

## **2.1. Diagnóstico inicial del sistema de manejo de residuos del Municipio de Lázaro Cárdenas con enfoque en la Isla de Holbox**

### **Municipio de Lázaro Cárdenas**

#### **Datos generales**

México, país megadiverso, posee en su territorio cuerpos insulares como islas, cayos, arrecifes, entre otros. Se han registrado aproximadamente 1,365 cuerpos insulares pertenecientes al territorio mexicano los cuales representan una extensión territorial insular de 5,127 km<sup>2</sup> ([CONABIO, 2020](#)). Uno de los estados con mayor riqueza insular, es el Estado de Quintana Roo, al sureste de la República Mexicana, que contiene uno de los arrecifes de barrera marinos más grandes del mundo. Lázaro Cárdenas es uno de los once municipios que conforman el estado y se ubica al norte en los límites con el estado de Yucatán, su cabecera, Kantunilkín, se ubica en las coordenadas 21° 06' 05" N y 87° 29' 14" O (figura 1).

De acuerdo al último Censo de Población y Vivienda ([INEGI, 2020](#)), en el municipio de Lázaro Cárdenas habitan un total 29,171 mexicanos, distribuidos entre poco más de 100 localidades. En el territorio del municipio predominan los climas tipo Aw1(x'), Awo(x') y Aw2(x'), cálido subhúmedo, de acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García ([CONABIO, 1998](#)).

El Estado de Quintana Roo se ha convertido en un gran centro turístico debido a sus características naturales, tan solo en el año 2019 recibió 16,753,844 turistas. Mientras que dos años después, posterior a la pandemia de COVID-19, con restricciones sanitarias y de apertura de actividades económicas, en el año 2021 recibió cerca de 13,530,307 turistas, lo que dejó una derrama económica de \$10,806.67 millones de dólares. En el municipio de Lázaro Cárdenas, las localidades de Kantunilkín y Holbox son los principales destinos turísticos. Durante 2021, se reportó una infraestructura conjunta de 123 hoteles y 1,657 cuartos, en su mayoría en Holbox ([SEDETUR, 2022](#)).

**Figura 1. Ubicación del municipio de Lázaro Cárdenas en los Estados Unidos Mexicanos.**



## Residuos

### Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en el municipio

De acuerdo a fuentes oficiales, no existen estudios de generación y composición de los residuos sólidos urbanos en el municipio ([INEGI, 2022](#)).

En el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos ([DBGIR](#)), del año 2020, se estimó una generación en el estado de Quintana Roo de 1,546 toneladas diarias de residuos. Considerando que la generación estimada en municipios con poblaciones de entre 20 y 30 mil habitantes es de 0.923 kg/hab/día, en el municipio de Lázaro Cárdenas, municipio con población al año 2020 de 29,171 habitantes, se podría estimar una generación de aproximadamente 27 toneladas diarias, es decir, un 1.7% de la generación total del estado ([SEMARNAT, 2020](#); [INEGI, 2020](#)).

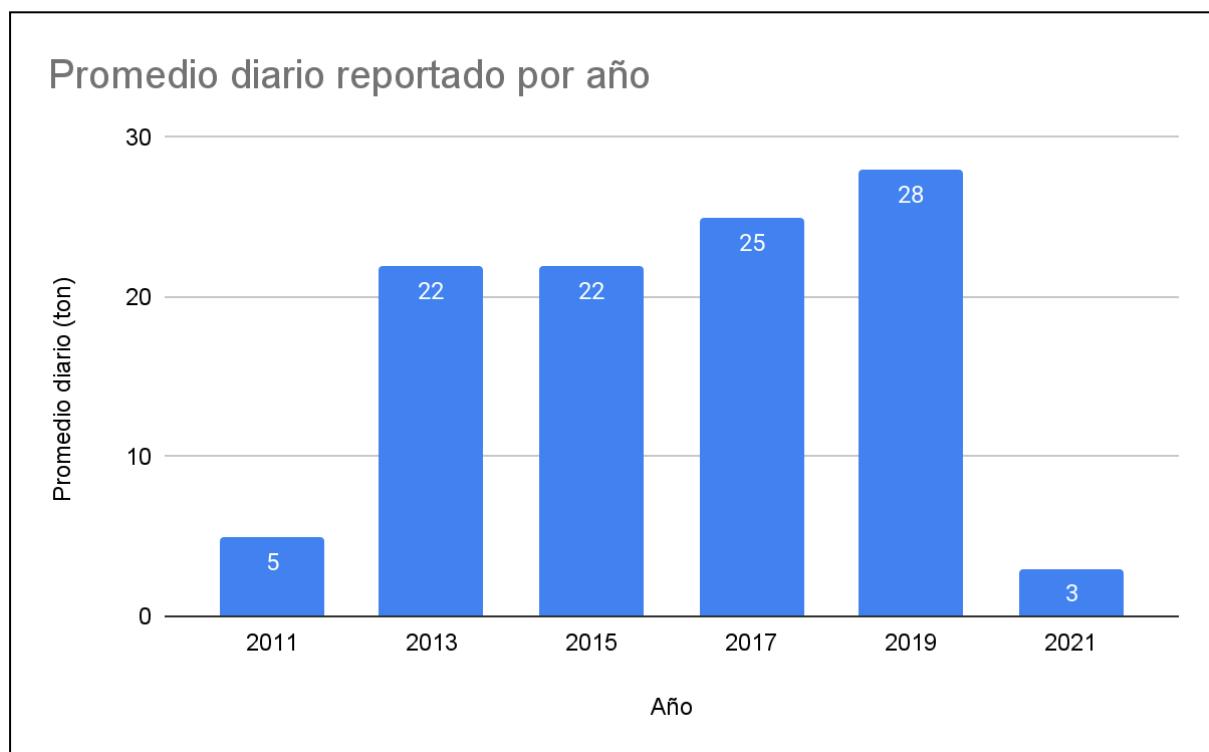
### Recolección, transporte, tratamiento y disposición de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio

De acuerdo al Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (CNGMD) para el año 2019, en el municipio se recolectaron, en promedio, 28 toneladas diarias de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) desde casas habitación, puntos de recolección establecidos y en el sistema de contenedores. En cuanto a personal

ocupado para la recolección, el municipio reportó un total de 37 trabajadores, entre gerentes administrativos y operadores. Para la recolección se reportan un total de 6 vehículos utilizados, en su mayoría de caja abierta los cuales operan con gasolina como combustible, cabe resaltar también que en su mayoría, estos vehículos tienen una antigüedad mayor a 10 años.

Es importante mencionar también que en el último CNGMD en el 2021, la cantidad de RSU recolectados fue casi un 90% menor a la reportada en el 2019, es decir, se reportaron 3 toneladas diarias de RSU recolectados. En cuanto a personal ocupado para la recolección, el municipio reportó un total de 82 trabajadores, 45 trabajadores más que lo reportado anteriormente, de igual forma, se reportaron 5 vehículos más utilizados para la recolección siendo todos de caja abierta y de gasolina como combustible. En la gráfica de la figura 2, se observa lo reportado en cuanto al promedio de recolección de residuos en el municipio de Lázaro Cárdenas desde el 2011 hasta el 2021 en los censos municipales.

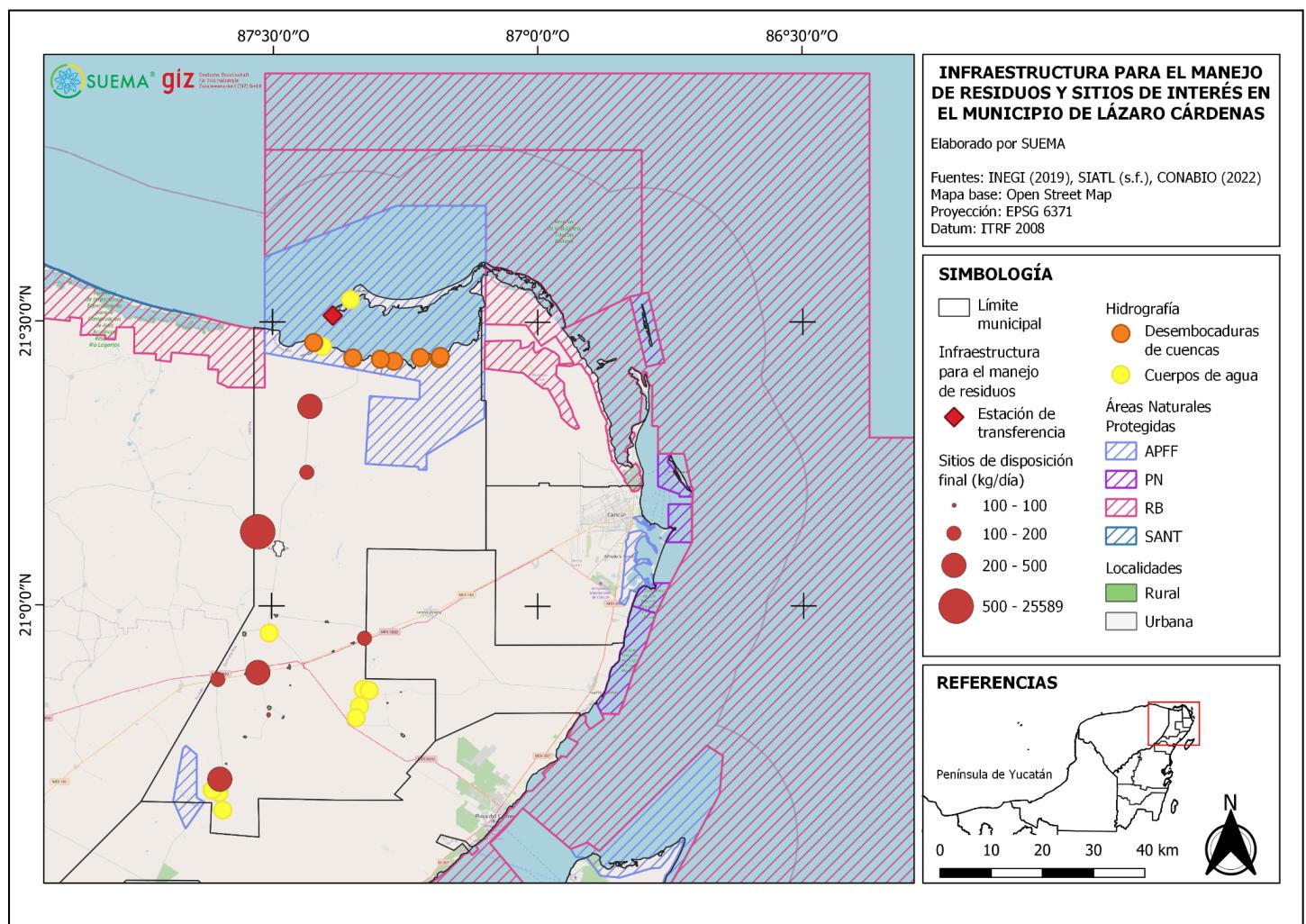
**Figura 2. Promedio diario de recolección anual reportada por el municipio de Lázaro Cárdenas a través del CNGMD.**



Elaboración propia a partir de datos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México en los años 2011 a 2021.

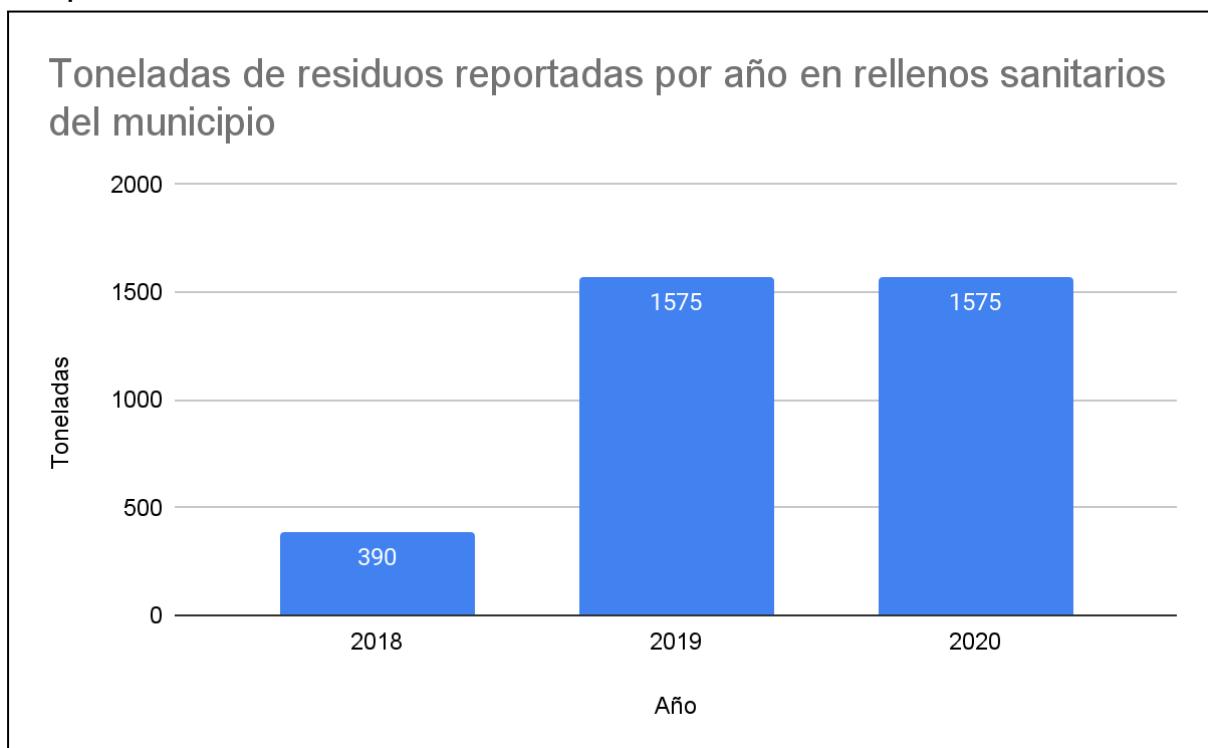
En cuanto a infraestructura para el tratamiento y disposición de RSU, en el municipio existe un Relleno Sanitario (RS) y una Estación de Transferencia (ET) así como 7 basureros en distintas localidades ([INEGI, 2020](#)). En el mapa de la figura 3, se observa la ubicación de estos sitios y la cantidad de residuos sólidos diaria que es dispuesta en ellos de acuerdo a lo reportado en el CNGMD del año 2019, se observa que el RS de Kantunilkín es el sitio de disposición final que recibe la mayor cantidad de los residuos del municipio.

**Figura 3. Infraestructura para el manejo de residuos y sitios de interés en el municipio de Lázaro Cárdenas.**



Por otro lado, de acuerdo a lo reportado por la Unidad de Vinculación para la Transparencia Acceso a la Información y Protección de Datos Personales ante la solicitud de información con número de folio: 00352421, disponible en el Portal Nacional de Transparencia, el relleno sanitario de Kantunilkín ha recibido en el periodo de octubre 2018 a diciembre 2020, un total de 3 toneladas diarias, de acuerdo a los reportes de los rellenos a cargo de C. Luis Kumul ([Municipio de Lázaro Cárdenas, 2021](#)).

**Figura 4. Disposición final anual reportada por el municipio de Lázaro Cárdenas a través de la Unidad de Transparencia.**



Elaboración propia a partir de datos reportados por el municipio de Lázaro Cárdenas a través de la Unidad de Transparencia.

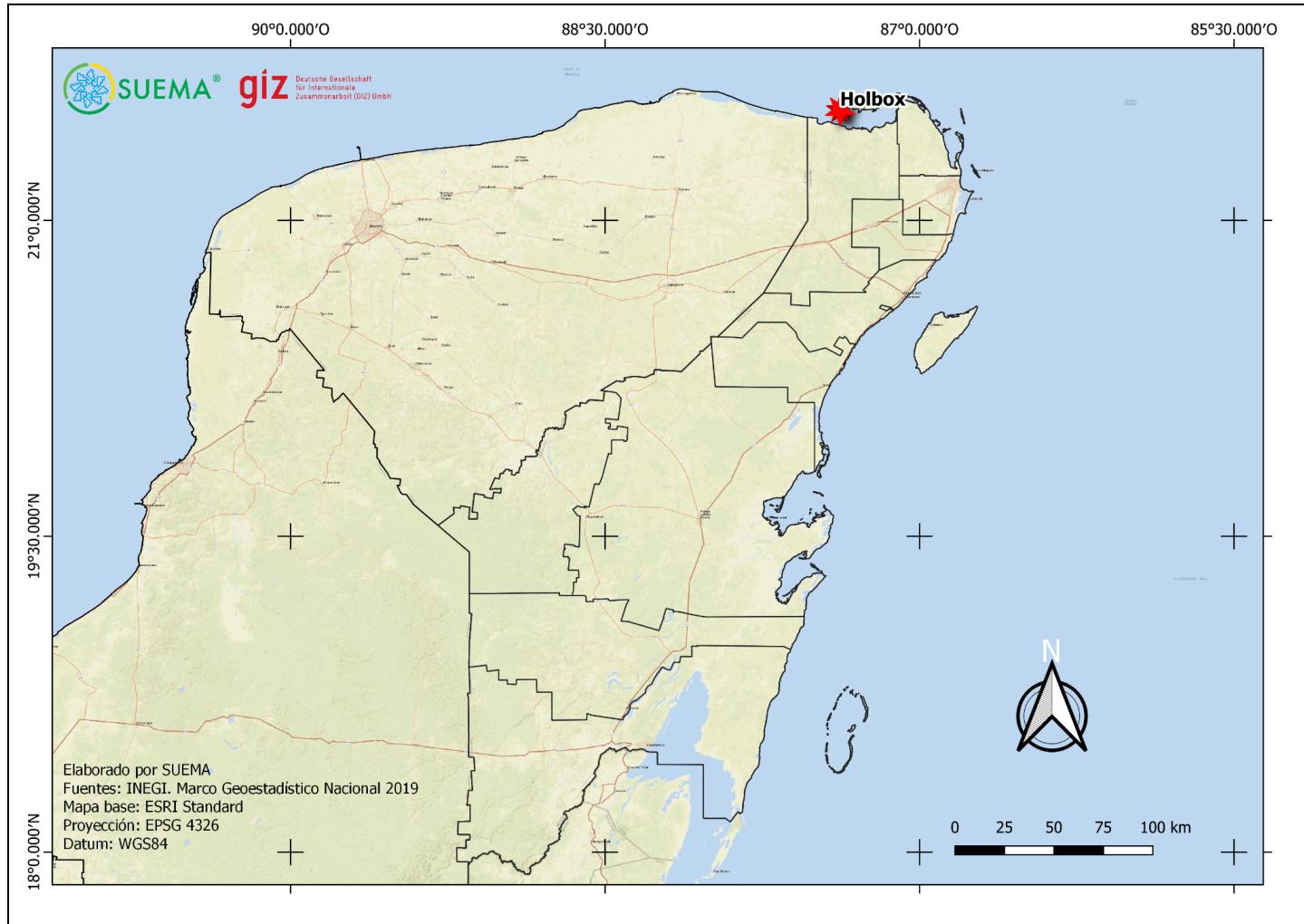
Comparando los reportes oficiales en cuanto a recolección y entrada de residuos a los sitios de disposición final podemos observar discrepancias entre los datos reportados de recolección y los datos reportados de disposición o entrada de residuos en rellenos sanitarios. Tomando como caso el año 2020 y una estimación de 27 ton diarias de residuos generados y una recolección diaria de 3 ton podríamos advertir de un déficit de recolección del 900%. Por otro lado, en el 2020 se reportó un promedio de 4.3 ton diarias de residuos dispuestos, 1.3 ton más de lo que se reporta como recolectado por el servicio.

## Isla de Holbox

### Ubicación

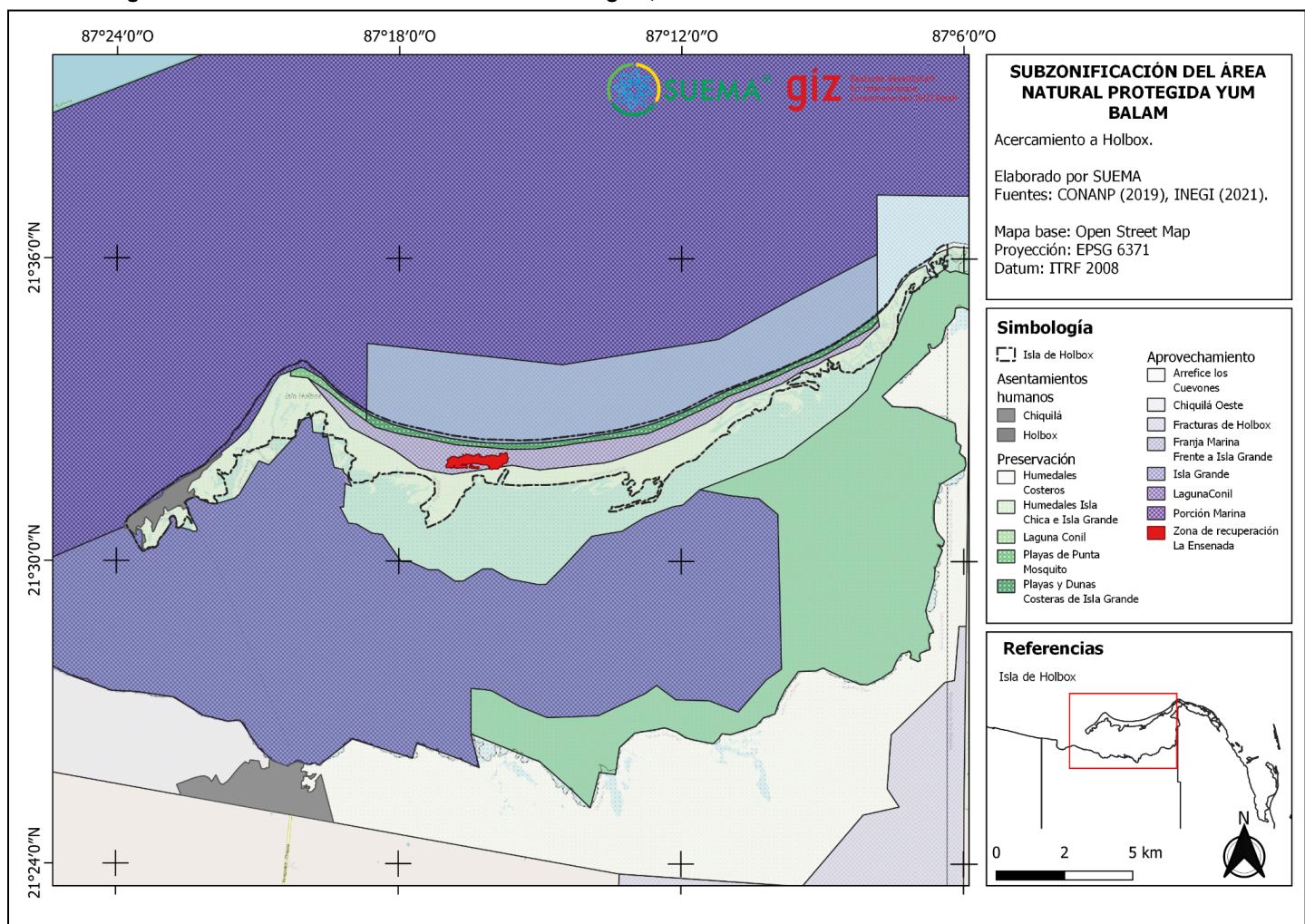
Holbox o Isla de Holbox, es una de las 9 islas del estado de Quintana Roo, forma parte del destino turístico conocido como el Caribe mexicano y pertenece al municipio de Lázaro Cárdenas, con 34 kilómetros de playas de arena blanca y aguas color turquesa, isla Holbox se encuentra ubicada al norte a unos 10 km del Puerto de Chiquilá, en las coordenadas 21° 31' 23" N y 87° 22' 43" O (figura 5), cuenta con una extensión territorial de aproximadamente 40 kilómetros de largo por 2 kilómetros de ancho ([SEMAR, s.f.; INEGI, 2020](#)).

**Figura 5. Ubicación de Isla de Holbox en la Península de Yucatán.**



Holbox se ubica dentro del Área Natural Protegida (ANP) conocida como Yum Balam, decretada en 1994 con carácter de Área de Protección de Flora y Fauna, el área en su totalidad cuenta con una superficie de 154,052.25 hectáreas (figura 6). El área es de gran importancia debido a sus características ecosistémicas que albergan una gran biodiversidad neotropical así como especies endémicas, amenazadas y en peligro de extinción ([CONANP, 2019](#)).

**Figura 6. Subzonificación del Área Natural Protegida, Yum Balam.**



## Características ambientales y naturales

### Características abióticas

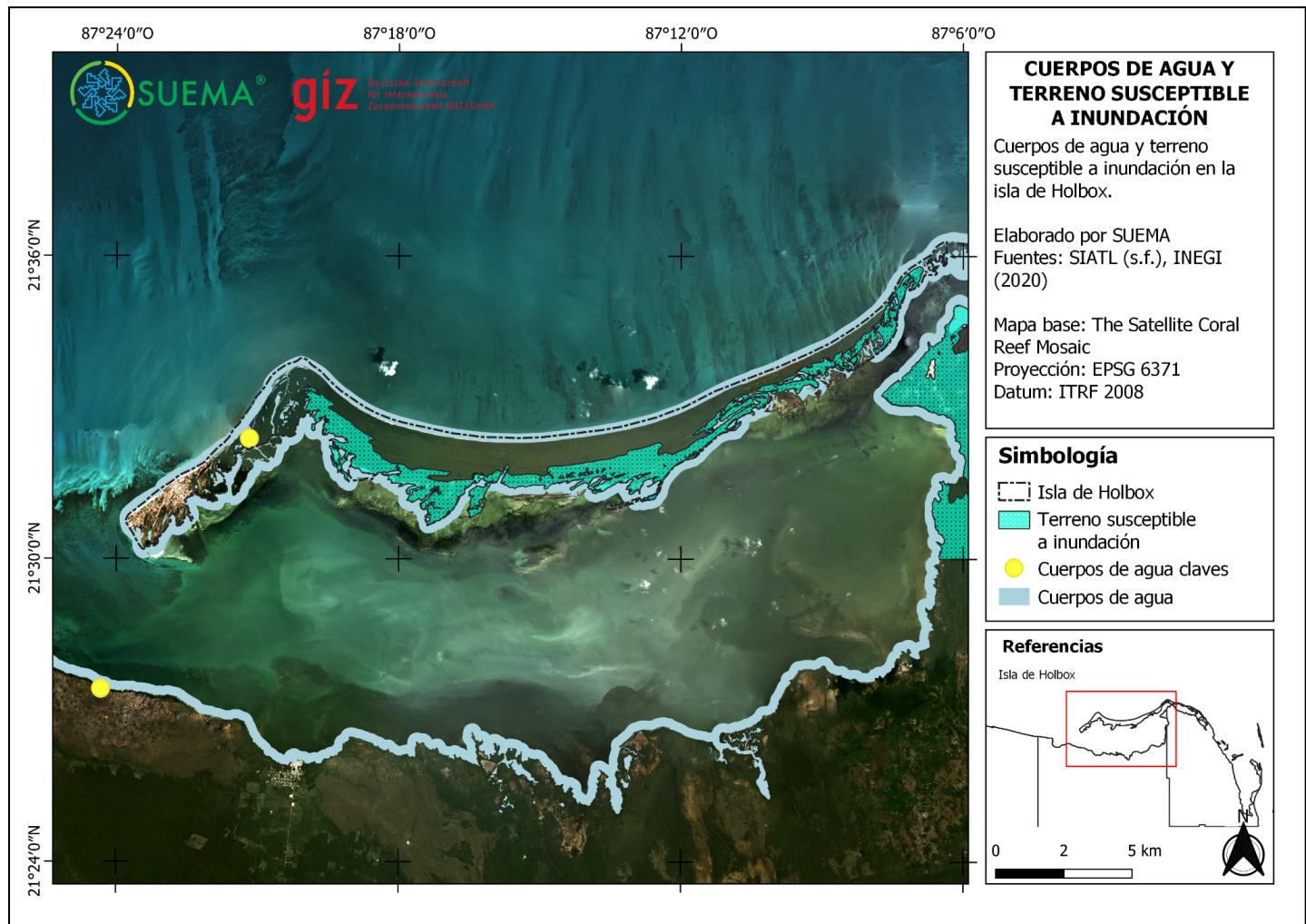
La plataforma calcárea que conforma la Península de Yucatán, emergió a partir del Paleoceno ([Wilhem & Ewin, 1972 como es citado en CONANP, 2019](#)). La conforman tres provincias fisiográficas; Karst Yucateco, Karst y Lomeríos de Campeche y Costa Baja de Quintana Roo, Holbox se encuentra dentro de la primera provincia ([Cervantes-Zamora et. al., 1990](#)).

La ubicación de la isla, así como toda la zona del ANP Yum Balam, tiene atributos particulares desde el punto de vista geohidrológico. Particularmente en Holbox se aprecian claramente los procesos de erosión y acreción de la línea de costa y no sobre la zona continental ([CONANP, 2019](#)).

Las fallas geológicas existentes en Holbox y el ANP han llevado a la formación de lagos alargados, este sistema de fracturas podría tener una extensión de 100 km desde la costa norte hacia el sur. El área de fracturas de Holbox, en el sur de la Laguna Conil, presenta fallas a manera de zanjas que por sus características, mantienen cuerpos de agua casi todo el tiempo. Estas características de cuerpos de agua y una laguna (figura 7) dentro de un

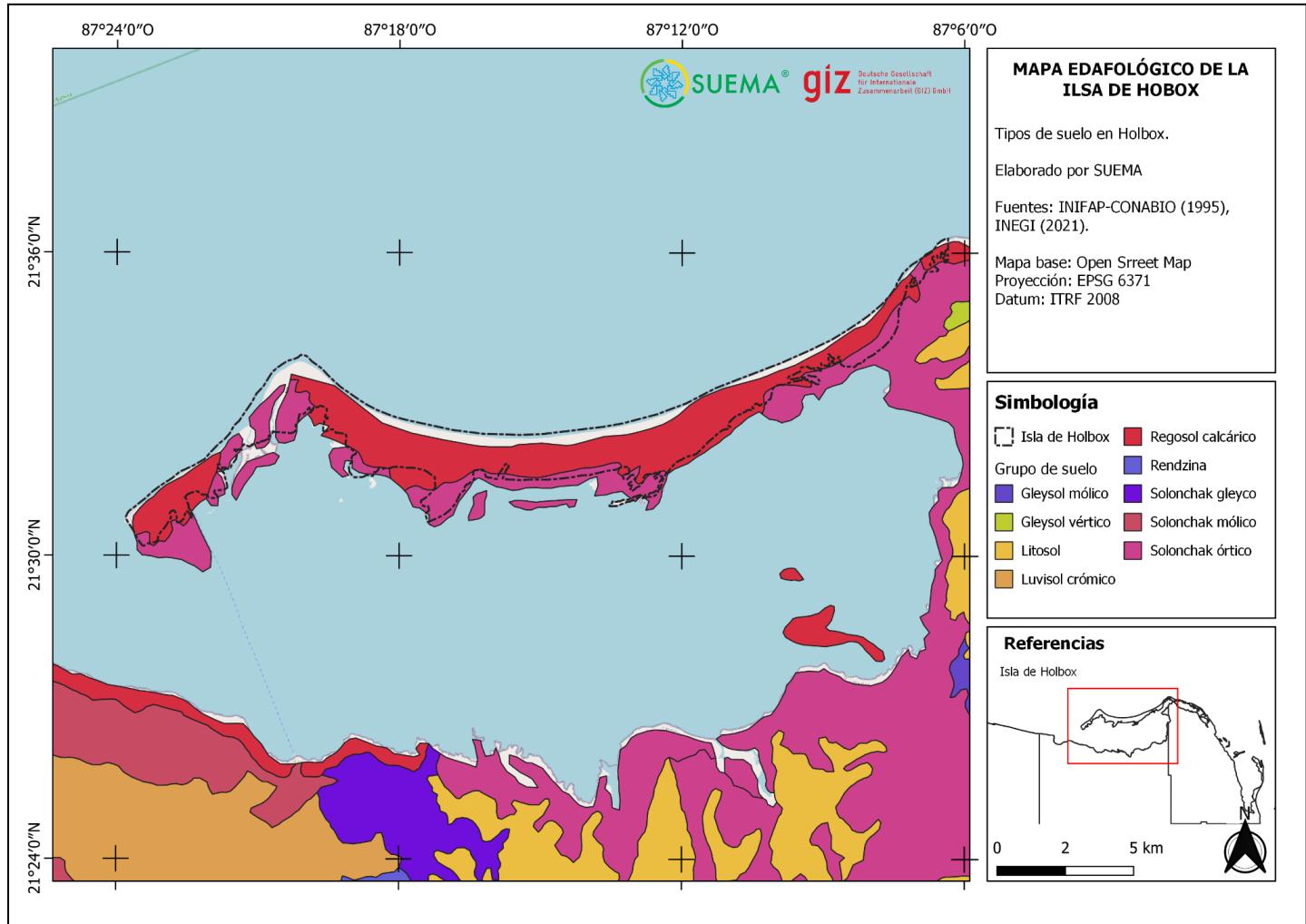
área cárstica con flujos subterráneos, hacen de la zona un área de acuíferos muy importante para el noreste de Quintana Roo ([CONANP, 2019](#)).

Figura 7. Cuerpos de agua y terreno susceptible a inundación.



Los suelos en la zona se caracterizan por ser jóvenes, delgados y poco evolucionados, esto hace que estén sujetos a movimiento continuo de material por acción eólica, fluvial y marítima. Por la porosidad de la roca caliza y una permeabilidad alta del karst, no hay corrientes o acumulación de agua en la superficie lo que promueve un drenaje subterráneo hacia el Golfo de México. Los suelos predominantes en la isla de Holbox son del tipo regosol calcárico y solonchak órtico como puede observarse en la figura 8 ([INIFAP-CONABIO, 1995; CONANP, 2019](#)).

**Figura 8. Mapa edafológico de la isla de Holbox.**



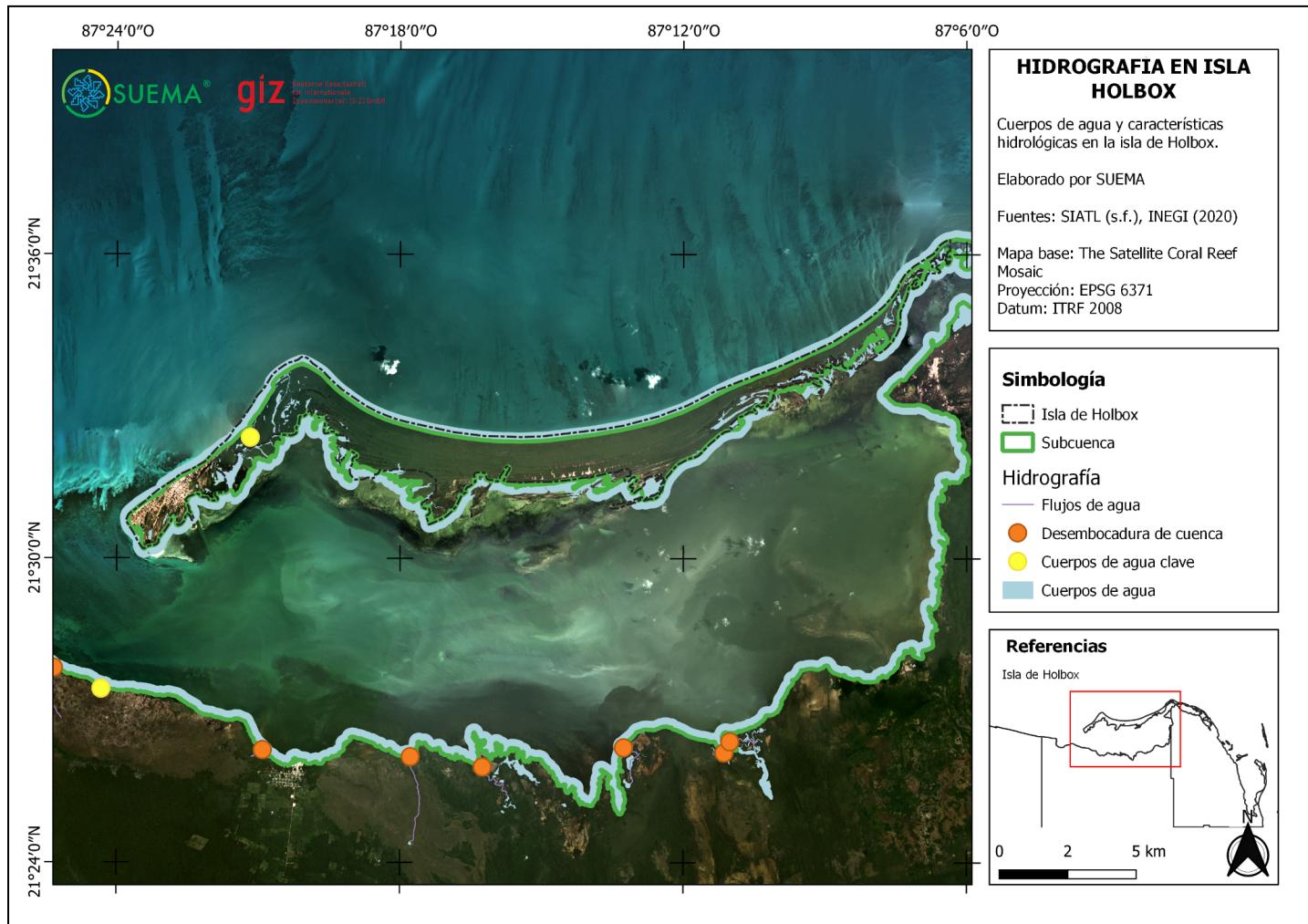
El clima predominante en el territorio de Holbox es de tipo Awo(x'), cálido subhúmedo con temperatura media anual mayor a 22°C y temperatura del mes más frío mayor a 18°C, la precipitación del mes más seco es menor a 60 mm; con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual, de acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García ([CONABIO, 1998](#)).

Los vientos que azotan el ANP provienen del este con velocidades medias de 1.1 m/s llegando a máximas de 17.4 m/s con dirección norte-noroeste, por otro lado, los vientos del noroeste, tienen velocidades medias de 2.5 m/s y máximas de 18.5 m/s con dirección sureste. A su vez, Holbox así como todo el ANP de Yum Balam se ubica en una zona con alto riesgo de huracanes, las trayectorias ciclónicas que pueden tocar el ANP son en promedio de dos por año, en la región, existe una probabilidad del 56% de que una tormenta tropical o un huracán pase a una distancia igual o menor a 160 km. ([SEMAR, s.f.](#); [CONANP, 2019](#)).

Relacionado a la hidrografía, Holbox se encuentra en la subcuenca RH32Aa conocida como subcuenca Quintana Roo. El flujo hidrológico se descarga en la costa norte a través de sistemas cársticos del tipo de cuevas submarinas, caletas, conductos de disolución y manantiales submarinos (figura 9). La precipitación media anual en la zona de Holbox es de aproximadamente 800 milímetros. Estas precipitaciones en el ANP son muy variables,

existen lluvias en verano y otoño, con temporada seca en primavera. La canícula o temporada de mayor sequía, ocurre durante julio y agosto. ([SIATL, s.f.](#), [CONANP 2003](#), [como es citado en CONANP, 2019](#); [CONANP, 2019](#)).

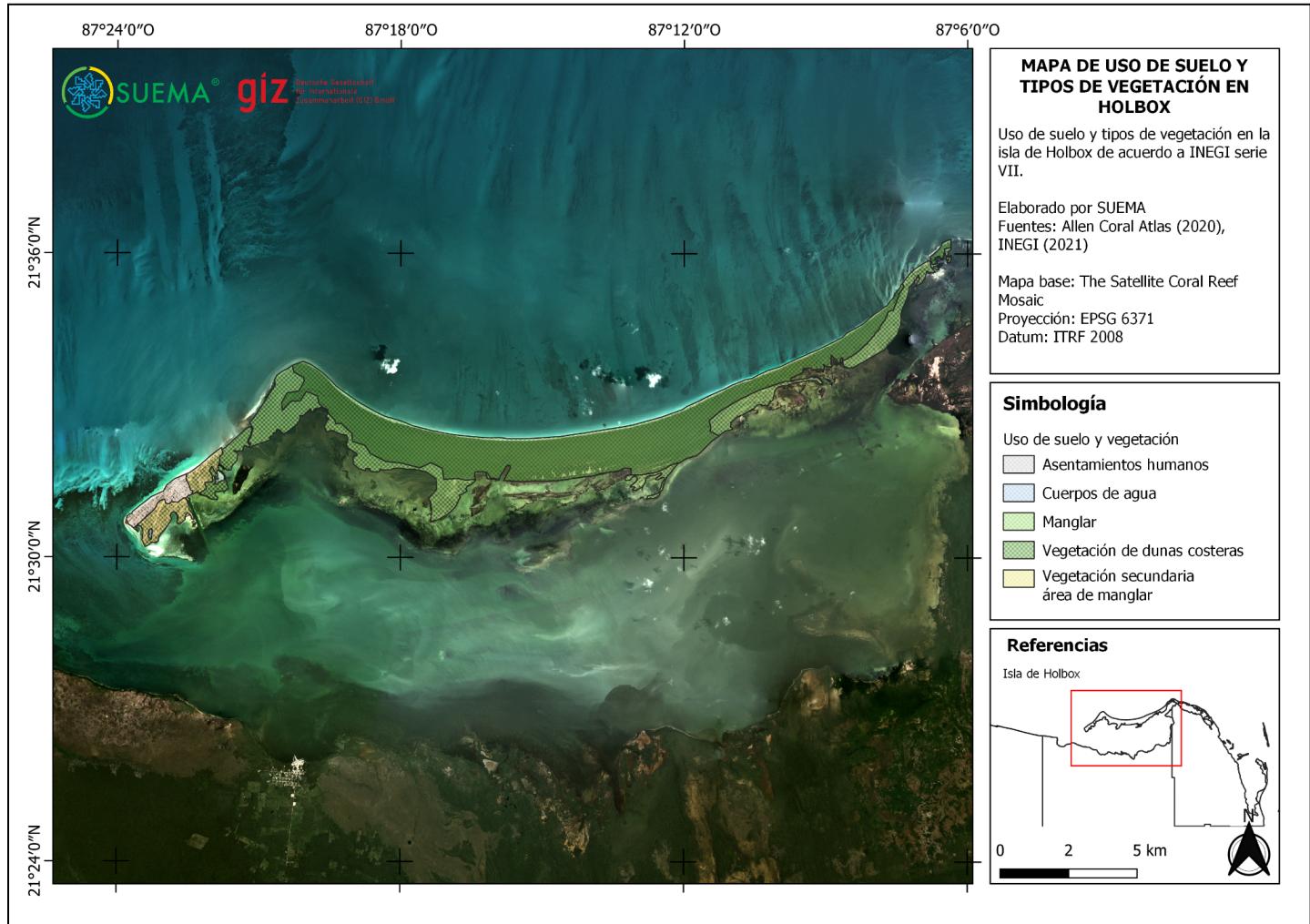
**Figura 9. Hidrografía en la isla de Holbox.**



### Características bióticas

Los tipos de vegetación en la isla de acuerdo a INEGI serie VII ([2021](#)) son: vegetación de manglar, vegetación de dunas costeras y vegetación secundaria área de manglar, (figura 10), en donde albergan 93 especies de mamíferos, 420 especies de aves y 421 especies de plantas. La zona, recibe la visita temporal del tiburón ballena (*Rhincodon typus*), además, en la región habitan aún fauna amenazada y/o en peligro de extinción como el jaguar (*Panthera onca*), tapir (*Tapirus bairdii*), cocodrilos, monos, tortugas marinas y más de 70 especies de reptiles y anfibios ([CONABIO, s.f.](#); [WWF-México, s.f.](#)). Como se mencionó anteriormente, debido a esta riqueza natural, en 1994 se declaró el Área Natural Protegida de Yum Balam, por otro lado, en el 2009, se declaró la Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena ([DOF, 2009](#)) lo que trajo consigo al ecoturismo como una actividad oficial en la microregión ([Virgen Moreno, 2008](#); [López Santillán, 2010](#) como se citó en [García Rodríguez et. al., 2018](#)).

**Figura 10. Mapa de uso de suelo y tipos de vegetación en Holbox.**



La ecorregión conocida como Arrecife Mesoamericano, es prioritaria debido a que ahí se encuentra el segundo arrecife más largo del mundo, extendido a lo largo de 1,000 km de costas. Tan solo a corales se refiere alrededor de 60 especies de todos colores habitan en ella, en donde a su vez habitan 500 especies de peces. La población en esta zona está ligada a su entorno debido a que dependen del ecosistema para obtener alimento e ingresos, sin embargo, esto también amenaza la integridad del sistema ecológico de la ecorregión ([WWF-México, s.f.](#)). Lo anterior, sumado a que la ANP de Yum Balam es una zona prioritaria para la Conservación Ramsar sobre humedales debido a que cuenta con un área de 154,000 hectáreas de humedales conservados ([RAMSAR, 2004](#)) hacen de isla Holbox un paraíso para la biodiversidad cuyo equilibrio ecológico depende del impacto de las actividades humanas en la isla.

### Población local y afluente

Considerada una localidad con ámbito rural y de acuerdo a los últimos censos de población y vivienda realizados por la INEGI, la localidad de Holbox al 2020, tenía una población de 1,841 personas, 355 personas más que en el 2010 ([INEGI, 2010](#); [INEGI, 2020](#)). Sin embargo, a pesar de su baja densidad poblacional local, en los últimos años Holbox se ha convertido en un gran centro de prestación de actividades turísticas, debido a sus características naturales que se complementan con la pesca, lo que ha ocasionado un

incremento en la cantidad de personas que llegan diariamente a la isla, tanto turistas como personas empleadas por los sectores de servicios e industria.

Cabe mencionar que de acuerdo a datos estadísticos del padrón electoral y la lista nominal, en el Estado de Quintana Roo, en la sección 287, correspondiente al municipio de Lázaro Cárdenas y a la localidad de Holbox, 2,089 pobladores se encuentran dentro del padrón electoral, es decir, población que ha solicitado su credencial para votar ([Canal del Congreso, 2021](#); [IEQROO, 2022](#)). Por otro lado, de acuerdo al Sistema de Estadísticas Continuas de la DGPPyEE y la SEP, en el ciclo escolar 2021-2022, 584 alumnos se inscribieron en las 4 escuelas registradas ante la SEP en isla Holbox ([DGPPyEE & SEP, 2022](#)). Considerando lo anterior, se podrían estimar 2,673 habitantes en Holbox en el 2022 de acuerdo a estas fuentes de datos, 832 más que lo reportado por el censo del 2020.

De acuerdo a los indicadores turísticos de enero a diciembre del 2021 ([SEDETUR, 2022](#)), se reportó una infraestructura hotelera de 112 hoteles y 1,551 cuartos en Holbox, esto sin contar los hoteles no registrados o sitios de alojamiento como apartamentos. En el estudio realizado por Alonzo-Marrufo (2020), se estimó un total de 1,000 cuartos de tipo informal publicados en sitios web, esto sin contar aquellos cuartos que se construyen en los propios predios de las viviendas.

De acuerdo al Compendio Estadístico publicado por el Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México ([DATATUR, 2020](#)), durante los años 2015-2020 ha habido una ocupación hotelera promedio en el estado de Quintana Roo del 67.6%, en el mismo periodo, la densidad o factor de ocupación por cuarto ha sido de 2.4. Considerando la cantidad de cuartos reportados por SEDETUR en el 2021 y la estimación de cuartos informales por Alonzo-Marrufo, nos permite estimar que durante el 2021, la afluencia por día, podría haber sido de hasta 4,138 turistas visitando la isla.

Por otro lado, en el 2019, se reportó un total de 308,000 visitantes en la isla de acuerdo a las navieras, es decir, 843 visitantes diarios en promedio. Se reportó también, que durante este año hubo picos de más de 5,000 visitantes en un día (Alonzo-Marrufo, 2020).

Los indicadores de capacidad hotelera en la isla de Holbox y su incremento en los últimos años muestran el acelerado desarrollo de la región, de manera que atienda la demanda turística. No obstante, el desarrollo turístico y económico no debe desligarse de la atención a las problemáticas ambientales y a la conservación ambiental de la zona.

## Economía

De acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) ([INEGI, 2022](#)), en la isla de Holbox se encuentran registradas 360 Unidades Económicas (UE). En la tabla 1 se muestra la relación porcentual de acuerdo al sector económico de las actividades de dichas UE y la clasificación para México del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN, 2018). El 49.16 % de las actividades se encuentran en el sector de “Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas”, seguido del sector “Comercio al por menor” con un 30.17%, ambos sectores representan casi el 80%.

Tabla 1. Sectores económicos de las actividades de las Unidades Económicas en la isla de Holbox.

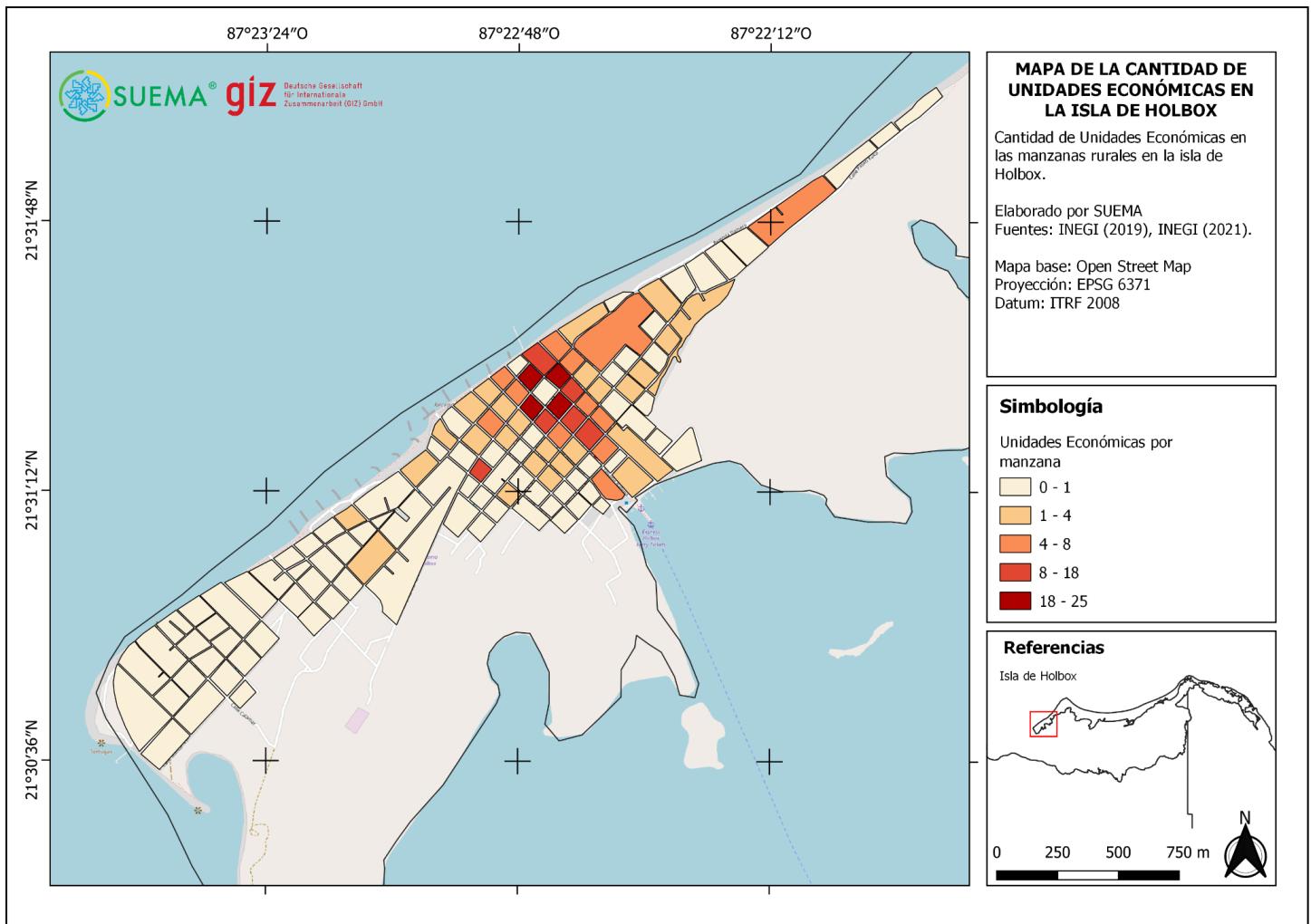
Código SCIAN	Nombre del sector	Porcentaje

(Sector)		
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	49.16%
46	Comercio al por menor	30.17%
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	6.42%
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	3.07%
31	Industrias manufactureras	1.68%
62	Servicios de salud y de asistencia social	1.68%
93	Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales	1.12%
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0.84%
22	Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	0.84%
43	Comercio al por mayor	0.84%
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	0.84%
61	Servicios educativos	0.84%
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	0.84%
51	Información en medios masivos	0.56%
52	Servicios financieros y de seguros	0.56%
33	Industrias manufactureras	0.28%
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.28%
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>

Elaboración propia a partir de datos del DENU (INEGI, 2022).

En la figura 11 se puede observar la distribución de las UE en la isla, se observa que en el centro del asentamiento se concentra el mayor número de UE lo que podría indicar una mayor densidad y flujo de personas y por lo tanto una mayor generación de residuos sólidos urbanos en dicha zona.

**Figura 11. Mapa de la cantidad de unidades económicas en la isla de Holbox.**



Cabe resaltar que en el estudio realizado por Alonzo-Marrufo (2020), se reportan un total de 930 generadores no domiciliarios, es decir, establecimientos comerciales de importancia en la generación de residuos en la isla, la cantidad de establecimientos identificados se realizó mediante recorridos por calles e identificación de sectores de los lotes observados (tabla 2), esto es poco más del 250% mayor a lo reportado por INEGI en el DENU (2022).

**Tabla 2. Sectores comerciales y número de establecimientos identificados por Alonzo-Marrufo (2020).**

Sector	Establecimientos
--------	------------------

Hoteles y hospedajes	360
Comercios	324
Fondas	109
Restaurantes	82
Mini súper / Alimentos	55
<b>Totales</b>	<b>930</b>

Elaboración propia a partir de datos de Alonzo-Marrufo (2020)

Por otro lado, en un ejercicio similar al de Alonzo-Marrufo, en el mismo año, se censaron por parte de la Alcaldía Municipal de Holbox, los establecimiento comerciales en la isla (tabla 3), estos recorridos duraron entre uno y dos meses, en los que se identificaron un aproximado de 1,197 establecimientos comerciales, esto sin contar los aproximadamente 70 negocios ambulantes en la isla. De igual forma, se censaron alrededor de 544 viviendas, de importancia económica debido a que el alojamiento turístico privado es una actividad generalizada ya que se estima que posiblemente en cada vivienda, entre 1 y 2 cuartos, se disponen para el alojamiento turístico.

**Tabla 3. Sectores comerciales y número de establecimientos identificados por la autoridad de Holbox.**

Sector	Establecimientos
Negocios comerciales	418
Posadas (<10 cuartos)	470
Hoteles (>10 cuartos)	73
Fondas	149
Restaurantes	87
<b>Totales</b>	<b>1,197</b>

Elaboración propia a partir de datos compartidos por la Alcaldía Municipal de Holbox.

Dentro de los establecimientos dedicados al alojamiento temporal (posadas y hoteles), se contabilizaron alrededor de 3,491 cuartos disponibles. Considerando el promedio entre 1 y 2 cuartos disponibles por vivienda, en Holbox, podrían haber cerca de 4,307 cuartos disponibles para el alojamiento turístico.

Durante las entrevistas realizadas a actores clave en Holbox, se mencionó que durante el 2019 y 2022, el crecimiento de establecimientos comerciales ha sido considerable a pesar de las consecuencias de la pandemia por COVID-19, solo se observaron afectaciones económicas el primer año. En el 2021 ya se observaban más negocios instalados, sobre todo en la zona centro en donde se reporta que, “hasta el último rincón”, ha sido ocupado.

Para fines de este diagnóstico, se realizaron proyecciones de crecimiento de establecimientos comerciales para el año 2022. Para estimar este crecimiento comercial, se utilizó la tasa mensual de nacimientos de establecimientos económicos en los sectores

comercio y servicios (0.57% y 0.52% respectivamente) de acuerdo al estudio de Demografía de Negocios (DN) en el periodo 2019 - 2021, específicamente para el estado de Quintana Roo, proporcionados por [INEGI \(2021\)](#). Estas tasas indican que, de cada 100 establecimientos existentes en un mes del periodo, en el mes siguiente nacieron 0.57 y 0.52 establecimientos en el sector comercio y sector servicios respectivamente.

Se utilizaron las tasas de nacimiento mensuales antes mencionadas, para calcular el crecimiento en un periodo de 2 años (para considerar el crecimiento durante el año 2020 y 2021). En la tabla 4 se desglosa la cantidad de establecimientos por sector de acuerdo a lo reportado por la Alcaldía Municipal y la cantidad de establecimientos proyectados para el año en curso.

**Tabla 4. Proyecciones de crecimiento de los establecimientos comerciales en la isla de Holbox.**

Sector	Establecimientos 2019	Establecimientos 2022
Negocios comerciales	418	482
Posadas (<10 cuartos)	470	535
Hoteles (>10 cuartos)	73	83
Fondas	149	170
Restaurantes	87	99
<b>Totales</b>	<b>1,197</b>	<b>1,369</b>

Elaboración propia a partir de datos del censo local de establecimientos comerciales durante el 2019 y las tasas de nacimiento mensual de negocios INEGI (2021).

Para el año 2022 entonces, se estiman 1,369 establecimientos comerciales que, más allá de la importancia económica, son también, importantes generadores de residuos en Holbox.

### **Concentración de la población y la construcción urbana**

Con ayuda de imágenes satelitales disponibles en la plataforma gratuita y abierta del Proyecto Copernicus ([European Space Agency \(ESA\) & European Union, 2022](#)), se realizó una evaluación rápida<sup>1</sup> para ubicar las zonas en donde puede haber una mayor concentración urbana. Con ayuda del software de uso libre QGIS ([QGIS.org, 2020](#)), las imágenes obtenidas se procesaron para calcular dos índices, NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada por sus siglas en inglés) y NDBI (Índice de Diferencia Normalizada Edificada por sus siglas en inglés), ambos índices se utilizaron para calcular el índice BU (Built-Up por sus siglas en inglés) de acuerdo a la siguiente fórmula: NDBI - NDVI.

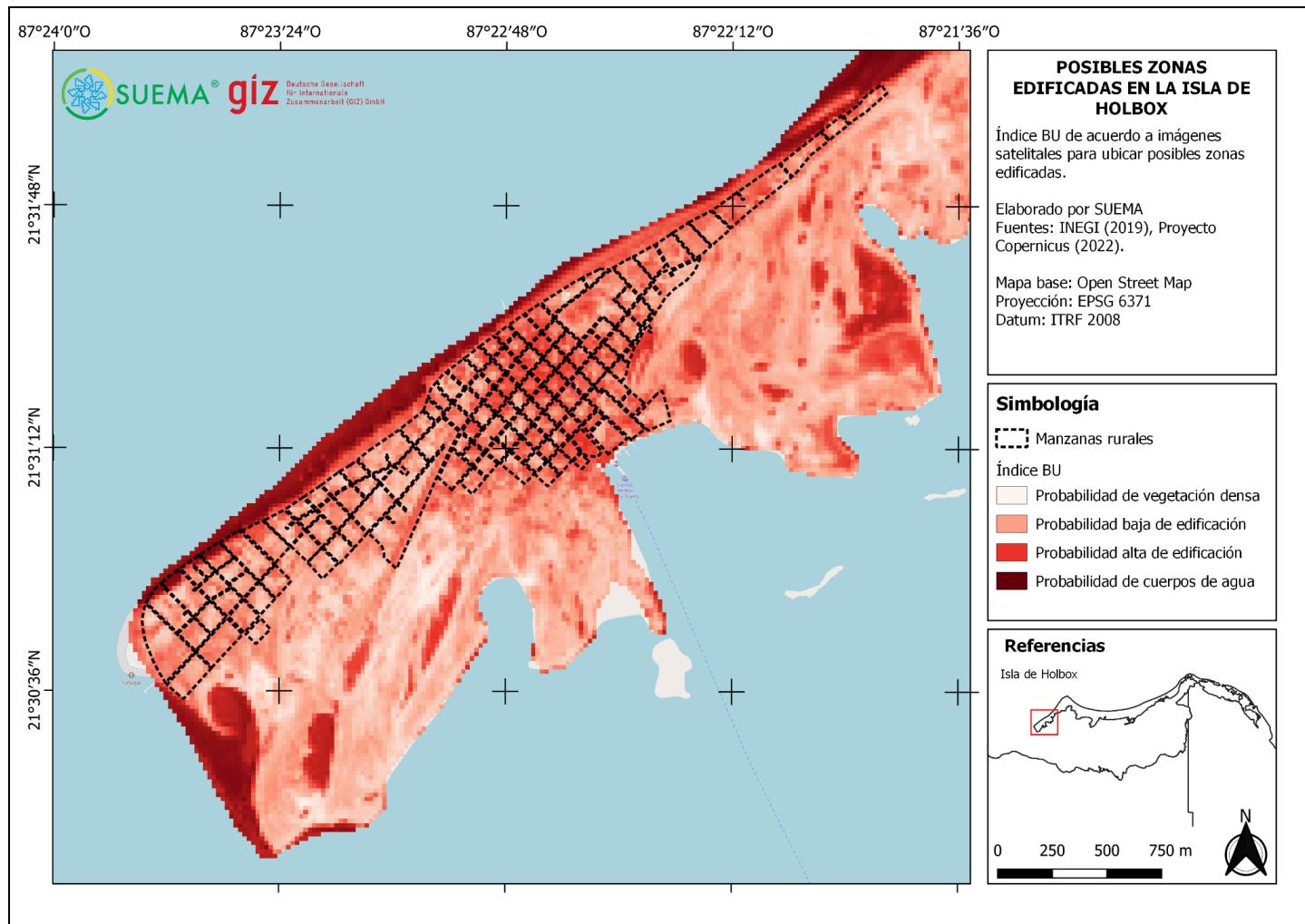
El índice NDVI permite obtener como resultado una capa de información geográfica con valores de -1 a 1, los valores negativos corresponden a zonas desprovistas de vegetación como cuerpos de agua, rocas o asentamientos humanos mientras que los valores positivos entre 0.2 y 1 corresponden a zonas con vegetación densa ([eos.com, 2020](#)). De forma similar, el índice NDBI permite localizar zonas con probabilidad alta de estar edificadas con

---

<sup>1</sup> Numerosas metodologías existen en la literatura para el cálculo de índices de edificación a partir de datos satelitales. Debido a la resolución limitada de las imágenes de uso libre disponibles, se realizó una evaluación rápida para los resultados aquí presentados.

valores positivos y zonas con probabilidad de no estar edificadas con valores negativos ([idegeo, 2019](#)). Al utilizar ambos índices para el cálculo del índice BU obtenemos una capa de información geográfica con un valor más alto para mapear zonas con probabilidad de estar edificadas ([Kshetri, 2018](#)). En el mapa de la figura 12 se puede observar el resultado de esta evaluación que coincide con el mapa de la figura 11 que muestra la densidad de UE en la isla. La concentración poblacional y urbano-construida podría estar ubicada en el centro de la isla, lo que nos permitiría dilucidar que en estas zonas, existe una mayor generación de residuos sólidos urbanos.

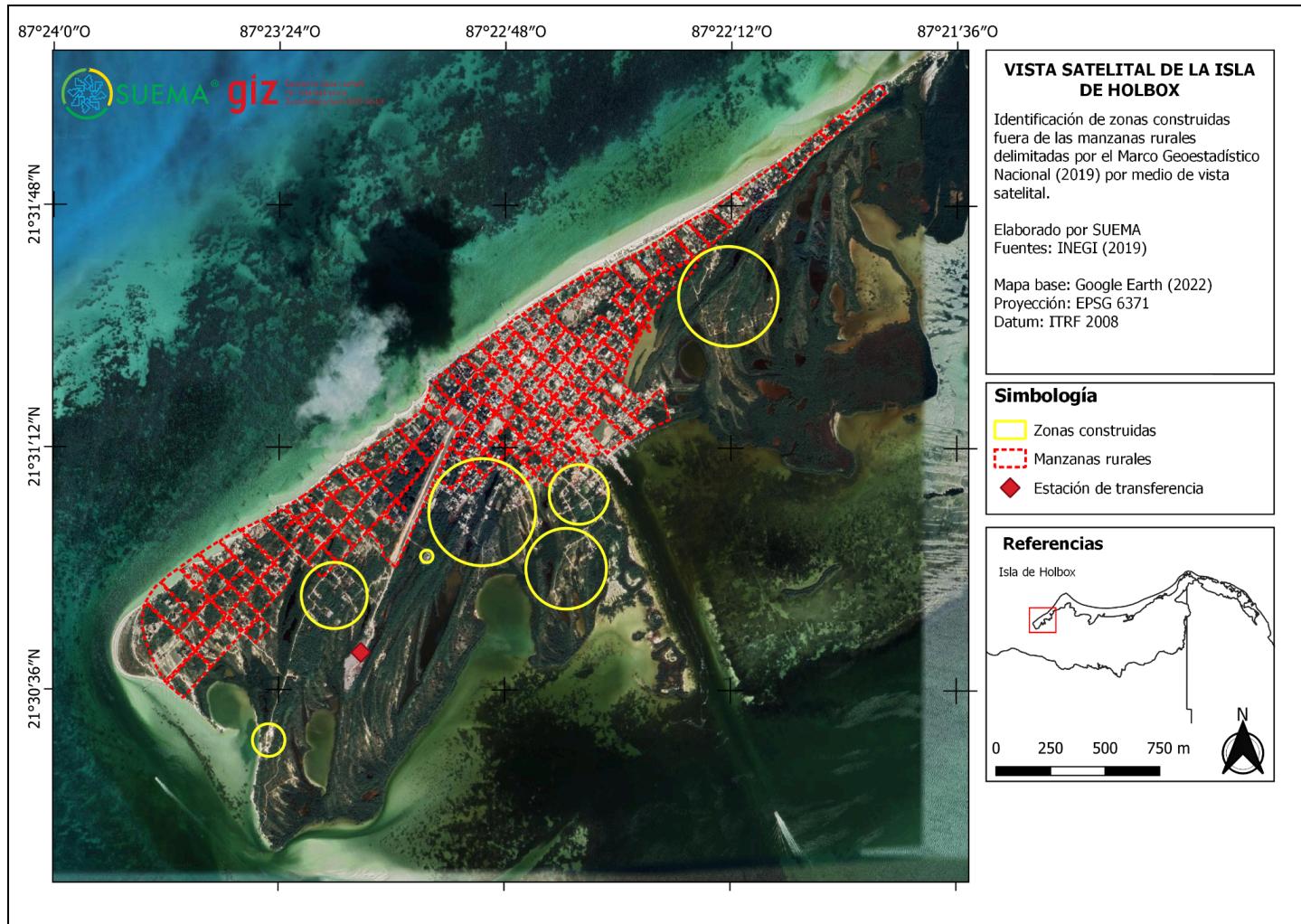
**Figura 12. Mapa que muestra las posibles zonas edificadas en la isla de Holbox.**



De acuerdo al Marco Geoestadístico Nacional (MGN) del año 2002, el área ocupada por las manzanas rurales en isla Holbox era de 23.39 hectáreas mientras que para el año 2019 (figura 11), el área ocupada por las manzanas rurales fue de 129.87 hectáreas, esto nos permite estimar un crecimiento anual de 6.2 hectáreas. Una estimación con resultados similares fue reportada en el estudio realizado por Alonzo-Marrufo (2020) a partir de datos de García-Rodríguez (2017), estimando un crecimiento lineal de 4.02 hectáreas al año.

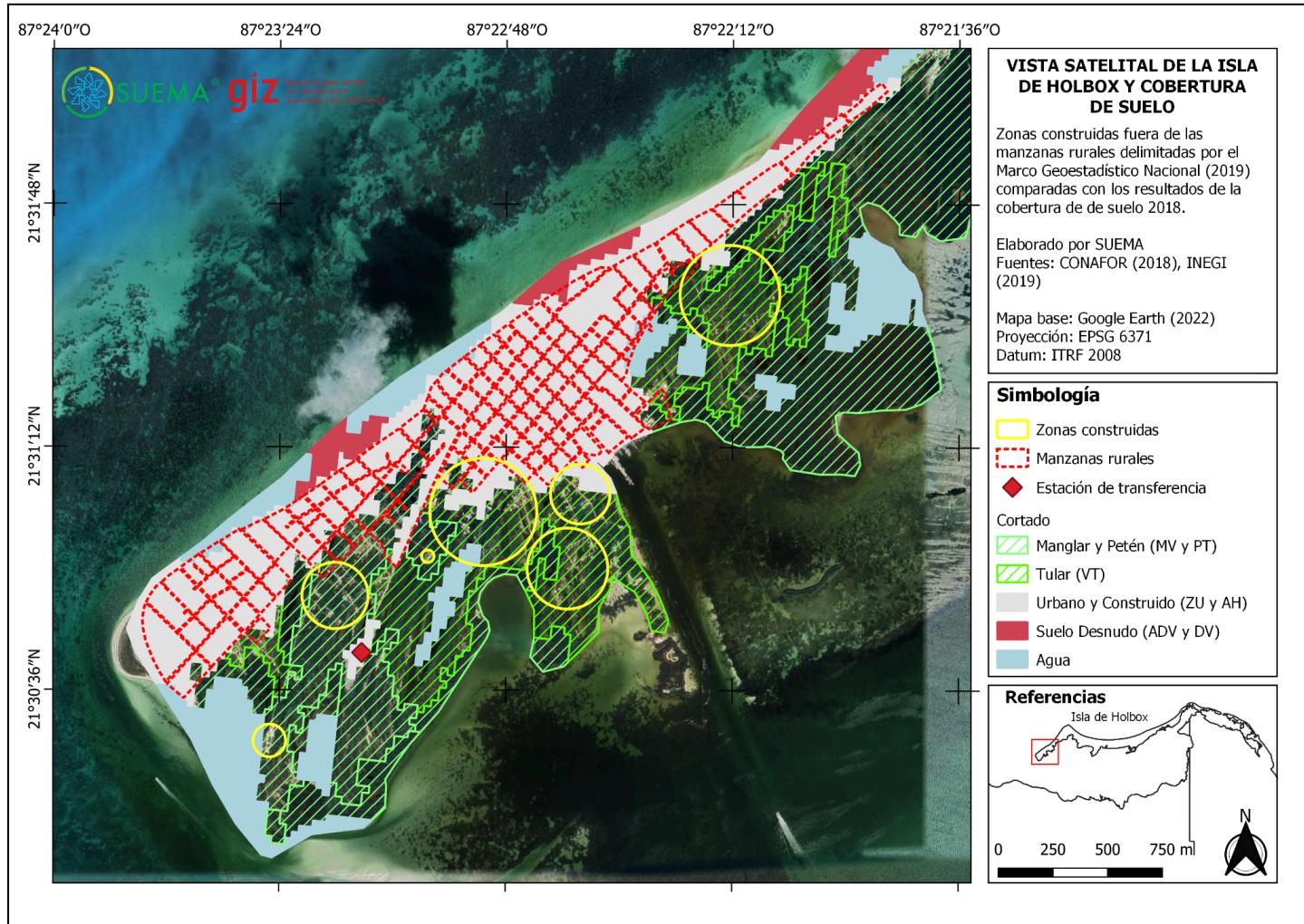
De acuerdo a vistas satelitales y los resultados obtenidos por el análisis mostrado en el mapa de la figura 12, se observan zonas construidas fuera de las manzanas reportadas en el MGN del 2019 (figura 11), en la figura 13, se pueden observar estas zonas construidas fuera de las manzanas delimitadas.

**Figura 13.** Vista satelital de la isla de Holbox. En amarillo, se rodean las zonas con aparente edificación y que se encuentran fuera de las manzanas delimitadas en el MGN del 2019.



La Comisión Nacional Forestal y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ponen a disposición de la ciudadanía, el Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF), el cual, tiene como objetivo generar información geoespacial para monitorear los cambios en la cobertura de suelo a través del análisis de imágenes satelitales de alta resolución, ofreciendo mapas de cobertura de suelo (MCS) de muy alta calidad con caracterización del uso de suelo en 34 distintas clases y una unidad mínima mapeable (UMM) de 1 ha ([CONAFOR, 2020](#)). En el mapa resultado del 2018, se puede observar, que las zonas marcadas en amarillo con aparente crecimiento urbano, como se observa en la figura 13, anteriormente tenían una cobertura de vegetación de Tular y de Manglar y Petén, como se observa en la figura 14. Tal como es reportado en el estudio de Alonzo-Marrufo (2020), la isla Holbox podría estar al límite o puede haber rebasado ya lo permitido para la expansión urbana de acuerdo al Plan de Manejo de Yum Balam el cual considera un máximo de 212 hectáreas.

Figura 14. Vista satelital de la isla de Holbox. Se muestra la cobertura de suelo en el 2018.



## Residuos

### Estudios previos

En el año 2014, [Alonzo-Marrufo & Paz-Hernández](#), reportaron los resultados de los estudios de generación realizados por la Asociación Civil Yaax Beh durante el 2008, cuya metodología siguió las normas ambientales mexicanas correspondientes. Como resultado, se reportó una generación de alrededor de 1.07 toneladas al día de residuos, siendo el turismo y las actividades relacionadas, la principal fuente de generación. Tan solo un tercio de la generación provenía de la población local. De dicha generación, el 45% correspondió a residuos orgánicos, mientras que el 55% restante a residuos inorgánicos. De estos últimos, alrededor del 35% por sus características, se consideraron materiales con potencial de recuperación y valorización.

En el 2020, Alonzo-Marrufo realizó una actualización de los estudios realizados durante el 2008 y el 2014, adicional, realizaron un estudio de generación para un grupo específico de hoteles y restaurantes el cual sentaría las bases para una propuesta de Plan de Manejo Colectivo de RSU.

Por otra parte, otros medios principalmente periodísticos, han reportado datos e información sobre la problemática de los residuos en la isla. Desde el 2018 por ejemplo, en donde se

relaciona el aumento en la generación debido al aumento de la afluencia turística en Holbox en los últimos años, llegando a superar en aquel momento, las 20 toneladas diarias ([Murillo, 2018](#)). Artículos más recientes como el de La Jornada ([Ruiz-Canduriz, 2020](#)) han llegado a reportar una generación de hasta 30 ton diarias.

### Situación actual

Durante julio del 2022 se realizó una visita a la localidad de Holbox y se realizaron entrevistas con distintos actores para evaluar la situación actual en materia de residuos, de igual forma, se hizo una visita al relleno sanitario en la localidad de Kantunilkín. A continuación, se condensan los resultados obtenidos en campo con datos recuperados desde fuentes oficiales, artículos y reportes periodísticos así como de estudios recientes.

#### *Generación de residuos*

#### Reportes previos

Es un hecho que la mayor fuente de generación de RSU en Holbox deriva de las actividades relacionadas con el turismo. Durante las entrevistas realizadas en campo, algunos actores reportan un aumento exponencial en la generación en los últimos 14 años, de las 1 ton diarias en 2008 a las 20 ton aproximadamente en el 2022, teniendo picos de generación de hasta 35 ton diarias.

El 23 de agosto del 2022, se aprobó por parte del Congreso del Estado de Quintana Roo, la iniciativa para otorgar la concesión de los servicios públicos municipales de limpieza, recolección y traslado de los residuos sólidos urbanos en isla Holbox por 15 años, esta fue presentada por el presidente municipal y la síndica del H. Ayuntamiento de Lázaro Cárdenas. Dicha licitación, se decidió a favor de un consorcio de 3 empresas (Concretos Sustentables Mexicanos S.A.P.I. de C.V., Nómadas Playa S.A. de C.V. y Solución de Residuos Kalan Kuxtal S.A.P.I. de C.V.), cuya propuesta cumplió con las condiciones técnicas, legales y económicas para satisfacer los requerimientos. Para la propuesta económica, se consideró un promedio de 30 toneladas por día, puesto que se estima una generación mínima de 25 ton/día que se incrementa hasta 40 toneladas diarias en temporada alta ([Ayuntamiento de Lázaro Cárdenas, 2022; Congreso del Estado de Quintana Roo, 2022](#)).

En la tabla 5 se resumen las cantidades reportadas desde distintas fuentes. Como se observa, la generación podría rondar entre las 20 y 40 ton diarias.

Tabla 5. Condensado de información referente a la generación de RSU en isla Holbox.

Cantidad reportada (ton/día)	Fuente	Comentarios
>20	<a href="#">Murillo (2018)</a>	Informe del representante de la empresa encargada de la recolección y disposición de RSU.
24.5	Alonzo-Marrufo (2020)	De acuerdo a la estimación de los RSU depositados en la Estación de Transferencia.

30	<a href="#">Ruiz-Canduriz (2020)</a>	
30	Centinelas del Agua, A.C. (2022)	Estimación preliminar.
25 a 40 (~30)	<a href="#">Congreso del Estado de Quintana Roo (2022)</a>	Cantidad considerada en la propuesta económica para la concesión de los servicios públicos municipales de limpieza, recolección y traslado de los RSU en isla Holbox.
20 a 35 (~27.5)	Entrevistas en campo	

Considerando un promedio, podemos consensuar que la generación reportada a través de distintas fuentes, podría rondar en las 27 ton diarias, equivalentes a una generación per cápita de 10.10 kg/hab/día, cantidad muy elevada debido a la baja densidad poblacional lo que indica que la mayor parte de los residuos proviene de la generación no domiciliaria, principalmente del sector de comercios y servicios relacionados al turismo.

### **Estimaciones de la generación de residuos sólidos urbanos en isla Holbox**

A partir de los datos obtenidos en campo y complementando con estudios previos en materia de residuos tanto en isla Holbox como en otras partes del país, se realizaron estimaciones propias de generación, para fines de este diagnóstico, así como para la alimentación de datos para las herramientas Waste Flow Diagram (GIZ et. al., 2020), Waste Wise Cities (ONU-Hábitat, 2020) y el Modelo CANVAS de generación de residuos, presentados más adelante (United Nations Environment Programme, 2020).

#### **Estimación de la generación domiciliaria**

De acuerdo al Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos en su edición 2020 (SEMARNAT, 2020), se estima una generación domiciliaria de la región Sureste de 0.743 kg/hab/día. Considerando lo anterior, podríamos estimar que la cantidad de RSU provenientes de domicilios es de aproximadamente 1.36 toneladas diarias, tomando como referencia la población reportada por INEGI en el 2020 y de 1.98 toneladas diarias considerando las estimaciones con base en datos del padrón electoral y alumnos inscritos en Holbox para el año 2022.

#### **Estimación de la generación no domiciliaria**

Como se describió anteriormente, se estima un total de 1,369 establecimientos comerciales en la isla de Holbox de acuerdo a las proyecciones realizadas para el 2022. Considerando el número de establecimientos comerciales y el sector entre los que se clasifican, se estimó la cantidad de residuos generados retomando los datos de generación obtenidos del estudio realizado por Alonzo-Marrufo (2020).

En el 2019, se estimaron alrededor de 3,491 cuartos disponibles para el alojamiento turístico entre los 73 hoteles y las 470 posadas identificadas. Considerando un promedio de 6

cuartos por establecimiento, para las proyecciones del 2022, podemos estimar cerca de 3,708 cuartos disponibles para el alojamiento que, sumados a los cuartos privados que se rentan en las viviendas en la isla, darían un total de 4,524 cuartos disponibles.

Los supuestos para el cálculo de generación estimada en cada uno de los sectores queda como sigue:

- Se considera una generación diaria promedio por cuarto de 1.2 kg a partir de las estimaciones de Alonzo-Marrufo (generación de 1.62 kg por cuarto en cuartos formales y generación de 0.78 kg en cuartos informales).
- Para la estimación en negocios comerciales se consideró un promedio de generación de 19.77 kg por establecimiento.
- Para la estimación en fondas se consideró un promedio de generación de 38.5 kg por establecimiento.
- Para la estimación en restaurantes se consideró un promedio de generación de 114.2 kg por establecimiento.

En la tabla 6 se muestran los resultados de estas estimaciones.

**Tabla 6. Condensado de información referente a la generación de RSU en isla Holbox.**

Fuente generadora	Cantidad	Generación (kg/día)
Cuartos para el alojamiento	4,524	5,428.8
Negocios comerciales	482	9,529.1
Fondas	170	6,545.0
Restaurantes	99	11,305.8
<b>Totales</b>	<b>5,275</b>	<b>32,808.7</b>

Elaboración propia a partir de datos del censo local de establecimientos comerciales durante el 2019, los datos de generación de residuos por sector realizados por Alonzo-Marrufo (2020) y las tasas de nacimiento mensual de negocios INEGI (2021) .

Dicho lo anterior, podemos estimar que en la localidad de Holbox existe una generación aproximada de 32.8 toneladas diarias provenientes de establecimientos comerciales, que, sumada a la generación estimada proveniente de domicilios, daría un total de 34.8 toneladas diarias, siendo los residuos de origen no domiciliario los más representativos, con poco más del 94% de representación (ver tabla 7).

**Tabla 7. Generación diaria de residuos por fuente generadora y porcentaje representativo.**

Fuente generadora	Generación (ton/día)	% dentro del total
Población	1.98	5.71
Hoteles y posadas	5.43	15.60
Negocios comerciales	9.51	27.39
Fondas	6.55	18.81

Restaurantes	11.30	32.49
<b>Totales</b>	<b>34.8</b>	<b>100</b>

Elaboración propia a partir de datos del censo local de establecimientos comerciales durante el 2019, los datos de generación de residuos por sector realizados por Alonzo-Marrufo (2020) y las tasas de nacimiento mensual de negocios INEGI (2021) .

#### *Composición de los residuos generados*

En el 2008 la Asociación Civil Yaax Beh, realizó un estudio de generación y composición de residuos en la isla de acuerdo a la normativa vigente (Hernández Espinosa de los Monteros & Ramos-Guevara, 2012). De igual forma, Alonzo-Marrufo en su estudio de generación y composición de residuos, reporta datos de composición de residuos particularmente en hoteles. Para determinar la composición de los residuos generados en Holbox, se retomaron estos estudios mencionados y se complementaron con el estudio realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en conjunto con el Gobierno del Distrito Federal en el año 1999, sobre el manejo de residuos sólidos en la ciudad de México, el cual es una fuente importante de datos sobre la generación y composición de residuos provenientes de diversos sectores comerciales. Las estimaciones de composición se proyectaron para el 2022 tomando en cuenta las tendencias nacionales y proyecciones de generación y composición a partir de datos de SEDESOL (2013). La tabla 8 muestra la generación y composición estimada de los residuos sólidos generados en isla Holbox para el año 2022.

**Tabla 8. Generación y composición de los residuos por fuente generadora.**

Categoría	Generación domiciliaria (ton/día)	Generación no domiciliaria (ton/día)	Total (ton/día)	Fracción
Papel	0.20	1.19	1.44	4.01%
Plásticos	0.30	1.71	2.07	5.78%
Vidrio	0.16	2.87	3.14	8.72%
Metales	0.07	0.57	0.66	1.84%
Otros	0.39	7.96	8.65	24.01%
Orgánicos	0.87	18.50	20.06	55.65%
<b>Totales</b>	<b>1.98</b>	<b>32.80</b>	<b>34.8</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia a partir de datos de composición de residuos por sector comercial reportados por JICA (1999), el censo local de establecimientos comerciales durante el 2019, los datos de generación y composición en hoteles y otros sectores realizados por Alonzo-Marrufo (2020) y las tasas de nacimiento mensual de negocios INEGI (2021) .

#### *Proyecciones de la generación de residuos*

La generación de residuos se proyectó para el año 2030, para ello, se utilizaron los indicadores demográficos de crecimiento obtenidos de las estimaciones realizadas por [CONAPO \(2019\)](#) para determinar el número de habitantes en la isla para ambos años, la

estimación de generación domiciliaria se calculó partiendo de la tasa de generación de 0.743 kg/hab/día, señalada en el [DBGIR \(2020\)](#) para el sureste.

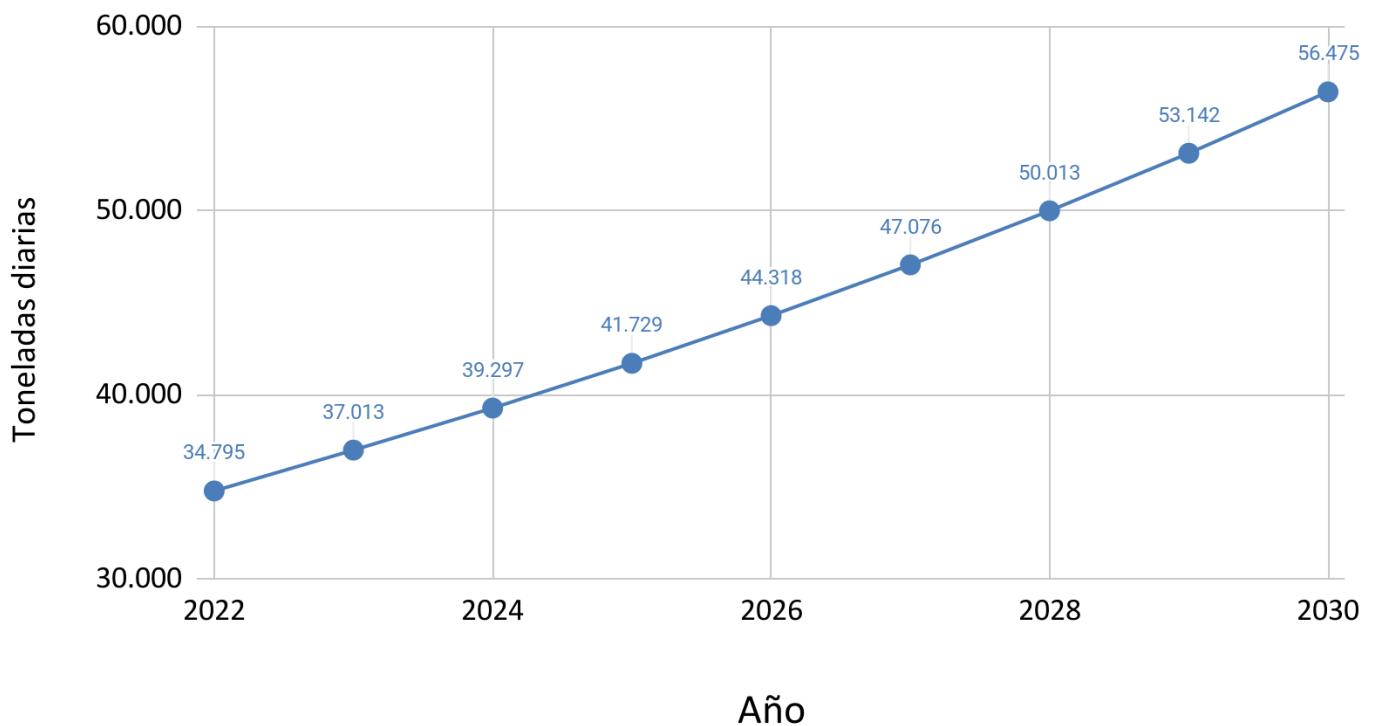
Por otro lado, para estimar la cantidad de residuos no domiciliarios se determinó la cantidad máxima de establecimientos comerciales que podrían establecerse en la isla, para ello, en un Sistema de Información Geográfica (SIG) se analizaron las estadísticas de la densidad de unidades económicas (unidades económicas por hectárea de acuerdo al DENUE 2022) en AGEBs del estado de Quintana Roo (Marco Geoestadístico Nacional, 2019). La densidad promedio de UE por hectárea en AGEBs que conforman las localidades urbanas del estado de Quintana Roo, es de 2 UE/ha, sin embargo, también existen máximos de 20 UE/ha. Los datos atípicos se encuentran en un rango de 7 a 20 UE por hectárea y se presentan en AGEBs de localidades como Playa del Carmen, Cancún, Cozumel, Chetumal y Tulum, localidades con gran afluencia turística, lo que tendría relación con que en algunas AGEBs en éstas localidades, exista una mayor densidad de UE por hectárea. El promedio de este rango de datos atípicos es de aproximadamente 10.5 UE por hectárea.

Como se mencionó anteriormente, Holbox podría estar al límite de la expansión humana de acuerdo a lo establecido en el Plan de Manejo de Yum Balam (212 hectáreas máximas), de acuerdo al Marco Geoestadístico Nacional 2022, el área urbana en Holbox es de alrededor de 129.87 hectáreas, lo que podría significar que la mancha urbana podría crecer aproximadamente 82 hectáreas más. Tomando en cuenta el promedio de 10.5 UE/ha como máximo del establecimiento de UE y la mancha urbana expandible por 82 ha adicionales, nos permite calcular un máximo de 866 establecimientos comerciales que pueden construirse en Holbox que sumados a los establecimientos actuales estimados, daría un total de poco más de 2,200 establecimientos, que dado las tendencias de crecimiento analizadas hasta el momento, en el 2030, se podría llegar a esta cantidad de establecimientos.

En el gráfico de la figura 15 se observa el posible aumento de la generación de residuos sólidos en isla Holbox hasta el 2030. La generación pasaría de 34.8 toneladas diarias a 56.4 toneladas al día. Cabe mencionar que Alonzo-Marrufo (2020) realizó una proyección para el 2029 tomando en cuenta el porcentaje de crecimiento en cuartos de hoteles, calculando una generación de 70 toneladas diarias, una diferencia de poco más de 13 toneladas comparadas con la proyección aquí presentada.

**Figura 15. Proyecciones de generación para el año 2030.**

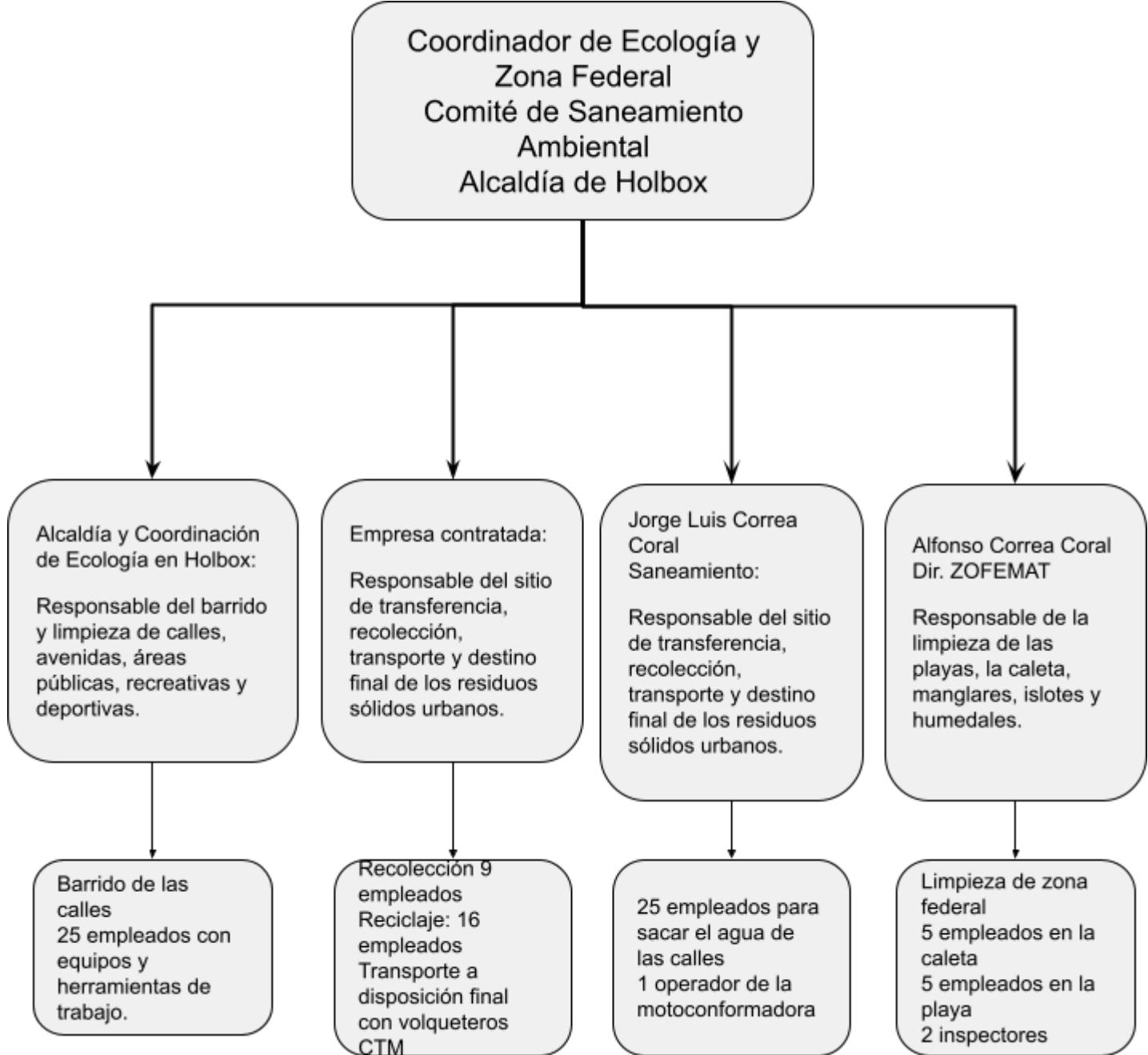
### Generación proyectada al 2030



### Diagnóstico básico de las etapas del manejo integral de residuos sólidos urbanos en la isla de Holbox

El manejo integral de los residuos sólidos urbanos en Holbox está a cargo del Coordinador de Ecología y Zona Federal, el Comité de Saneamiento Ambiental y la Alcaldía de Holbox, en la figura 16 se puede ver la estructura para la limpieza general de la isla (Campos-Arcona, 2022).

Figura 16. Estructura para la limpieza general de la isla Holbox.



Adaptado del gráfico compartido por el Coordinador de Ecología en Holbox, Franklin Campos Arcona (2022).

### *Barrido*

De acuerdo a lo observado en campo y las entrevistas realizadas, se reporta que el barrido es manual y lo realizan 4 personas en total, 2 por cada lado de la isla. Para ello, utilizan rastrillo, escobas, bolsas y picos. Cabe mencionar que actualmente, la empresa conocida como Nómadas, es la encargada de gestionar la recolección en la isla, pero a pesar de ello, los empleados son del municipio.

Durante los meses de mayo a junio a través de la página de Facebook "[Residuos Holbox](#)", aparentemente de propiedad del Servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en

Holbox, reportaron activamente labores de barrido en la isla. Se desconoce la cantidad de residuos recolectados a través del barrido manual.

#### *Recolección de residuos*

El servicio de recolección de residuos sólidos urbanos en Holbox es el encargado de la recolección de los RSU en la isla a través de la gestión de la empresa Nómadas, quienes tienen contrato mensual con el municipio. Entre 20 y 25 toneladas diarias se reportan llegan a la ET provenientes de los servicios de recolección en la isla (Nómadas, 2022).

Otros actores de la sociedad civil, organizaciones, recicladores informales, entre otros realizan labores de recolección, principalmente de valorizables.

#### *Recolección formal de residuos mezclados*

La recolección la realizan 13 trabajadores en total, cuentan con 4 vehículos de recolección tipo Pick-Up y un volquete de 7 toneladas, sin embargo, este se encuentra fuera de servicio por mantenimiento.

El horario laboral para las recolección se divide en 2 turnos: diurno y nocturno. Entre las 07:00 hrs a las 16:00 hrs y entre las 23:00 hrs y las 05:00 hrs. Son 6 trabajadores los que realizan la recolección en el horario nocturno.

La recolección se realiza puerta a puerta debido a que no existen contenedores públicos puesto que se intentó pero no se tuvo resultados positivos. Por otro lado, la administración anterior había donado 40 contenedores de plástico pero desaparecieron. A falta de vehículos adecuados, la recolección y carga de residuos se hace de forma manual lo que en ocasiones genera que los residuos se liberen de las bolsas o se liberen de tambos de 200 lts, en donde las personas y comercios normalmente almacenan sus residuos, y debido a las características de los vehículos, dificulta la carga, lo que ocasiona que la recolección sea tardada, sumado al peligro de daños físicos a los cuales los trabajadores están expuestos por este tipo de maniobras.

Cabe resaltar también, que la falta de contenedores adecuados para la contención de los residuos aumenta el potencial de fugas debido a que mantener los residuos al exterior mientras se espera el servicio de recolección genera una susceptibilidad mayor de liberación por distintos factores, principalmente por fauna doméstica y silvestre como ya se ha reportado, esto, sumado a las características de los vehículos recolectores (caja abierta, poca capacidad y no mecanizados para una correcta recolección, carga y transporte de residuos), se traduce en un potencial de fuga de residuos muy alto, de acuerdo a la metodología Waste Flow Diagram (Diagrama de Flujo de Residuos por sus siglas en inglés) para la evaluación del sistema de manejo de residuos (GIZ et. al., 2020).

Los principales retos en la recolección de residuos son los siguientes:

- Logística inadecuada para la recolección
- Falta de recursos financieros
- Falta de equipo operativo adecuado
- Fauna nociva (perros y fauna silvestre, principalmente mapaches, rompen las bolsas)
- Disposición inadecuada desde la fuente (ej. residuos en bolsas muy delgadas y saturadas)

- Falta de compromiso por parte de la ciudadanía para sacar sus residuos en los horarios establecidos

Alonzo-Marrufo (2020), señaló, de acuerdo al diagnóstico realizado durante el 2019, aproximadamente el 80% de los hogares recibían el servicio de recolección, la causa principal, que el 20% restante se rehusaba a entregar sus residuos y pagar por el servicio.

Franklin Campos Arcona, Coordinador de Ecología ha propuesto una zonificación para la recolección de los residuos sólidos urbanos en Holbox de acuerdo al nivel de generación desde los principales sectores económicos (Anexo\_), siendo las zonas con bares y restaurantes prioritarias, seguido de zonas habitadas (colonias, identifica otras zonas como las de clubes de playa y por último una zona de baja generación de residuos.

#### *Recolección formal de valorizables*

No hay indicios de que actualmente, en Holbox se realice una recolección formal de valorizables, durante las visitas de campo, se detectó que algunos hoteles colocan contenedores de madera para separar hasta 5 categorías, sin embargo, se reporta que es impráctico y no se les da seguimiento. Por otro lado, se ha señalado también que la separación en fuente en hoteles se ha visto desincentivada debido a que se ha observado que en los camiones, los residuos se vuelven a juntar.

Alonzo-Marrufo en el 2020 señaló que la empresa Nómadas, recolectaba gran parte de sus residuos separados o su personal realizaba la recuperación. Alrededor de 5.8 toneladas mensuales eran recuperadas y vendidas en Mérida. Se desconoce si Nómadas sigue teniendo la misma operación actualmente.

Las instalaciones de Nómadas para el acopio y acondicionamiento de reciclables, se encuentran cercanas al relleno sanitario en Kantunilkín, durante la visita, se realizó una evaluación de acuerdo a la metodología Waste Wise Cities (ONU-Hábitat, 2020), para la determinación del nivel de control en instalaciones de gestión de residuos. Se identificó que la instalación se encuentra registrada y que tiene licencia para su operación. Se observó también que tiene límites físicos claramente marcados con control de acceso supervisado. Para la gestión de los residuos la instalación fue diseñada con control de procesos y se rige bajo las normas aplicables para controlar los niveles de contaminación ambiental y gestionar de manera adecuada los residuos. Los valorizables que entran y salen son pesados, registrados y posteriormente compactados en una compactadora de 15 caballos para ser entregados a las recicadoras y/o recuperadoras del final de la cadena. Se dispone de personal calificado y de tiempo completo, aplicando en su labor, correctas medidas de seguridad e higiene. En la instalación además, cuentan con medidas de prevención y control de incendios y el personal cuenta con duchas e instalaciones sanitarias. Por lo anterior, el nivel de control determinado para la instalación, es que opera con “control total”.

#### *Recolección informal de valorizables*

El sector informal se refiere a los individuos o empresas dentro del sector privado que realizan actividades de reciclaje o manejo de residuos y que no son patrocinados, financiados, reconocidos o apoyados por las autoridades formales para el manejo de residuos o que operan en violación o en competencia con las autoridades formales (Scheinberg., 2010 como se citó en GIZ et. al., 2020). En este contexto, distintos actores

participan en la recolección informal de valorizables en la isla, no se reportan actores informales en la recolección de residuos mezclados.

Entre los actores que participan en la recolección y recuperación de valorizables, se identifican a los siguientes como los principales en la recolección informal:

- Grupo Manaholchi - Ama Holbox

Grupo Manaholchi es una iniciativa fundada por la familia Ávila, los Ávila comenzaron en el activismo ambiental en el 2010, principalmente con acciones para preservar al manatí. En el año 2017, al observar que los residuos en el sitio de transferencia sobrepasaban la capacidad, por ello surgió la iniciativa “AMA Holbox” cuyo objetivo es separar y retirar los residuos de la isla ([Navarro, 2021](#); Ávila, 2022).

Desde su inicio y hasta el 2021 Ama Holbox recolectó y separó 10 toneladas de residuos, en su mayoría PET (90%). En un principio, contaban con 16 cestos elaborados manualmente con material donado por la población, mientras que el gobierno les donó otros 6. Actualmente, los 22 cestos de malla se encuentran distribuidos en distintos puntos a lo largo de la isla en donde la población deposita sus residuos y se recolectan en cuatrimotos o en bicicletas, normalmente en arpillas. El mantenimiento de los 22 cestos lo realizan entre 4 personas. Los cestos en ocasiones han sido intervenidos por pepenadores de la zona, quienes retiran principalmente aluminio. Estos son llevados al domicilio de la familia Ávila, el cual fue acondicionado para ser un sitio de almacenamiento temporal hasta que los materiales posteriormente son retirados por ECOCE fuera de la isla.

Del 2017 al 2022, la recuperación diaria de valorizables ha variado, actualmente reportan una recuperación aproximada, tan sólo de PET, de entre 150 y 200 kg quincenales recuperados (11.66 kg/día aproximadamente), llegando a recuperar hasta 600 kg quincenales en su mejor momento. Se recupera también, HDPE y aluminio pero en menores cantidades, estos valorizables tienen como destino Mérida, Yucatán.

Ya que el domicilio de la familia Ávila es utilizado como instalación de recuperación, la evaluación Waste Wise Cities de instalaciones de recuperación, se realizó para el domicilio. Esta instalación no está registrada y no cuenta con una licencia propiamente. Por ello, y a pesar de que el emplazamiento tiene límites visibles, el lugar se evalúa como una instalación sin control de acuerdo al árbol de decisiones para la evaluación de instalaciones de gestión de residuos proporcionado por la metodología Waste Wise Cities (ONU-Hábitat, 2020).

Por otro lado, no se considera que exista una liberación importante de residuos durante la recuperación y transporte de los valorizables ya que la recuperación, recolección y transporte se llevan de forma adecuada, por lo que el potencial de fuga durante la recolección de la cadena de valor informal, para la evaluación WFD, sería bajo.

- ECOCE

ECOCE es una asociación civil auspiciada por la industria que busca crear una sustentabilidad ambiental uniendo esfuerzos con la iniciativa privada, gobierno y sociedad civil ([ECOCE, 2020](#)). Junto con Bepensa, llegaron a firmar un acuerdo con la anterior empresa gestora de residuos en la isla (ECO-V) para retirar los residuos de la isla y las solicitudes de recolección de plásticos, principalmente PET. En el 2019, reportaron una

recuperación anual de 2,550 kg de residuos valorizables, principalmente PET y aluminio (Alonzo-Marrufo, 2020).

Durante la pandemia COVID-19 ECOCE suspendió actividades en la isla, actualmente ha retomado la intervención, ofreciendo a los habitantes de Holbox su programa de “Acopio Móvil” para intercambiar valorizables por productos de despensa y se encargan paralelamente de retirar los residuos recuperados por Ama Holbox ([ECOCE, 2022](#); Ávila, 2022), se desconoce la cantidad exacta de residuos que son recuperados y transportados fuera de la isla.

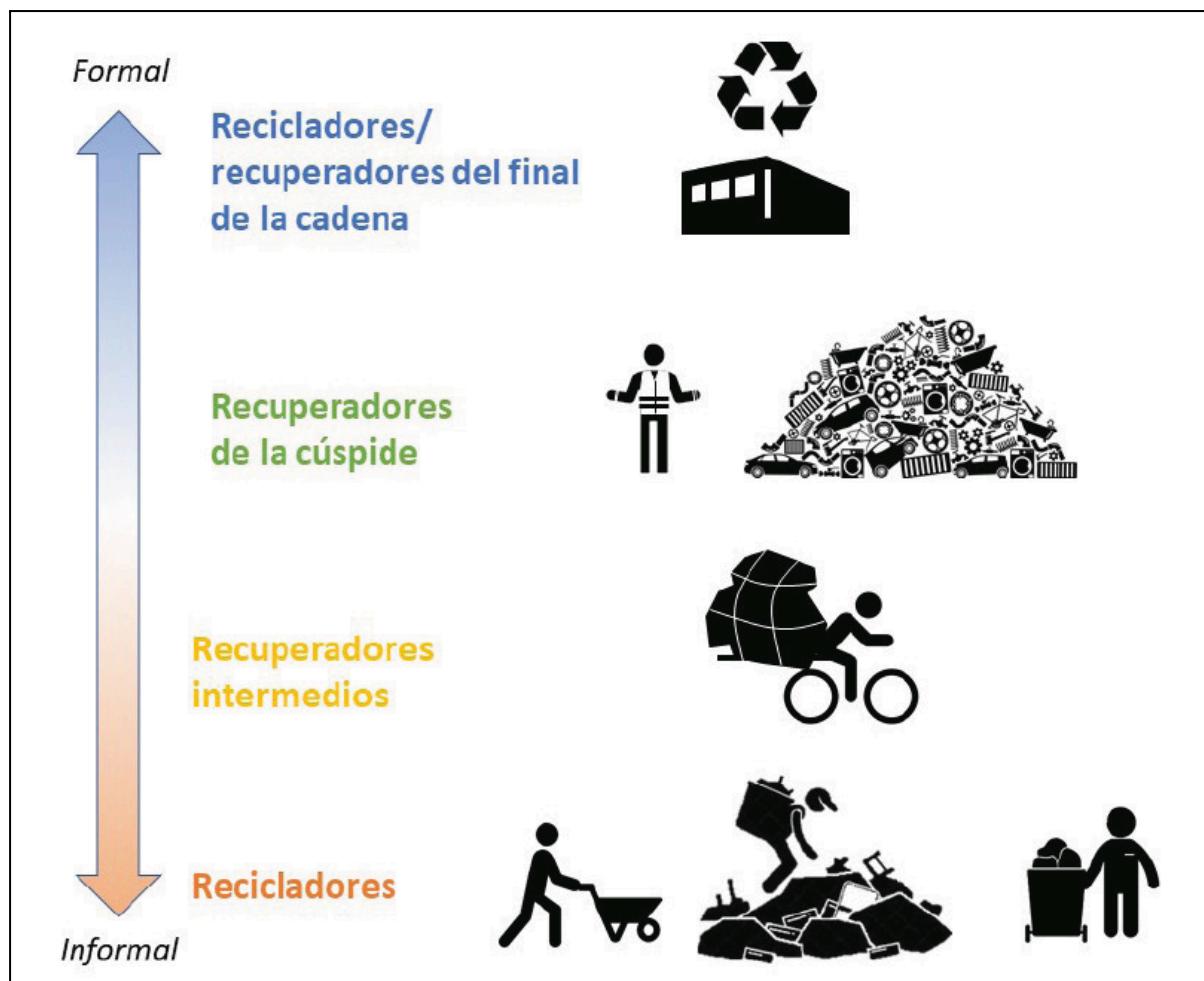
- Jáaal Kák Náab Grupo Playa A.C. - Centro de acopio “Reciclemos”

Asociación civil ambientalista enfocada principalmente en residuos sólidos, tortugas marinas y plantas. Junto al centro de acopio “Reciclemos” así como distintos actores de iniciativa privada, sociedad civil y gubernamental, realizan una campaña llamada “Cambia y siembra vida” la cual busca recuperar residuos valorizables a cambio de plantas. En Holbox, se realiza cada dos meses. No hay datos sobre la cantidad de valorizables recuperadas y transportadas fuera de la isla por esta campaña.

*Cadena de valor y actores principales en materia de residuos en la isla de Holbox.*

La cadena de valor o de recuperación de materiales reciclables puede tener distintas etapas, desde que se extrae el material del flujo de residuos hasta que llega a la industria de reciclaje a través de distintas etapas en donde se compran, acondicionan y comercializan (ONU-Hábitat, 2020). En esta cadena, se pueden reconocer 4 etapas o actores que manejan los reciclables; recicladores, recuperadores intermedios, recuperadores de la cúspide y la recicladora o recuperadora del final de la cadena (figura 17). En este sentido, se señalan los actores identificados en estas etapas en la isla de Holbox para mapear la posible cadena de valor de residuos en isla Holbox (figura 18).

**Figura 17. Cadena de valor de reciclables (ejemplo de acuerdo a la recuperación de plásticos).**



Recuperado de la herramienta Waste Wise Cities (ONU-Hábitat, 2020).

## Recicladores

Estos son aquellos que extraen directamente los reciclables del flujo de residuos principalmente para obtener un sustento por la venta de los materiales. En México, son conocidos como recicladores urbanos o pepenadores.

Durante las visitas a campo, se identificó la presencia de pepenadores o recicladores urbanos en la isla de Holbox, quienes recuperan los residuos en calles o cestos a lo largo de la isla, principalmente chatarra, algunos plásticos y aluminio. Se desconoce el número exacto de personas dedicadas a esta actividad dentro de este nivel y la cantidad de valorizables recuperada por ellos.

## Recuperadores intermedios

Son aquellos que reciben los materiales desde los sistemas de recolección tanto formales como informales (incluidos los recicladores), estos almacenan los materiales y pre acondicionan para su posterior comercialización a los recuperadores de la cúspide.

En el contexto de Holbox, los recuperadores intermedios son aquellos que realizan programas de recuperación ya sea por programas que inciten la participación ciudadana o por recolección selectiva. En la tabla 9 se señalan a los actores identificados dentro de esta

etapa y los posibles destinos del material que recuperan de acuerdo a las entrevistas realizadas en campo y a la información disponible en los documentos relacionados a las concesiones, licencias, permisos y autorizaciones otorgadas por la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente de Quintana Roo (SEMA), disponibles en la Plataforma Nacional de Transparencia (PNT).

**Tabla 9. Recuperadores intermedios identificados en Holbox.**

Nombre / Denominación Social	Descripción	Tipo de residuos manejados	Posibles destinos
Grupo Manaholchi - AMA HOLBOX	Iniciativa familiar que cuenta con más de 200 voluntarios y cuyo objetivo es recuperar algunos valorizables y llevarlos fuera de la isla.	PET, PEAD y aluminio.	Mérida
Jáaal Káak Náab Grupo Playa A.C. - Centro de Acopio Reciclemos	Promueven el programa “Cambia y Siembra Vida” que busca recuperar valorizables a cambio de plantas. Visitan la isla dos veces al mes. Los reciclables son transportados por sus aliados del Centro de Acopio Reciclemos en Playa del Carmen.	Plásticos PET, PEAD, playo, vidrio, latas, aluminio, papel, cartón, electrónicos, electrodomésticos, Tetra Pak®, aceite vegetal, pilas, ropa y colillas de cigarrillo.	Recicladoras en Cancún y Mérida.
ECOCE	De acuerdo a su calendario de acopio móvil disponible en su <a href="#">sitio web</a> , realizan visitas a la isla para la recolección de valorizables.	PET, PEAD, PEBD, BOPP, aluminio, hojalata.	
ECO-V	Durante el 2018 fueron los encargados de la recolección, transporte y disposición de los RSU en la isla. De acuerdo a las entrevistas realizadas, han mostrado nuevamente interés en la isla. Su centro de operaciones se encuentra en Cancún.	PET, PEAD, PVC, PEBD, playo, vitafilm, poliestireno, PS, PP, otros plásticos, metales ferrosos, metales no ferrosos, cartón, papel, entre otros.	Recicladoras en Cancún, en el centro y norte del país.
ECOLSUR	En el 2017 se reportó que transportaban los residuos de manejo especial y peligrosos fuera de la isla. Se desconoce si siguen operando en Holbox ( <a href="#">NOTIMEX, 2017</a> ).	Residuos de Manejo Especial y Residuos Peligrosos.	Recicladoras en Cancún y Playa del Carmen.

### **Recuperadores de la cúspide**

Estos son aquellos que reciben los materiales de los recuperadores intermedios o directamente desde los sistemas de recolección tanto formales como informales (incluidos

los recicladores). Almacenan los materiales y los acondicionan para su posterior comercialización a las recicladoras y/o recuperadoras del final de la cadena. La mayoría de actores en esta etapa se ubican en Cancún y Mérida, de acuerdo a la información obtenida a través de la PNT (tabla 10).

**Tabla 10. Recuperadores de la cúspide identificados dentro de la cadena de valor de los residuos generados en Holbox.**

Nombre / Denominación Social	Descripción	Tipo de residuos manejados	Posibles destinos
Comercializadora de Reciclables Ave Fénix, S. de R.L. de C.V.	Centro de acopio	Materiales metálicos (chatarra)	Sin información
Tecno Transformaciones de Plástico, S.A. de C.V.	Centro de Acopio	Cartón, libros, revistas, papel periódico y similares, archivo muerto, PET, plástico PEAD, PVC y vinilo, plástico polipropileno, plástico policarbonato, chatarra, residuos de aluminio, envase multicapa, metales diversos, botellas de vidrio.	Sin información
Multiservicios de Limpieza	Recolección y transporte de RME	Residuos de Manejo Especial	Recicladoras en Cancún y Mexicali
Grasas Peninsulares S.A. de C.V.	Transporte y recolección de residuos orgánicos e inorgánicos	Cartón, papel, PET, HDPE, aluminio bote, vidrio, metales ferrosos, metales no ferrosos, plástico duro. Aceite vegetal usado y grasas, sebo, huesos, carnes, aguas grasosas y residuos orgánicos.	Recicladoras en Mérida y Cancún
Recicladora Gallardo	Centro de acopio de residuos	Aceites vegetales, papel, cartón PET, PEAD, plástico duro 6, PP, playo, aluminio (lata) metales ferrosos	Recicladoras en Cancún

Nombre / Denominación Social	Descripción	Tipo de residuos manejados	Posibles destinos
		(chatarra, lata, estructural, ligera y pesada, metales no ferrosos (cobre, bronce) residuos electrónicos, envases multicapa, vidrio.	

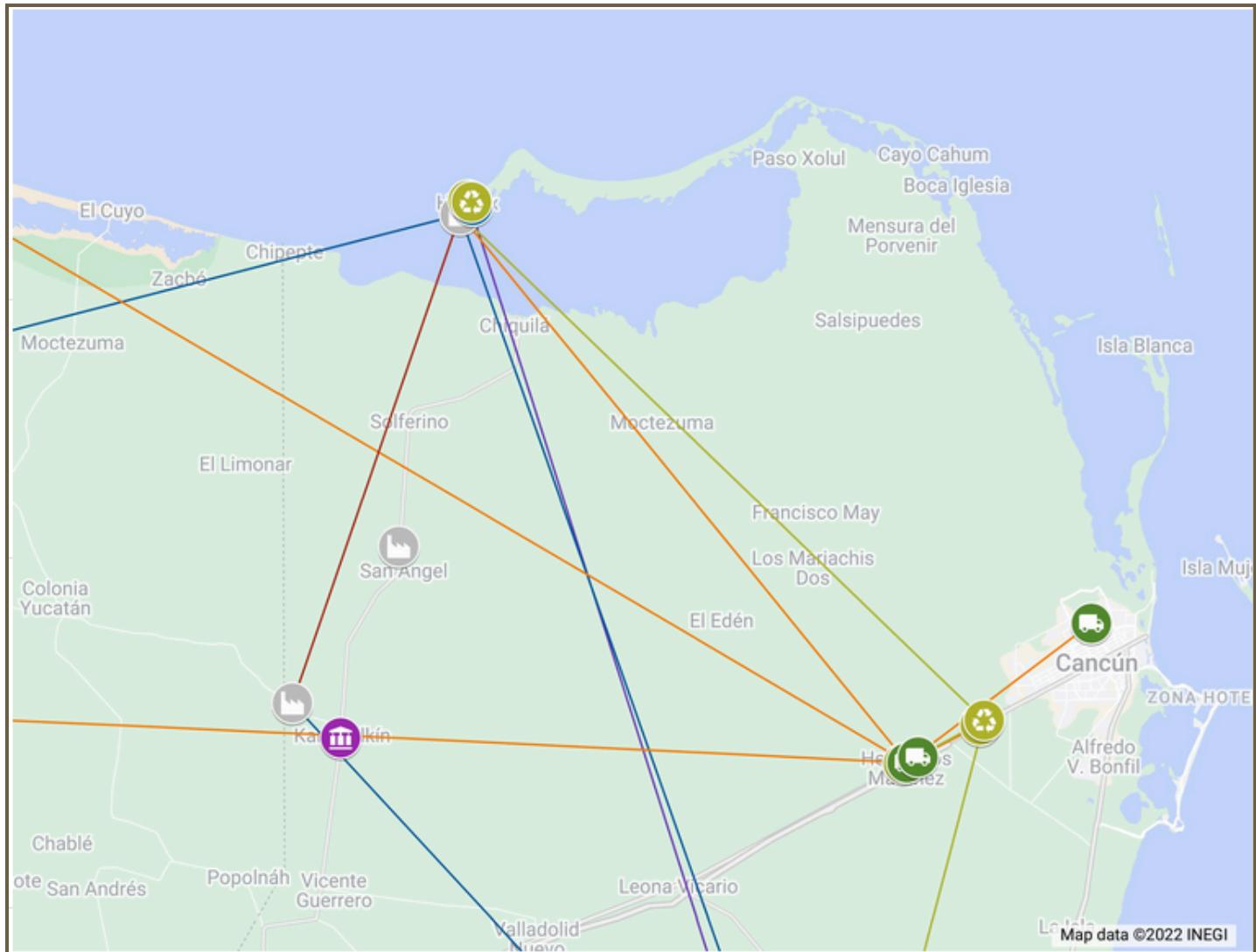
### Recicladora o recuperadora del final de la cadena

Este es el último eslabón en la cadena, recibe los materiales de los recuperadores de la cúspide o directamente de los sistemas de recolección tanto formal como informal. Aquí es en donde se procesan para convertirlos en otros materiales y productos que serán reintegrados a la cadena productiva, mediante el reciclaje, la incineración para recuperación de energía u otro proceso. Debido a lagunas en la información disponible, se dificulta mapear a los actores en este último eslabón. En la tabla 11 se enlistan los reconocidos de acuerdo a la información disponible.

**Tabla 11. Recicladoras y/o recuperadoras del final de la cadena identificados en la cadena de valor de los residuos generados en Holbox.**

Nombre / Denominación Social	Descripción	Tipo de residuos manejados
Strategic Materials Mexicana	Strategic Materials es una empresa con presencia en América del Norte, dedicada al reciclaje principalmente de vidrio ( <a href="#">SMI, 2022</a> ).	Vidrio
Recolección y transporte de residuos electrónicos	Sin información.	Residuos electrónicos
Geocycle México Planta Macuspana	Parte de la multinacional Geocycle, dedicados a la gestión de residuos industriales para la producción de cemento ( <a href="#">Geocycle, 2022</a> ).	Empaques, medicamento caduco, productos fuera de especificación, aceites, agua contaminada, lodos de PTAR, lodos de pintura, tierras impactadas, recortes de perforación, sólidos contaminados, biomasa, entre muchos otros.

**Figura 18. Posible cadena de valor de reciclables en isla Holbox.**



[Consulta el mapa interactivo.](#)

### Transporte

La operación se divide en dos procesos, transporte de residuos recolectados en origen hacia la Estación de Transferencia (ET) y el transporte de los residuos desde la ET hacia el Relleno Sanitario de Kantunilkín. Los vehículos tipo Pick-Up que realizan la recolección de residuos en la isla, una vez llenos, los llevan directamente a la ET en donde se descargan para continuar con la actividad, se desconoce el número de viajes realizados por vehículo diariamente.

Por otro lado, el transporte de los residuos hacia el Relleno Sanitario de Kantunilkín se realiza con vehículos de tipo volteo, también conocidos como volteos. Esto debido a que el municipio no cuenta con vehículos especiales. La empresa Nómadas y el gobierno municipal, mantienen un convenio hecho con la CTM para retirar residuos de la isla diariamente, los volteos, quienes ingresan diariamente con material a la isla, se llevan parte de los residuos fuera de ella rumbo al RS de Kantunilkín. Aproximadamente 5 volteos salen a lo largo del día con residuos de Holbox, los cuales son cargados con ayuda de un tractor. Se desconoce la cantidad que es transportada fuera de la isla.

En el 2020 se reportaron 9.6 toneladas diarias de residuos retirados a través de este convenio, esto es poco más del 30% de la generación estimada anteriormente. Se ha advertido también que por la falta de control y seguimiento adecuado, los residuos de Holbox no llegan al relleno sanitario, disponiéndose en tiraderos clandestinos (Alonzo-Marrufo, 2020).

Debido a que la carga de residuos en los volquetes que los transportan fuera de la isla se hace desde el piso, estos llevan también una gran porción de arena, por otro lado, no hay una correcta contención de residuos durante el almacenamiento en la ET y dentro de los camiones, puesto que estos son de caja abierta y los residuos son transportados sin ninguna contención que evite la liberación y, debido a que parte del transporte es por ferry, el potencial de fugas de residuos al medio ambiente y sobre todo a cuerpos de agua es muy alto. Por lo observado en campo también, en ocasiones sobrepasan su capacidad lo que influye también en un potencial alto a muy alto de fugas (GIZ et. al., 2020).

#### *Estación de transferencia y tratamiento*

De acuerdo a lo reportado por Nómadas (2022), diariamente entran a la ET entre 20 a 25 toneladas de residuos provenientes de la recolección (~22.5 diarias). Al igual que la recolección, la gestión de la ET está a cargo de Nómadas. El sitio se encuentra a aproximadamente 1.5 km del centro urbano de la isla y cercano a la zona de manglar y cuerpos de agua como se observa en la figura 19.

Figura 19. Estación de transferencia en isla Holbox.



Imágenes recuperadas de Google Earth.

En el 2011, con recursos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (SEDUMA), hoy Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (SEMA), se realizaron labores de construcción en el antes tiradero a cielo abierto para transformarlo en un sitio de transferencia, esto debido a la problemática de los residuos depositados sin control, quema constante, el no control sanitario, la nula recuperación y aprovechamiento de valorizables ([Alonso-Marrufo & Paz-Hernández, 2014](#)).

En junio del 2021 tras denuncias por asociaciones civiles y organizaciones y posterior visita de la Secretaría de Marina, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) realizó una clausura parcial del sitio como medida preventiva para que las autoridades realicen las gestiones competentes para regular la operación en el sitio ([Méndez, 2021](#); [Angulo, 2021](#)). Las causas principales de la clausura señaladas fueron, la falta del resolutivo que emite SEMARNAT en materia de impacto ambiental y la falta de protección para que se evite la contaminación por lixiviados, además de presenciar el impacto a un área de manglar, así fue indicado a través de la cuenta de Twitter de [PROFEPA \(2021\)](#).

De acuerdo a los datos obtenidos por las bitácoras proporcionadas por Nómadas, entre los meses de febrero y julio del 2022, un total de 9 vehículos con capacidades de entre 2 m<sup>3</sup> y 14 m<sup>3</sup> han entrado y salido de la ET (tabla 12).

**Tabla 12. Capacidad y salidas aproximadas de los vehículos en la ET durante febrero y julio del 2022.**

Vehículo	Placas	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Salidas aproximadas
1	LF59151	14	345
2	PCH7512	4	259
3	PBY6657	4	94
4	VS09739	7	4
5	4P5958B	3	3
6	YP5958B	3	287
7	YP5725B	2	14
8	LF59157	14	57
9	YPS958B	3	14

Elaboración propia a partir de datos proporcionados en las bitácoras compartidas por Nómadas sobre la entrada y salida de los vehículos en la Estación de Transferencia de Holbox durante el 23 de febrero de 2022 y el 31 de julio de 2022.

**En promedio, 5 vehículos entran y salen mensualmente (2 vehículos diariamente) de la ET realizando más de 200 salidas al mes (8 salidas diarias). Estos vehículos son operados por 12 conductores aproximadamente.**

Hoy día el sitio opera sólo en el área principal en la entrada, en donde los vehículos recolectores descargan los residuos sobre el suelo para posteriormente ser cargados en los volquetes que se llevan una porción de los mismos fuera de la isla. Se desconoce la cantidad exacta actual de residuos que son transportados al RS de Kantunilkín. En el 2020, Alonzo-Marrufo, reportaba un estimado de 9.6 toneladas diarias. Asumiendo la misma cantidad, diariamente se estaría sacando fuera de la isla, tan sólo el 43% de los residuos que son recolectados y que ingresan diariamente a la ET, quedando el 57% restante acumulado y en espera de ser retirado de la isla. Sin contar lo que ya se ha acumulado a lo largo de los años.

Nómadas (2022) reporta que los datos de la clausura están en manos del municipio y que el dictámen oficial debe solicitarse ante PROFEPA. Mencionan también, que se habían comenzado con obras de construcción de una bodega y cuartos para el personal, sin embargo se suspendieron. Durante la visita al sitio se observó que no hay infraestructura para la pepena, se reporta que a veces se realiza separación de residuos valorizables en el sitio. Los residuos orgánicos derivados de la vegetación, se disponen en el manglar debido a la falta de infraestructura para compostar y a los altos costos que conlleva.

El sitio no se ha tratado propiamente como una ET, por lo que se puede considerar como un punto potencial de fugas de residuos debido a las características del terreno, la cercanía con cuerpos de agua, casi todo el sitio continuamente sufre de inundaciones, además de estar expuesto a las condiciones climáticas que llegan a afectar la isla. Dentro del sitio no hay una zona apropiada para la carga y descarga de residuos, no hay una contención adecuada de los residuos mientras esperan a ser transportados al relleno sanitario, estos son apilados

sobre el suelo, expuestos a los vientos y lluvias frecuentes. Sólo la entrada de la estación se encuentra cercada con malla y el sitio se encuentra rodeado de manglares. Lo anterior nos indica que el potencial de fuga de residuos en la ET, puede estar en un nivel muy alto.

De acuerdo al informe sobre el manejo integral de los residuos sólidos urbanos en Holbox, realizado por el Coordinador de Ecología en Holbox, Franklin Campos Arcona (2022), la falta de atención de las autoridades para una correcta gestión de los residuos ha llevado a que la isla afronte una problemática ambiental debido a los residuos, por otro lado, se menciona también que existe una falta de vigilancia de los organismos estatales y federales así como la falta de la aplicación efectiva de la Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos y del reglamento. Entre los problemas identificados se señalan:

- La falta de actualización del Reglamento Municipal para la Gestión de los RSU y que esté alienada a la Ley de Economía Circular del Estado.
- Saturación de la Estación de Transferencia el cual se encuentra cerca de su máxima capacidad.
- Clausura parcial de la estación de transferencia.
- Inexistencia de un Plan de Manejo para la gestión integral.
- Falta de inversión de recursos propios para el manejo y transporte de los residuos de la estación de transferencia al Relleno Sanitario de Kantunilkín.

Así mismo, se señalan algunas medidas de solución:

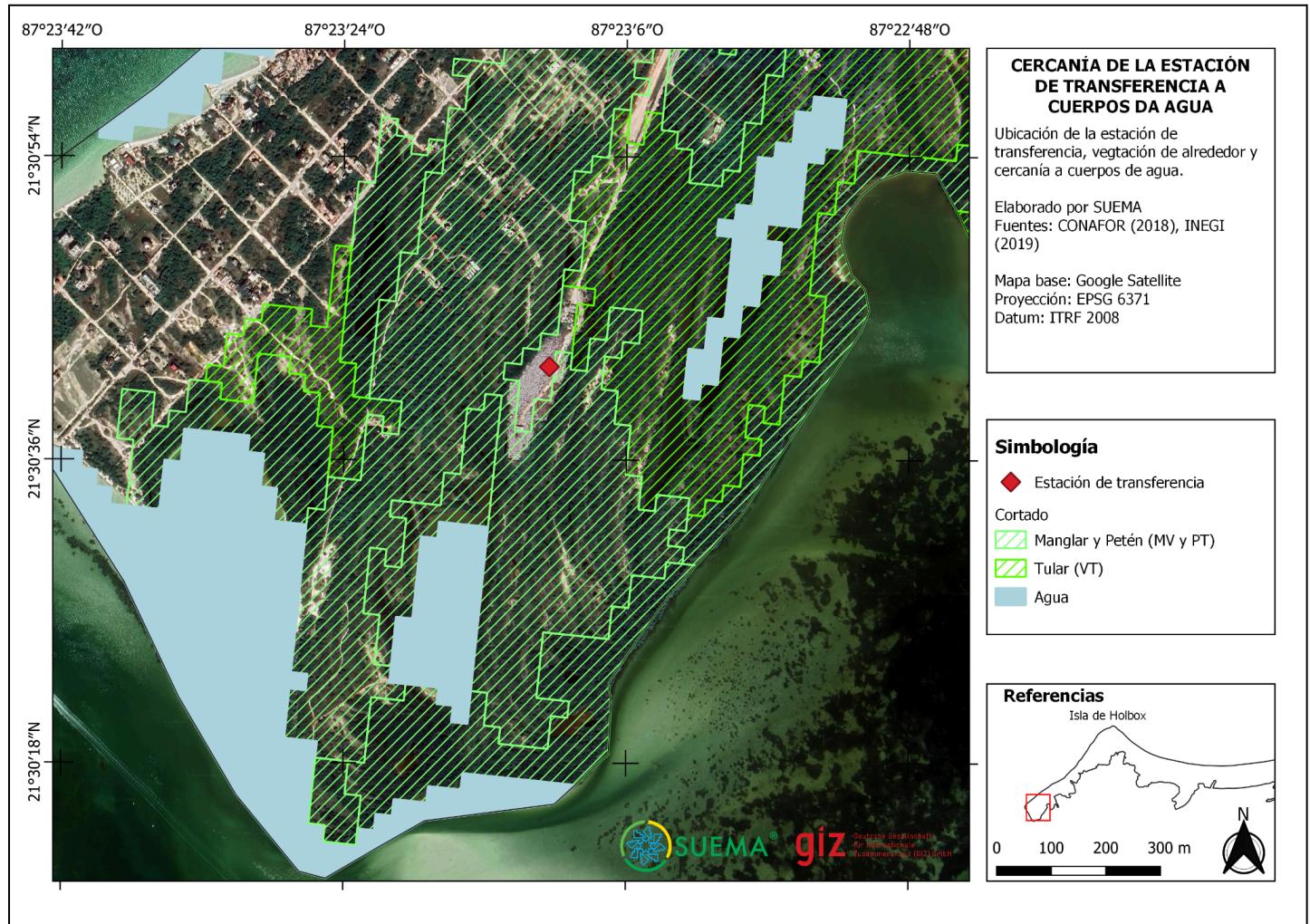
- Creación de un fideicomiso para el manejo adecuado del impuesto de saneamiento. El cual se cobra a través de las empresas navieras de la isla, ya que esto daría sostenimiento económico al plan de manejo.
- Instalación de una garita o retén en el puerto de Chiquilá para realizar el cobro del impuesto de saneamiento directamente a los turistas, así como evitar la entrada de los materiales de un solo uso como lo estipula la Ley de Economía Circular del Estado.
- Reforzar acuerdos con volqueteros de la CTM, constructoras locales y la empresa del transbordador para el transporte de la basura al relleno sanitario.
- Construcción de un nuevo relleno sanitario entre Chiquilá y Solferino para gestionar mejor los recursos económicos y el tiempo necesario para el transporte de los residuos.
- Creación de un plan microregional para la recolección de residuos que incluya a las localidades de Holbox, Chiquila, Solferino, San Eusebio y San Ángel.
- Estimulación de los empleos para el aprovechamiento de los reciclables a Cooperativas y Grupos Comunitarios.
- Búsqueda de una solución a corto plazo para la liberación de la clausura parcial de la estación de transferencia ante las autoridades competentes.
- Revisión y adecuaciones necesarias al reglamento para la prevención y gestión integral de los residuos del ayuntamiento de Lázaro Cárdenas, el cual fue aprobado en sesión ordinaria el 28 de mayo de 2009.

#### *Problemática de la estación de transferencia*

Como ya se señaló, el sitio ha sido tratado como un tiradero a cielo abierto para la disposición de los residuos generados en la isla, debido a que no se opera el lugar de acuerdo a las normas mexicanas (Alonzo-Marrufo, 2020). Por otro lado, por el inadecuado

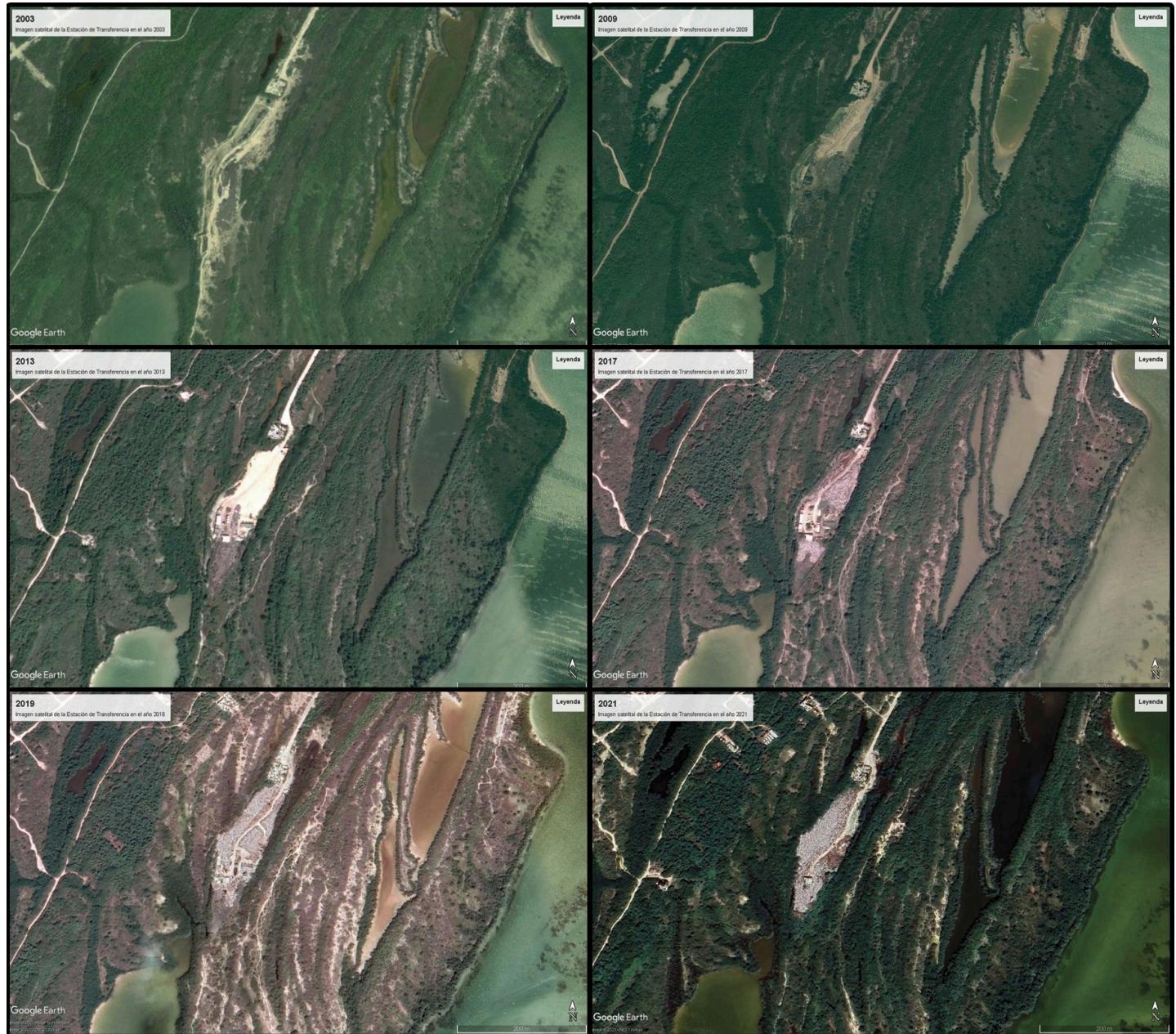
manejo de residuos y las malas condiciones del sitio, desde años atrás se ha advertido de contaminación por lixiviados, el primer reporte data de 1997 cuando investigadores japoneses detectaron contaminación por lixiviados mediante muestreos de agua en la isla, estos provenientes de los residuos ([Alonzo-Marrufo & Paz-Hernández, 2014](#)). Esta advertencia no ha sido atendida de manera eficaz lo que ha llevado a que sea una de las causas principales del cierre parcial del sitio en el 2021. Por otro lado, el sitio se encuentra muy cercano a los cuerpos de agua y áreas de manglar (figura 20) lo que aumenta el riesgo de contaminación de estas zonas de gran importancia ecosistémica.

**Figura 20. Cobertura de suelo y cuerpos de agua alrededor de la estación de transferencia en isla Holbox.**



El crecimiento exponencial en la generación de residuos en los últimos años ha sido también una de las causas de la problemática en el sitio debido a que este aumento en la generación ha llevado también a un crecimiento en el área ocupada por la estación. En la figura 21 se muestran imágenes satelitales de entre los años 2003 y 2021 observándose como la cantidad de residuos ha aumentado considerablemente. En el 2008 se reportaba una generación de aproximadamente 1.07 ton/día ([Alonso-Marrufo & Paz-Hernández, 2014](#)) mientras que para el año 2022, se estima una generación de 34.8 toneladas diarias.

**Figura 21. Imágenes satelitales de la estación de transferencia entre los años 2003 - 2021.**



Imágenes recuperadas de Google Earth.

#### *Disposición final*

La disposición final de residuos sólidos se realiza en el Relleno Sanitario de Kantunilkín, aproximadamente a 50 km del puerto de Chiquilá en las coordenadas  $21^{\circ} 07' 49''$  N y  $87^{\circ} 31' 35''$  O. Los residuos parten de la ET rumbo al puerto de Holbox una distancia de aproximadamente 2 km, posteriormente el transporte por mar hasta el puerto de Chiquilá por 10 km y finalmente llegar al RS, es decir, viajan un total de 62 km aproximadamente (figura 22).

**Figura 22. Sitios de interés en el manejo de residuos (se observa la distancia a la que se encuentra el relleno sanitario en Kantunilkín).**



Elaboración propia a partir de datos de INEGI (2019) a través de Google My Maps.

El relleno sanitario es de tipo D, en la celda principal se depositan los residuos de la cabecera municipal, del lado derecho, un espacio exclusivo recibe los residuos de Holbox (figura 23). Los residuos orgánicos se depositan en un espacio cercano a la entrada del terreno. El terreno no es propiedad del municipio sino del ejido.

**Figura 23. Zonas designadas para la disposición final de los residuos sólidos urbanos del municipio de Lázaro Cárdenas (izquierda, celda principal y derecha, celda designada para los residuos de Holbox).**



Los vehículos que transportan los residuos de Holbox tienen acceso hasta la celda final, la cual cuenta con geomembrana, previamente se toman datos de las placas y se hace una estimación visual de la cantidad de residuos que transporta debido a que no cuentan con sistema de pesaje. Los residuos provenientes de Holbox se disponen en un espacio exclusivo a un lado de la celda principal del relleno. Para depositar los residuos se requiere de un cobro por vehículo (principalmente camiones o volquetes).

Se ha señalado que el RS tiene un vida útil de 25 años, el sitio comenzó a operar entre el 2010 y 2011. Al igual que la recolección, Nómadas opera en el RS, sólo un trabajador contratado por el municipio se encarga de la recepción mientras que el resto del personal es de Nómadas. De acuerdo a la evaluación siguiendo la metodología Waste Wise Cities (ONU-Hábitat, 2020), el relleno sanitario se evaluó como “sin control”.

Se observó durante la visita al RS que una de las problemáticas en la disposición de residuos es que cuando no existe una adecuada organización, los residuos de Holbox son depositados en la celda principal o sobre la carretera. Se advirtió también, que no existe control de lixiviados en el sitio. Cabe resaltar también, que durante la visita, no se observó que llegaran residuos provenientes de Holbox, se ha advertido anteriormente sobre la existencia de tiraderos en las localidades de San Ángel y Solferino, así como en los alrededores de Chiquilá, lo que podría indicar que, de los residuos que salen de Holbox rumbo al RS (9.6 ton/diarias reportadas en el 2020), sólo un porcentaje e incluso en ocasiones, todos los residuos, no llegan al relleno sanitario.

El relleno sanitario se encuentra en un terreno poco propenso a inundaciones. No hay cuerpos de agua cercanos al sitio. Sin embargo, la zona si es susceptible a las condiciones climáticas, ya que se encuentra expuesto a los vientos, ciclones tropicales o incluso huracanes que frecuentemente llegan al municipio de Lázaro Cárdenas. Lo anterior, sumado a la gestión poco adecuada dentro del sitio (a pesar de tener una zona de descarga específica para residuos provenientes de Holbox, en ocasiones los residuos se disponen en otra celda o inclusive se advierte que son depositados fuera del sitio, en tiraderos clandestinos, por otro lado, no existen actividades de compactación y cubierta de los

residuos almacenados, siendo apilados sobre el suelo, expuestos a vientos y lluvias), existe una falta de barreras físicas para frenar la liberación de residuos hacia la vegetación, nos indica que el potencial de fuga de residuos en el sitio, puede estar en un nivel de alto a muy alto. Por lo anterior, y de acuerdo a la evaluación del nivel de control de la metodología Waste Wise Cities, la estación de transferencia se evalúa como “sin control” (GIZ et. al., 2020; ONU-Hábitat, 2020).

### **Recuperación de materiales en el relleno sanitario**

De acuerdo a la información proporcionada por Nómadas, se cuenta con un almacén en el predio del RS en dónde se realizan actividades de recuperación de materiales. La recuperación la realizan 6 trabajadores quienes extraen el material de las celdas del relleno y las llevan a la bodega en dónde es pesado y acondicionado para su posterior traslado a Mérida. Se cuenta con una compactadora sin embargo no está en funcionamiento debido a la falta de energía eléctrica. Principalmente se recupera PET, cartón, aluminio, chatarra y nylon.

#### **2.1.a. Indicador ODS 11.6.1 - Herramienta Waste Wise Cities**

El indicador ODS 11.6.1 “Proporción de residuos sólidos municipales recolectados y gestionados en instalaciones controladas respecto del total de residuos sólidos municipales generados por la ciudad”, proporciona información básica a los países y sus ciudades para mejorar las estrategias de gestión de residuos y los recursos (ONU-Hábitat, 2020). Sin embargo, las ciudades, en su mayoría, carecen de información y datos necesarios para el cálculo de este tipo de indicadores. Es así como surge la Herramienta Waste Wise Cities (WaCT), cuyo objetivo es guiar a las ciudades paso a paso para evaluar el desempeño del sistema particular de gestión de residuos sólidos urbanos (ONU-Hábitat, 2020).

Con base en una serie de recomendaciones y datos proporcionados por la herramienta WaCT, se realizó la estimación del indicador ODS 11.6.1 para el sistema de manejo de residuos sólidos urbanos de la isla de Holbox (figura 25).

Es importante señalar que para el cálculo de este indicador se consideran los RSU que llegan a instalaciones con un control básico, mejorado o completo de acuerdo al nivel de control en la escala proporcionada por la herramienta. Por otro lado, se debe considerar que evaluar el sistema de recuperación de RSU de una ciudad es una tarea bastante difícil, por lo tanto se recomienda centrar esfuerzos en identificar las cantidades de materiales que llegan a los sistemas de recuperación en el primer punto de entrada identificado.

Dicho lo anterior, en la tabla 13 se resumen las cantidades aproximadas, manejadas en las principales instalaciones de recuperación y disposición así como el nivel de control evaluado para cada una de ellas.

**Tabla 13. Principales instalaciones de recuperación y disposición reconocidas en el sistema de manejo de residuos de la isla de Holbox.**

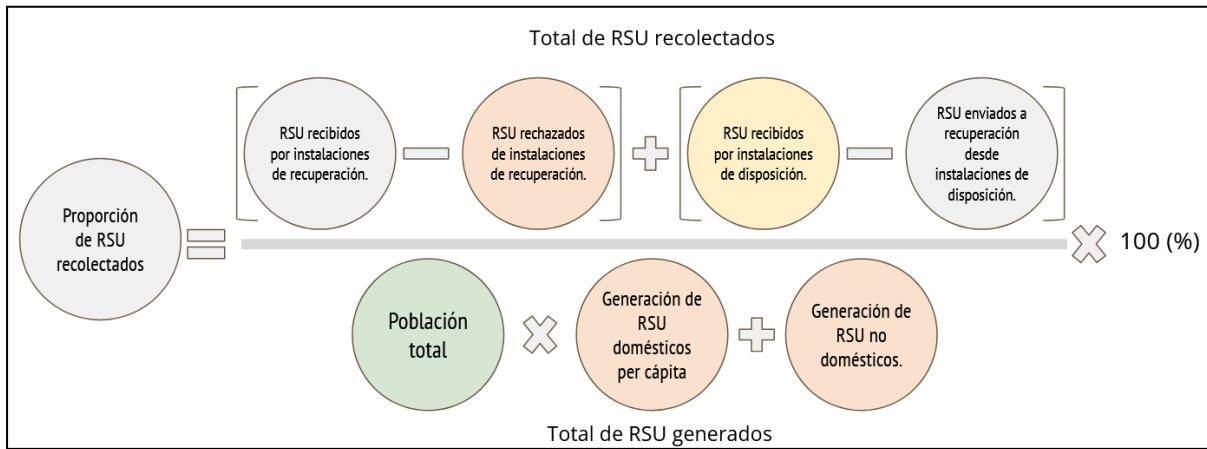
Instalaciones de recuperación			
Instalación	Nivel de control	Cantidad manejada (ton/día)	Supuestos

Nómadas	Control total	~ 0.193	Vigencia actual de la operación de Nómadas reportada por Alonzo-Marrufo (2020).
AMA Holbox	Sin control	~ 0.025	Estimado a partir de los 150 a 200 kg quincenales que Gerardo (AMA Holbox) señaló en las entrevistas en campo.
ECOCE	No fue posible evaluar la instalación	Sin Datos	Sin Datos
Centro de acopio reciclemos	No fue posible evaluar la instalación	Sin Datos	Sin Datos
<b>Instalaciones de disposición</b>			
Instalación	Nivel de control	Cantidad manejada (ton/día)	Supuestos
Relleno sanitario de Kantunilkín	Sin control	~ 9.6	Cantidad aproximada a partir del informe más actualizado (Alonzo-Marrufo, 2020).

### Proporción de residuos sólidos urbanos recolectados

El primer paso para el cálculo del indicador consiste en estimar la proporción de RSU recolectados dentro del total generado. Para ello, la herramienta WaCT proporciona la fórmula mostrada en la figura 24.

**Figura 24. Ecuación para el cálculo de la proporción de RSU recolectados dentro del total generado.**



En la tabla 14 se muestran las estimaciones del total de RSU recolectados y el total de RSU generados, así como la definición de las variables y suposiciones que dieron lugar al dato proporcionado.

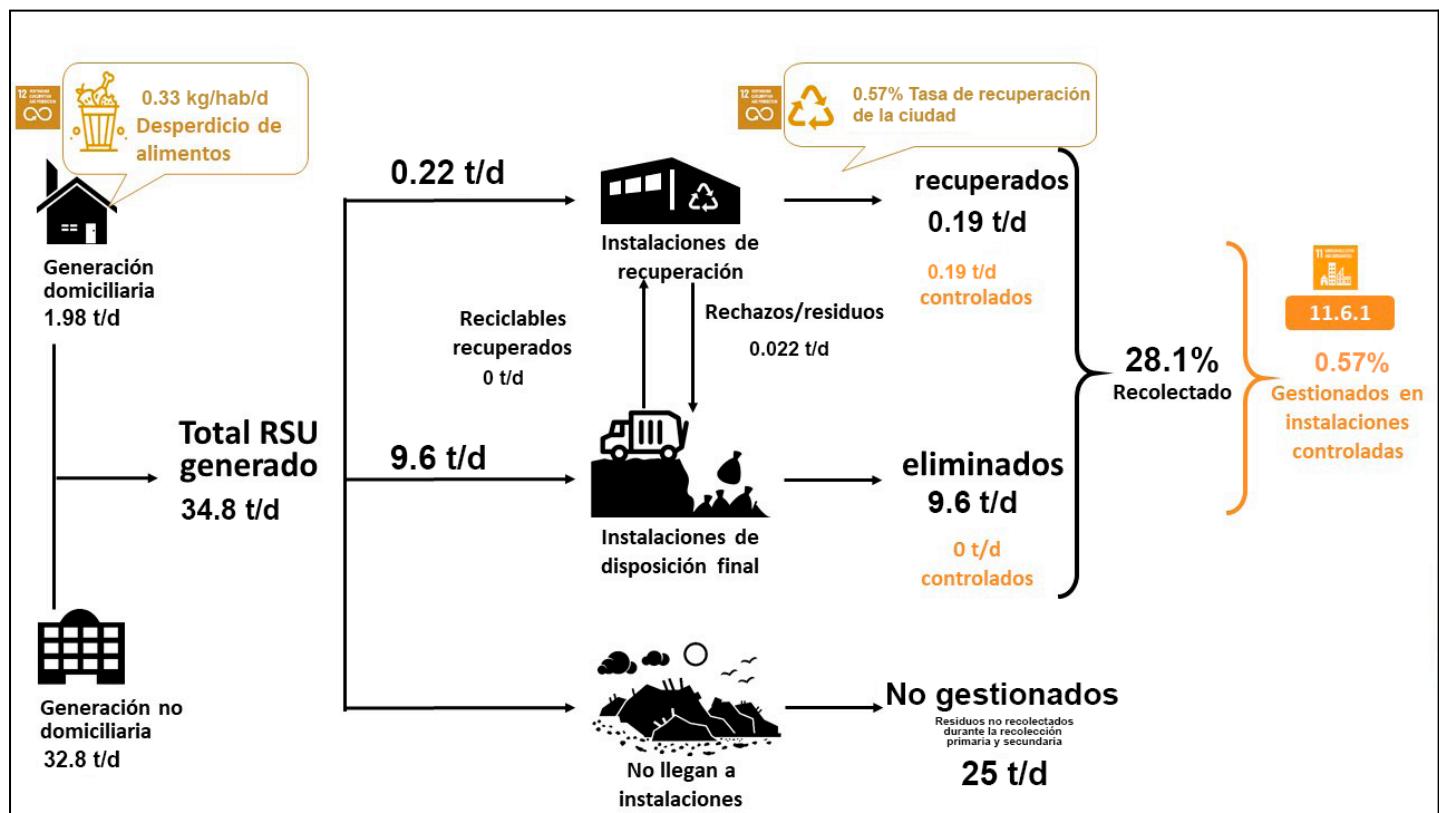
**Tabla 14. Datos de entrada para el cálculo del indicador ODS 11.6.1 de acuerdo a la metodología Waste Wise Cities**

<b>Total de RSU recolectados</b>			
Variable	Definición	Suposiciones / Consideraciones	Dato
RSU recibidos por instalaciones de recuperación	Cantidad total de RSU que llegan a las instalaciones de recuperación.	Suma de los residuos recuperados por AMA Holbox y Nómadas.	~ 0.22 ton/día
RSU rechazados de instalaciones de recuperación	Cantidad total de RSU no aptos para valorización que son enviados a sitios de disposición.	10% de RSU en instalaciones de recuperación son rechazados (ONU-Hábitat, 2020).	~ 0.022 ton/día
RSU recibidos por instalaciones de disposición.	Cantidad total de RSU que llegan a las instalaciones de disposición.	Cantidad aproximada a partir del informe más actualizado (Alonzo-Marrufo, 2020).	~ 9.6 ton/día
RSU enviados a recuperación desde instalaciones de disposición.	Cantidad total de RSU recuperados dentro de las instalaciones de disposición y que son enviados a las instalaciones de recuperación.	No se cuentan con datos suficientes sobre la cantidad de residuos que son recuperados en el RS y que son provenientes de Holbox.	~ 0 ton/día
<b>Total de RSU generados</b>			
Población total.	Cantidad total de habitantes en la localidad de Holbox.	Datos del Censo Nacional de Población y Vivienda (2020)	2,673 hab
Generación de RSU domésticos per cápita.	Generación por habitante por día de RSU en la localidad de Holbox.	Estimación proporcionada por el DBGIR (2020) sobre la generación domiciliaria en el sureste.	0.743 kg/hab/día
Generación de RSU no domésticos.	Generación de RSU desde actividades en instituciones, servicios y comercio.	Estimación propia de la generación de residuos no domiciliarios.	~ 32.8 ton/día

De acuerdo a la tabla anterior, y a la fórmula señalada en la figura 22, la proporción de RSU recolectados es de 28.15% respecto al total de residuos sólidos generados. Es importante señalar que este porcentaje corresponde a la recolección completa en el sistema de manejo (recolección primaria y recolección secundaria). A pesar de que se reportan aproximadamente 22.5 toneladas diarias que llegan a la ET, tan solo el 28.15% de lo generado sale diariamente fuera de la isla.

Alrededor de un 0.57% de los residuos generados son gestionados en instalaciones controladas, considerando como instalación controlada, tan sólo las instalaciones de Nómadas para el acopio de valorizables. El flujo de los residuos de acuerdo a la metodología Waste Wise Cities se puede observar en la figura 25.

**Figura 25. Diagrama de flujo de residuos de acuerdo a la herramienta Waste Wise Cities para el indicador ODS 11.6.1.**



## 2.1.b. Aplicación de la herramienta Waste Flow Diagram (WFD) para la determinación de fugas plásticas en la Isla de Holbox.

La herramienta Waste Flow Diagram (Diagrama de Flujo de Residuos por sus siglas en inglés), es una herramienta desarrollada por la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), en colaboración con la Universidad de Leeds, el Departamento de Sanidad, Agua y Residuos Sólidos para el Desarrollo del Instituto Federal Suizo de Ciencia y Tecnología Acuáticas (Eawag-Sandec) y la organización sin fines de lucro Wasteaware, en el 2020. Esta herramienta provee a las ciudades y a los municipios una evaluación rápida sobre el sistema de manejo de los residuos sólidos urbanos y mapea los flujos de estos, ayudando así a identificar las etapas de manejo en las cuales puede existir un mayor potencial de fugas plásticas.

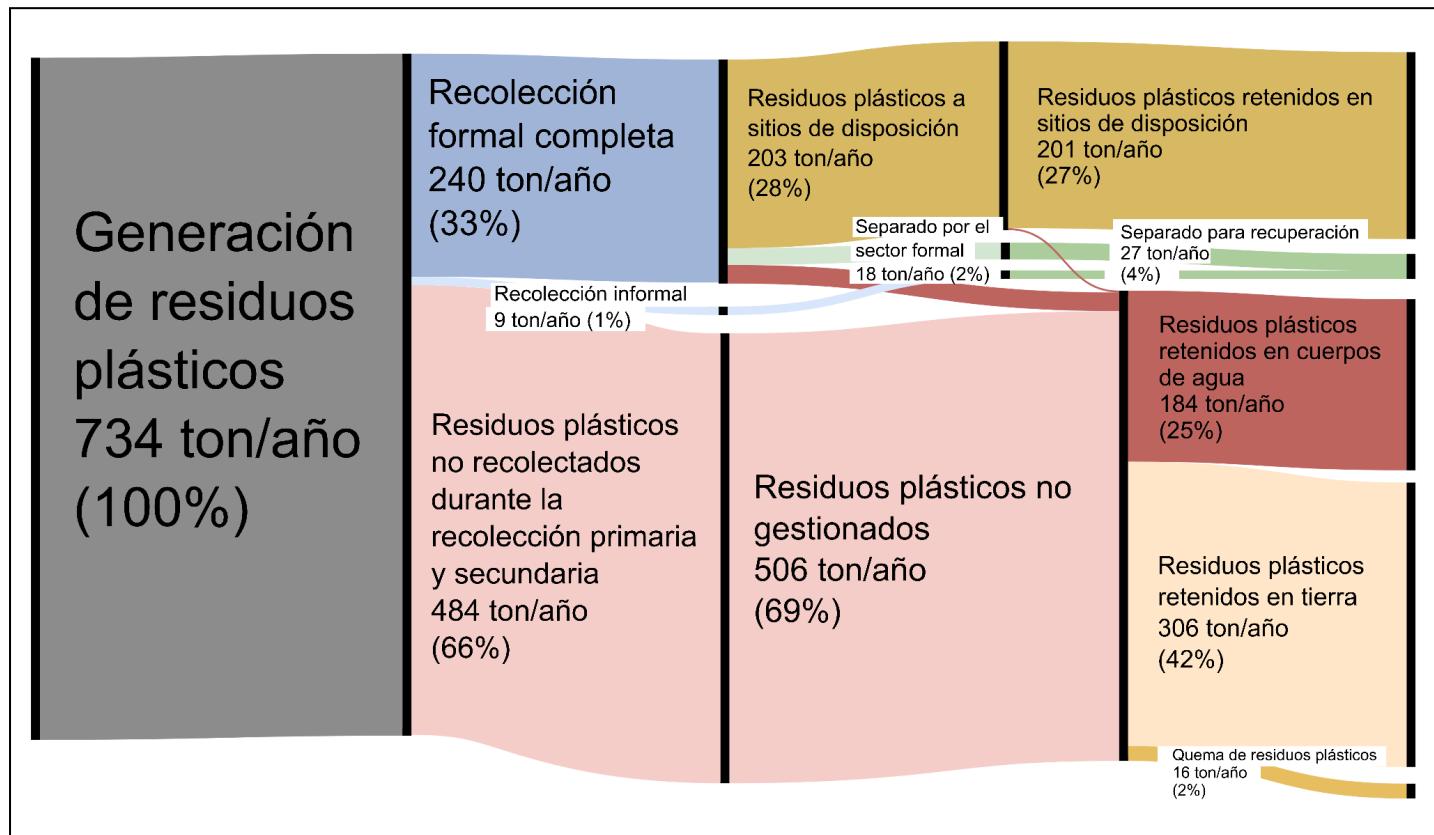
### Metodología

Para la alimentación de datos línea base sobre el sistema de manejo de residuos de la isla Holbox, se utilizaron las estimaciones descritas en el presente diagnóstico para los datos cuantitativos, por otro lado, las observaciones realizadas en campo, la investigación bibliográfica y las entrevistas con actores locales, sirvieron para la evaluación cualitativa del sistema de manejo, tomando en cuenta las recomendaciones señaladas en el Manual de Usuario WFD (GIZ et. al., 2020). Es importante recalcar que la evaluación aquí presentada, considera una gestión completa, es decir, desde la generación hasta la disposición final en el relleno sanitario de Kantunilkín.

## Resultados

De acuerdo a la evaluación WFD, se calcula una generación plástica anual de aproximadamente 734 toneladas, de las cuales, el 69% (506 toneladas) no son gestionadas, las cuales se fuga a los ecosistemas o permanecen en la estación de transferencia de Holbox, convirtiéndose en un punto crítico de fugas de residuos (figura 26).

Figura 26. Diagrama “sankey” de flujo de residuos plásticos de acuerdo a la herramienta WFD.



### Fugas plásticas durante la recolección de residuos y el transporte a disposición final

Se estima que un 33% de los residuos plásticos generados al año en la isla, se manejan considerando el proceso completo de recolección formal (primaria y secundaria), 240 toneladas son recolectadas por el sector formal, de las cuales 18 toneladas son separadas para recuperación, esto sumado a las aproximadamente 9 toneladas anuales de residuos plásticos que son recuperados por el sector informal (27 toneladas al año son separadas para recuperación).

Se estima que 19 toneladas anuales se fuga durante la recolección formal, por lo que cerca del 28% de los plásticos generados (203 ton/año) son enviados al relleno sanitario de Kantunilkín, durante el proceso, aproximadamente 1 tonelada se fuga debido al transporte inadecuado al RS.

Lo anterior nos indica que el 66% (484 toneladas), no son recolectados, debido a un déficit considerable en la recolección, principalmente secundaria, puesto que a pesar de que la recolección primaria es de 22.5 ton/día, la recolección secundaria es de tan sólo 9.8 toneladas diarias.

Cabe señalar también, que se ha advertido de la presencia de tiraderos clandestinos en las localidades de Chiquilá, Solferino y San Ángel, en donde parte de los residuos que salen de Holbox, podrían ser dispuestos, sin embargo debido a la falta de datos exactos, se considera que las 9.8 toneladas que salen diariamente de la isla, llegan a Kantunilkín.

Alrededor de 2 toneladas de plásticos al año, podrían estar liberándose durante el transporte a disposición, esto sin contar la cantidad de residuos que se pueden estar disponiéndose en tiraderos clandestinos.

#### **Fugas plásticas desde el relleno sanitario y plásticos que llegan directamente a los cuerpos de agua desde desagües pluviales**

Cerca de 2 toneladas plásticas al año se estima se fugan desde el relleno sanitario de Kantunilkín, esto debido principalmente a la gestión poco adecuada, la falta de barreras físicas y la exposición a las condiciones climáticas de la zona.

Los eventos hidrometeorológicos son también un influenciador de fugas importante en la zona. Las lluvias fuertes, ciclones tropicales, huracanes, etc., son eventos frecuentes que causan constantes inundaciones en varias partes de la isla, esto provoca que los residuos expuestos a estas condiciones se fuguen a través de los desagües pluviales naturales y entran directamente a cuerpos de agua. Se estima que 19 ton/año dentro de los residuos no gestionados, se fugan directamente a cuerpos de agua por este motivo.

#### **Destino de los residuos plásticos fugados**

En la tabla 15 se desglosa el total de plásticos no gestionados y el origen de los mismos. En total, 506 toneladas al año de plásticos no se gestionan (69% dentro del total generado), mismos que tienen como destino cuerpos de agua, quema a cielo abierto y que son retenidos en tierra, ya sea en la vegetación, calles o tiraderos clandestinos, así como la estación de transferencia.

**Tabla 15. Cantidad de residuos plásticos no gestionados y origen.**

Origen de fugas plásticas	Cantidad (ton/año)	% dentro del total
No recolectados	484	95.79
Durante la recolección	19	3.70
Durante el transporte a disposición final	1	0.20
Desde el sitio de disposición final	2	0.30
Total	506	100

Elaboración propia a partir de los datos obtenidos por la evaluación WFD.

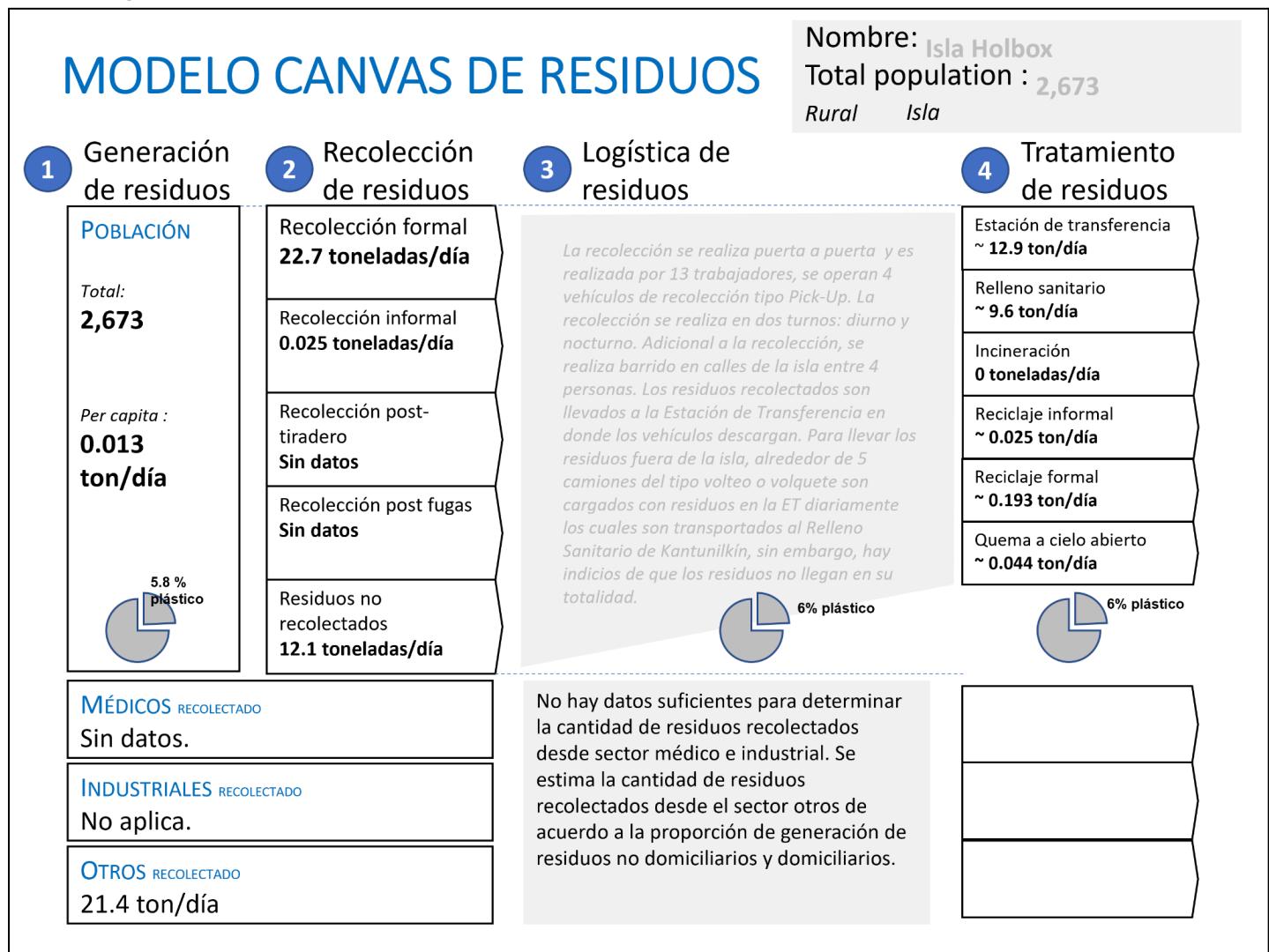
De las 506 toneladas anuales de plásticos no gestionados, aproximadamente 306 (60%) son retenidas en tierra, es decir, permanecen en el ecosistema terrestre, quedan atrapadas en la vegetación, en calles o en tiraderos clandestinos, sin embargo, la mayoría permanece en la estación de transferencia. Por otro lado, 184 toneladas al año (36%) tienen como destino los cuerpos de agua, 165 toneladas entran directamente, principalmente por la cercanía a estos,

mientras que otras 19 toneladas entran a través de los desagües pluviales que se forman durante los eventos hidrometeorológicos que azotan la isla frecuentemente. Por último, se estima que 16 toneladas (3%) de residuos plásticos son quemados a cielo abierto anualmente.

### 2.1.c. Aplicación del “Módulo T2” de la herramienta metodológica “Guía nacional para localizar puntos críticos de contaminación de plásticos y orientar la acción”: Modelo CANVAS

En la figura 27 se muestra un modelo CANVAS sobre el sistema de manejo de residuos en isla Holbox. La plantilla de este modelo forma parte de las herramientas desarrolladas para la Guía nacional para identificar puntos críticos de contaminación por plásticos (National Guidance for Plastic Pollution Hotspotting and Shaping Action), la cual proporciona una metodología para la identificación de puntos críticos de contaminación por plásticos (United Nations Environment Programme, 2020).

Figura 27. Modelo CANVAS de residuos. Caso Holbox.



Nota: En este modelo se considera la recolección primaria como recolección formal debido a que en la sección “Tratamiento de residuos”, se desglosa la cantidad que permanece en la ET y la que es enviada al RS.

## **2.2. Desarrollo de la estrategia para la gestión integral de los residuos en la isla de Holbox**

### **2.2.a Diagnóstico Marco legal**

#### **I. Leyes sobre gestión de residuos en materia local**

El Estado de Quintana Roo, cuenta con un amplio y moderno marco legal sobre la gestión de residuos de material local, que establecen los parámetros que se deben seguir para el manejo, aprovechamiento y disposición final de estos.

Dentro de este panorama regulatorio destacan las siguientes disposiciones:

- **Constitución Política del Estado Libre y Soberano del Estado de Quintana Roo**, que sienta las bases para los servicios de recolección, transportación, tratamiento y destino final. En ella se establece que los municipios percibirán los derechos por la prestación de los servicios de recolección, transporte, tratamiento, destino final y por el servicio de mantenimiento de jardinería. Estas facultades podrán ser delegadas a particulares o concesionarios que se consideren apropiados para desempeñar estas tareas.
- **Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo**, que tiene como objetivo regular, registrar y controlar la gestión integral de los residuos con un enfoque de economía circular y ciclo de vida. Establece que la Secretaría de Ecología y Medio Ambiente (**SEMA**) promoverá la elaboración de Planes de Manejo de Residuos (**PMR**) de competencia local así como los Planes de Manejo de Responsabilidad Extendida (**PMRE**) de grandes generadores y proveedores de servicios. Además promueve la creación de estrategias para la implementación de la economía circular enfocada a la valorización, recuperación y aprovechamiento energético de los residuos.

Por otro lado, faculta a los Municipios para formular y/o actualizar la normatividad en materia de manejo de residuos sólidos urbanos (**RSU**), elaborar el diagnóstico de la situación de los Residuos de su competencia; implementar la separación desde la fuente de los residuos a través de programas graduales, mantener actualizado el Registro de los Grandes Generadores; orientar a la población sobre prácticas adecuadas sobre separación y gestión adecuada de los residuos; y autorizar el Plan de Manejo de Pequeños Generadores (**PMPG**).

Además, regula el uso, comercialización y distribución de productos plásticos que tengan características de poca vida útil, como popotes, envases para bebidas, platos, vasos, tazas, copas, charolas, cubiertos, bolsas, anillos para envases, entre otros.

Por último y con relación a lo antes mencionado sienta las bases de las responsabilidad de productores, envasadores, importadores, exportadores, comercializadores y/o distribuidores, o responsables de la puesta en el mercado de

productos que por su uso se conviertan en residuos para presentar el **PMRE**, así como los parámetros para elaborar productos o utilizar envases que favorezcan la prevención en la generación de residuos de competencia estatal, priorizando la reutilización, el reciclado, la valorización o permitan su eliminación de la forma menos perjudicial al ambiente y a la salud humana.

- **Reglamento de Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo, en materia de responsabilidad extendida**, que establece la operatividad y funcionamiento de la Responsabilidad Extendida, además de las metas de recolección, recuperación y valorización a corto, mediano y largo plazo que deben alcanzar los productores, envasadores, importadores y/o distribuidores de los productos que se convierten en residuos de competencia estatal.
- **Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo**, que sienta las bases del manejo integral de los residuos de competencia local como facultad de los Municipios, los cuales deberán implementar estrategias con el objeto de mitigar las emisiones con origen en las actividades de gestión de residuos, la legislación y la planeación a través de fomentar la prevención en la generación, la reutilización, el reciclaje y la valorización energética. Todo ello con el objetivo de optimizar la gestión de los **RSU**, especialmente la fracción orgánica y los residuos plásticos para disminuir las cantidades enviadas a disposición final.

Por otro lado, el Municipio de Lázaro Cárdenas cuenta con su propio marco regulatorio según las facultades conferidas por el Estado, entre el que destaca:

- **Reglamento para la Prevención y la Gestión Integral de Residuos Sólidos del H. Lázaro Cárdenas**, el cual tiene el objetivo de regular la prestación del servicio de limpia pública, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Además, faculta al ayuntamiento para conceder el servicio de limpia pública a particulares, el cobro de tarifas a los usuarios del servicio, así como el cobro de tarifas en los módulos de transferencia, estación de transferencia o sitios de disposición final.

Específicamente, para la gestión de residuos en la Isla Holbox, se menciona que corresponde a la alcaldía municipal la prestación del servicio público de limpia, recolección, transporte y destino final ya sea de forma directa o a través de la persona física o moral la cual tenga la autorización o concesión del servicio. Para lo cual, los residuos deberán ser trasladados de manera separada (fracciones) al sitio de transferencia para su posterior evacuación de la isla y se llevará un registro de las personas autorizadas por la alcaldía para depositar sus residuos en el sitio de transferencia.

Por último, se establece que todos los expendios que por sus actividades generen envases de plástico, vidrio, aluminio y chatarra, se les cobrará una tarifa adicional por el servicio de recolección y que será destinada para ser dispuestos correctamente.

En lo alusivo a la recaudación de impuestos, en el marco legal del Municipio se menciona:

→ **Ley de Hacienda del Municipio de Lázaro Cárdenas**, la cual establece que con el fin de propiciar el desarrollo sustentable, la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección ambiental, están obligados a pagar los **derechos de saneamiento ambiental**, lo equivalente al 30% de la U.M.A.:

- El o los usuarios que visiten o permanezcan temporalmente en el Municipio, hospedándose en cuartos y/o habitaciones de hoteles, posadas o casas de huéspedes, hostales y moteles (por cuarto y/o habitación, por noche de ocupación, por persona).
- Cualquier centro o establecimiento de hospedaje contratado a través de plataformas digitales o similares, mismo derecho que será retenido por los prestadores de servicios del ramo (por cuarto y/o habitación, por noche de ocupación, por persona).
- Visitantes que no se hospeden en algún establecimiento, el pago lo deberán realizar a través de la operadora marítima de transporte de pasajeros con ruta dentro del ámbito territorial del municipio.

Asimismo se establece que **para que ocurra la recaudación del derecho de saneamiento ambiental habrá que constituirse un fideicomiso**, que a su vez estará regido por un Comité Técnico.

## II. Registros e instrumentos para el manejo de residuos

El Estado de Quintana Roo instaura los parámetros para la regulación ambiental a través de una serie de instrumentos que le servirán para dar seguimiento a las disposiciones establecidas en el marco legal antes descrito, estos son:

- **Registro Anual de Actividades de Manejo Integral de Residuos de Competencia Estatal**, cuyo objetivo es establecer un registro para la conformación de una base de datos de los prestadores de servicios para el manejo integral de los residuos y lograr una gestión acorde con las necesidades del Estado.
- **Registro de Plan de Manejo de Responsabilidad Extendida**, mismo que establecerá un registro de aprobación para la conformación de una base de datos de obligados a desarrollar el **PMRE**, y en el que se deberán describir las metas de eliminación gradual de productos plásticos prohibidos, caracterización de residuos generados y manejados así como la infraestructura con la que cuenta para el manejo de residuos.
- **Registro para la Exención o no aplicación de Plan de Manejo Gran Generador de competencia Estatal**, el cual tiene el objetivo de generar un resolutivo que avala la no aplicación del Plan de Manejo de Gran Generador de competencia Estatal.

### **III. Programas Gubernamentales**

#### **a. Gestión y Sustentabilidad**

Al respecto se identificó que el Estado cuenta con el **Programa de Medio Ambiente y Sustentabilidad**, que emana del Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022. Este Programa reconoce que la generación de residuos responde a un crecimiento en la población y de turistas que llegan al Estado; además remarca que existe una mala operación de los sitios de disposición final de residuos, así como un poco interés de las autoridades municipales para el manejo y disposición de los residuos, atribuible a un periodo corto de gobierno y falta de recursos económicos. Por lo anterior, propone:

- Fortalecer, en coordinación con los gobiernos federal y municipales, la gestión integral de los residuos sólidos en el estado.
- Promover, en coordinación con los sectores público, privado y social, campañas de reciclaje de residuos sólidos.
- Impulsar en coordinación con los municipios, un programa de infraestructura para el manejo integral de residuos.
- Dar seguimiento a la implementación del Plan de Atención de Residuos en Casos de Desastre en el país y la Guía de Evaluación de Desastres.
- Capacitar al sector social, público y empresarial para la elaboración adecuada de sus planes de manejo de residuos.
- Impulsar las iniciativas ciudadanas para el manejo integral de los residuos.
- Promover la inversión de la iniciativa privada en el reciclado, manejo y aprovechamiento de residuos sólidos.

El antes mencionado Plan Estatal define indicadores estratégicos y de gestión para la evaluación y control de las metas, no obstante, en materia de residuos **no contempla esquemas de seguimiento específicos** ([Gobierno del Estado de Quintana Roo, s/f](#)).

#### **2.2.b. Observaciones generales sobre la Gestión Integral de Residuos en la Isla Holbox**

Derivado de la revisión documental con relación a la situación actual de la gestión integral de los residuos sólidos y de manejo especial en la Isla de Holbox, se obtuvieron las siguientes observaciones:

- 1) Dentro del marco regulatorio no se identifica a quienes aplica el realizar acciones de información y educación ambiental dirigidas a la ciudadanía y al turismo sobre el manejo adecuado de los residuos que están sujetos a **PMRE**.
- 2) No se encuentra evidencia de la implementación, y/o resultados de los programas mencionados en el marco regulatorio, ni de las estrategias que se deben desarrollar como parte de dichos instrumentos.

- 3) El propio Programa Sectorial de Sustentabilidad y Medio Ambiente, reconoce que no hay representatividad de todos los sectores de la población en la toma de decisiones, y por ende el tema ambiental no es de importancia entre la población y los prestadores de servicios turísticos (SEMA, 2017).
- 4) El Programa Sectorial de Sustentabilidad y Medio Ambiente no define indicadores específicos o de evaluación, para los objetivos de residuos indicados.
- 5) Las leyes principales para la gestión de residuos se encuentran actualizadas bajo un enfoque de Economía Circular y transitan a la Responsabilidad Extendida, sin embargo es importante armonizar el resto de marco normativo y los instrumentos regulatorios como en el caso de la Ley de Acción de Cambio Climático en el Estado de Quintana Roo, la cual podría ayudar a dar seguimiento a todas las acciones establecidas en la **Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo**.
- 6) Los instrumentos de **PMR** y **PMRE** se encuentran marcados de forma definida y concreta dentro del marco regulatorio, sin embargo no esclarecen los criterios de aplicabilidad o si existen lineamientos para su aplicación, o en dado caso para su exención.
- 7) Con relación al punto anterior, no se identificaron los mecanismos para dar seguimiento a la aplicación y cumplimiento de los **PMR** y **PMRE**.
- 8) No hay concordancia en las estrategias de manejo de residuos de la legislación del Estado de Quintana Roo, respecto al Programa de Manejo de Área de Protección de Flora y Fauna YUM BALAM expedido en 2018, para asegurar el equilibrio de los ecosistemas que se desarrollan en la zona.
- 9) La reciente modificación del Artículo 22 de la **Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los residuos del Estado de Quintana Roo** se contrapone con lo establecido en el Programa de Manejo de Área de Protección de Flora y Fauna YUM BALAM, toda vez que éste último propone como acción la eliminación gradual de plásticos de un solo uso específicos. Asimismo se contrapone con la modalidad de manejo de residuos en la Isla, con la prohibición a la operación de sitios de disposición final (tiradero a cielo abierto) actualmente operando, respecto a la existencia únicamente de estaciones de transferencia para la recuperación y valorización de residuos.
- 10) Las estrategias a desarrollar deberán encaminarse a una cultura de prevención en la generación del residuo y en asegurar buenas prácticas de manejo acorde a lo establecido en el Programa de Manejo de Área de Protección de Flora y Fauna YUM BALAM.
- 11) Se deberán fortalecer los criterios para la autorización de Planes de Manejo de residuos de competencia local, con metas y estrategias reales, alcanzables y medibles.
- 12) En el caso de los prestadores de servicio autorizados para el manejo de residuos y/o concesionarios, los servicios deberán atender totalmente las demandas de la isla.

- 13) Se deberán fortalecer los criterios y ámbito de validez de las sanciones y de la vigilancia periódica con la Dirección de Área Natural Protegida de la CONANP.

## **2.2.c.Presentación de estrategias para la Gestión Integral de los Residuos en la Isla Holbox**

Con base a las consideraciones y observaciones realizadas sobre la revisión del marco legal y situacional en la que se encuentra la Isla de Holbox, en cuanto a la gestión de los residuos, se desarrollarán a lo largo de este apartado una serie de acciones a implementar por parte de diversos actores involucrados en esta gestión y que se encaminan a establecer esquemas de prevención, recolección, manejo y disposición final eficaces, considerando estrategias a corto, mediano y largo plazo.

### **I. Producción y Consumo Responsable**

En la actualidad, los sistemas productivos deben considerar acciones que fomenten mejores criterios de compra, consumo y uso de bienes y materiales en la ciudadanía, así como repensar los mecanismos para el uso de los recursos y la disminución latente en la generación de los residuos.

Por ello se propone retomar los preceptos establecidos en la Agenda 2030, específicamente en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 Producción y Consumo Responsable, en donde la prevención es el eje principal de dichas acciones y además incita la implementación de la Responsabilidad Extendida y la participación de todos los involucrados en la cadena de suministro, es decir, desde el productor hasta el consumidor.

De esta manera, las estrategias irán encaminadas sobre todo la prevención en la generación de residuos, a través de la promoción de consumo responsable, la información sobre la ubicación de los puntos de retorno establecidos para la captación de los residuos, la separación adecuada desde la fuente.

### **II. Manejo y Aprovechamiento**

La gestión integral de residuos se refiere a considerar todas las etapas y procesos desde que se generan hasta que se son llevados a disposición final; por ello, se debe contar con una planeación y ejecución coordinada así como consensuada por todos los actores involucrados, respetando el esquema de Responsabilidad Extendida.

Con ello, se podrán establecer acciones que garanticen la protección al medio ambiente, a partir de que la recolección, tratamiento y disposición de los residuos se atiendan bajo un enfoque integral, con la participación no solo de los 3 niveles de Gobierno, sino del sector privado y la misma ciudadanía.

Es de suma importancia, implementar esquemas que permitan incrementar la cantidad de residuos que son aprovechados, ya sea a través de su reintegración al sistema productivo como materia prima, o a través de la creación de mercados locales y esquemas de modelos de negocio entre los grandes generadores.

Para ello se propone un incremento en los índices de acopio y aprovechamiento de los residuos reciclados o transformados en energía y/o composta, así como la promoción de la reusabilidad y reparación de los bienes antes de ser desechados.

### **III. Promoción al Empleo**

Dentro de los esquemas de gestión integral de los residuos, el elemento humano se debe considerar como la parte más importante de este sistema, ya que son los principales agentes de mitigación de los efectos del cambio climático; por lo que es sumamente importante incorporar a todo este sector social y económico dentro de las estrategias a seguir en la Isla para garantizar la mejora en las problemáticas relacionadas con la inadecuada disposición de los residuos.

Con la implementación de acciones que ayuden a fomentar el reciclaje en la isla Holbox a través de la generación de programas de empleos verdes para la recolección en fuente de los reciclables, la adquisición de competencias técnicas y la profesionalización, coadyuvar para la creación de cooperativas o microempresas que promuevan el reciclaje y mejorar las condiciones de seguridad en las áreas de trabajo de todo el sector serán clave para la preservación y restauración del medio ambiente.

### **IV. Administración de Recursos**

En este apartado se busca brindar las acciones a seguir para atender lo dispuesto en la Ley de Hacienda del Municipio con la creación de un Fondo o Fideicomiso (con la figura que más convenga), mismo que tendrá el propósito de:

- Promover la transparencia de los procesos gubernamentales y de los recursos públicos recaudados, en especial del pago por derecho por saneamiento ambiental.
- Administrar los recursos que lo conforman, con el fin de destinarlos a las acciones, programas y servicios que señala la Ley del Equilibrio Ecológico y la Ley de Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.
- El Comité Técnico que refiere la Ley de Hacienda Municipal podrá integrarse por:

I. La persona titular del Municipio

II. Las personas titulares de las dependencias de desarrollo urbano, ambiente, obras y servicios, y finanzas del municipio.

III. Representantes del sector turístico.

IV. Representantes de la comunidad

Es importante que todos los programas que sean elaborados consideren un proceso de seguimiento, recolección de datos y evaluación específica. Se propone la siguiente estructura para presentar solicitudes de recursos:

01. Introducción
02. Antecedentes
03. Necesidades del Programa
04. Justificación
05. Objetivo General y Particulares
06. Beneficios (económicos y sociales)
07. Implementación del recurso
08. Presupuesto
09. Periodo de Ejecución
10. Cronograma Financiero
11. Método de seguimiento y Evaluación

Además, se identifica como necesario, involucrar a los servicios de prestación turística como entes de propagación de la información referente a la legislación en materia de plásticos y lo correspondiente al pago por derecho de saneamiento ambiental.

A continuación se presenta un análisis FODA de la creación de un Fondo o Fideicomiso

Fortalezas	Oportunidades
<p>El instrumento del fondo o fideicomiso ya se encuentra concebido en la legislación estatal y municipal.</p> <p>Se dará cumplimiento a lo establecido en la legislación local.</p> <p>Dotar de certeza y transparencia a los recursos recaudados a través del impuesto por saneamiento.</p> <p>Socialización del Fondo o Fideicomiso con la ciudadanía y prestadores de servicio resaltando su importancia.</p> <p>Que el Fondo o Fideicomiso integre a todos los sectores: prestadores de servicios turísticos, gobierno municipal, ciudadanía o comunidades, con el fin de generar decisiones en conjunto y transparentes.</p>	<p>El impuesto es cobrado actualmente en municipios aledaños por parte de los prestadores de servicios turísticos.<sup>2</sup></p>

---

<sup>2</sup> "Entró en vigor cobro de Derecho de Saneamiento Ambiental a turistas en Isla Mujeres", disponible en:  
<https://canal12quintanaroo.mx/destacadas/entro-en-vigor-cobro-de-derecho-de-saneamiento-ambiental-a-turistas-en-isla-mujeres/>

Debilidades	Amenazas
Inexperiencia en el manejo de fondos o figuras de recaudación.	Rechazo por parte de los prestadores de servicios turísticos. <sup>3</sup> Rechazo por parte de las personas turistas.

## V. Actualización y armonización del Marco Regulatorio

En la actualidad, la política pública está basada en los principios de Economía Circular para transitar a esquemas en donde los materiales conservan su valor. Derivado de esto, el marco regulatorio del Estado de Quintana Roo, principalmente en la Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo; se encuentra actualizadas bajo este enfoque, buscando transitar de la Responsabilidad Compartida a la Responsabilidad Extendida, haciendo partícipe no solo al gobierno estatal o municipal en el manejo de los residuos, sino incorporando al sector industrial y comercial a repensar sus sistemas de producción y distribución, pensando en que los bienes al terminar su vida útil, pueden convertirse en materia prima, evitando así, la extracción de recursos naturales vírgenes.

No obstante, es importante armonizar el resto de marco normativo y los instrumentos regulatorios. Además es importante establecer mecanismos de vigilancia que se aseguren del cumplimiento de todas las partes involucradas a través de la definición de las competencias y atribuciones de cada una de las autoridades del Estado.

---

<sup>3</sup> "IP en Quintana Roo rechaza incremento del Derecho de Saneamiento Ambiental", disponible en:

<https://www.eleconomista.com.mx/estados/IP-en-Quintana-Roo-rechaza-incremento-del-Derecho-de-Saneamiento-Ambiental-20220118-0112.html>

## REFERENCIAS

- Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). (1999). *Estudio sobre el manejo de residuos sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos*. Gobierno del Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos. Kokusai Kogyo CO., LTD.
- Allen Coral Atlas. (2020). Imagery, maps and monitoring of the world's tropical coral reefs. Obtenido de doi.org/10.5281/zenodo.3833242
- Alonso-Marrufo, E. R. (2020). Diagnóstico sobre el manejo integral de los residuos sólidos urbanos.
- Alonso-Marrufo, E. R., & Paz-Hernández, C. (2014). Generación y manejo de residuos sólidos en áreas naturales protegidas y zonas costeras: el caso de Isla Holbox, Quintana Roo. *Sociedad y Ambiente*, I(5), 92-114. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4557455745079006.pdf>
- Angulo, A. (3 de Junio de 2021). Tras revisión de Semar, clausura Profepa "basurero" de Holbox. *Turquesa News*. Obtenido de [https://turquesanews.mx/lazaro-cardenas/tras-revision-de-semar-clausura-profepa-basurero-d-e-holbox/](https://turquesanews.mx/lazaro-cardenas/tras-revision-de-semar-clausura-profepa-basurero-de-holbox/)
- Ávila, G. (14 de Julio de 2022). Grupo Manaholchi - Ama Holbox. (SUEMA, Entrevistador)
- Ayuntamiento de Lázaro Cárdenas. (8 de Agosto de 2022). EL H. AYUNTAMIENTO DE LÁZARO CÁRDENAS LLEVA A CABO SU XXI SESIÓN ORDINARIA DE CABILDO. Obtenido de [https://www.facebook.com/100075525864640/posts/pfbid0bQQKCxFeHsw1UvMNRX1WWfG\\_XkHNmsbuoghCHBJ37J2BMgdCDpTTwJF8cTTBrbirl/?app=fbl](https://www.facebook.com/100075525864640/posts/pfbid0bQQKCxFeHsw1UvMNRX1WWfG_XkHNmsbuoghCHBJ37J2BMgdCDpTTwJF8cTTBrbirl/?app=fbl)
- Canal del Congreso. (06 de Junio de 2021). *Qué es el padrón electoral y la lista nominal*. Obtenido de Canal del Congreso: [https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/14288/Qu\\_es\\_el\\_padrn\\_electoral\\_y\\_la\\_lista\\_nominal](https://www.canaldelcongreso.gob.mx/noticias/14288/Qu_es_el_padrn_electoral_y_la_lista_nominal)
- Centinelas del Agua A.C. (2022). *Estrategia para la prevención de consumo y/o generación de residuos de plástico de un sólo uso en Holbox*. Gobierno del Estado de Quintana Roo. Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).
- Cervantes-Zamora, Y., Cornejo-Olguín, S. L., Lucero-Márquez, R., Espinosa-Rodríguez, J. M., Miranda-Viquez, E., & Pineda-Velázquez, A. (1990). Provincias Fisiográficas de México, escala 1:4000000. México. Obtenido de CONABIO: <http://geoportal.conabio.gob.mx/descargas/mapas/imagen/96/rfisio4mgw>
- CONABIO. (31 de 08 de 2020). *Ecosistemas de México: Islas*. Recuperado el 22 de 07 de 2022, de Biodiversidad Mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/islas>
- CONABIO. (2022). Áreas Naturales Protegidas Federales de México, 2022. Obtenido de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/anp2022gw.html>
- CONABIO. (s.f.). *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. Obtenido de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY81\\_Yumbalan\\_caracterizacion.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY81_Yumbalan_caracterizacion.pdf)
- CONAFOR. (2020). *Cobertura de suelo en Quintana Roo 2016-2018*. Obtenido de Sistema Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF): <https://snmf.cnf.gob.mx/>
- CONANP. (2019). *Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam* (Primera ed.). Ciudad de México, México: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- CONAPO. (2019). *Proyecciones de la Población de los Municipios de México, 2015-2030*. Consejo Nacional de Población. Obtenido de <https://www.gob.mx/conapo/documentos/proyecciones-de-la-poblacion-de-los-municipios-de-mexico-2015-2030>
- Congreso del Estado de Quintana Roo. (23 de Agosto de 2022). Análisis de Iniciativa presentada por el Pdte. Municipal y la Síndico del H. Ayto. Lázaro Cárdenas, para ratifica otorgar por plazo de 15 años, la concesión de los servicios públicos municipales de limpieza, recolección y traslado de los RSU. Obtenido de

- <https://twitter.com/CongresoQRoo/status/1562092001440534529?t=naLX-JlrAjiUcWd9jLIA1w&s=31>
- DATATUR. (2020). *Compendio Estadístico del Turismo en México 2020*. Obtenido de Sistema Nacional de Información Estadística del Sector Turismo de México:  
<https://datatur.sectur.gob.mx/SitePages/CompendioEstadistico.aspx>
- DGPPyEE & SEP. (2022). *Información integrada por la Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa*. Obtenido de Sistema Interactivo de Consulta de Estadística Educativa: <https://planeacion.sep.gob.mx/principalescifras/>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2009). DECRETO por el que se declara área natural protegida, con la categoría de reserva de la biosfera el área marina conocida como Tiburón Ballena, localizada frente a las costas del norte del Estado de Quintana Roo. Obtenido de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5093567&fecha=05/06/2009#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5093567&fecha=05/06/2009#gsc.tab=0)
- ECOCE. (2020). ¿Quiénes somos? Obtenido de ECOCE:  
[https://www.ecoce.mx/nosotros#quienes\\_somos](https://www.ecoce.mx/nosotros#quienes_somos)
- eos.com. (28 de Septiembre de 2020). NDVI: Preguntas frecuentes y qué necesita saber. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/ndvi-preguntas-frecuentes/#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Vegetaci%C3%B3n%20de,la%20salud%20de%20la%20vegetaci%C3%B3n>
- European Space Agency (ESA) & European Union. (2022). Copernicus Open Acces Hub. Obtenido de <https://scihub.copernicus.eu/>
- García, E., & CONABIO. (1998). Climas, escala 1:1000000. Obtenido de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/clima1mgw.html>
- García-Rodríguez, L., Gracia, M. A., Bello-Baltazar, E., & Aldasoro-Maya, E. M. (2018). Metabolismo social y ecoturismo: la problemática de los residuos en isla Holbox, Quintana Roo, México. *Nova scientia*, 10(20). Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052018000100779](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052018000100779)
- Geocycle. (2022). Acerca de nosotros. Obtenido de Geocycle Mexico:  
<https://www.geocycle.com/mexico?address=Mexico>
- GIZ, University of Leeds, Eawag-Sandec, Wasteaware. (2020). *User Manual: Waste Flow Diagram (WFD): A rapid assessment tool for mapping waste flows and quantifying plastic leakage*. Version 1.0. (J. Cottom, I. Zabaleta, C. Zurbruegg, J. Stretz, & S. Blume, Edits.) Eschborn, Germany: Principal Investigator: Velis C.A. Obtenido de <http://plasticpollution.leeds.ac.uk>
- Hernández Espinosa de los Monteros, J. D., & Ramos-Guevara, E. (2012). *Diagnóstico técnico de bienes de consumo que una vez concluida su vida útil pasan a ser residuos en islas del Estado de Quintana Roo*. Gobierno del Estado de Quintana Roo, Secretaría de Ecología y Medio Ambiente. Sociedad Alemana de Cooperación Internacional.
- idegeo. (17 de Diciembre de 2019). *ÍNDICE NDBI*. Obtenido de Servicios de Información Geoespacial. Plataforma GeoWeb IDEGeo:  
[https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Andbi\\_s2b\\_20180120](https://idegeo.centrogeo.org.mx/layers/geonode%3Andbi_s2b_20180120)
- IEQROO. (11 de Abril de 2022). *Estadístico definitivo de padrón y lista nominal del Estado de Quintana Roo por sección y sexo con corte al 11 de abril del 2022*. Obtenido de Instituto Electoral de Quintana Roo: <https://www.ieqroo.org.mx/2018/index.html>
- INAI. (2022). *Plataforma Nacional de Transparencia*. Obtenido de <https://www.plataformadetransparencia.org.mx/>
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Obtenido de INEGI:  
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- INEGI. (2018). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN 2018)*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía:  
<https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825099695>
- INEGI. (2019). Marco Geoestadístico Nacional, septiembre 2019. México. Obtenido de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463776079>
- INEGI. (2020). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2019*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/>

- INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2021). *Demografía de los Negocios (DN) 2019 - 2021*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/programas/dn/2021/>
- INEGI. (2021). Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional). México. Obtenido de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/usv250s7gw.html>
- INEGI. (2022). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2021*. Obtenido de INEGI: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2021/>
- INEGI. (2022). *DIRECTORIO ESTADÍSTICO NACIONAL DE UNIDADES ECONÓMICAS (DENU)*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/ficha.html?tit=918656&ag=23&f=csv>
- INEGI. (s.f.). Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. Obtenido de [https://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/siatl/](https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/)
- INIFAP-CONABIO. (1995). Edafología, escalas 1:250000 - 1:1000000. México. Obtenido de <http://geoportal.conabio.gob.mx/metadatos/doc/html/eda251mgw.html>
- Kshetri, T. (30 de Septiembre de 2018). *NDVI, NDBI & NDWI Calculation Using Landsat 7, 8*. Obtenido de LinkedIn: <https://www.linkedin.com/pulse/ndvi-ndbi-ndwi-calculation-using-landsat-7-8-tek-bahadur-kshttri/>
- Méndez, E. (5 de Junio de 2021). Clausuran tiradero a cielo abierto de la Isla Holbox, en plena temporada de Tiburón Ballena. *Excelsior*. Obtenido de <https://www.excelsior.com.mx/nacional/clausuran-tiradero-a-cielo-abierto-de-la-isla-holbox-en-plena-temporada-de-tiburon-ballena>
- Municipio de Lázaro Cárdenas. (06 de 07 de 2021). *Portal Nacional de Transparencia*. Obtenido de <https://tinyurl.com/2efs5xtj>
- Murillo, E. (26 de Septiembre de 2018). Respira Holbox: adelantan programa de recolección de basura. *Novedades Quintana Roo*. Obtenido de <https://sipse.com/novedades/empresa-recicladora-eco-v-adelanta-recoleccion-basura-en-holbox-cancun-novedades-quintana-roo-311618.html>
- Navarro, A. (25 de Octubre de 2021). *Guardianes de Holbox*. Obtenido de One Earth: <https://www.oneearth.org/guardianes-de-holbox/>
- Nómadas. (13 de Julio de 2022). Gestión de la estación de transferencia en Holbox. (SUEMA, Entrevistador)
- NOTIMEX. (23 de Octubre de 2017). Sector hotelero de Holbox, QRoo, se suma a acciones de sustentabilidad. *20 minutos*. Obtenido de <https://www.20minutos.com.mx/noticia/287659/0/sector-hotelero-de-holbox-qroo-se-suma-a-acciones-de-sustentabilidad/>
- ONU-Hábitat. (2020). *HERRAMIENTA "WASTE WISE CITIES": Guía paso a paso para evaluar el desempeño de la gestión de residuos sólidos urbanos de una ciudad a través del Indicador ODS 11.6.1 Monitoreo*. Nairobi, Kenya.
- PROFEPA. (5 de Junio de 2021). La @PROFEPA\_Mx clausuró un tiradero de residuos sólidos urbanos a cielo abierto usado como estación de transferencia en la isla de Holbox. Obtenido de [https://twitter.com/PROFEPA\\_Mx/status/1401246889501151233?ref\\_src=twsr%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1401246889501151233%7Ctwgr%5Ee4f8298d99491c843547fc46700a9746f90a100%7Ctwcon%5Es1\\_&ref\\_url=https%3A%2F%2Fwww.azon.com.mx%2Festados%2Fprofepa-c](https://twitter.com/PROFEPA_Mx/status/1401246889501151233?ref_src=twsr%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1401246889501151233%7Ctwgr%5Ee4f8298d99491c843547fc46700a9746f90a100%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.azon.com.mx%2Festados%2Fprofepa-c)
- QGIS.org. (2020). QGIS Geographic Information System. QGIS Association. Obtenido de <http://www.qgis.org>
- RAMSAR. (2004). *Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam*. Obtenido de Servicio de Información sobre Sitios Ramsar: <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1360>

- Ruiz-Canduriz, R. (15 de Diciembre de 2020). Mantener a Holbox limpio, el reto. *La Jornada*. Obtenido de <https://www.lajornadamaya.mx/quintana-roo/33779/mantener-a-holbox-limpio-el-reto>
- SEDESOL. (2013). *Generación estimada de residuos sólidos urbanos por tipo de residuo*. Secretaría de Desarrollo Social, Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas.
- SEDETUR. (08 de Febrero de 2022). *Indicadores Turísticos*. Obtenido de Secretaría de Turismo: <https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/indicadores/Indicador-Tur-EneDic-2021.pdf>
- SEDETUR. (03 de Febrero de 2022). *Indicadores Turísticos*. Obtenido de Secretaría de Turismo: [https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/indicadores/Indicador-Tur-Dic-2019\\_actualizado.pdf](https://sedeturqroo.gob.mx/ARCHIVOS/indicadores/Indicador-Tur-Dic-2019_actualizado.pdf)
- SEMAR. (s.f.). *Isla Holbox, Quintana Roo*. Obtenido de Secretaría de Marina: Dirección General Adjunta de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología: <https://digaohm.semar.gob.mx/cuestionarios/cnarioholbox.pdf>
- SEMARNAT. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México: Lucart Estudio S.A. de C.V. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- SMI. (2022). *Sobre nosotros*. Obtenido de Strategic Materials, Inc.: <https://www.smi.com/espanol/Sobre-nosotros/>
- United Nations Environment Programme. (2020). *National guidance for plastic pollution hotspotting and shaping action - Introduction report*. (J. Boucher, Z. Melissa, X. Liao, A. Kounina, G. Billard, P. Paruta, & A. Bouchet, Edits.) Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme.
- WWF-México. (s.f.). *Arrecife Mesoamericano*. Obtenido de WWF: [https://www.wwf.org.mx/que\\_hacemos/programas/arrecife\\_mesoamericano/](https://www.wwf.org.mx/que_hacemos/programas/arrecife_mesoamericano/)
- WWF-México. (s.f.). *Sistema arrecifal mesoamericano, Yum Balam*. Obtenido de WWF: [http://awsassets.panda.org/downloads/fs16\\_sam\\_yum\\_balam.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/fs16_sam_yum_balam.pdf)

Anexo\_. Zonificación para la recolección de residuos de acuerdo a la tasa de generación por zona.

