

Reporte

Proyecto:

Repositorio del Acuífero Isla Cozumel

Dr. Gerardo Hernández Flores

LMRN. Ángela Márquez Reyes

Julio 2023



Índice

1. Introducción	3
2. Objetivos.....	4
3. Métodos	5
Gestión del repositorio y búsqueda bibliográfica	5
Análisis de indicadores hidrometeorológicos y de gestión del agua	5
4. Resultados y discusión	5
Gestión del repositorio y búsqueda bibliográfica	5
5. Conclusiones	19
6. Referencias.....	20
7. Anexos.....	22
<i>Figura 1. Tipo de referencia y cantidad de ejemplares de los documentos encontrados para el repositorio</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Capturas de pantalla de la invitación a los asistentes para participar dentro del proyecto sobre el repositorio del agua Cozumel.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3. Programación de la ponencia dentro del evento.</i>	<i>8</i>
<i>Figura 4 Evidencia de la participación en el Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano 2023.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 5. Captura de pantalla de la bandeja de entrada del correo: repositoriodelaguacozumel@gmail.com.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 6. Ubicación de las estaciones meteorológicas reportadas por CONAGUA de 1951 y 2022.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 7. Volúmenes de precipitación anuales registrados por CONAGUA para Cozumel....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 8. Temperatura promedio anual registrada por CONAGUA para Cozumel. ...</i>	<i>14</i>
<i>Figura 9. Ubicación de los pozos de extracción administrados por CAPA en Cozumel, modificado de Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al. (2021).....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 10. Volúmenes anuales de extracción de agua de pozos administrados por CAPA de 1992 a 2022.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 11. Volúmenes de agua distribuidos por CAPA a los diferentes sectores en isla Cozumel: a) doméstico, b) hoteles, c) industrial, d) comercial y e) servicios generales.....</i>	<i>18</i>

1. Introducción

El manejo sostenible de los acuíferos se ha vuelto necesario para preservar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico (GWP, 2000; Kennedy et al., 2009). El aumento por la demanda y la contaminación, junto con los efectos del cambio climático incrementan de manera importante la vulnerabilidad del recurso hídrico en todo el mundo (Gleeson et al., 2015; GWPC, 2015). Este efecto se ve acentuado en ambientes cársticos (sobre todo en islas), debido a la facilidad con la que el agua y otros compuestos se infiltran e incorporan al acuífero (Hernández-Flores et al., 2020; Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, & Cervantes Martínez, 2021; Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al., 2021).

Cozumel es una isla cárstica ubicada en el Caribe mexicano, cuyo acuífero es la única fuente viable de agua dulce para la biodiversidad y las actividades socioeconómicas. En la isla, el turismo es la principal actividad económica, con volúmenes que fluctúan de acuerdo con la temporada, pues en 2019 se registró el arribo de 3,832,474 pasajeros de cruceros y de 941,628 (SEDETUR, 2022). Aunado a la presión que genera la afluencia turística, la condición de insularidad incrementa la importancia de los recursos naturales en la isla, pues su disponibilidad es limitada.

Actualmente el manejo del recurso hídrico se encuentra a cargo de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA), organismo que se encarga de su extracción, potabilización, análisis y distribución del agua obtenida de 264 pozos ubicados en el centro-norte de la isla (Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al., 2021).

En ambientes insulares como Cozumel, se ha vuelto imperativo el Manejo Integral de los Recursos Hídricos (MIRH) con el objetivo de mejorar las condiciones relacionadas con el agua para el bienestar humano. Este modelo propone que para lograr un manejo integral del recurso es necesaria una caracterización actualizada del mismo, para lo cual, es fundamental contar con información relacionada con su estado y disponibilidad. Sin embargo, esta información no siempre es de fácil acceso o bien, aun no se ha generado. De ello, surge la necesidad de conformar un repositorio en donde pueda encontrarse toda la información relacionada con el acuífero de Cozumel, que facilite el acercamiento de la información a la población y usuarios del recurso y que promueva la toma de decisiones basada en ciencia, siendo esta acción el objetivo 1 del proyecto; mientras que el objetivo número 2 consta de llevar a cabo la sistematización de la información disponible sobre variables hidrometeorológicas y de manejo hídrico en Cozumel que pueda ser utilizado como punto de orientación para la evaluación de las dinámicas de extracción y recarga del acuífero.

Con ambos objetivos, se genera un punto de encuentro y acceso de los documentos referentes a la cantidad, calidad y manejo del agua en la Isla, con lo que se contribuya a un MIRH. Dichos objetivos se presentan a continuación.

2. Objetivos

1. Crear un repositorio bibliográfico en la Universidad del Estado de Quintana Roo (UQRoo) con la información disponible relacionada con el acuífero de Cozumel.
2. Analizar los indicadores hidrometeorológicos y de gestión del agua relacionados con riesgos del cambio climático para la isla de Cozumel.

3. Métodos

Gestión del repositorio y búsqueda bibliográfica

Con apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (UQRoo) y de la Lic. Yeni Margely Martín Cahum, del Centro de Documentación y Estudios sobre el Caribe (CEDOC), se habilitó un espacio digital dentro del repositorio institucional de la UQRoo. Esto requirió de una serie de reuniones que fueron realizadas durante la ejecución del proyecto, principalmente para aclarar dudas y darle seguimiento. Así mismo, fue necesario notificar a las autoridades académicas sobre su implementación.

Posteriormente, se realizó una búsqueda exhaustiva de información en la que los criterios utilizados para seleccionar las obras fueron: 1) que tuviera relación con isla Cozumel o la región geográfica a la que pertenece, 2) que el objeto de estudio fuera el recurso hídrico, específicamente al agua dulce o ligeramente salobre, considerando la clasificación aguas subterráneas de CONAGUA (2018), 3) que entrara dentro de la clasificación de recursos textuales permitidos en el repositorio institucional digital.

Después de ello, se elaboró una base de datos en Microsoft Excel con las fichas bibliográficas de cada obra seleccionada, la cual se incluye en la sección de "Anexos" (Anexo 1).

Para subir la información al repositorio digital, el Ing. Julián Timal, -miembro del departamento de bibliotecas de la UQRoo- impartió al equipo una capacitación del tema.

Análisis de indicadores hidrometeorológicos y de gestión del agua

Se solicitó información histórica sobre variables hidrometeorológicas (Precipitación y temperatura ambiente) en Cozumel a la Comisión de Agua (CONAGUA). Actualmente se cuenta con la información de volúmenes de precipitación de manera no continua, considerando el año 1951 como el registro más antiguo.

Paralelamente se solicitó información histórica sobre variables hidrológicas a la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPA) de Cozumel (Volúmenes de extracción y consumo por diferentes usuarios inscritos). La solicitud se hizo por información desde los registros más antiguos.

4. Resultados y discusión

4.1 Se presentan los resultados con relación al objetivo: Crear un repositorio bibliográfico en la UQRoo con la información disponible relacionada con el acuífero de Cozumel.

Gestión del repositorio y búsqueda bibliográfica

Con apoyo de la UQRoo y de la Lic. Yeni Margely Martín Cahum, del Centro de Documentación y Estudios sobre el Caribe (CEDOC), fue posible habilitar un espacio virtual dentro del Repositorio Digital de Acceso Abierto, el cual consiste en una pestaña bajo el nombre de “Acuífero Isla Cozumel” al cual es posible acceder a través del enlace: <http://rasisbi.uqroo.mx/> . En dicha pestaña, las obras se encuentran clasificadas por tipo de recurso textual.

Es importante mencionar que durante el desarrollo del proyecto no se logró obtener la cesión de derechos de autor de todas de las obras seleccionadas debido a que no se obtuvo respuesta favorable por parte de los autores. Sin embargo, se consiguió el libre acceso a las obras a través de la asignación de vínculos web en las fichas bibliográficas que conforman el repositorio.

Con relación a la búsqueda bibliográfica, fueron encontrados un total de 80 documentos agrupados dentro de 11 categorías (Figura 1). Se puede observar que los documentos oficiales tuvieron el mayor número de ejemplares (30), seguido de los artículos científicos (23); mientras que los comunicados, fichas técnicas y simposios el menor (≥ 2 por categoría).

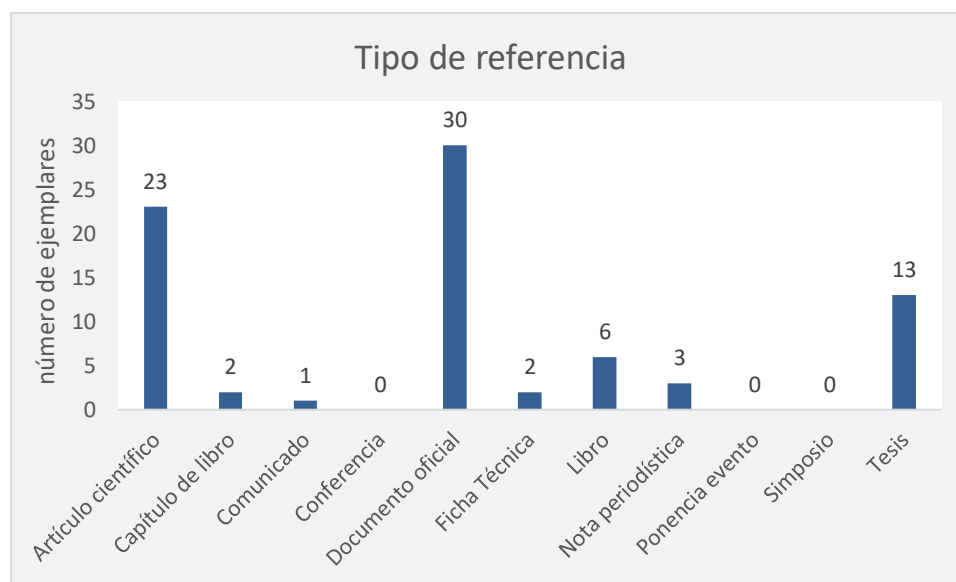


Figura 1. Tipo de referencia y cantidad de ejemplares de los documentos encontrados para el repositorio

Así mismo, se encontró que aproximadamente 50% de la información que conformará el repositorio fue publicada antes o durante el año 2015 (fue empleado este año como referencia considerando la vida media de las referencias bibliográficas por disciplina presentada por Arias, 2016). Ello podría sugerir una necesidad por generar información actualizada sobre el acuífero de Cozumel, de manera que esta pueda ser utilizada para tomar decisiones acordes con el contexto actual del recurso y de la localidad.

Por otro lado, se llevó a cabo la difusión del repositorio en eventos públicos, extendiendo una invitación a participar activamente con el repositorio a través de donaciones de documentos o investigaciones. El primer evento fue en marco de la conmemoración del Día Mundial del Agua, con la ponencia “Estrategias para el manejo integral sostenible del agua en Cozumel” realizada el día 22 de marzo de 2023 (Figura 2).



Figura 2. Capturas de pantalla de la invitación a los asistentes para participar dentro del proyecto sobre el repositorio del agua Cozumel.

De manera complementaria se logró obtener una participación en el Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano 2023 el día 22 de marzo de 2023 (Anexo 2) organizado por el Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán, órgano colegiado establecido por la Comisión Nacional del Agua para administrar el recurso hídrico en la Península de Yucatán.

 Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano, 2023			
"Visibilizar juntos la importancia del agua desde la cuenca hasta el arrecife" En el marco de la conmemoración del Día Mundial del Agua 2023			
		Jorge Adrián Perera Burgos CONACYT - Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, Universidad de Guanajuato (UG)	Cesar Alejandro Canul Macario Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, México.
18:45 – 19:00 (15 min)	Participación del sector hotelero en el tratamiento de aguas residuales: hotel Hilton, Playa del Carmen. Cristóbal Gudiño Nava Playa Hotels & Resorts.	Aproximación hacia un Manejo Integral del Acuífero en isla Cozumel, Quintana Roo Ángela Reyes Márquez Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (UQRoo)	Adaptación al cambio climático a través del uso industrial del Sargazo Juan Domingo Izabal Martínez Director de Sustentabilidad BioPlaster Research
19:00 – 19:15 (15 min)	Mejores prácticas para la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales: caso Aeropuerto Internacional de Chetumal Alain Martínez Marín Aeropuertos y Servicios Auxiliares (Aeropuerto Internacional de Chetumal)		
19:15 – 19:30 (15 min)	Intercambio de preguntas y respuestas		
19:30	Fin de la jornada		

Figura 3. Programación de la ponencia dentro del evento.

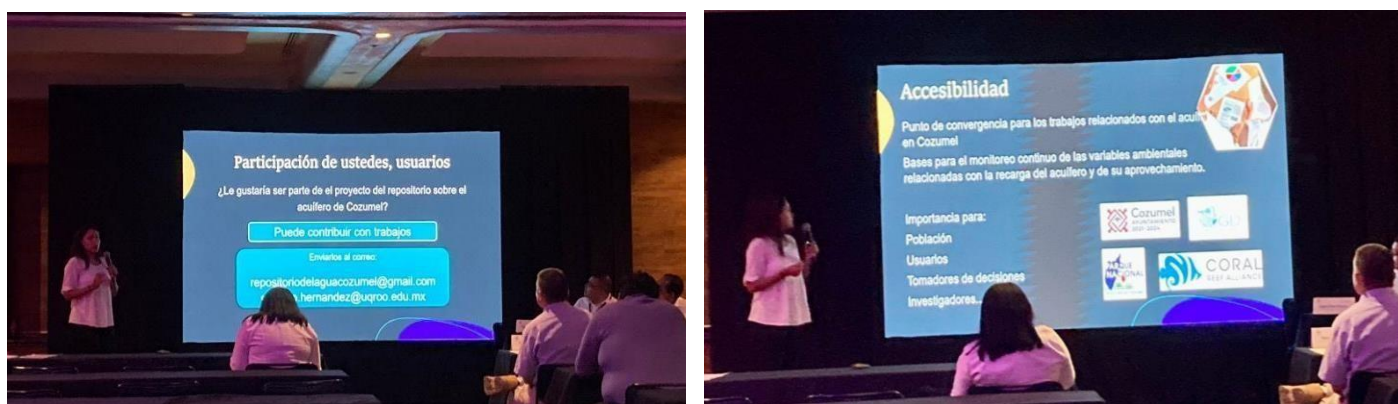


Figura 4 Evidencia de la participación en el Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano 2023

Para la recepción de los documentos donados a este proyecto se creó una cuenta de correo electrónico: repositoriodelaguacozumel@gmail.com, la cual fue promocionada en los eventos antes mencionados (Fig. 2 y 4). Sin embargo, se recibió ningún correo electrónico (Figura 5).

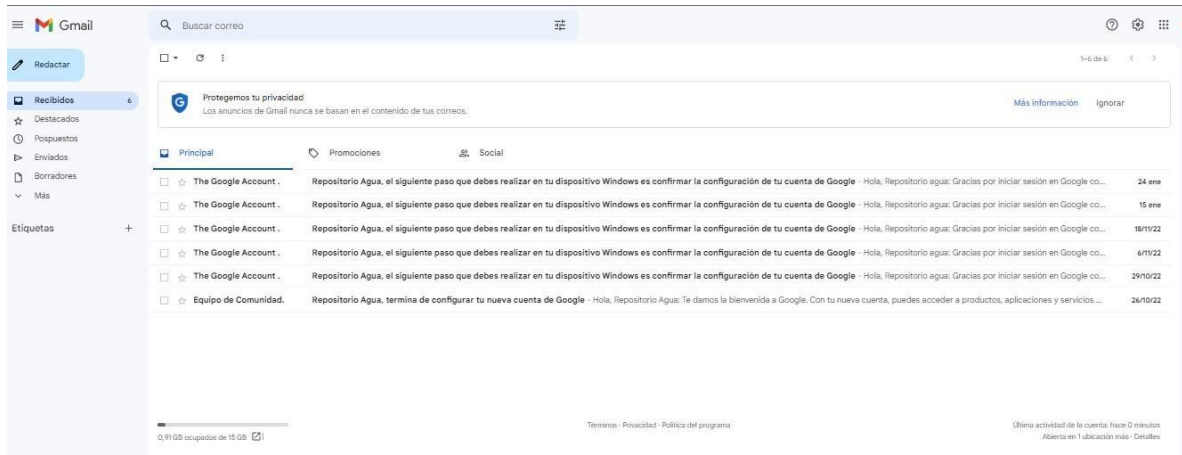


Figura 5. Captura de pantalla de la bandeja de entrada del correo: repositoriodelaguacozumel@gmail.com.

4.2 Se presentan los resultados con relación al objetivo: Analizar los indicadores hidrometeorológicos y de gestión del agua relacionados con riesgos del cambio climático para la isla de Cozumel.

Con relación a las estaciones meteorológicas en el municipio de Cozumel, de acuerdo con la información de diferentes documentos entre 1951 y 2022, CONAGUA reporta cuatro ubicaciones (Figura 6).

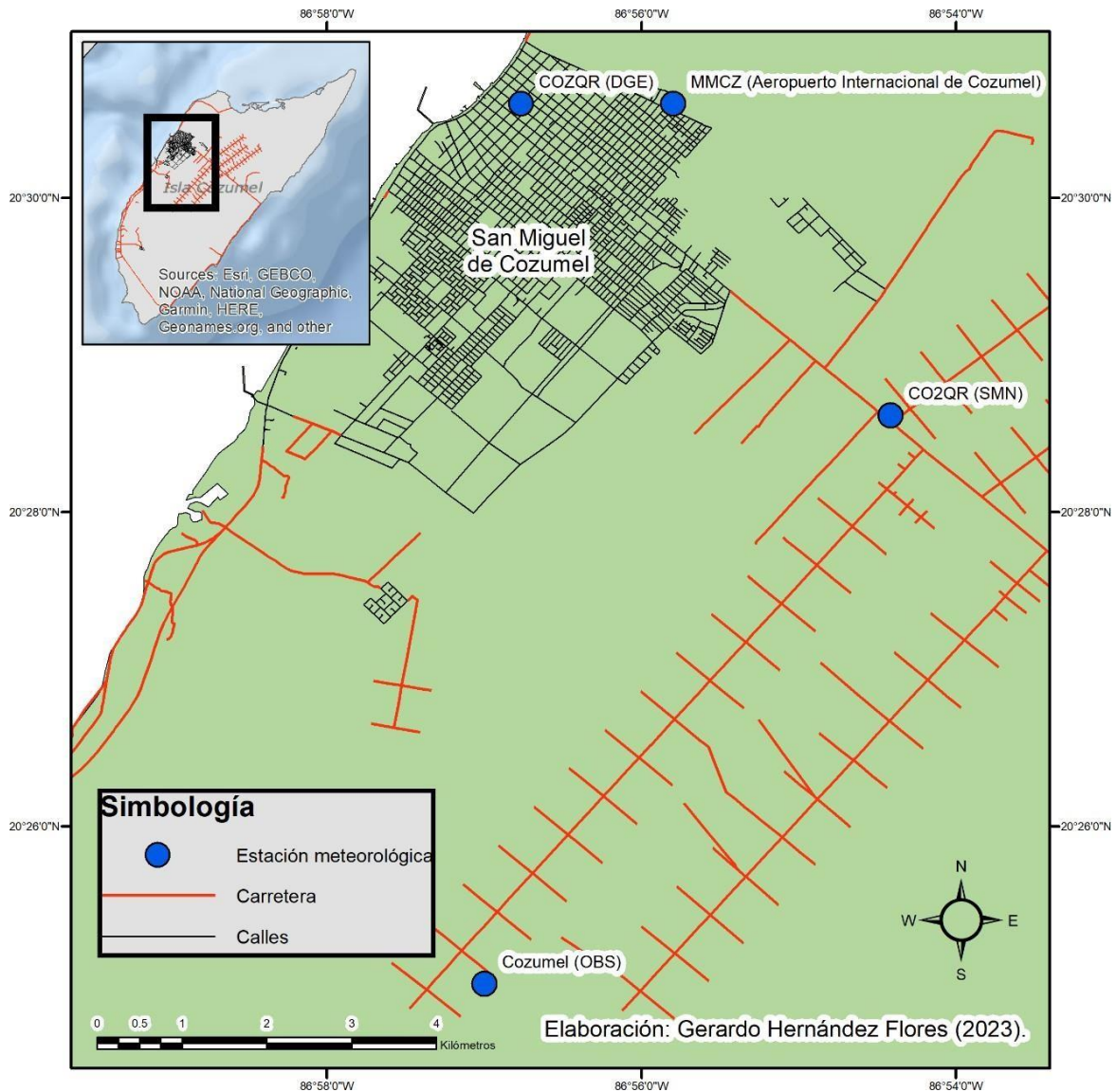


Figura 6. Ubicación de las estaciones meteorológicas reportadas por CONAGUA de 1951 y 2022.

Las características de cada estación se describen en la Tabla 1. De acuerdo con los registros, la estación más antigua se encuentra dentro del eje cinco de la zona de pozos administrados por CAPA. Cabe destacar que actualmente la estación DGE, una estación meteorológica automatizada, cuenta con la capacidad para el registro de datos cada 10 minutos.

Tabla 1. Características de las estaciones meteorológicas reportadas por CONAGUA de 1951 a 2022 en Cozumel, Quintana Roo.

Estación	Municipio	Estado	Cuenca	Subcuenca	Inicio	Fin	Situación	Latitud	Longitud
COZUMEL(OBS)	CZM	Q. Roo	Q. Roo	CZM	01/01/1951	31/07/1987	Operando	- 86.950	20.417
COZUMEL(DGE)	CZM	Q. Roo	Q. Roo	CZM	01/01/1994	31/12/2012	Operando	- 86.946	20.510
MMCZ (Aeropuerto)	CZM	Q. Roo	Q. Roo	CZM	-	-	Operando	- 86.930	20.510
CO2QR(SMN)	CZM	Q. Roo	Q. Roo	CZM	-	-	Operando	- 86.907	20.477

Respecto a las variables hidrometeorológicas, se consideraron la precipitación y la temperatura media para la isla como las más relevantes para el trabajo. En la tabla 2 se presenta el resumen de los datos referentes a precipitación y temperatura media para isla Cozumel. La variable de precipitación cuenta con información desde 1951 hasta 2022, sin embargo, en 299 meses (34.6 %) no se cuenta con registros. En el caso de los registros de temperatura media, se cuenta con información desde 1994, con un 28.1 % de meses sin información. La ausencia de información se puede deber a fallas en el registro de la estación meteorológica, malfuncionamiento o periodos de reparaciones; lo cual imposibilita la lectura de las variables hidrometeorológicas. Esto refuerza la necesidad de contar con herramientas y equipo que faciliten los registros periódicos de las variables hidrometeorológicas, pues la precipitación es el único proceso que favorece de recarga del acuífero cozumeleño. Por ende, es conveniente el incentivar la presencia de herramientas que complementen los datos de las estaciones meteorológicas de CONAGUA; una opción es por ejemplo, la instalación unidades de análisis en instituciones como la UQRoo.

Tabla 2. Se presenta el reporte de datos obtenidos de CONAGUA para las variables de precipitación y temperatura en Cozumel junto con estadística descriptiva.

CONAGUA		
	Precipitación	Temperatura
Total de datos	864	348
Total de meses con información	565	250
Total de meses sin información	299	98
Meses sin información (%)	34.6	28.16
Año del primer registro	1951	1994
Año del último registro	2022	2022
Total de años considerados	72	29
Años con información	47	20
Total de años con registros incompletos	37	12
Años incompletos (%)	51.4	41.4
Valor máximo (mm)	2235.3 mm	29.9 °C
Valor mínimo (mm)	94.6 mm	26.4 °C
Promedio	1222.3 mm	28 °C
Desviación Standard	530.8	1.1

En la Figura 7 se presentan los volúmenes de precipitación anuales registrados por CONAGUA para isla Cozumel de 1951 a 2022. El modelo de regresión lineal (MRL) muestra una pendiente positiva ($m=1.393$), por lo que se infiere un incremento en los volúmenes de precipitación de acuerdo con los datos considerados. Sin embargo, es importante mencionar que, de los 864 datos mensuales, sólo se cuenta con registro del 65.4%, lo que reduce la robustez del análisis con MRL. En trabajos recientes por (Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al., 2021), se analizaron periodos de tiempo menores (30 años), con lo que se redujo de manera importante la ausencia de registros y se pudo estimar una tendencia a la reducción en volúmenes de precipitación dentro del periodo 1989-2019. Esto significa que, en las últimas tres décadas, se han reducido los volúmenes de recarga dentro de la UGA C1, lo cual repercute directamente sobre la disponibilidad hídrica. Esto es un claro indicador de la necesidad de continuar con los trabajos de investigación que brinden información de la modificación del comportamiento de las variables hidrometeorológicas; pues son la base para estimar la recarga e información necesaria para la toma de decisiones para un manejo hídrico responsable.

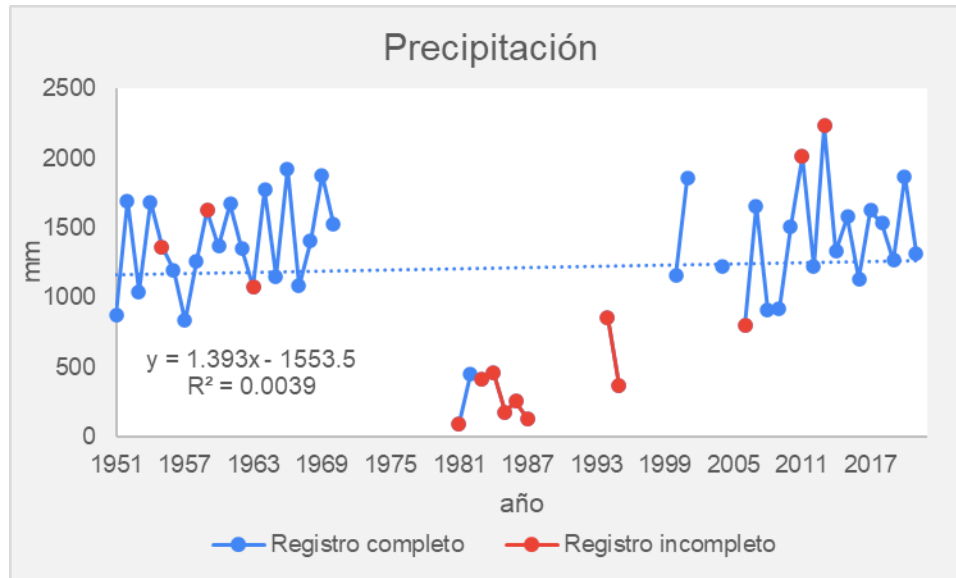


Figura 7. Volúmenes de precipitación anuales registrados por CONAGUA para Cozumel.

Con relación a la temperatura media registrada en la isla, se consideró un total de 348 datos, con una ausencia de información en 28.1% de los meses considerados dentro del periodo 1994 – 2022 (Figura 8). Las estimaciones con el MRL demuestran una tendencia al incremento en la media de la temperatura dentro del periodo de tiempo abordado ($m = 0.0913$). Esto coincide con lo reportado por autores (Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al., 2021) quienes encontraron una tendencia al incremento de la temperatura en la isla. En general, algunos autores han estimado un incremento de 0.7 - 4°C en la temperatura del caribe, con variaciones dependiendo de la región (Cashman, 2014) y como efecto del cambio climático.

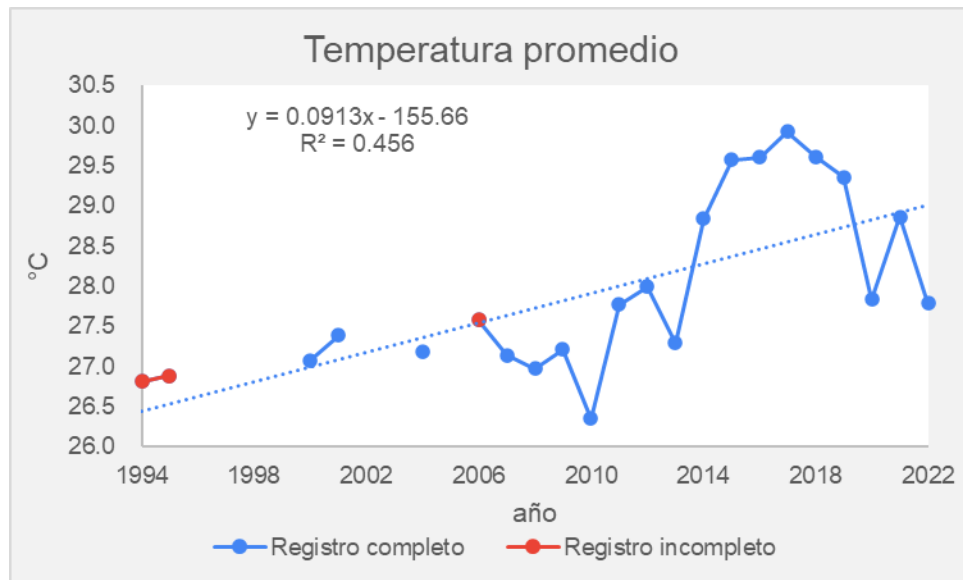


Figura 8. Temperatura promedio anual registrada por CONAGUA para Cozumel.

La zona de pozos administrados por CAPA se encuentra en el centro-norte de la isla (Figura 9). De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), se le ha asignado la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) C1 a esta zona, con el objetivo de la recarga y mantenimiento del acuífero. En la UGA C1 se encuentra la capa más profunda de agua dulce de toda la ínsula, siendo esta la principal razón de la ubicación de los pozos de CAPA (Lesser et al., 1978). Es por ello que el monitoreo constante y análisis de los volúmenes de extracción en esta área son de vital importancia para un manejo adecuado del agua.

La información que se presenta debe ser complementada más adelante con datos sobre: recarga estimada, calidad y una actualización del estado de la capa de agua dulce en la UGA C1.

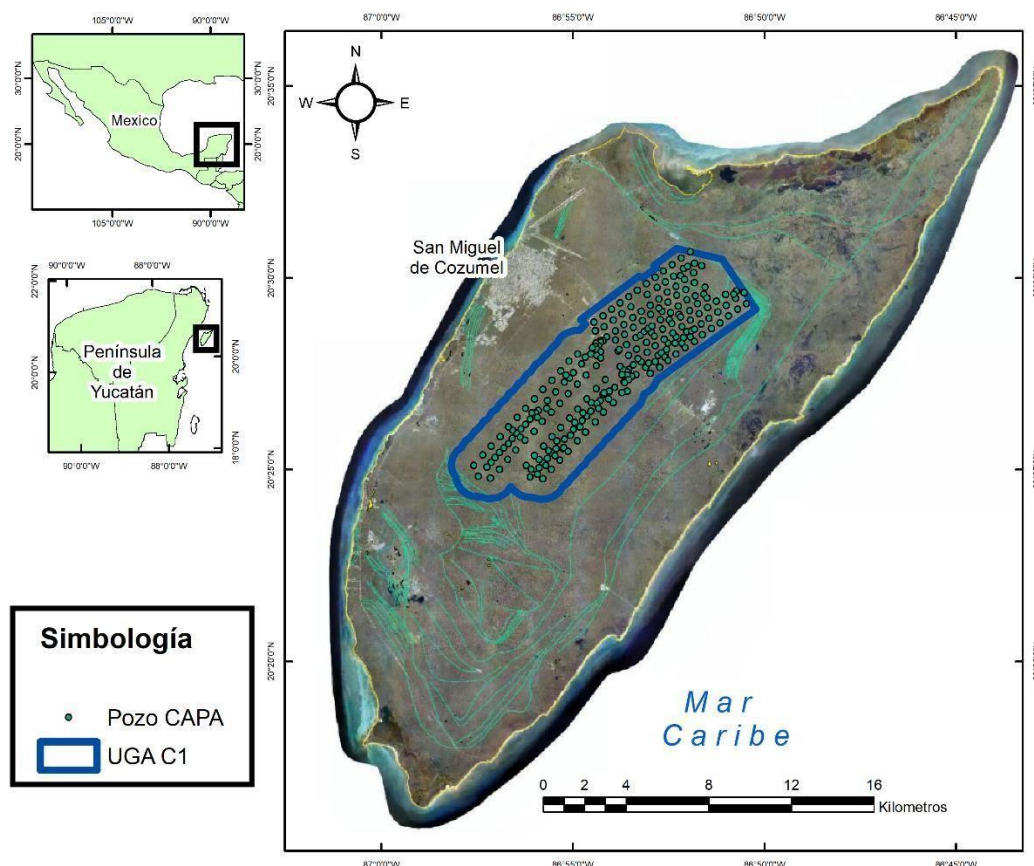


Figura 9. Ubicación de los pozos de extracción administrados por CAPA en Cozumel, modificado de Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, Cervantes-Martínez, et al. (2021)

En la tabla 3 se presenta el resumen de datos históricos proporcionados por CAPA sobre los volúmenes de extracción y distribución del agua en Cozumel. En general se cuenta con el 100% de los datos para volúmenes de extracción, mientras que para la distribución a los diferentes sectores se contó con un 97% de los registros. La ausencia de registros en algunos años es mínima y puede deberse a contratiempos en el proceso de toma y/o análisis de muestras.

Tabla 3. Se presenta el reporte de datos obtenidos de CAPA para los volúmenes de extracción y facturados en los diferentes sectores en Cozumel expresados en metros cúbicos (m^3) junto con sus estadísticos descriptivos.

Sector	Extracción	Doméstico	Hoteles	Industrial	Comercial	Servicios generales
Total de datos	372	324	324	324	324	324
Total de meses con información	372	314	314	314	314	314
Total de meses sin información	0	10	10	10	10	10
Meses sin información (%)	0	3.09	3.09	3.09	3.09	3.09
Año del primer registro	1992	1996	1996	1996	1996	1996
Año del último registro	2022	2022	2022	2022	2022	2022
Total de años considerados	31	27	27	27	27	27
Años con información	31	27	27	27	27	27
Total de años con registros incompletos	0	2	2	2	2	2
Años incompletos (%)	0	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Valor máximo (m^3)	436,806	219,346	56,516	9,081	233,657	14,617
Valor mínimo (m^3)	227,849	76,592	6,052	26	1,955	3,503
Promedio (m^3)	344,246	161,035	25,639	584	31,586	8,483
Desviación Standard	31,224	30,420	8,579	735	15,888	2,009

En la Figura 10, se observa un incremento ($m = 23092$) en los volúmenes de extracción reportados por CAPA dentro del periodo 1992-2022. En el año 2016 se registró el volumen más alto de extracción ($4,953,949 m^3$), mientras que el más bajo fue en 2006 ($3,722,767 m^3$).

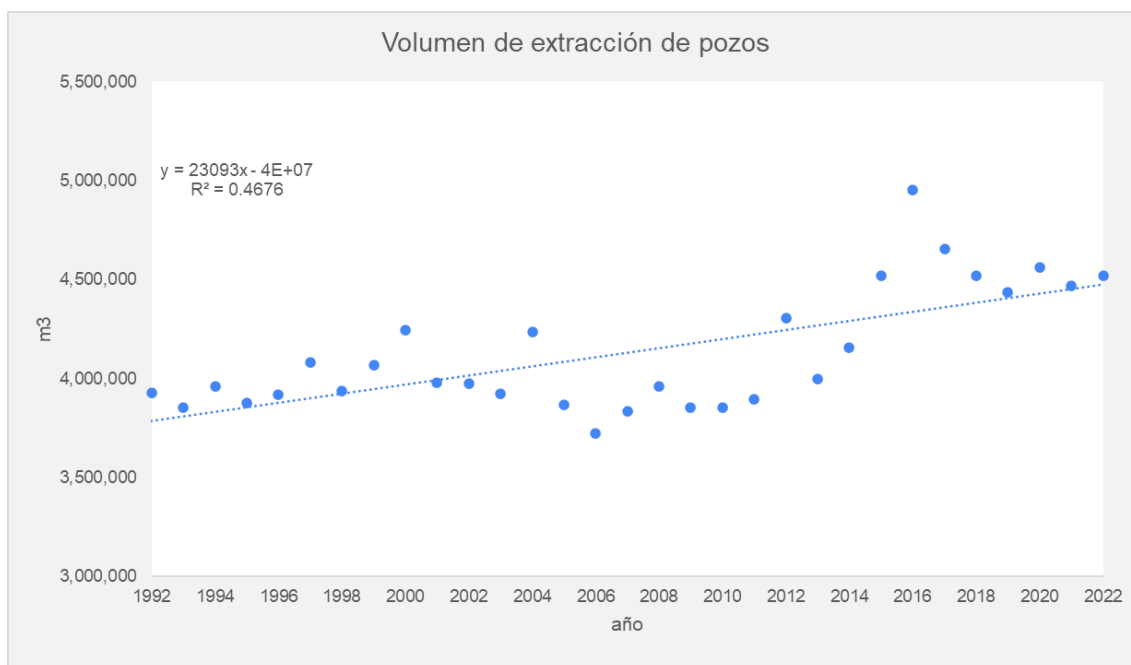


Figura 10. Volúmenes anuales de extracción de agua de pozos administrados por CAPA de 1992 a 2022.

En la figura 11 se presentan los volúmenes de agua facturados reportados por CAPA para los diferentes sectores. Se observa un incremento en los volúmenes reportados para los sectores: doméstico ($m=28682$), hoteles ($m=3864$), comercial ($m=12767$) y servicios generales ($m=1743$); mientras que sólo el sector industrial presentó un decremento ($m=-550$). Cozumel ha presentado un crecimiento en su población y se espera que incremente en el futuro (Hernández-Flores, Gutiérrez-Aguirre, & Cervantes Martínez, 2021). El aumento en la población se relaciona directamente con la demanda del recurso hídrico, coincidiendo con los volúmenes reportados por el sector doméstico (Figura 11a); quién es el mayor consumidor por volumen (promedio anual = $1,919,774 \text{ m}^3$) para el periodo y sectores considerados.

En la isla el turismo es la principal actividad económica y que ha contribuido con el crecimiento de la localidad (González et al., 2017). Este crecimiento en el turismo y las actividades relacionadas con esta actividad económica también se refleja en el incremento por la demanda de agua para los sectores hotelero (Figura 11b) y el sector comercial (Figura 11d). Debido a que las actividades económicas primarias y secundarias no se encuentran altamente desarrolladas, la demanda por el sector industrial mostró un decremento (Figura 11c). Con relación al consumo por servicios generales a la comunidad se refiere a aquellos usuarios que hagan uso del recurso para efectos recreativos, suntuarios y otros de la colectividad (Tercera Legislatura Constitucional del Estado de Quintana Roo, 2017), por lo que su incremento se relaciona con el incremento poblacional (Figura 11e).

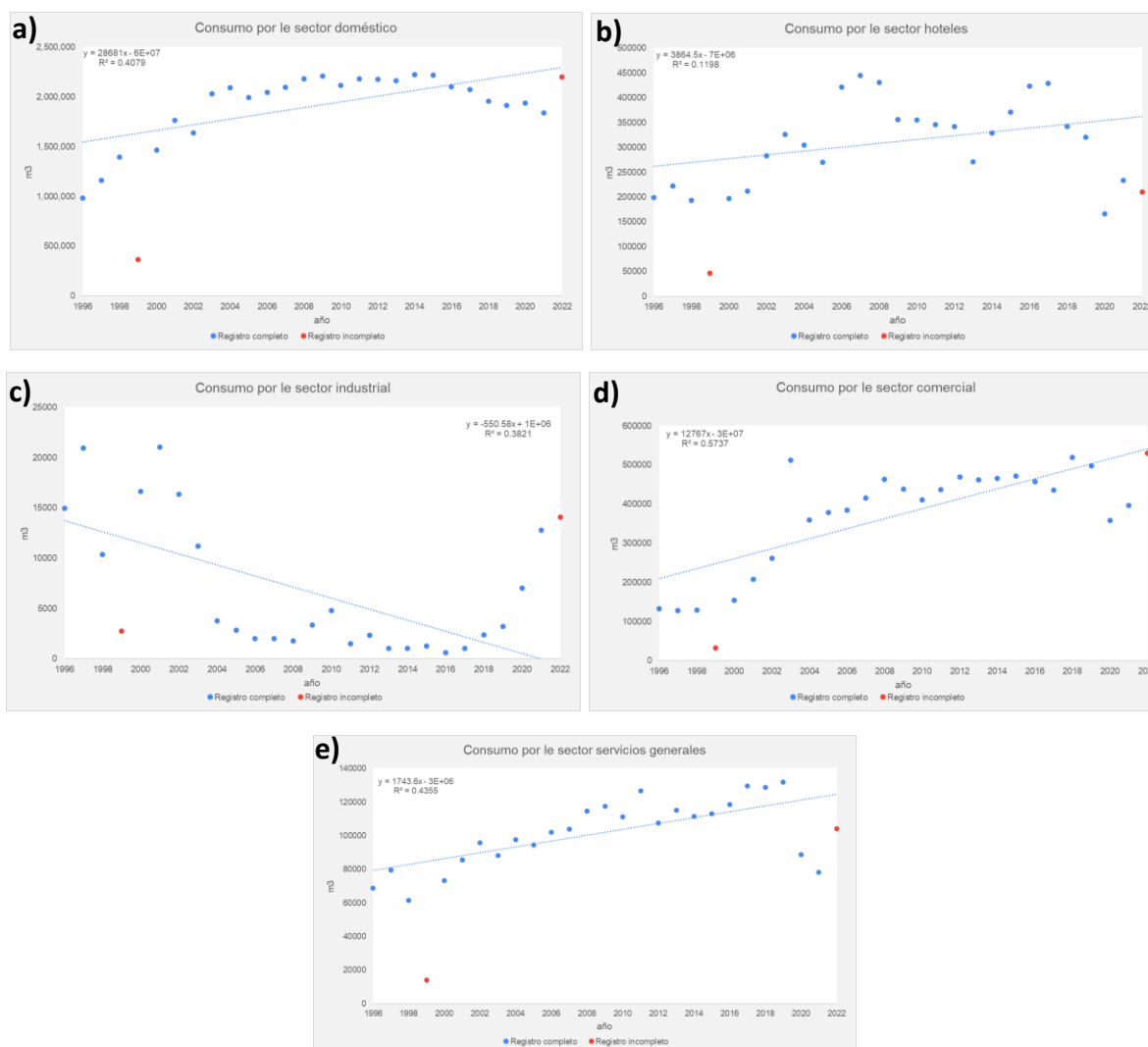


Figura 11. Volúmenes de agua distribuidos por CAPA a los diferentes sectores en isla Cozumel: a) doméstico, b) hoteles, c) industrial, d) comercial y e) servicios generales.

En general, el análisis de la información presentada refleja un incremento en la extracción de agua de la zona de pozos administrados por CAPA; así como en la demanda hídrica de 4 de los 5 usuarios manejados por dicha institución. El contar con información climática, extracción y consumo, son elementos básicos recomendados por la Asociación Mundial para el Agua (AMA) para un manejo integral de los recursos hídricos eficiente (GWP, 2014).

5. Conclusiones y recomendaciones

La búsqueda bibliográfica demostró que es fundamental apoyar la generación de información científica acorde al contexto actual de la localidad y del recurso hídrico de Isla Cozumel. No obstante, el repositorio del agua representa un acercamiento de la información a la población y usuarios del recurso hídrico en la isla, favoreciendo la eficiencia de los esfuerzos de acciones base en la toma de decisiones. Sin embargo, es necesario dar seguimiento a este proyecto realizando actualizaciones periódicas e inventarios de la información que contiene. Así mismo, debe procurarse la difusión constante de esta herramienta entre la comunidad local y regional.

De igual forma, es necesario continuar con los esfuerzos que permitan el monitoreo y análisis de las variables hidrometeorológicas y de gestión del recurso hídrico en Cozumel. Esto permitirá contar con una base de datos actualizada que servirá de apoyo para la toma de decisiones que incentiven un manejo responsable del agua en la isla. Idóneamente, el manejo de los acuíferos deberá ser llevado a cabo por los usuarios, favoreciendo proceso de gobernabilidad y estrategias “bottom-up”. En este sentido, el acuífero de Cozumel ya cuenta con el Comité de Cuenca de Cozumel (CCC), en donde se generarán estrategias para su aprovechamiento sustentable. El CCC se beneficia directamente de la iniciativa del repositorio, pues es un lugar de acceso libre para que todos los usuarios consulten información de calidad, aunque es necesario asegurar los mecanismos que favorezcan su actualización en el tiempo.

La información sobre variables hidrometeorológicas muestra una tendencia a la modificación a través del tiempo en la precipitación y de la temperatura media registradas. Por ello, es altamente recomendable el monitoreo y constante análisis de estas variables para que sean la base de estimaciones más certeras sobre la recarga del acuífero. Esto puede presentar como primer paso una vinculación entre centros de investigación (como la UQRoo), los organismos responsables del agua (como CAPA) y asociaciones civiles. También es importante el análisis de la calidad del agua dentro del acuífero. Esto requiere de un consenso entre especialistas para la definición de las variables indicadoras de calidad de agua que mejor representen al acuífero de Cozumel. Desde luego, es indispensable considerar los costos que conlleva el realizar investigaciones; aunque existe la posibilidad de la implementación de estrategias basadas en la “ciencia ciudadana”, con lo cual se incentive la integración de usuarios del recurso en las decisiones sobre el manejo del agua.

Finalmente, se requiere comenzar el desarrollo de alianzas y convenios entre CAPA e instituciones educativas como la UQRoo, asociaciones civiles, iniciativa privada y otros actores clave y usuarios del recurso en la Isla. Esto incentivará la capacidad de los usuarios para la participación en la toma de decisiones referentes al manejo del recurso, como lo recomienda la AMA para la región del Caribe (GWP, 2014); favoreciendo la adecuación de estrategias a las condiciones locales o el desarrollo e implementación de estrategias pensadas en el contexto de la Isla de Cozumel.

6. Referencias

- Arias, F. G. (2016). Obsolescencia de las referencias citadas: un mito académico persistente en la investigación universitaria venezolana. *E-Ciencias De La Información*, 7(1), 1–15. <https://doi.org/10.15517/eci.v7i1.26075>
- Cashman, A. (2014). Water security and services in the Caribbean. *Water*, 6, 1187–1203.
- CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2018b). Estadísticas del agua en México. Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.
- Gleeson, T., Befus, K. M., Jasechko, S., Luijendijk, E., & Cardenas, M. B. (2015). The global volume and distribution of modern groundwater. *Nature Geoscience*, 9(2), 542–542. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0164-y>
- González, D. A., Macías, A. R., & Sepúlveda, M. (2017). Cruise tourism as factor of social exclusion on Cozumel island's residents' perception. *Cultur: Revista de Cultura e Turismo*, 11(2), 29–53.
- GWP, (Global Water Partnership). (2000). *Integrated Water Resources Management, Technical Advisory Committee (TAC) Background Paper No.4* (First edit, Issue 4). www.gwpforum.org
- GWP, (Global Water Partnership). (2014). *Integrated water resources management in the Caribbean: The challenges facing Small Island Developing States*. Global Water Partnership.
- GWPC, (Global Water Partnership Caribbean). (2015). Sustainability of Integrated Water Resources Management Initiatives in the Caribbean. In *Sustainability of Integrated Water Resources Management*. Global Water Partnership-Caribbean.
- 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. <https://doi.org/10.22206/cac.2021.v4i1.pp7-17>
- Hernández-Flores, G., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Cervantes-Martínez, A. (2020). Hacia un manejo integral del recurso hídrico en isla Cozumel, Quintana Roo. *Impluvium*, 10, 34–40.
- Hernández-Flores, G., Gutiérrez-Aguirre, M. A., Cervantes-Martínez, A., & Marín-Celestino, A. E. (2021). Historical analysis of a karst aquifer: recharge, water extraction, and consumption dynamics on a tourist island (Cozumel, Mexico). *Annales de Limnologie*, 57. <https://doi.org/10.1051/limn/2021013>
- Kennedy, K., Simonovic, S., Tejada-guibert, A., Doria, M. D. F., & Martin, J. L. (2009). *IWRM Implementation in Basins , Sub-basins and Aquifers : State of the Art Review*.
- Lesser, H., Azpeitia, J., & Lesser, J. (1978). Geohidrología de la isla de Cozumel, Q. Roo. *Recursos Hidráulicos*, 7(1), 32–49.
- SEDETUR, (Secretaría de Turismo). (2022). *Indicadores Turísticos Enero - Diciembre 2019*.

Segrado, P. R. G., González, B. C., Arroyo, A. L., & Quiroga, G. B. A. (2017). Capacidad de carga turística y aprovechamiento sustentable de Áreas Naturales Protegidas. *CIENCIA Ergo Sum*, 24(2), 164–172.

Tercera Legislatura Constitucional del Estado de Quintana Roo. (2017). *Ley de agua potable y alcantarillado del estado de Quintana Roo*.

7. Anexos

Anexo 1. Base de datos del repositorio de información para la sostenibilidad del acuífero de Isla Cozumel.

Tipo	No.	Referencia
Comunicado	1	AHC, (Asociación de Hoteles de Cozumel). (2021). <i>Respuesta a su solicitud del Oficio UQROO/DDS/DCH/GHF001, Cozumel, Quintana Roo.</i>
Artículo científico	2	Álvarez del Castillo-Cárdenas, P. A., Reyes-Bonilla, H., Álvarez-Filip, L., Millet-Encalada, M., & Escobosa-González, L. E. (2008). Cozumel Island, México: A disturbance history. <i>Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium, Ft. Lauderdale, Florida, 7-11 July 2008</i> , 8(18), 701–705. https://doi.org/(Ybp)9672786
Artículo científico	3	Arroyo-Castro, J. L., Alvarado-Flores, J., Uh-Moo, J. C., & Koh-Pasos, C. G. (2019). Monogonot rotifers species of the island Cozumel, Quintana Roo, México. <i>Biodiversity Data Journal</i> , 7. https://doi.org/10.3897/BDJ.7.e34719
Documento oficial	4	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2005). <i>Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Cozumel, Quintana Roo.</i> Quintana Roo, México.
Documento oficial	5	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2006a). <i>Programa Parcial de Desarrollo Urbano 4 (Zona Surponiente) de Cozumel, Quintana Roo.</i> Quintana Roo, México.
Documento oficial	6	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2006b). <i>Reglamento medio ambiente y ecología del municipio de Cozumel, Quintana Roo.</i> Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Quintana Roo. Quintana Roo, México.
Documento oficial	7	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2008). <i>Programa de ordenamiento ecológico local del municipio de Cozumel, Quintana Roo.</i> Quintana Roo, México.
Documento oficial	8	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2011a). <i>15 Sesión extraordinaria y modificación de UGAs.</i> Quintana Roo, México.
Documento oficial	9	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2011b). <i>Agenda 21, Isla de Cozumel.</i> En Ayuntamiento de Cozumel. Quintana Roo, México.
Documento oficial	10	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2011c). <i>Atlas de riesgos del municipio de Cozumel Municipio de Cozumel, SEDESOL.</i> Quintana Roo, México.
Documento oficial	11	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2019). <i>Plan Municipal de Desarrollo Cozumel.</i> En <i>Periódico oficial del estado de Quintana Roo.</i> Quintana Roo, México, 841–1024.

Documento oficial	12	Ayuntamiento del Municipio de Cozumel. (2020). En <i>Cozumel no se toleran actos que atenten contra la naturaleza</i> . Ayuntamiento Municipal de Cozumel. Consultado en: https://cozumel.gob.mx/prensa/en-cozumel-no-se-toleran-actos-que-atenten-contra-lanaturaleza/
Documento oficial	13	Ayuntamiento Presidencia Municipal Cozumel. (2015). Programa parcial de desarrollo urbano de la zona 1 de Cozumel, Quintana roo. En <i>Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo</i> . Quintana Roo, México
Documento oficial	14	CAPA, (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado). (n.d.). <i>Manifestación de Impacto Ambiental, modalidad particular. Ampliación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Miguelito, Cozumel, Quintana Roo</i> . Quintana Roo, México.
Documento oficial	15	CAPA, (Comisión de Agua Potable y Alcantarillado). (2020). <i>Tarifas de agua potable del mes de febrero de 2020- Oficio No. CAPA-CC-051-2020</i> . Quintana Roo, México
Artículo científico	16	Carrillo, de la C. J. L., & Milán, V. S. (2012). <i>Estudio Geohidrológico del complejo Turístico Isla " La Pasión "</i> , Cozumel. Presentado en la Convención Nacional Geológica del 12 al 14 de Noviembre en la Ciudad de México.
Artículo científico	17	Cervantes-Martínez, A., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Álvarez Legorreta, T. (2015). Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla Mujeres, Quintana Roo, México. <i>Teoría y Praxis</i> , 10(Especial, Marzo 2015), 60–83. https://doi.org/10.22403/uqroomx/typne2015/03
Libro	18	Cervantes-Martínez, A., Gutiérrez-Aguirre, M. A., Delgado-Blas, H., & Ruiz-Ramírez, J. D. (2012). <i>Especies de zooplankton dulceacuícola de Cozumel</i> . Universidad de Quintana Roo.
Documento oficial	19	CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2015a). <i>Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Isla de Cozumel (2305)</i> . Estado de Quintana Roo.
Documento oficial	20	CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2015b). <i>Programa Hídrico Regional 2014-2018 de la región Hidrológico-Administrativa XII Península de Yucatán</i> . Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México.
Documento oficial	21	CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2018a). <i>Atlas del agua en México</i> . Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.
Documento oficial	22	CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2018b). <i>Estadísticas del agua en México</i> . Secretaría de Ambiente y Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, Ciudad de México.
Documento oficial	23	CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). (2020). <i>Programa Nacional Hídrico 2020-2024 - Resumen</i> . Secretaría de Ambiente y

		Recursos Naturales & Comisión Nacional del Agua, Ciudad de Mexico
Tesis Maestría	24	Coral, Z. E. (2015). <i>Diagnóstico del estado de implementación del grado de presión hídrico sobre el acuífero de la isla de Cozumel</i> . Tesis de Maestría Sustentable en Gestión del Turismo, División de Desarrollo Sustentable, Universidad de Quintana Roo, México.
Artículo científico	25	Coronado-Álvarez, L., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Cervantes-Martínez, A. (2011). Water quality in wells from Cozumel island, Mexico. <i>Tropical and Subtropical Agroecosystems</i> 13(2), 233–241.
Ficha Técnica	26	CSF, (Conservación Estratégica). (2017). <i>Valoración de servicios ambientales del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel y Área de Protección de Flora y Fauna Isla de Cozumel</i> . Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Quintana Roo, México.
Documento oficial	27	DOF, (Diario Oficial de la Federación). (2020a). <i>ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican</i> . Ciudad de México, México.
Documento oficial	28	FPMC, (Fundación de Parques y Museos de Cozumel). (2019). <i>La FPMC involucra a la comunidad estudiantil en la reforestación de mangle en Punta Sur</i> . Consultado en línea el 20 de Febrero del 2021 en: http://cgc.qroo.gob.mx/la-fPMC-involucra-a-la-comunidad-estudiantil-enreforestacion-de-mangle-en-punta-sur/
Documento oficial	29	FPMC, (Fundación de Parques y Museos de Cozumel). (2021). <i>Centro de Conservación y Educación Ambiental</i> .
Documento oficial	30	Frausto, M. O., Gutiérrez-Aguirre, M. A., Cervantes-Martínez, A., Mejía-Ortíz, L. M., Yañez, G., Koch, H. C., Vázquez, A. B., Hernández-Flores, G., Colín Olivares, O., Salazar, A. S., & Giese, S. (2018). <i>Estudio hidrológico de la isla de Cozumel</i> . Universidad de Quintana Roo & Ayuntamiento de Cozumel, Cozumel, México.
Artículo científico	31	Frausto, M. O., Zapi-salazar, N. A., & Colin-Olivares, O. (2019). Identification of Karst Forms Using LiDAR Technology: Cozumel Island, Mexico. En R. Abdalla (Ed.), <i>Trends in Geomatics, An Earth Science Perspective</i> . IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.79196
Artículo científico	32	Gutiérrez-Aguirre, M. A., Cervantes-Martínez, A., & Coronado-Álvarez, L. (2008). Limnology of groundwater exposures with urban influence in Cozumel island, Mexico. <i>Verh. Internat. Verein. Limnol.</i> , 30(2), 493–496.
Tesis Doctorado	33	Hernández-Flores, G. 2021. <i>Evaluación integral del ambiente cárstico para generar un modelo de manejo sostenible del acuífero en la isla de Cozumel</i> . Tesis doctorado, Universidad de Quintana Roo, Campus Cozumel.

Artículo científico	34	Hernández-Flores, G., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Cervantes-Martínez, A. (2020). Hacia un manejo integral del recurso hídrico en isla Cozumel, Quintana Roo. <i>Impluvium</i> , 10, 34–40.
Artículo científico	35	Hernández-Flores, Gerardo; Gutiérrez-Aguirre, Martha Angelica & Cervantes-Martínez, Adrián. 2021. El Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en el acuífero insular de Cozumel, Quintana Roo, México. <i>Ciencia, Ambiente y Clima</i> , 4(1), 7-17.
Artículo científico	36	Hernández-Flores, Gerardo; Gutiérrez-Aguirre Martha Angélica; Cervantes-Martínez, Adrián y Marín-Celestino, Ana Elizabeth. 2021. Historical analysis of a karst aquifer: recharge, water extraction, and consumption dynamics on a tourist island (Cozumel, Mexico). <i>Ann. Limnol. - Int. J. Lim.</i> , 57, 16.
Libro	37	Hernández, P.M. 2001. <i>Cerca de un manantial, El agua y el desarrollo de Quintana Roo</i> . Instituto Quintanarroense de la cultura, Comisión de agua Potable y Alcantarillado y Gobierno del Estado de Quintana Roo. Chetumal, México.
Documento oficial	38	INEGI, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). <i>Anuario estadístico y geográfico de Quintana Roo 2017</i> . Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Aguascalientes, México.
Documento oficial	39	Instituto Nacional de Ecología. (1998). <i>Programa de Manejo Parque Marino Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo</i> . Instituto Nacional de Ecología, México.
Libro	40	Iwaniszewski, S. (2016). El tiempo y la Luna en la cultura maya el caso de Cozumel. En <i>El papel de la arqueoastronomía en el mundo maya: el caso de la isla de Cozumel</i> . UNESCO, París, Francia.
Artículo científico	41	Koch, C., Frausto, M. O., Giese, S., Schirmer, M., & Steenbeck, T. (2016). <i>Impact on groundwater of a karstic aquifer in the informal settlement “Las Fincas” on Cozumel Island, Mexico</i> . <i>WIT Transactions on Ecology and the Environment</i> , 203, 147–158. https://doi.org/10.2495/eid160141
Artículo científico	42	Koch, Frausto, M. O., Giese, S., Schirmer, M., Raabe, D., Geiß, S., & Münch, U. (2017). <i>Pharmaceuticals in the groundwater of the informal settlement “las fincas” on cozumel Island, Mexico</i> . <i>WIT Transactions on the Built Environment</i> , 170, 193–202. https://doi.org/10.2495/CC170191
Artículo científico	43	Lesser, H., Azpeitia, J., & Lesser, J. (1978). Geohidrología de la isla de Cozumel, Q. Roo. <i>Recursos Hidráulicos</i> , 7(1), 32–49.
Documento oficial	44	Ochoa, L. J. L. (2020). <i>Informe del estado general que guarda la “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (Ptar’s) San Miguelito”, del Organismo Operador Cozumel</i> . Comisión de Agua Potable y Alcantarillado, Cozumel, México.

Artículo científico	45	Orellana, R., Nava, F., & Espadas, C. (2007). El clima de Cozumel y la Riviera Maya. En <i>Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel</i> . Universidad de Quintana Roo - Plaza y Valdés, Ciudad de México.
Documento oficial	46	Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo. (2017). <i>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</i> . Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo, Chetumal, Quintana Roo.
Nota periodística	47	Quintero, A. (2020). Semarnat autoriza proyecto ecocida "Lakam-Ha" Cambio 22. Consultado el 10 de Marzo de 2021 en: https://qsnoticias.mx/semarnat-autoriza-proyecto-ecocida-lakam-ha/
Libro	48	Quiroga, B. A., & Romero, M. del R. (2019). <i>Catálogo de estudios de las áreas naturales protegidas de Isla Cozumel (Volumen II)</i> . CONANP, Cozumel, México.
Nota periodística	49	<i>Rechazan en Cozumel el proyecto Lakam-Ha</i> . (2020). <i>Cancun Mio</i> . Consultado el 10 de Marzo de 2021 en: https://www.cancunmio.com/54164754-rechazan-en-cozumel-el-proyecto-lakamha/
Artículo científico	50	Sánchez y Pinto, I. A., Cervantes-Martínez, A., González, H. R. A., Vázquez, C. M. E., & Gutiérrez-Aguirre, M. A. (2015). Evidencia de flujo preferencial al mar, del cenote Caletita, en Cozumel, México. <i>Ingeniería</i> , 19(1), 1–12.
Tesis	51	Scholz, A. (2006). <i>Hydrochemische Aufnahme des Grundwassers aus Brunnen und Wasserstellen der Insel Cozumel – Mexiko</i> . Diplomarbeit, Institut für Angewandte Geowissenschaften Fachgebiet Hydrogeologie, Technische Universität Berlin.
Documento oficial	52	SECTUR, (Secretaría de Turismo). (2018). <i>Programa Marco para fomentar acciones para restablecer el balance del ciclo del agua en Cozumel</i> . SECTUR, Ciudad de México.
Documento oficial	53	SEDETUS, (Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable). (2019). <i>Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano Sustentable de Quintana Roo</i> . Secretaría de Desarrollo Territorial Urbano Sustentable, Chetumal, México.
Documento oficial	54	SENER, (Secretaría de Energía). (2015). <i>Evaluación Rápida del Uso de la Energía. Cozumel, Quintana Roo, México</i> . Gobierno de la República de México, Ciudad de México.
Documento oficial	55	SINA, (Sistema Nacional de Información del Agua). (2019). <i>Indicadores de la calidad de agua subterránea 2012-2017 en Cozumel</i> . Consultado el 24 de Abril de 2019 en: sina.conagua.gob.mx/sina/calidadAguaSub.php
Tesis maestría	56	Spaw. (1977). Late Pleistocene Carbonate Bank Deposition: Cozumel Island, Quintana Roo, Mexico. <i>Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions</i> , 28, 601–619.

Artículo científico	57	Steenbeck, T. L., Schirmer, M., Koch, C., Giese, S., & Frausto, M. O. (2016). Sustainable waste management: the example of the informal settlement “Las Fincas” on Cozumel Island, Mexico. <i>Waste Management and The Environment VIII, 1(Wm)</i> , 187–194.
Libro	58	Tomas, C; Benavides, J; Champart-Curie, O; González, C. H; Mejía-Ortíz, L.M; Rico, C; Vivas, V.V; Yañez, M.G. 2013. <i>Las cuevas de Yucatan, Volumen 2: La Isla de Cozumel</i> . Ediciones Xibalba. ISBN : 978-2-9539564-1-2
Nota periodística	59	Villegas, G. (2016, April 26). Cozumel tiene agua dulce para una década más. <i>Riviera Maya (Novedades Quintana Roo)</i> . Consultado el 17 de Enero de 2020 en: https://sipse.com/novedades/agua-dulce-cozumel-abasto-recurso-limitado-202210.html
Artículo científico	60	Wurl, J., Giese, S., Frausto, M. O., & Chale, G. (2003). Ground Water Quality Research on Cozumel Island, State of Quintana Roo, Mexico. <i>Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers— Monitoring, Modeling, and Management.</i> , Mérida, México, 171–176.
Artículo científico	61	Zack, A., & Lara, F. (2003). Optimizing fresh groundwater withdrawals in Cozumel, Quintana Roo, Mexico – A feasibility study using scavenger wells. En C. Voss & L. Konikow (Eds.), <i>Second International Conference on Saltwater Intrusion and Coastal Aquifers— Monitoring, Modeling, and Management</i> (pp. 1–10). SWAT.
Artículo científico	62	Cervantes-Martínez, A. (2007). El balance hídrico en cuerpos de agua cársticos de la Península de Yucatan: realidades y retos. <i>Teoria y Praxis</i> 3:163-172.
Capítulo de libro	63	Yañez-Mendoza, G., E. Zarza-González y L. M. Mejía-Ortíz. (2007). Sistemas Anquihalinos. Cap. 4. En: Mejía-Ortíz, L. M. (Editor). Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel. Universidad de Quintana Roo. Plaza y Valdes, México D. F. ISBN-978-968-7864-95-2.
Artículo científico	64	Lugo-Hubp, J., Aceves-Quesada J.F. y Espinasa-Perña, R. (1992). Rasgos geomorfológicos mayores de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. <i>Revista Volumen 10, número 2</i> , p. 143-150.
Documento oficial	65	CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2018). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero de la Península de Yucatan (3105). Estado de Yucatán.
Ficha Técnica	66	Jáuregui Díaz. (2007). Estructura y composición de los Índices e Indicadores Sociales para el Estado de Quintana Roo. Gobierno del estado de Quintana Roo.
Artículo científico	67	Frausto-Martínez, O., Cervantes-Martínez, A. y Gutiérrez-Aguirre, M. A. (2011). <i>Manejo de los recursos naturales acuáticos: una visión interdisciplinaria. Teoria y Praxis</i> 9: 73-90.

Capítulo de libro	68	Schmitter-Soto, J. J. Peces Dulceacuícolas. Cap. 15:257-264, En: Mejía-Ortíz, L. M. (Editor). Biodiversidad acuática de la Isla de Cozumel, 422 pp. Universidad de Quintana Roo -Plaza y Valdés, México D. F. 2007. ISBN-978-968-7864-95-2.
Libro	69	Oswald Spring, U. (2011). Retos de la investigación del agua en México. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, 754 p. ISBN: 978-3-926979-81-0
Tesis Licenciatura	70	Sulub Tolosa, J. A. (2011). Calidad del agua y sitios de monitoreo de dos lagunas costeras insulares de Quintana Roo. Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo.
Tesis Licenciatura	71	Pech Dominguez, Cinthia Jazmin. (2009). Análisis de la clorofila a durante un ciclo anual en sistemas acuáticos de Cozumel como indicador del estado trófico del agua (2007-2008).
Tesis Licenciatura	72	Ortiz Borges, Irma Guadalupe. (2010). Caracterización Físico-Química y Producción Primaria de la Laguna Colombia, Cozumel, Quintana Roo, México.
Tesis Doctorado	73	Fragoso Servon, Patricia. (2015). Análisis espacial de los suelos de Quintana Roo con un enfoque Geomorfoedafológico.
Tesis Licenciatura	74	Leon Bello, Oded. (2005). Tratamiento de aguas residuales en Quintana Roo.
Tesis Licenciatura	75	Coronado Álvarez, Luz de Lourdes Aurora. (2009). Descripción de variables fisico-químicas en sistemas acuáticos cársticos de la isla de Cozumel, en un ciclo anual 2007-2008.
Tesis Maestría	76	Uhu Yam, Wilbert David. (2022). Índice de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero en sistemas cársticos costeros urbanizados: Playa del Carmen, Quintana Roo.
Tesis Doctorado	77	Sanchez Rivera, Gabriel. (2022). Análisis de la resiliencia de la selva tropical ante los efectos e interacciones de eventos hidrometeorológicos extremos.
Tesis Licenciatura	78	Márquez Reyes, Angela. (2022). Análisis de la calidad del agua en la zona costera y marina del Parque Nacional Arrecifes de Cozumel, Quintana Roo.
Artículo científico	79	Frausto-Martinez, O., Castillo, J. F. R., & Olivares, O. C. (2021). Morphometry of karst depressions at detailed scale: El Cedral, Cozumel–Mexico. <i>Tropical and Subtropical Agroecosystems</i> , 24(1).
Artículo científico	80	Salgado-Garrido, H. E., Valera-Fernández, D., Trejo-Pelayo, S., Solleiro-Rebolledo, E., Barragán, R., Yáñez-Mendoza, G., ... & López-Martínez, R. (2022). The microfacies distribution pattern of Cozumel Island in southeastern Mexico: An atoll-like model led by quaternary glacioeustatic sea-level changes. <i>Journal of South American Earth Sciences</i> , 118, 103933.

Anexo 2. Invitación Al Tercer Foro De Investigación Científica Y Desarrollo Tecnológico Del Sistema Hidrológico De La Península De Yucatán Y Ecorregión Del Arrecife Mesoamericano 2023.



Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano, 2023



Temática:

“Visibilizar juntos la importancia del agua desde la cuenca hasta el arrecife”

INVITACIÓN

Cancún, Quintana Roo; 06 de marzo de 2023.

Ángela Reyes Márquez

Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (UQRoo).

Presente.

Dentro del marco de la Conmemoración del Día Mundial del Agua 2023, El Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán (CCPY), a través de su Comité Organizador, le invitan a participar en el **“Tercer Foro de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico del Sistema Hidrológico de la Península de Yucatán y Ecorregión del Arrecife Mesoamericano, 2023”** cuya temática central será: “Visibilizar juntos la importancia del agua desde la cuenca hasta el arrecife”, con lo cual se busca actualizar el estado del arte de la investigación científica para el sistema hidrológico de la Península de Yucatán y aplicarla para su resiliencia y desarrollo sostenible.

Por tal razón a nombre del Comité Organizador y considerando su destacada trayectoria y experiencia, tengo el agrado de invitarla a participar como **PONENTE**, dentro del panel asignado conforme el horario establecido en el programa anexo.

El evento se llevará a cabo de manera presencial los días **22 de marzo del 2023** de las 14:00 a las 19:30 horas y el día **23 de marzo del 2023** de las 9:00 a 14:30 horas (Horario de Quintana Roo) en el Salón Caribe del Centro de Convenciones del hotel Iberostar, ubicado en el km 17, Blvd. Kukulcán, Zona Hotelera de la ciudad de Cancun, Quintana Roo.

Anexo lineamientos generales para poder apoyarle a desarrollar mejor su trabajo dentro de este importante evento.

Agradeciendo su valiosa participación le envío saludo cordial.



Gonzalo Merediz Alonso

Presidente del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.