

# EL MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL ACUÍFERO INSULAR DE COZUMEL, QUINTANA ROO, MÉXICO

## *Integrated Water Resource Management in the island aquifer of Cozumel, Quintana Roo, Mexico*

### **Gerardo Hernández-Flores**

Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica  
Cozumel. Qroo, México.  
ORCID: 0000-0002-3730-4708  
Correo-e: 1722423@uqroo.mx

### **Martha Angélica Gutiérrez-Aguirre**

Universidad de Quintana Roo, División de Desarrollo.  
Sustentable (DDS), Unidad Académica Cozumel,  
Depto. de Ciencias y Humanidades.  
ORCID: 0000-0002-9329-820X  
Correo-e: margutierrez@uqroo.edu.mx

### **Adrián Cervantes Martínez**

Universidad de Quintana Roo, Unidad Académica  
Cozumel. ORCID: 0000-0002-8947-8558  
Correo-e: adcervantes@uqroo.edu.mx

Recibido: 10/11/2020 • Aprobado: 25/6/2021

**Cómo citar:** Hernández-Flores, G., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Cervantes Martínez, A. (2021). El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en el acuífero insular de Cozumel, Quintana Roo, México. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 4(1), 7-17. DOI: <https://doi.org/10.22206/cac.2021.v4i1.pp7-17>

## **Resumen**

El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (MIRH) es de vital importancia para ambientes insulares donde el volumen del acuífero es limitado y el incremento en la demanda, junto con el deterioro en su calidad, amenazan su disponibilidad para el futuro. En el siguiente ensayo se analiza el MIRH en la isla Cozumel (México) a partir de la definición de la Asociación Mundial para el Agua (AMA), con lo cual se caracteriza la situación actual de las políticas, instituciones e instrumentos (PIEs) en el contexto local y federal. El análisis bajo la definición de la AMA permite homologar criterios para abordar el MIRH y así aportar al enriquecimiento del concepto a través del estudio del caso particular en la isla Cozumel; además de contribuir a identificar los retos para la implementación del MIRH en la zona de estudio. Mediante este ensayo fue posible identificar las bases de las PIEs y su sincronización local con la federal, así como el manejo actual del acuífero, y

## **Abstract**

The Integrated Water Resource Management (IWRM) is vital for island environments where the volume of the aquifer is finite. The following essay analyzes IWRM in Cozumel Island (Mexico) based on the definition of the Global Water Partnership (GWP), which allows to characterize the current situation of policies, institutions and instruments for management in the local and federal context. The analysis under the definition of the GWP allows to standardize criteria to address the IWRM and thereby contribute to the enrichment of the concept through the study of specific cases such as Cozumel Island; it also contributes to identify current challenges for the implementation of the IWRM in the study area. Throughout this essay, the bases and concordance between local and federal level of policies, institutions and instruments, along with the current aquifer management used in the island, were identified. Furthermore, a lack of instruments



se detectó una falta de instrumentos para la planeación participativa con los cuales se involucre a los usuarios del recurso, a nivel local, dentro de las decisiones referentes a su manejo.

**Palabras clave:** desarrollo sostenible; gestión ambiental; México; isla; agua subterránea.

## Introducción

El agua es uno de los recursos más importantes para el desarrollo de la vida y de las actividades socioeconómicas en el mundo, sobre todo en zonas costeras e insulares, donde se concentra más del 50% de la población mundial (Durán-Sánchez, Álvarez-García & del Río-Rama, 2018). Desafortunadamente, la disponibilidad del recurso se ve amenazada por los efectos del cambio climático, las actividades socioeconómicas y el incremento poblacional; por tanto, es necesario el desarrollo de estrategias basadas en un Manejo Integrado de los Recursos Hídricos (MIRH). De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, el sexto objetivo del desarrollo sostenible plantea la implementación del MIRH en todos los niveles para el año 2030. Actualmente, la definición más citada y aceptada en trabajos publicados sobre el MIRH es la propuesta por la Asociación Mundial Para el Agua (Benites, 2017; Galvez & Rojas, 2019), estableciendo que:

El MIRH es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, de la tierra y de los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales (AMA, 2000, p. 24).

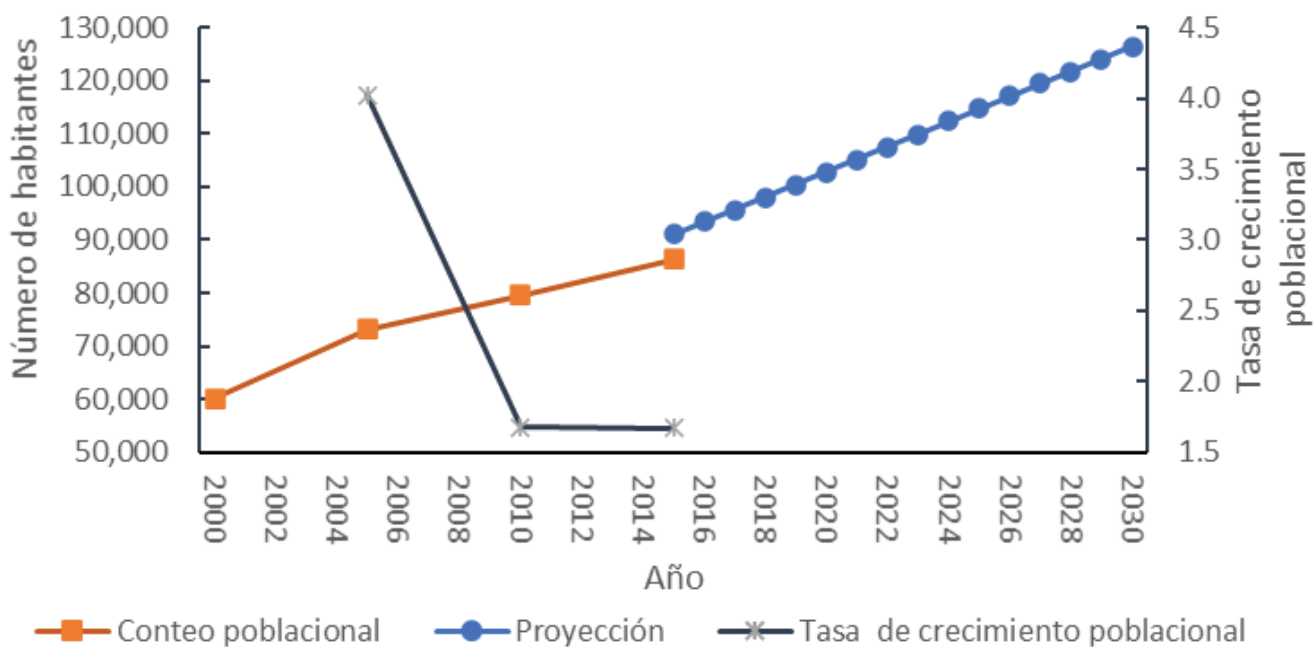
El MIRH es de vital importancia para ambientes donde la disponibilidad natural de agua dulce es limitada, como es el caso de los acuíferos insulares.

that allow local participation on management decisions was recognized.

**Keywords:** Sustainable Development; Environmental management; Mexico; Island; Groundwater.

Las islas son particularmente vulnerables al incremento de la presión sobre el recurso debido a la demanda por el crecimiento socioeconómico y a los efectos del cambio climático (Cashman, 2017). Cozumel es una isla en el sureste de México, de aproximadamente 473 km<sup>2</sup>, cuya principal actividad económica es el turismo (Calleja & González, 2016; CONAGUA, 2015a). En Cozumel la tasa de crecimiento poblacional promedio en el período comprendido entre los años 2000 y 2015 fue de 2.46, con una proyección de 126,344 habitantes para el año 2030 (Figura 1), por lo que se espera un incremento de la demanda del recurso hídrico. El acuífero en la isla se recarga únicamente por la infiltración de agua de lluvia, siendo el volumen almacenado la única fuente viable actual para satisfacer las necesidades socioeconómicas de la población residente e intermitente (Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez & Coronado-Álvarez, 2008). Esta recarga podría ser afectada por los efectos del cambio climático, pues en la región del Caribe se espera un aumento de la temperatura de 2 a 3°C (Hall *et al.*, 2013), un decremento en la precipitación de hasta un 20% (Cashman, Nurse & John, 2010) y un aumento de 5 a 10 mm del nivel medio del mar por año (Cashman, 2014). La condición de insularidad es por la que Cozumel puede considerarse un modelo importante para la implementación del MIRH, pues su acuífero está limitado al área de la isla y se encuentra dentro de un solo municipio en el país.

**Figura 1.** Número de habitantes en Cozumel, proyección poblacional al 2030 y tasa de crecimiento poblacional por cada cinco años. Elaborado con datos de INEGI (2017), SECTUR (2013,2018).

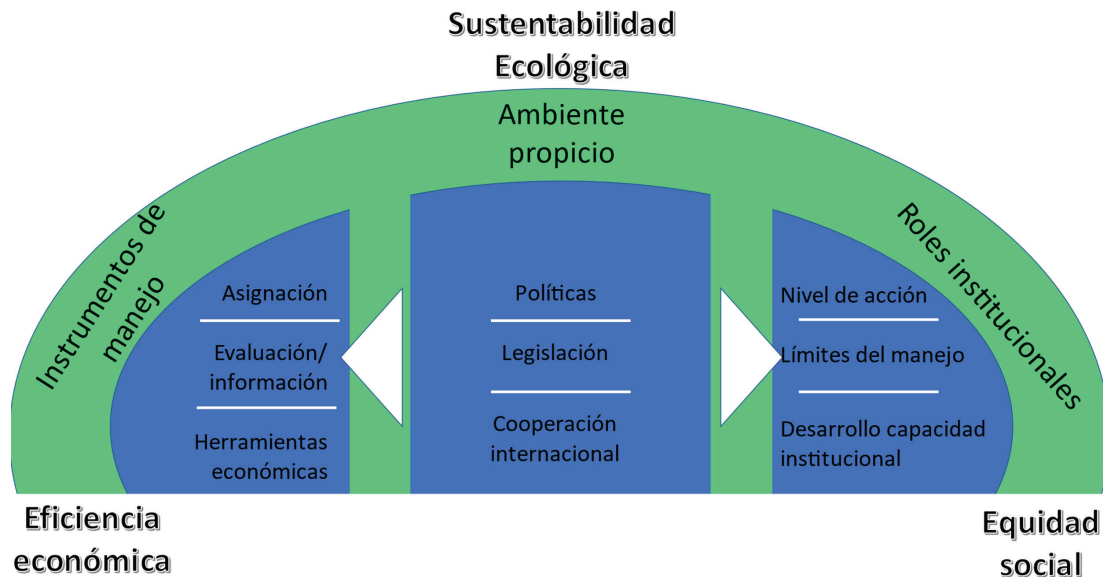


En este ensayo se analizará la situación actual del Manejo Integrado de los Recursos Hídricos desde la definición de la Asociación Mundial para el Agua, para caracterizar el estado actual de las políticas, las instituciones y los instrumentos como elementos para su implementación en el acuífero insular de Cozumel, Quintana Roo (México), dentro del contexto nacional.

### Desarrollo

El concepto de MIRH se consolidó a partir de la conferencia de Mar de Plata, en el año 1977, y en la Reunión Mundial para el Desarrollo Sostenible, sostenida en el año 1992, pues previamente se

manejaban los conceptos de desarrollo de recursos hídricos y manejo de recursos hídricos (Grigg, 2008; Hassing *et al.*, 2009; ONU, 2014). El objetivo del concepto de MIRH definido por AMA es el de lograr un balance entre la eficiencia económica, la equidad social y la sostenibilidad de los ambientes, tomando como base los 4 principios de Dublín (AMA, 2000; Hassing *et al.*, 2009; Martínez-Santos, Aldaya & Llamas, 2014) (Figura 2). Por lo tanto, para el manejo del recurso hídrico se consideran 4 dimensiones: los usuarios, el recurso, la dimensión espacial y la dimensión temporal (Van Der Zaag & Savenije, 2014).

**Figura 2.** Marco general para el MIRH, modificado de GWP (2014).

Debido al reconocimiento del MIRH como un proceso dinámico, la conceptualización de este aún se encuentra en franco enriquecimiento y fortalecimiento, por tal razón actualmente no existe una definición universal, aunque abordarlo desde la definición de la AMA permite homologar aproximaciones con otros trabajos y reducir ambigüedades a través de los estudios de caso, con los cuales es posible reducir la brecha entre el concepto teórico y la implementación (Ibisch, Bogardi & Borchardt, 2016; Petit, 2016). Desde este sentido se abordará el caso de Cozumel.

Los desafíos para el MIRH no son solo a nivel conceptual, sino también en su implementación, pues se requiere de una sinergia entre las políticas, los actores, el recurso y el desarrollo económico (Kadi, 2014). Por eso, la AMA recomienda para la implementación del MIRH comenzar creando un “ambiente propicio” (AMA, 2000, p. 35) a nivel nacional a través de: 1) Políticas locales y provinciales; 2) Desarrollo institucional y 3) Instrumentos de manejo. Además, es necesario ubicar a las medidas locales dentro del contexto nacional y que estas reflejen concordancia entre ellas. La sección a conti-

nuación nos permite determinar que en cuanto a políticas, instituciones e instrumentos, dentro del contexto federal y en la isla Cozumel, existe un ambiente propicio para alcanzar el MIRH.

Por ejemplo, existe un marco legal que apoya el desarrollo de políticas que establecen lineamientos para quienes se relacionan con el recurso, considerando la equidad, la integridad y la eficiencia del uso de los recursos según las propuestas de Grigg (2008), Snellen y Schrevel (2004), Van Der Zaag y Savenije (2014), con el objeto de asegurar la eficiencia a largo plazo.

Es así que en México, a nivel federal, existe la Ley Nacional de Aguas (LAN), la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) y el Programa Nacional Hídrico (PNH), los cuales están alineados con disposiciones internacionales en temas como el agua y el desarrollo sostenible (Córdova, 2014). A nivel regional, se cuenta con el Programa Hídrico Regional de la región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán, en el cual abordan las necesidades locales relacionadas con el manejo del agua y las acciones para la proble-

mática regional (CONAGUA, 2015b). Finalmente, en el estado de Quintana Roo existe la Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo (LAPAEQR), donde se establecen las bases para la administración y la prestación de servicios de alcantarillado y de agua potable (Tercera Legislatura Constitucional del Estado de Quintana Roo, 2017). Para hacer frente a los posibles efectos del cambio climático, en 2013 se promulgó la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo, junto con la implementación de talleres para la adaptación al cambio en recientes años; sin embargo, la realidad es que en Cozumel hay limitaciones por la falta de información y de análisis de variables hidrometeorológicas y de medidas concretas de adaptación ante los efectos del cambio climático (Palafox & Gutiérrez, 2013).

El desarrollo institucional incluye a las organizaciones constituidas formalmente, las redes de comunidad local, las ideas y la información que sirven de base para que puedan operar tomadores y manejadores del recurso (AMA, 2000); en México, a partir de 1989, el organismo administrativo, consultivo, normativo y técnico del agua es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), anteriormente conocida como la Secretaría de Recursos Hidráulicos (CONAGUA, 2018; Tortajada & Contreras-Moreno, 2005). En la isla Cozumel, la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) es el organismo encargado de la extracción, la potabilización y la distribución del recurso hídrico, así como de la vigilancia, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones correspondientes (Tercera Legislatura Constitucional del Estado de Quintana Roo, 2017). Adicionalmente, CAPA determina la viabilidad de los pozos de extracción a través del monitoreo de variables indicadoras de la calidad del agua, bajo metodologías establecidas dentro de las Normas Oficiales Mexicanas; como por ejemplo, la NOM-127-SSA1-1994, donde se establecen los límites permisibles de calidad y los tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.

El papel de instituciones como CONAGUA es el de asegurar que se aborde, desarrolle y maneje el recurso dentro del contexto de la planeación nacional (Falkland, 1992); aunque, de acuerdo con Córdova (2014), CONAGUA ha perdido credibilidad institucional en sus labores debido a una lista de 13 razones, entre las que se incluyen la dirección por parte de políticos en vez de personal especializado, la ineficiencia administrativa y la corrupción. Adicionalmente, pese a la creación del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), en 1992, y el decreto de 12 regiones hídricas, en 1997, para lograr el manejo del agua a escala local y regional, el actual esquema de manejo del agua institucional (CONAGUA y CAPA) es mayormente centralizado (Guerrero, 2019; López *et al.*, 2017), dificultando la adecuada repartición de financiamiento y ocasionando una ineficiencia operativa por excesivos trámites burocráticos.

De acuerdo con la Figura 2, CAPA como institución debería procurar orientar sus actuales estrategias hacia organizaciones basadas en las comunidades para facultar de herramientas apropiadas y recursos sostenibles, con el fin de resolver problemas de manera local (AMA, 2000); por tal razón, le corresponde a CONAGUA favorecer un ambiente propicio (políticas y legislación) a nivel nacional, que sea menos centralizado, para incentivar estas estrategias por CAPA.

Finalmente, “los instrumentos de manejo para el MIRH son las herramientas y métodos que permiten y ayudan a los tomadores de decisiones a llevar a cabo elecciones racionales e informadas entre acciones alternativas” (AMA, 2000, p. 55), tales como: disponibilidad y demanda del recurso, sistemas de información y comunicación, instrumentos regulatorios y económicos, entre otros. En México, CONAGUA cuenta con instrumentos para el manejo del agua en donde se incluye a los Consejos de Cuenca como mecanismos de participación, los mismos que en el año 2007, para atender los problemas específicos de las zonas geográficas,

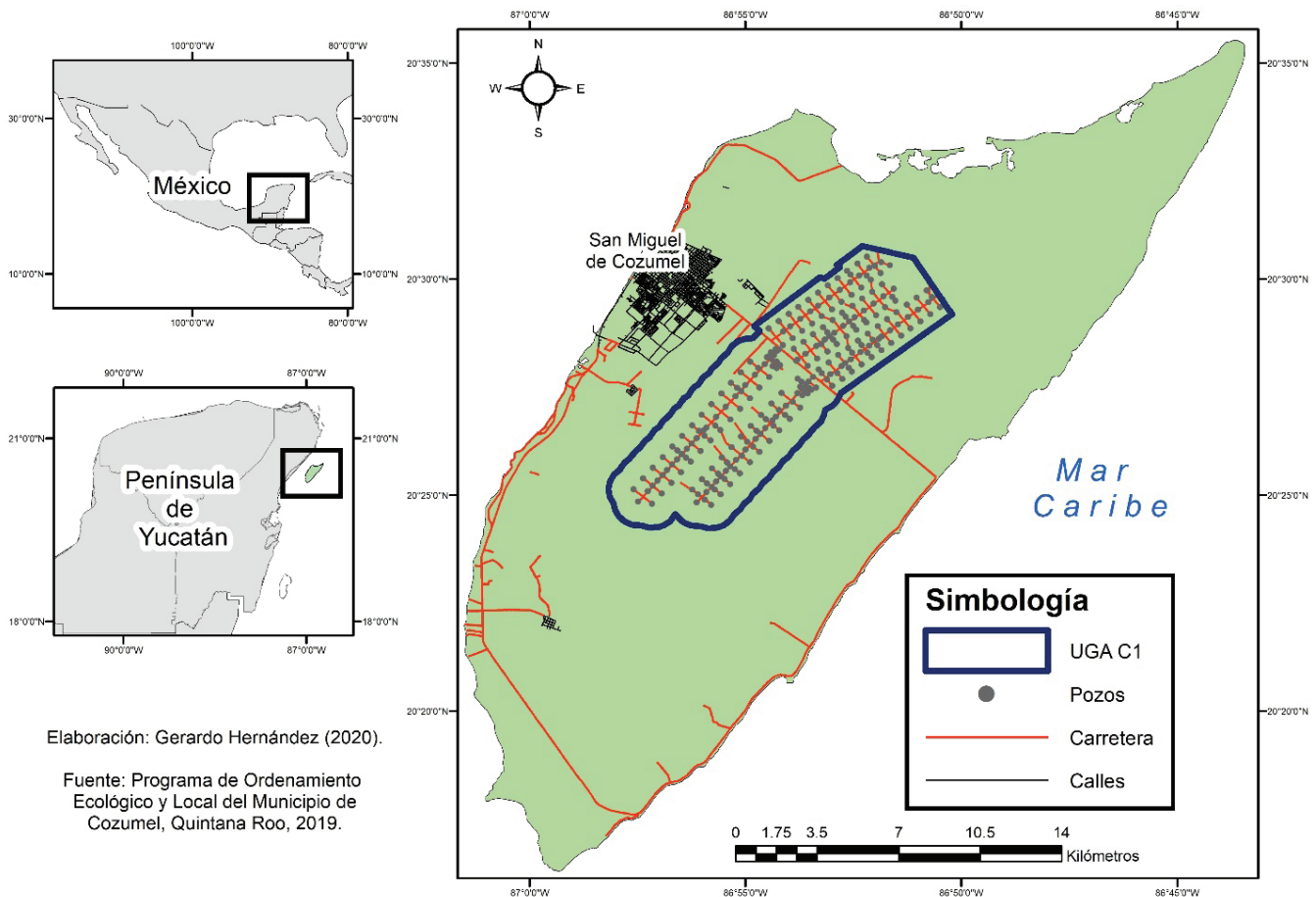


dieron lugar a 89 Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS) (CONAGUA, 2020). Desafortunadamente, no se ha generado a partir de los COTAS a algún órgano auxiliar enfocado en el acuífero isla Cozumel.

Por otra parte, en la isla se cuenta con instrumentos para la gestión y el manejo de zonas costeras como cinco Áreas Naturales Protegidas (ANP), un Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL) y un

Programa de Desarrollo Urbano (PDU), Evaluaciones de Impacto Ambiental y una Zona Federal Marítimo Terrestre (Quiroga & Romero, 2019; Rivera *et al.*, 2004). Estos instrumentos están más dirigidos hacia la conservación a través de la zonificación ambiental y a partir de ellos se ha asignado a la zona centro-norte de la isla como la Unidad de Gestión Ambiental C1, con una superficie de 68.85 km<sup>2</sup> para la conservación de la cobertura natural para así asegurar la recarga del acuífero (Figura 3).

**Figura 3.** Unidad de Gestión Ambiental C1 en Cozumel, limitada por el polígono azul dentro del cual se observa la ubicación de los pozos profundos que distribuyen el agua desde el acuífero hasta la zona urbana.



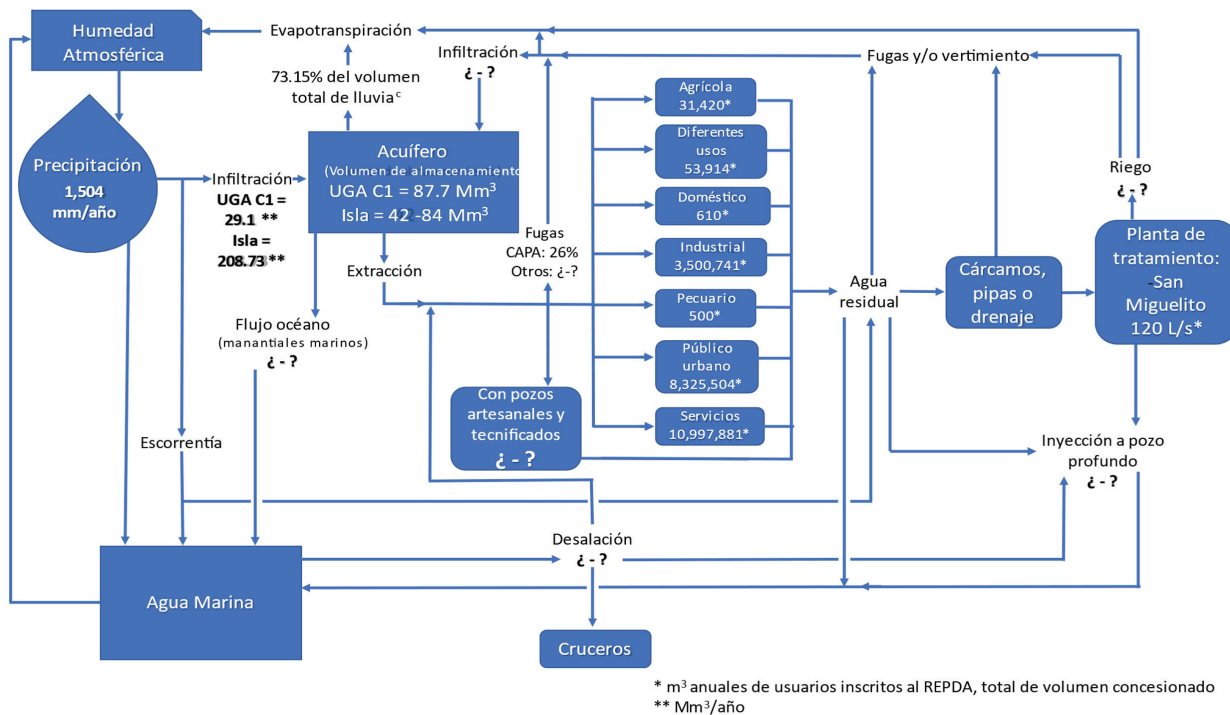
Para implementar adecuadamente el MIRH es necesario una sinergia entre las políticas, las instituciones y los instrumentos. Según lo establecido en los párrafos previos, en Cozumel hay bases de políticas e instituciones, pues existe el marco jurídico e institucional para el manejo. Con relación a los instrumentos, la existencia de decreto de un área que favorezca a la recarga del acuífero y con esto a la disponibilidad en calidad y cantidad de agua es ventajoso; sin embargo, aún son necesarios instrumentos para un esquema de planeación participativa que involucre a los usuarios a nivel local; los espacios o las estrategias en las cuales se incluya la participación de la comunidad y/o usuarios del recurso en las decisiones con respecto al acuífero son escasas o nulas en Cozumel, lo cual decrementa la gobernanza del recurso y la integralidad del manejo hídrico. Además, actualmente no hay financiamiento nacional o internacional, pues no existe un plan concreto de MIRH al cual financiar.

Consideramos que la toma de decisiones debe estar fuertemente fundamentada en un análisis, una caracterización actualizada de los elementos relacionados con el acuífero y el grado de influencia de cada uno sobre la disponibilidad, por lo que es necesario un espacio para la compilación, el análisis y la generación de información con la cual se puedan fijar objetivos y definir estrategias para el MIRH. Una vez que se tengan descritos los mencionados elementos, se deberá actuar sobre aquellos más vulnerables o prioritarios para la conservación del recurso hídrico, integrando usuarios e instituciones dentro de las decisiones de manejo, además de buscar la sostenibilidad de las estrategias mediante fuentes para cubrir los costos contemplados dentro

del proyecto, pudiendo ser recursos monetarios, bienes o servicios.

Al respecto, con información disponible de variables hidrometeorológicas, espesor promedio del área de captación, superficie del área de captación, volumen concesionado para extracción de agua subterránea y tratamiento de agua residual, se propone un modelo del flujo hídrico en Cozumel en el cual se describen de manera integral al origen, los movimientos y el destino del agua dulce en la isla (Figura 4). Este modelo es una herramienta que contribuye con el MIRH, pues permite identificar cargas ambientales en diferentes etapas, seleccionar varias alternativas con el mismo propósito e identificar problemáticas para la planeación de estrategias de manejo (Uche *et al.*, 2013). Con el modelo fue posible identificar las siguientes áreas de oportunidad que en el corto y mediano plazo podrían propiciar un mejor manejo del acuífero en Cozumel: 1) sistematización de información en los volúmenes de flujo al océano; 2) extracción del volumen de agua preciso usado por usuarios del REPDA; 3) caracterización de pozos y volúmenes extraídos de pozos no inscritos al REPDA; 4) determinación de los volúmenes y destinos de agua tratada en plantas desaladoras y 5) proporción de agua de la planta de tratamiento que es inyectada a pozo profundo, puntos de inyección y empleada en riego. El contar con esta información permitirá definir el flujo hídrico en la isla (cuánto hay, dónde está y a dónde se moviliza el agua), con lo cual se pueden establecer objetivos y plantear estrategias sinérgicas entre políticas, instituciones y usuarios para atender prioridades que contribuyan con el MIRH en Cozumel.

**Figura 4.** Flujo hídrico en Cozumel, Quintana Roo. Elaboración propia con información de H. Ayuntamiento del Municipio de Cozumel Q.Roo (2011), CONAGUA (2015a), Coral (2015), Lesser, Azpeitia & Lesser (1978), SENER (2015) & CONAGUA (2019).



De continuar con el manejo actual, lo más seguro es que los problemas de disponibilidad y calidad de agua comiencen a ser frecuentes y tenderán a agudizarse con el paso del tiempo. El MIRH no es un punto estático en el futuro al que se llegará, sino un constante proceso de actualización de estrategias ante las cambiantes condiciones ambientales, sociales y económicas que se relacionen con los acuíferos. Idóneamente se deberían de aplicar desde una perspectiva preventiva, en conjunto con el desarrollo, para promover su sostenibilidad, considerando la continuidad de las estrategias en el largo plazo (Cashman, 2017). Desafortunadamente, en la mayoría de los casos, las estrategias del MIRH tienden a ser de naturaleza correctiva, lo cual incrementa su complejidad y dificultan su implementación. Como parte de las estrategias preventivas se debe considerar que el desarrollo socioeconómico de las comunidades en islas debería tomar al

recurso hídrico como base de políticas, instituciones e instrumentos, un tipo de desarrollo hidrocentrista. Esto significa que las decisiones relacionadas con el desarrollo económico y social deberían tomarse basándose en la disponibilidad y calidad del acuífero insular en el largo plazo. En este contexto se propuso el modelo de flujo hídrico de Cozumel que, si fuese disponible a escala local y regional, podría usarse como un instrumento de enlace entre las políticas públicas y las instituciones encargadas de la gestión y el manejo de agua para su uso potable.

### Conclusión

El análisis del MIRH definido por AMA aporta elementos para el fortalecimiento del concepto a través de la revisión de las particularidades del manejo en un acuífero insular. Se definieron e identificaron dentro del contexto federal y en Cozumel



políticas regionales y locales, desarrollo institucional e instrumentos para la implementación del MIRH. En la isla Cozumel se reconoce la presencia de un ambiente propicio para el manejo integrado porque existe un marco político, institucional y de instrumentos para la gestión. Desafortunadamente, todavía hay rezagos de centralización institucional, falta de financiamiento y ausencia de instrumentos para la integración de usuarios dentro de las decisiones relacionadas con el manejo y el análisis de información sobre el acuífero. El modelo de flujo hídrico propuesto es un instrumento que contribuye con la caracterización de la disponibilidad y la demanda del agua, con lo cual es posible definir objetivos y alinear políticas, instituciones e instrumentos para atender prioridades que contribuyan con el MIRH en Cozumel.

Los autores agradecen al CONACyT por el apoyo brindado para este proyecto (No. beca 483462); a los revisores anónimos, quienes enriquecieron la calidad del manuscrito, y al Programa de Doctorado en Desarrollo Sostenible de la Universidad de Quintana Roo.

## Referencias

- AMA (Asociación Mundial para el Agua). (2000). *Manejo integrado de recursos hídricos. TAC background papers NO. 4* (1era ed.). Estocolmo: Global Water Partnership.
- Benites, G. V. (2017). IWRM and the legacies of large-scale agriculture in the Peruvian Amazon. *Alternautas*, 4(2), 114-127.
- Calleja, S. C. & González, D. A. (2016). Mercantilización de la cultura en aras de ofrecer una experiencia turística estandarizada. Reflexiones desde el caso de Cozumel, México. *Revista Iberoamericana de Turismo*, 6, 82-95. Doi: 10.2436/20.8070.01.15.
- Cashman, A. (2014). Water security and services in the Caribbean. *Water*, 6(5), 1187-1203. Doi:10.3390/w6051187.
- Cashman, A. (2017). Why isn't IWRM working in the Caribbean? *Water Policy*, 19, 587-600.
- Cashman, A., Nurse, L., & John, C. (2010). Climate Change in the Caribbean: The Water Management Implications. *The Journal of Environment & Development*, 19(1), 42-67.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2015a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Isla de Cozumel (2305)*. Quintana Roo.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2015b). *Programa Hídrico Regional 2014-2018 de la región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán*. México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2018). *Estadísticas del agua en México*. Ciudad de México: Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2019). *Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2020). *Programa Nacional Hídrico 2020-2024 - Resumen*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Coral, E. (2015). *Diagnóstico del estado de implementación del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la isla de Cozumel* (Maestría en gestión sustentable del turismo). Cozumel: Universidad de Quintana Roo.
- Córdova, B. G. (2014). *La ciudad y sus actores. La sustentabilidad del agua en Ciudad Juárez* (1era ed.). Ciudad Juárez: El Colegio de Chihuahua.
- Durán-Sánchez, A., Álvarez-García, J., & del Río-Rama, M. de la C. (2018). Sustainable water resources management: A bibliometric overview. *Water (Switzerland)*, 10, 1191.
- Falkland, A. (1992). *Small tropical island - water resources of paradises lost*. (A. Falkland, Ed.). UNESCO.
- Galvez, V. & Rojas, R. (2019). Collaboration and integrated water resources management: A literature review. *World Water Policy*, 5(2), 179-191. Doi: 10.1002/wwp2.12013.

- Grigg, N. S. (2008). Integrated water resources management: balancing views and improving practice. *Water International*, 33(3), 279-292.
- Guerrero, H. (2019). *Water Policy in Mexico*. Cham: Springer International Publishing AG.
- Gutiérrez-Aguirre, M. A., Cervantes-Martínez, A., & Coronado-Álvarez, L. (2008). Limnology of groundwater exposures with urban influence in Cozumel island, Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 30(2), 493-496.
- GWP (Global Water Partnership). (2014). *Technical Focus Paper - Integrated water resources management in the Caribbean: The challenges facing Small Island Developing States*. Estocolmo: Global Water Partnership.
- H. Ayuntamiento del Municipio de Cozumel Q. Roo. (2011). *Agenda 21, Isla de Cozumel*. Cozumel: Ayuntamiento de Cozumel.
- Hall, T. C., Sealy, A. M., Stephenson, T. S., Kusunoki, S., Taylor, M. A., Chen, A. A., & Kitoh, A. (2013). Future climate of the Caribbean from a super-high-resolution atmospheric general circulation model. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(1-2), 271-287.
- Hassing, J., Ipsen, N., Clausen, T. J., Larsen, H., & Lindgaard-Jørgensen, P. (2009). *Integrated Water Resources Management in Action*. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Ibisch R.B., Bogardi J.J., Borchardt D. (2016). Integrated Water Resources Management: Concept, Research and Implementation. En Borchardt D., Bogardi J., Ibisch R. (Eds.), *Integrated Water Resources Management: Concept, Research and Implementation* (pp. 3-32). Springer, Cham. Doi: 10.1007/978-3-319-25071-7\_1.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017*. Aguascalientes: INEGI.
- Kadi, M. A. (2014). Integrated Water Resources Management (IWRM): The international experience. En P. Martínez-Santos, M. Aldaya, & R. Llamas (Eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century: Revisiting the paradigm* (pp. 3-15). Londres: CRC Press/Balkema.
- Lesser, H., Azpeitia, J. & Lesser, J. M. (1978). Geohidrología de la isla de Cozumel, Q. Roo. *Recursos Hidráulicos*, 7(1), 32-49.
- López, C. A., Zambrano, L., Ruíz, O.R., Guzmán, M.A., Pérez, E. R., Sandoval, R., Hatch, K. G., Pineda, P.N., Pacheco-Vega, R., Caldera, A. (2017). *El agua en México. Actores, sectores y paradigmas para una transformación social-ecológica*. Ciudad de México: Fridrich-Ebert-Stiftung.
- Martínez-Santos, P., Aldaya, M., & Llamas, R. (2014). Integrated water resources management: State of the art and the way forward. En P. Martínez-Santos, M. Aldaya, & R. Llamas (Eds.), *Integrated Water Resources Management in the 21st Century: Revisiting the paradigm* (pp. 17-36). Londres: CRC Press/Balkema.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). (2014). *Integrated water resources management*. Consultado el 12 marzo de 2020 en <https://www.un.org/waterforlifedecade/iwrm.shtml>.
- Palafox, A. & Gutiérrez, A. (2013). Cambio climático y desarrollo turístico. Efectos de los huracanes en Cozumel, Quintana Roo y San Blas, Nayarit. *Investigación y Ciencia*, 21(58), 36-46.
- Petit, O. (2016). Paradise lost? The difficulties in defining and monitoring Integrated Water Resources Management indicators. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 21, 58-64. Doi: 10.1016/j.cosust.2016.11.006.
- Quiroga García, B. A. & Romero Jiménez, M. del R. (2019). *Catálogo de estudios de las áreas naturales protegidas de Isla Cozumel (Volumen II)*. Cozumel: CONANP.
- Rivera, E., Villalobos, G. J., Azuz, I. & Rosado, F. (Eds.). (2004). *El manejo costero en México*. Campeche: SEMARNAT, CETYS-Universidad & Universidad de Quintana Roo.

- SECTUR (Secretaría de Turismo). (2013). *Estudio de Competitividad Turística del Destino Cozumel*. Quintana Roo: Universidad de Quintana Roo.
- SECTUR (Secretaría de Turismo). (2018). *Programa Marco para fomentar acciones para restablecer el balance del ciclo del agua en Cozumel*. Ciudad de México: Secretaría de Turismo.
- SENER (Secretaría de Energía). (2015). *Evaluación Rápida del Uso de la Energía*. Cozumel: Secretaría de Energía.
- Snellen, W. B., & Schrevel, A. (2004). *IWRM: for sustainable use of water 50 years of international experience with the concept of integrated water management*. Wageningen.
- Tercera Legislatura Constitucional del Estado de Quintana Roo. (Última reforma el 15 de junio 2017). Decreto Ley 14, Ley de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Quintana Roo. Publicada en el *Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo*, el miércoles 6 de octubre de 1981. México.
- Tortajada, C. & Contreras-Moreno, N. (2005). Institutions for Water Management in Mexico. En C. Gopalakrishnan, C. Tortajada, & A. K. Biswas (Eds.), *Water Institutions: Policies, Performance and Prospects* (pp. 99-130). Springer Berlin Heidelberg.
- Uche, J., Martínez, A., Castellano, C., & Subiela, V. (2013). Life cycle analysis of urban water cycle in two Spanish areas: Inland city and island area. *Desalination and Water Treatment*, 51(1-3), 280-291.
- Van Der Zaag, P., & Savenije, H. H. G. (Eds.). (2014). *Principles of Integrated Water Resources Management*. Delft: UNESCO-IHE.