 2002. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Cerros y Valles, estado de Quintana Roo, 22 pp.
- Consultores 1981. Estudio geohidrológico preliminar de la zona de Río Hondo, Q.R. Proyecto elaborado para la SARH bajo el contrato GZA-80-79-GD, 173 pp.
- Corral, L., A.C. Fisher y N. Hatch. 1998. Price and non-price influences on water conservation: an econometric model of aggregate demand under nonlinear budget constraint. *Working Paper* No. 881, Department of Agricultural and Resource Economics and Policy, Universidad de California, Berkeley.



- Custodio-Gimena, E. 1998. Recarga a los acuíferos. Aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. *Boletín Geológico y Minero* 109 (4):329-346.
- Custodio-Gimena, E., y R. Llamas-Madurga. 1983. *Hidrología subterránea de España*, Ed. Omega, 2,350 pp. (tomo I, pp. 1-1,157; tomo II, pp. 1,164-2,350).
- Dandy, G., T. Nguyen y C. Davies. 1997. Estimating residential water demand in the presence of free allowances. *Land Economics* 73 (1):125-139.
- Davis, N.S., y R. de Wiest. 1981. *Hidrogeología*. Ed. Ariel, 563 pp.
- De Rooy, Y. 1974. Price responsiveness of the industrial demand for water. *Water Resources Research* 10.
- Deller, S., D. Chicoine y G. Ramamurthy. 1986. Instrumental variables Approach to Rural Water Service Demand. *Southern Economic Journal* 53 (2):333-346.
- Dickie, M. 2003. Defensive behavior and damage cost methods. En: P.A. Champ, K.J. Boyle y T.C. Brown (eds.), *A primer on non-market valuation*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Domenico, A.P., y W.F. Schwartz. 1998. *Hydrogeology. Physical and chemical*. U.S., John Wiley & Sons, Inc., 505 pp.
- Dupont, D.P., y S. Renzetti. 2001. Water's role in manufacturing. *Environmental and Resource Economics* 18 (4).
- Dupuy, R.J.M., I.J.A. González, V.S. Iriarte, I.L.M. Calvo, M.C. Espadas, D.F. Tun y E.A. Dorantes. 2007. Cambios en la cobertura y uso del suelo (1997-2000) en dos comunidades rurales en el noroeste de Quintana Roo. UNAM, Investigaciones Geográficas, *Boletín del Instituto de Geografía* 62:104-124.
- Espey, M., J.A. Espey y W.D. Shaw. 1997. Price elasticity of residential demand for water: a meta-analysis. *Water Resources Research* 33 (6):1,369-1,374.
- Fernández-Sanjurjo, M.J. 1999. Influencia de los fragmentos gruesos en algunas propiedades físicas y químicas del suelo: antecedentes y estado actual del tema. *Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, vol. 6, pp. 95-107.
- Florax, R.J.G.M. 2002. Accounting for dependence among study results in meta-analysis: methodology and applications to the valuation and use of natural resources. *Serie Research Memoranda* 0005, Faculty of Economics, Business Administration and Econometrics, Universidad de Ámsterdam.
- Foster, H.S.J., y B.R. Beattie. 1979. Urban residential demand for water in the United States. *Land Economics* 55 (1):43-58.
- Freeman, A.M. 2003. *The measurement of environmental and resource values: theory and methods*. Segunda edición. Resources for the Future, Washington D.C.
- Freeze, R.A., y J.A. Cherry. 1979. *Groundwater*. U.S. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 604 pp.
- Fregoso, A. 2006. *La oferta y el pago de servicios ambientales hídricos: una comparación de diversos estudios*. Instituto Nacional de Ecología-Semarnat, 20 pp.



- Fro-Ingenieros. 2002. Estudio hidrogeológico de evaluación y factibilidad de explotación de aguas dulces continentales en la zona de Majahual, municipio de Othón P. Blanco, estado de Quintana Roo, Costa Maya. Estudio realizado para la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno del Estado de Quintana Roo, 72 pp.
- Galindo, L.M., y J.L. Montesillo. 1999. La demanda de agua potable en México: estimaciones preliminares. *Investigación Económica* 227:27-43.
- Gibbs, K.C. 1978. Price variable in residential demand models. *Water Resources Research* 14(2):15-18.
- Gittinger, P. 1982. *Economic analysis of agricultural projects*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- Glass, G.V. 1976. Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher* 5:3-8.
- Graniel-Castro, E., y L. González-Hita. 2002. Deterioro de la calidad del agua subterránea por el desarrollo poblacional. Universidad Autónoma de Yucatán, *Revista de Ingeniería Académica* 6(3):41-53.
- Grassi, C.J. 1981. Manual de drenaje agrícola. Venezuela, CIDIAT, Serie Riego y Drenaje RD-10.
- Griffin, R.C., y C. Chang. 1990. Pretest analysis of water demand in thirty communities. *Water Resources Research* 26(10):2,251-2,255.
- Griffin, R.C., y C. Chang. 1991. Seasonality in community water demand. *Western Journal of Agricultural Economics* 16(2):207-217.
- Haab, T.C., y K.E. McConnell. 2002. *Valuing environmental and natural resources. The econometrics of non-market valuation*. Edward Elgar Publishing, Northampton.
- Hanemann, W.M. 1998. Determinants of urban water use. En: D.D. Baumann, J.J. Boland y W.M. Hanemann (eds.), *Urban water demand management and planning*, McGraw Hill, Nueva York, pp. 31-95.
- Hanke, S.H., y L. de Maré. 1982. Residential water demand: a pooled time-series cross-section study of Malmö, Sweden. *Water Resources Bulletin* 18(4):621-625.
- Hansen, L.G. 1996. Water and energy price impacts on residential water demand in Copenhagen. *Land Economics* 72(1):66-79.
- Heady, E.O. 1952. *Economics of agricultural production and resource use*. Prentice-Hall, Nueva York.
- Hewitt, J.A., y W.M. Hanemann. 1995. A discrete/continuous choice approach to residential water demand under block rate pricing. *Land Economics* 71(2):173-192.
- Hexem, R.W., y E.O. Heady. 1978. *Water production function for irrigated agriculture*. Ames IA, Iowa State University Press, Iowa.
- Höglund, L. 1999. Household demand for water in Sweden with implications of a potential tax on water use. *Water Resources Research* 35(12):3,853-3,863.
- Horowitz, J.K., y K.E. McConnell. 2002. A review of WTA/WTP studies. *Journal of Environmental Economics and Management* 44(3).
- Howe, C.W. 1982. The impact of price on residential water demand: some new insights. *Water Resources Research* 18(4):713-716.



- Howe, C.W. 1998. Forms and functions of water pricing: an overview. En: D.D. Baumann, J.J. Boland y W.M. Hanemann (eds.), *Urban water demand management and planning*, McGraw Hill, Nueva York, pp. 181-189.
- Howe, C.W., y F.P. Linaweaver. 1967. The impact of price on residential water demand and its relationship to system design and price structure. *Water Resources Research* 3(1):13-32.
- Hussain I., S. Thikawala y R. Barker. 2002. Economic analysis of residential, commercial and industrial uses of water in Sri Lanka. *Water International* 27(2).
- Infraestructura Hidráulica y Servicios. 2001. Actualización geohidrológica del acuífero de la zona norte del estado de Quintana Roo, entre Cancún, Nuevo Xcan, Coba y Tulum. Estudio realizado para la Gerencia Regional Península de Yucatán, Contrato núm. SGT-GRPY-QROO-01-53-CE-I3.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2002. Estudio Hidrológico del Estado de Quintana Roo. 79 pp.
- Jackson, P.C., J. Cavelier, G. Goldstein, F. Meinzer y N. Holbrook. 1995. Partitioning of water resources among plants of a lowland tropical forest. *Oecología* 101:197.
- James, L.D., y R.R. Lee. 1971. *Economics of water resources planning*. McGraw Hill, Nueva York.
- Jiménez, F. 2006. *El bosque como regulador del ciclo hidrológico*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Jones, C.V., y J.R. Morris. 1984. Instrumental price estimates and residential water demand. *Water Resources Research* 20(2):197-202.
- Kindler, J., y C.S. Russell. 1984. *Modeling water demands*. Academic Press, Londres.
- Krutilla, J. 1967. Conservation reconsidered. *American Economics Review* 57(3).
- Kulshreshtha, S.N. 1996. Residential water demand in Saskatchewan communities: role played by block pricing system in water conservation. *Canadian Water Resources Journal* 21(2):139-155.
- Lesser y Asociados. 1981. Estudio geohidrológico preliminar en la zona de Valle Hermoso-Tampak, Q.R. Proyecto elaborado para la SARH bajo el contrato GZA-81-84-GD.
- Leyton, L., E.R.C. Reynolds y F.B. Thompson. 1967. Rainfall interception in forest and moorland. Conferencia presentada en el International Symposium on Forest Hydrology.
- Lugo-Hubp, J., Q.J.F. Aceves y P.R. Espinasa. 1992. Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. *Revista del Instituto de Geología*, UNAM, vol. 140(2):143-150.
- Lyman, R.A. 1992. Peak and off-peak residential water demand. *Water Resources Research* 28(9):2,159-2,167.
- Martin, R.C., y R.P. Wilder. 1992. Residential demand for water and the pricing of municipal water services. *Public Finance Quarterly* 20(1):93-102.
- Martin, W.E., H.M. Ingram, N.K. Laney y A.H. Griffin. 1984. *Saving water in a desert city. resources for the future*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.



- Martin, W.E., y J.F. Thomas. 1986. Policy relevance in studies of residential water demand. *Water Resources Research* 22 (13):1,735-1,741.
- Martínez-Espiñeira, R. 2002. Residential water demand in the northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics* 21 (2):161-187.
- Martínez-Fernández, J. 2006. *Cambios en la cobertura vegetal y recursos hídricos: un análisis de la interceptación en la Cuenca del Duero*. Departamento de Geografía, Universidad de Salamanca.
- Moncur, J. 1987. Urban water pricing and drought management. *Water Resources Research* 23 (3):393-398.
- Moore, M.R. 1999. Estimating irrigators' ability to pay for reclamation water. *Land Economics* 75 (4).
- Moore M.R., y A. Dinar. 1995. Water and land as quantity - Rationed inputs in California agriculture: empirical tests and water policy implications. *Land Economics* 71 (4).
- Nauges, C., y A. Thomas. 2000. Privately - Operated water utilities, municipal price negotiation, and estimation of residential water demand: the case of France. *Land Economics* 76 (1):68-85.
- Nieswiadomy, M.L. 1992. Estimating urban residential demand: effects of price structure, conservation and education. *Water Resources Research* 28 (3):609-615.
- Nieswiadomy, M.L., y D.J. Molina. 1989. Comparing residential water estimates under decreasing and increasing block rates using household data. *Land Economics* 65 (3):280-289.
- Nieswiadomy, M.L., y S.L. Cobb. 1993. Impact of pricing structure selectivity on urban water demand. *Contemporary Policy Issues* 11 (6):101-113.
- Organización Mundial de la Salud. 2000. Normas internacionales para el agua para beber, 13 pp.
- Pint, E. 1999. Household responses to increased water rates during the California drought. *Land Economics* 75 (2):246-266.
- Point, P. 1993. Partage de la ressource en eau et demande d'alimentation en eau potable. *Revue Economique* 44 (4):849-862.
- Renwick, M.E., y S.O. Archibald. 1998. Demand side management policies for residential water use: who bears the conservation burden. *Land Economics* 74 (3): 343-359.
- Renwick, M.E., y R. Green. 2000. Do residential water demand side management policies measure up? An analysis of eight California water agencies. *Journal of Environmental Economics and Management* 40 (1):37-55.
- Renzetti, S. 1992. Estimating the structure of industrial water demands: the case of Canadian manufacturing. *Land Economics* 68 (4):396-404.
- Renzetti, S. 1992. Evaluating the welfare effects of reforming municipal water prices. *Journal of Environmental Economics and Management* 22 (1):147-163.
- Reynaud, A. 2003. An econometric estimation of industrial water demand in France. *Environmental and Resource Economics* 25 (2):213-232.



- Rizaiza, O.S.A. 1991. Residential water usage: a case study of the major cities of the western region of Saudi Arabia. *Water Resources Research* 27(5):667-671.
- Rodda J. C. 1995. Whither world water? *Water Resources Bulletin* 31(1).
- Rosenberger, R.S., y J.B. Loomis. 2003. Benefit transfer. En: P.A. Champ, K.J. Boyle y T.C. Brown (eds.), *A primer on non-market valuation*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Rusell, C.S. 1984. Programming models for regional water demand analysis. En: J. Kindler y C.S. Rusell (eds.), *Modeling water demands*, Academic Press, Londres.
- Salgado, V.E. 2001. *Curso relación suelo-agua-planta*. Ediciones Universitarias de Valparaíso, 105 pp.
- Scheierling, S., J.B. Loomis y R.A Young. 2004. Irrigation water demand: a meta analysis of price elasticities. Conferencia presentada en la American Agricultural Economics Annual Conference, Denver, agosto.
- Schneider, M.L., y E.E. Whitlatch. 1991. User-specific water demand elasticities. *Journal of Water Resources Planning and Management - ASCE* 117(1), pp. 52-73.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1990. Sinopsis geohidrológica en el estado de Quintana Roo, 46 pp.
- Secretaría de Salud. 2000. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. DOF, 20 de octubre de 2000.
- Sewell, W.R.D., y L. Roueche. 1974. Peak load pricing and urban water management: Victoria, B.C., a case study. *Natural Resources Journal* 14(3):383-400.
- Sholz F.G., S.J. Bucci, G. Goldstein, M.Z. Moreira, L. Sternberg y F.C. Meinzer. 2004. *Redistribución hidráulica de agua del suelo por árboles de sabanas neotropicales*.
- Shoshinsky, G., y M. Losilla. 2002. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central* 23:43.
- Stevens, T.H., J. Miller y C. Willis. 1992. Effect of price structure on residential water demand. *Water Resources Bulletin* 28(4):681-685.
- Stone, J.C., y D. Whittington. 1984. Industrial water demands. En: J. Kindler y C.S. Rusell (eds.), *Modeling water demands*, Academic Press, Londres.
- Taylor, L.O. 2003. The hedonic method. En: P.A. Champ, K.J. Boyle y T.C. Brown (eds.), *A primer on non-market valuation*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Todd, D. 1980. *Groundwater hydrology*. Segunda edición. U.S., John Wiley & Sons, 534 pp.
- Turnovsky, S. 1969. The demand for water: some empirical evidence on consumer's response to a commodity uncertain in supply. *Water Resources Research* 5(2).
- Vaux, H.J., y R.E. Howitt. 1984. Managing water scarcity: an evaluation of interregional transfers. *Water Resources Research* 20.
- Wang, H., y S. Lall. 2002. Valuing water for Chinese industries: a marginal productivity analysis. *Applied Economics* 34(6):759-765.



- 
- Williams, M. 1985. Estimating urban residential water demand for water under alternative price measures. *Journal of Urban Economics* 18(2):213-225.
- Williams, M., y B. Suh. 1986. The demand for urban water by customer class. *Applied Economics* 18(2):1,275-1,289.
- Young, R.A. 2005. *Determining the economic value of water. Concepts and methods.* Resources for the Future, Washington D.C.

## ANEXO. PROPUESTA DE LINEAMIENTOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA

### I. OBJETO

ARTÍCULO 1º. Los presentes lineamientos tienen por objeto general establecer las reglas y procedimientos básicos para la aplicación del Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico en el Corredor Sian Ka'an Calakmul, a cargo de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.

Los objetivos específicos del programa, con base en los presentes lineamientos son:

- I. Garantizar la disponibilidad de los recursos hidráulicos.
- II. Impulsar el desarrollo sustentable, mediante la internalización de los costos ambientales de la disponibilidad del agua en las tarifas correspondientes, transfiriendo dicho beneficio a las personas que conservan las fuentes de su generación y abastecimiento.
- III. Ofrecer alternativas económicas a los propietarios de terrenos que se encuentren en buen estado de conservación, ubicados dentro de las regiones de importancia hidrológica definidas en el programa.

### II. DEFINICIONES

ARTÍCULO 2º. Para los efectos de los presentes lineamientos, se estará a las definiciones previstas en la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo, así como a las siguientes:

- I. Actividades incompatibles: aquellas actividades productivas que por su naturaleza no sean compatibles con los objetivos del programa, o que no cuenten con un régimen de manejo evaluado y autorizado por autoridad competente
- II. Apoyo: los recursos económicos que la CAPA dedique en el marco del programa.
- III. Beneficiario: las personas físicas o morales de nacionalidad mexicana que sean propietarios o poseedores de terrenos que obtengan apoyos de conformidad con los presentes lineamientos.
- IV. CAPA: Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo.



- V. Contrato: acuerdo mediante el cual la CAPA se obliga a entregar los apoyos correspondientes al programa y el beneficiario se obliga en los términos de los presentes lineamientos.
- VI. Convocatoria: documento publicado por la CAPA en el que se especifican los requisitos para que los interesados puedan acceder al Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico en el Estado de Quintana Roo, en un periodo determinado
- VII. Ley: la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (LAPA).
- VIII. Programa: el Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico.
- IX. Región de importancia hidrológica: superficies ubicadas dentro del estado de Quintana Roo, las cuales por sus características representan importantes zonas de recarga de los acuíferos.
- X. Terreno: predio que se encuentra en buen estado de conservación, en el que no se llevan a cabo actividades incompatibles, y que de acuerdo con los criterios técnicos y a las regiones de importancia hidrológica, es objeto de los apoyos previstos en el programa.

### III. SOLICITUD DE APOYOS

ARTÍCULO 3º. Podrán aplicar a las convocatorias para obtener los apoyos que prevé el programa las personas físicas o morales de nacionalidad mexicana que sean propietarios o poseedores de terrenos que se encuentren en buen estado de conservación, y que se ubiquen en una de las regiones de importancia hidrológica. En dichos terrenos no se deberán desarrollar actividades incompatibles.

ARTÍCULO 4º. No se otorgaran los apoyos que prevé el programa a las administraciones públicas Federal, Estatal o municipales, ni a aquellos beneficiarios que hubieren incumplido los presentes lineamientos o las obligaciones previstas en el contrato correspondiente.

Tampoco se otorgaran los apoyos a los solicitantes cuyos terrenos sean objeto de algún procedimiento judicial, administrativo o de cualquier otra índole, así como aquellos que estén sujetos a un gravamen que limite los derechos del poseedor o propietario de dicho terreno.



---

ARTÍCULO 5°. Para solicitar los apoyos previstos en el programa los interesados deberán:

- I. Llenar y presentar la solicitud correspondiente a cada convocatoria.
- II. Acreditar la nacionalidad mexicana con uno de los siguientes documentos: personas físicas, con credencial de elector, cartilla militar, pasaporte, o carta de naturalización; personas morales, con el acta constitutiva que acredite que fue creada con base en las leyes mexicanas.
- III. Acreditar la legal propiedad o posesión del terreno, presentando los siguientes documentos: ejidos y comunidades agrarias, expediente que contenga resolución presidencial, actas de posesión y deslinde y plano definitivo o, en el caso de ejidos certificados, acta de delimitación, destino y asignación de tierras ejidales; personas físicas y morales, título legal que acredite la propiedad del terreno o documento vigente que acredite la legal posesión del mismo.

ARTÍCULO 6°. La CAPA publicará en el Periódico Oficial del Estado las convocatorias para solicitar los apoyos del programa, en las cuales se establecerá el plazo para la recepción de solicitudes. Los interesados podrán presentar las solicitudes y los documentos correspondientes en las oficinas de la CAPA y en las de los organismos operadores de cada municipio.

El funcionario facultado para recibir la documentación entregará al interesado un comprobante en el que constará la fecha de recepción, el nombre y firma del funcionario que recibe y el sello correspondiente. En este mismo acto, se le notificará al interesado las faltas u omisiones de alguno de los requisitos previstos en el artículo 5° de los presentes lineamientos, para que los subsane dentro del plazo de cinco días hábiles, apercibiéndolo que, de no hacerlo, su solicitud se tendrá por no presentada.

#### IV. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE BENEFICIARIOS

ARTÍCULO 7°. Una vez agotado el plazo para recibir las solicitudes de apoyos, la CAPA realizará la evaluación de ellas, con base en los criterios técnicos que establezca el propio programa, y en atención a las regiones de importancia hidrológica previamente definidas, y en X días hábiles publicará los resultados correspondientes en el Periódico Oficial del Estado.



## V. OBLIGACIONES DEL BENEFICIARIO

ARTÍCULO 8º. El beneficiario del programa tendrá las siguientes obligaciones:

- I. Destinar los apoyos obtenidos al cumplimiento de las acciones por las que fueron otorgados, conservando las fuentes de generación y abastecimiento hidrológicas por el tiempo que dure el contrato, absteniéndose de llevar a cabo actividades incompatibles.
- II. Cumplir con lo establecido en el programa, los presentes lineamientos y con todas las disposiciones del contrato.
- III. Asistir al lugar designado por la CAPA una vez elegido como beneficiario, a efecto de recibir capacitación en torno al cumplimiento de las obligaciones adquiridas, de tal forma que se alcancen los objetivos del programa.
- IV. Conservar en su poder por un período de cinco años, contados a partir de la terminación del apoyo, los documentos que acrediten la aplicación y los resultados de los recursos otorgados para la ejecución del programa.
- V. Permitir la realización de visitas por parte de personal autorizado de la CAPA, con el fin de vigilar el estricto cumplimiento del programa y la correcta aplicación de los apoyos otorgados en función del mismo.
- VI. Devolver los recursos recibidos en los casos de terminación anticipada del contrato respectivo.

En caso de incumplimiento de cualquiera de estas obligaciones por parte del beneficiario, éste no podrá volver a ser sujeto de apoyos que se deriven del programa ya sea en el terreno o en cualquier otro de su propiedad o posesión. Asimismo, si el beneficiario incumple lo previsto en la fracción VI del presente artículo, la CAPA podrá proceder en los términos del artículo 105 bis de la Ley.

## VI. TERMINACIÓN ANTICIPADA

ARTÍCULO 9º. El beneficiario podrá dar por terminado anticipadamente el contrato, sin responsabilidad alguna, siempre que lo notifique a la CAPA por escrito con 30 días hábiles de anticipación.

La CAPA podrá dar por terminado anticipadamente el presente contrato cuando, como resultado de una visita, se compruebe una irregularidad o incumplimiento del programa, los lineamientos o del contrato.

En ambos casos, dentro del plazo señalado el beneficiario deberá restituir a la CAPA el monto proporcional de los días restantes al año que corresponda.



## VII. VISITAS

ARTÍCULO 10°. La CAPA estará facultada para realizar las visitas que considere necesarias para verificar que el beneficiario está cumpliendo con sus obligaciones. Para lo anterior, la CAPA realizará las citadas diligencias de conformidad con las bases siguientes:

- I. Al realizar las visitas el personal autorizado deberá identificarse con credencial vigente, y presentar orden escrita, expedida por autoridad competente, debidamente fundada y motivada, la cual deberá precisar el lugar o zona que ha de inspeccionarse, el objeto de la visita y el alcance que ésta deba tener, entregando copia a la persona con la que se entienda la diligencia.
- II. El personal autorizado requerirá que la persona con la que se entienda la diligencia designe dos testigos, quienes permanecerán durante el transcurso de ésta. Si el visitado rechaza designarlos, el personal autorizado hará la designación, consignando dicha circunstancia en el acta.
- III. De toda visita se levantará el acta correspondiente, en la que se asentarán el lugar, la fecha y el nombre de las personas que asistieron a la diligencia, así como los resultados de la misma, haciéndose constar los hechos u omisiones que se hubiesen observado durante el transcurso de la misma.
- IV. Una vez finalizada la visita, el personal autorizado dará lectura al acta y, a continuación, permitirá que el visitado manifieste lo que a su derecho convenga en relación con el contenido de la misma y a que presente las pruebas que estime oportunas, o que ejerza dicho derecho en el plazo de los 10 días hábiles siguientes a la fecha de realización de la diligencia.
- V. Por último, el personal autorizado solicitará al visitado y a los testigos que firmen el acta, entregando copia de ésta al primero; sin embargo, si el visitado o los testigos se niegan a firmar o recibir la copia del acta, dicha circunstancia será consignada en ella, sin que por esto afecte su validez y valor probatorio.

ARTÍCULO 11°. Recibida el acta por la CAPA, procederá a su revisión, y en caso de que se hubiese detectado alguna irregularidad o incumplimiento del programa, los lineamientos o el contrato, se requerirá al beneficiario para que las corrija inmediatamente, y a que en el plazo de 10 días hábiles contados a partir de la comunicación correspondiente, comparezca ante la CAPA, para que exponga lo que a su derecho convenga y presente las pruebas que estime oportunas. En caso de incumplimiento, la CAPA procederá a la terminación anticipada del contrato.

*Estrategia de pago de servicios ambientales  
por desempeño hidrológico en Quintana Roo*  
se imprimió en los talleres de Seprim/  
HEUA730908AM1, Cerrada de Técnicos  
y Manuales 19-52, Col. Lomas Estrella,  
09880 México, DF.  
El tiro fue de 1000 ejemplares.

El pago o compensación por servicios ambientales fue durante algunos años sólo una posibilidad teórica, surgida en la década de los años 60, a partir de la aplicación de conceptos de economía ambiental en el manejo de recursos y áreas protegidas. La administración de bosques, selvas, manglares y otros ecosistemas tuvo que andar un largo camino antes de reconocer que éstos significaban algo más que metros cúbicos de maderas con valor comercial. Actualmente, los servicios ecosistémicos son ampliamente valorados y el pago de servicios ambientales es la traducción de este reconocimiento en políticas públicas.

El Programa de Pago de Servicios Ambientales por Desempeño Hidrológico que desarrolla el CBMM en Quintana Roo, busca contar con un mecanismo paralelo a los existentes para la conservación y la recuperación de áreas que ofrecen servicios hidrológicos, disminuir las tasas en el cambio de uso de suelo, valorar económicamente el servicio de provisión de agua, impulsar la creación de nuevas formas de ingreso para los dueños de terrenos de importancia para la conservación de ecosistemas y funciones hidrológicas y, finalmente, generar nuevas estrategias públicas para la administración de las funciones ambientales.

*Conocimientos, Acciones y Diálogos* son los cuadernos en los que el Corredor Biológico Mesoamericano México va dejando constancia del trabajo realizado en favor de la conectividad entre áreas de gran riqueza biológica en nuestro territorio. Son referentes, huellas de utilidad para orientar los empeños de la gran diversidad de actores que trabajan en torno al uso o manejo sustentable de nuestros recursos y la conservación de la biodiversidad.

La serie *Conocimientos* contiene algunos de los diagnósticos e investigaciones que van teniendo lugar. *Acciones*, reúne experiencias que van cristalizando alrededor del uso sustentable y la conservación, y *Diálogos* alimenta el intercambio de saberes, son guías, inventarios y manuales de utilidad para los actores involucrados.

SEMARNAT



SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



CONABIO  
GOBIERNO  
FEDERAL



Global  
Environment  
Facility