



# DISPOSICIÓN A PAGAR POR UN SISTEMA INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN POBLACIONES SEMI-URBANAS

## WILLINGNESS TO PAY FOR URBAN SOLID WASTE INTEGRAL SYSTEM IN SEMI-URBAN POPULATIONS

Francisco Iván Hernández Cuevas<sup>1</sup>, Diana Estefania Castillo Loeza<sup>2</sup>, Javier  
Becerril García<sup>3</sup>, y María Pía Mc Manus Gómez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CONACYT- Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

<sup>2</sup>Escuela de Administración de Recursos Naturales de la Universidad Marista de Mérida, México.

<sup>3</sup>Facultad de Economía de la Universidad Autónoma de Yucatán, México.

<sup>4</sup>Escuela de Administración de Recursos Naturales de la Universidad Marista de Mérida, México.

\*Autor para correspondencia: [ivan.hernandez@correo.uady.mx](mailto:ivan.hernandez@correo.uady.mx)

Manuscrito recibido el 05 de enero de 2022. Aceptado, tras revisión, el 21 de marzo de 2023.

### Resumen

La transición de lo rural a lo semiurbano en Yucatán ocurre principalmente en las cabeceras municipales, y trae consigo problemas de gestión de los residuos. Las autoridades municipales son las encargadas del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU); pero en últimos años, la asociación entre el sector público y el privado para la gestión de los residuos resulta una estrategia eficaz. Existen pocos estudios sobre el MIRSU en zonas rurales o semiurbanas y la disposición a pagar de los usuarios, información que ayudaría a los creadores de política pública a diseñar planes y programas adecuados para su gestión. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es determinar los factores socioeconómicos asociados a la disposición a pagar por el MIRSU de los usuarios de municipios semiurbanos de Yucatán. Se realizaron 1,144 encuestas en 6 localidades semiurbanas de Yucatán, los datos se analizaron mediante estadística descriptiva e inferencial con un modelo econométrico de regresión Tobit. El 69,75% de los usuarios encuestados declararon estar dispuestos a pagar por el manejo integral de los residuos sólidos un monto promedio de 17,65 pesos mexicanos (0,85 dólares estadounidenses). La disposición a pagar disminuye cuando predomina el idioma maya, y mientras menos activos físicos y habitaciones tenga el hogar. Existen elementos culturales y sociales arraigados en la recolección de residuos sólidos, este sistema integral puede ir acompañado de otro tipo de incentivos económicos para modificar el comportamiento de los consumidores hacia algo más beneficioso para el medio ambiente, tal como el ingreso familiar.

**Palabras clave:** Residuos Sólidos Urbanos (RSU), áreas semi rurales, Disposición a Pagar (DAP), Modelo Tobit.

---

**Abstract**

In Yucatan, the transition from rural to semi-urban communities has occurred mainly in the municipality seats; this transition comes with the problems of waste management. The municipalities oversee the Integral Urban Solid Waste Management (IUSWM); but in recent years, the public-private partnership for waste management has proved to be an effective strategy. There are few studies on the IUSWM in rural or semi-urban areas and the users' willingness to pay, information that would help public policymakers to design adequate plans and programs for its management. Therefore, the purpose of this study is to determine the socioeconomic factors associated with the willingness to pay for the IUSWM of users in semi-urban municipalities of Yucatan. A total of 1,144 interviews were conducted in 6 semi-urban localities in Yucatan, and the data were analyzed using descriptive and inferential statistics with a Tobit regression econometric model. 69.75% of the surveyed users declared that they were willing to pay an average of 17.65 Mexican pesos (0.85 U.S. dollars) for the integral urban solid waste management. The willingness to pay decreases when the Mayan language predominates among the member of the household, and when they have fewer tangible assets and rooms. There are cultural and social factors rooted in solid waste collection, this integrated system may be accompanied by other types of economic incentives to modify consumers' behavior towards something more beneficial for the environment, such as the homes' income.

**Keywords:** Urban Solid Waste (USW), Semi-rural area, Willingness to Pay (WTP), Tobit model.

---

Forma sugerida de citar: Hernández Cuevas, F., Castillo Loeza, D., Becerril García, J. y Mc Manus Gómez, M. (2024). Disposición a Pagar por un sistema integral de Residuos Sólidos Urbanos en poblaciones semi-urbanas. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. [Acceso Temprano] <http://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.02>.

---

IDs Orcid:

Francisco Iván Hernández Cuevas: <https://orcid.org/0000-0002-1310-7574>  
Diana Estefania Castillo Loeza: <https://orcid.org/0000-0002-0363-5883>  
Javier Becerril García: <https://orcid.org/0000-0003-3785-1469>  
María Pía Mc Manus Gómez: <https://orcid.org/0000-0002-3031-3652>

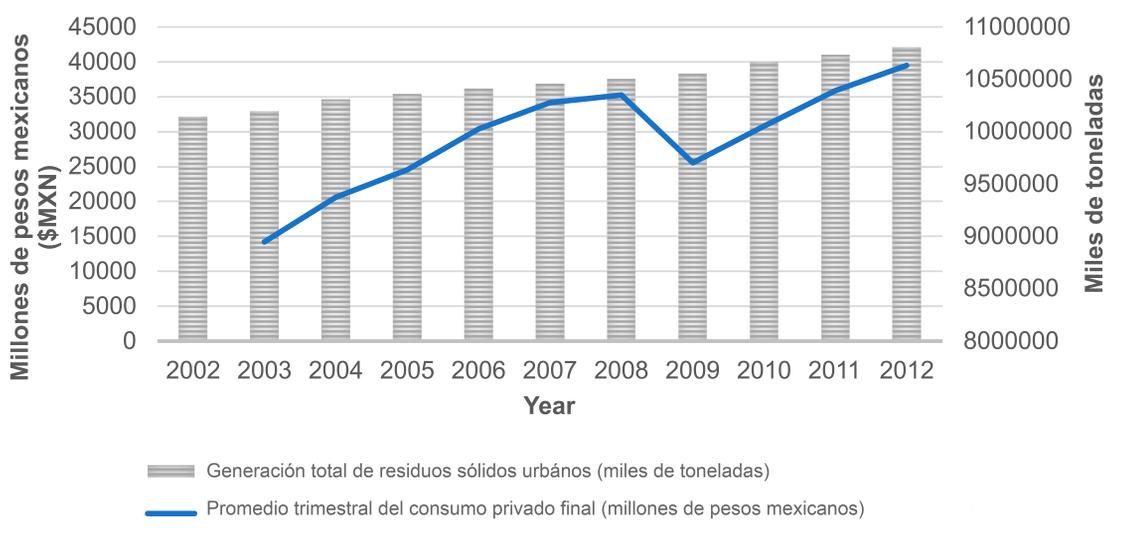
## 1 Introducción

El problema de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) está aumentando a nivel mundial debido al crecimiento de la población y al cambio en los patrones de consumo. Según Kaza y col. (2018), en todo el mundo se generan 242 millones de toneladas de residuos plásticos, y en 2016 se produjeron 1.600 millones de toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero equivalentes a dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por la gestión de residuos sólidos. Si no hay ninguna mejora en la generación de residuos sólidos, las emisiones aumentarán un 62,5% en el 2050.

En 2017, en México se produjeron 102 895,00 toneladas diarias de residuos, de esa cantidad el 83,93% se recolectó, y el 78,54% se destinó a sitios de disposición final, reciclando sólo el 9,63% (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017). La información oficial (Fig. 1) a nivel nacional, estatal y local sobre la generación de residuos sólidos es escasa y desactualizada (el último dato oficial se registró en 2012). No obstante, se observa un comportamiento explícito en el crecimiento económico del país. El aumento del gasto medio en consumo privado de las familias ha provocado

un incremento constante de los residuos y de la generación de los mismos. Incluso en tiempos de crisis económica (2009), la generación de residuos sólidos urbanos continuó incrementando, lo que podría atribuirse a la pausa económica generada por las acciones de mitigación de la pandemia del COVID-19 y que ahora con la reapertura económica podría tener un efecto más significativo en términos de contaminación.

La producción de RSU está vinculada a las actividades en los hogares (Diario Oficial de la Federación, 2003), por lo que su aumento también está relacionado con los patrones de consumo de los hogares y el crecimiento de la población. Las investigaciones muestran cambios en los patrones de consumo; por ejemplo, se realizó un estudio en la isla de Creta para identificar la composición de los residuos, y los resultados indicaron un cambio en los patrones de consumo, principalmente debido al aumento de los materiales de almacenamiento en comparación con la disminución de los residuos orgánicos (Gidarakos, Havas y Ntzamilis, 2006). Por otro lado, a medida que la población crece en una región, es necesario establecer una forma más organizada de gestión de los residuos para mantener los aspectos sanitarios generales (Seadon, 2006).



**Figura 1.** Generación de residuos sólidos urbanos y consumo privado en México  
Fuente: Elaboración propia con base a los datos de la Secretaría de Desarrollo Social (2013).

La gestión adecuada en los niveles de RSU todavía no se ha logrado (Marín García y Quintanilla Jerezano, 2007). Algunos RSU depositados en los vertederos tienen un valor residual, como el papel, el PET, el cartón, el cartón de leche, el metal, entre otros. Sin embargo, este valor se pierde cuando no son reutilizados o reintegrados a la economía (Taboada-González y col., 2013). La mala gestión de los RSU puede crear efectos nocivos como la contaminación del suelo, el aire y el agua, la pérdida de biodiversidad y los riesgos para la salud (Huamaní Montesinos, 2017; Srivastava y col., 2015). La gestión adecuada de los RSU es un tema que impacta en las diferentes dimensiones de la sostenibilidad (Silva, Prietto y Korf, 2019); por lo tanto, es importante que después de recoger datos sobre los RSU, los hallazgos sean utilizados por los responsables políticos para desarrollar o mejorar una adecuada Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU).

En México, la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos* de 2003 señala que la GIRSU es un sistema que se encarga de las acciones para reducir, reutilizar y reciclar los residuos producidos, así como su recolección, almacenamiento y disposición final, siguiendo los objetivos de saneamiento, restauración y conservación del medio ambiente. Sin embargo, los sectores en los que se generan residuos sólidos son el industrial, el gubernamental, el institucional y el sanitario (Srivastava

y col., 2015).

No existe una definición exacta de la GIRSU, ya que cambia según el país; además, la GIRSU va más allá de los desechos finales. Tchobanoglous y Kreith (2002) sugieren que se puede considerar como a la selección y aplicación de prácticas, tecnologías y programas de gestión adecuados para lograr los objetivos. Las ventajas de tener una GIRSU en un país van más allá de la preservación de la salud de la población. También implica la disminución del uso de recursos naturales y de la contaminación por vertido de residuos no tratados, e indirectamente, el ahorro de energía (Hui y col., 2006).

El problema de la gestión de los residuos sólidos también está presente hoy en día en las zonas urbanas y semiurbanas, debido al aumento de la urbanización. Por ejemplo, en las zonas rurales de la India, los residuos se vierten en lugares inadecuados (bordes de las carreteras, terrenos baldíos, etc.), lo que es peligroso para la salud de los residentes de estas zonas y el medio ambiente; no hay separación de residuos, y aunque los residuos orgánicos se destinan a la alimentación de los animales, los cambios en los patrones de consumo han aumentado el uso de materiales plásticos que se eliminan en los vertederos (Vij, 2012). En las zonas rurales de Egipto, los residuos sólidos se suelen verter en desagües y canales, en vertederos abiertos o se queman (El-Messery, Ismail y Arafa, 2009).

**Tabla 1.** Generación de residuos sólidos urbanos por tipo de área

Año	Generación nacional de residuos sólidos urbanos (miles de toneladas)	Generación de residuos sólidos urbanos en Yucatán (miles de toneladas)	Generación de residuos sólidos en localidades rurales o semiurbanas (miles de toneladas)
2002	32 173,60	459,52	4 774,20
2003	32 915,70	470,85	4 793,00
2004	34 604,00	496,00	4 964,00
2005	35 405,00	509,00	5 326,00
2006	36 135,00	522,00	5 088,00
2007	36 865,00	551,00	5 021,00
2008	37 595,00	562,00	4 540,00
2009	38 325,00	573,00	4 561,00
2010	40 058,75	591,30	4 639,50
2011	41 062,50	605,90	4 704,30
2012	42 102,75	620,50	4 726,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Secretaría de Desarrollo Social (2013).

En las últimas décadas, las zonas rurales en México también se han transformado de rurales a urbanas y semiurbanas, debido a un crecimiento demográfico. Esta transición de lo rural a lo urbano viene acompañada de los problemas de manejo de los RSU, así como del cambio en los hábitos de consumo. El Estado de Yucatán<sup>1</sup> no está exento y ha experimentado esta transformación sobre todo en las *seats*<sup>2</sup>, municipales, algunas de las cuales han alcanzado el tamaño de zonas semiurbanas. Desafortunadamente, el problema de los RSU está presente en ellos (como el creciente uso de materiales desechables y peligrosos), y se agrava cuando las comunidades no cuentan con servicios adecuados de recolección de basura. Esto se observa en la información reportada por la Secretaría de Desarrollo Social (2013) (Tabla 1), donde se muestra un crecimiento en la generación de residuos sólidos urbanos en zonas rurales o semiurbanas. El estado de Yucatán también ha registrado incrementos en el volumen de generación de RSU, obteniendo un total de 620 mil toneladas para el año 2012.

El único municipio del estado de Yucatán que cuenta con un relleno sanitario es Mérida, y los demás carecen de un relleno adecuado. En consecuencia, los residuos en las localidades rurales y semirurales se queman y arrojan en rellenos sanitarios, hoyos en el suelo y calles. Entre los problemas causados por el mal manejo de los RSU se encuentran la contaminación ambiental (atmosférica, edáfica, hídrica, visual), los malos olores, los roedores y las plagas, y temas que ponen en peligro la salud de los habitantes (Canul Bacab y May Hoil, 2016). En Yucatán se han desarrollado iniciativas debido a los RSU, un ejemplo de estas iniciativas es que todos sus municipios cuentan con un Plan de Manejo de Residuos Sólidos (Secretaría de Desarrollo Sustentable, 2021). Sin embargo, la aplicación de estos planes requiere de inversión, innovación y la vinculación entre los sectores sociales, privados y públicos para comenzar a tener efectos positivos en la reducción de los RSU.

En México -según el artículo 115 de la Constitución Política- los municipios se encargan de la limpieza, recolección, tratamiento y disposición fi-

nal de los residuos. Sin embargo, México ha experimentado un cambio notable en los servicios públicos, ya que cada vez hay más servicios privados. Esto incluye el suministro de agua potable, el alumbrado público y los servicios de recolección de residuos (Couto Benítez, Hernández y Sarabia, 2012). La participación del sector privado se ha convertido en una alternativa de solución al problema de la gestión de residuos, principalmente en las zonas urbanas (Couto Benítez, Hernández y Sarabia, 2012). Algunos estudios abordan la disposición de la población a pagar por el sistema de recolección de basura, así como los factores que influyen en esta decisión (Kayamo, 2022; Koford y col., 2012; Song, Wang y Li, 2016).

Los estudios sobre la gestión de los RSU se centran en las zonas urbanas que tienen una gran población (en México lo urbano supera a 15.000, y lo rural es menor a 2.500 habitantes, y el intermedio: semiurbano). Sin embargo, es probable que estos resultados no se apliquen en zonas semiurbanas, ya que son más pequeñas (Friesen-Pankratz y col., 2011).

Por lo tanto, existe poca información sobre la recolección y disposición final de los RSU en zonas rurales y semiurbanas, así como de los factores que incentivan a estos habitantes a adquirir un servicio de recolección de residuos (RSU). Por ello, el propósito de este estudio es determinar los factores socioeconómicos asociados a la disposición a pagar para crear un sistema de gestión integral de residuos sólidos (SGSI) en ciudades semiurbanas de Yucatán.

## 2 Materiales y Métodos

En este estudio se utilizó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental y de tipo transversal mediante el análisis de estadísticas descriptivas e inferenciales a través de un modelo econométrico de regresión truncada (Tobit). Los datos se recogieron en un solo periodo entre enero y marzo de 2021.

El diseño del estudio consideró tener representatividad espacial de las ciudades semiurbanas en los municipios del estado de Yucatán<sup>3</sup>, los cuales fue-

<sup>1</sup>Uno de los 32 estados de México.

<sup>2</sup>Es una ciudad o sede del gobierno municipal. México tiene tres niveles de gobierno: Federal, Estatal y Municipal, y 32 Estados y 2.471 municipios.

<sup>3</sup>Yucatán tiene 106 municipios.

ron seleccionados de acuerdo con su distribución espacial. El estado se dividió en seis zonas, considerando la zona centro, noreste, noroeste, sureste y suroeste. Los municipios seleccionados según el criterio de representatividad fueron: Halacho, Izamal, Muna, Peto, Tekax y Tizimín, y las ciudades semiurbanas seleccionadas dentro de ellos son sus cabeceras municipales; ambas se presentan en la Figura 2: el municipio con color y la ciudad semiurbana con puntos.

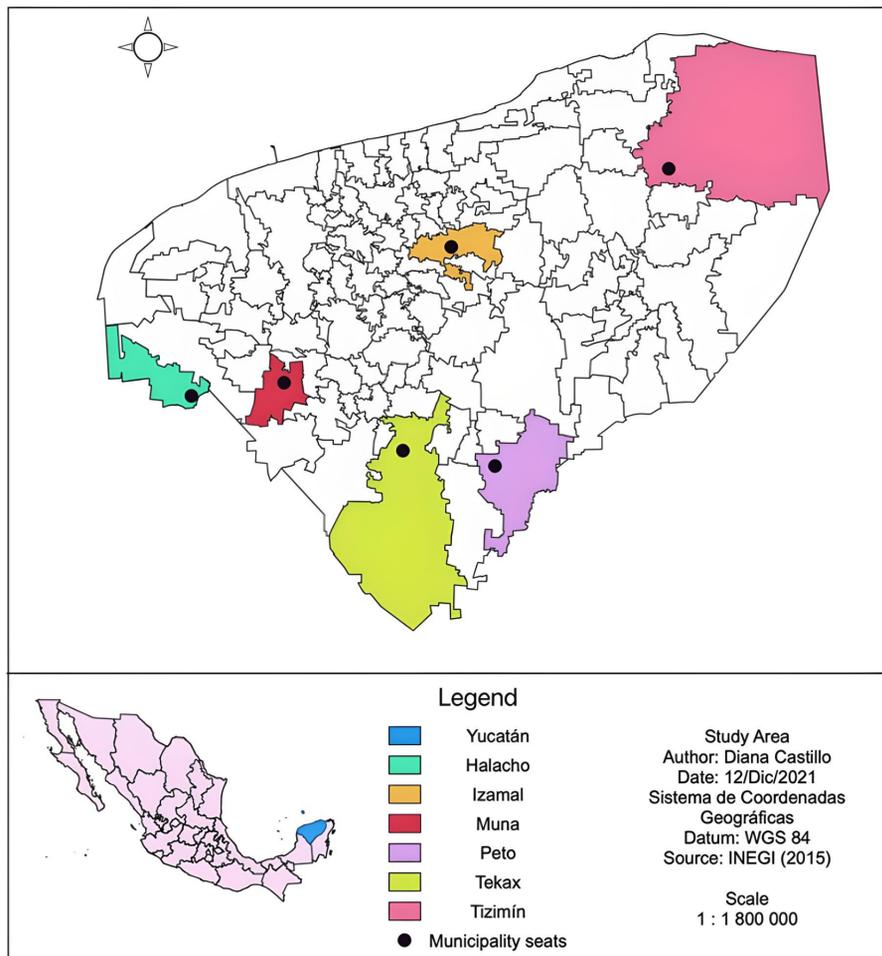
El tamaño de la muestra se calculó para cada municipio con un 95% de confianza, 10% de error y, la respuesta positiva del 90% y la negativa del 10%. Se recolectaron 1144 entrevistas (Tabla 2), las cuales fueron suministradas y contestadas de manera física y personal (cara a cara), respetando el consen-

tamiento informado respecto al uso de la información y todas las medidas de seguridad y distancia para evitar la propagación del COVID-19.

**Tabla 2.** Tamaño de la muestra del área de estudio

Municipio	Habitantes	Tamaño de la muestra
Halacho	4747	208
Izamal	9640	206
Muna	3029	205
Peto	5599	102
Tekax	9606	210
Tizimín	17705	213
Total		1144

Fuente: Elaboración propia con base en INAFED (2021).



**Figura 2.** Área de estudio

Fuente: Elaboración propia adaptada de INEGI (2015).

El instrumento utilizado en el presente estudio fue una encuesta en los hogares, la cual estuvo conformada por un total de 6 secciones que incluyeron: aspectos sociodemográficos de los integrantes del hogar, información relacionada con las actividades económicas principales y secundarias que realizan, elementos sobre las características físicas de la vivienda, los programas de política pública que recibe el hogar, los activos físicos con los que cuenta la familia y una sección relacionada con la generación de residuos sólidos urbanos. Toda la información se obtuvo y se almacenó en hojas de cálculo y posteriormente se importó al software estadístico STATA 17® para realizar los análisis estadísticos descriptivos y econométricos.

## 2.1 Método de valoración económica

Se utilizó el método de preferencias para estimar la disposición total a pagar por la creación de un sistema integral de recogida de residuos sólidos urbanos. En particular, se utilizó el método de valoración contingente (MVC), que ofrece un enfoque más directo al entrevistado (Tietenberg y Lewis, 2018). Un método CVM proporciona información relativa a la distribución de la DAP para un cambio propuesto en un bien ambiental (en este escenario, una reducción de la contaminación generada para los residuos sólidos urbanos) y su objetivo es medir el valor monetario de un individuo para este elemento. El acto de valoración implica un contraste entre dos situaciones, una con el artículo y otra sin él, por lo que las respuestas revelan un límite superior (en el caso de una respuesta “no”) o un límite inferior (en el caso de una respuesta “sí”) (Tietenberg y Lewis, 2018; Carson y Hanemann, 2006).

Los antecedentes teóricos del método están compuestos por la estructura de la función de utilidad (Ferreira y Marques, 2015). El MCV se apoya en la probabilidad de respuesta a la encuesta bajo el supuesto de que un individuo maximiza su utilidad, la función de distribución acumulada de la DAP,  $G_c$ , y la correspondiente función de densidad de probabilidad,  $g_c$ , depende de la forma de las preguntas de la encuesta (Hoyos y Mariel, 2010). Se utilizó un formato de pregunta abierta en el que se pidió a los individuos que declararan directamente su máxima DAP,  $A$ , la probabilidad de que la DAP del individuo sea igual a  $A$ , es:

$$Pr(DAP = A) \equiv g_c(A) \quad (1)$$

La obtención de la distribución de la DAP para un formato de pregunta abierta supone una regresión lineal sobre algunas covariables ( $Z_y$ ) y un término aleatorio de distribución normal ( $\epsilon$ ), por lo que la DAP también se distribuye normalmente (Hoyos y Mariel, 2010):

$$DAP = \mu_{WTP} + \epsilon = Z_y + \epsilon \quad (2)$$

## 2.2 Especificaciones del modelo de regresión Tobit para la DAP (\$)

Se obtuvo un valor monetario de la disposición a pagar (DAP) de las entrevistas. Sin embargo, esta variable dependiente presenta una característica particular ya que está censurada a la “izquierda” en 0 para todas las respuestas de los individuos que decidieron no considerar a DAP, de tal manera, que no se cobra por este evento. Adicionalmente, también se censura a la “derecha”, ya que los valores mayores a cero en la DAP tienen un límite de \$200 MX<sup>4</sup>, es decir, ninguno de los entrevistados tuvo una DAP mayor a \$200 MXN mensuales por la creación del SGSI.

Por lo tanto, el modelo Tobit (Tobin, 1958) es la alternativa más adecuada al modelo de regresión por mínimos cuadrados ordinarios (MCO). La falta de capacidad para reconocer la censura en la distribución de las respuestas en el modelo MCO provoca parámetros de estimación inconsistentes y sesgados (Del Saz-Salazar, Feo-Valero y Vázquez-Paja, 2020; Maddala, 1983).

El modelo de regresión Tobit puede definirse de la siguiente forma:

$$y_i^* = x_i' \beta + \epsilon_i \quad (3)$$

Donde  $y_i^*$  es la variable latente dependiente,  $x_i$ , es la  $i$ -ésima fila de la matriz de datos de  $n \times (p+1)$  con una matriz  $X$  y  $p$  variables explicativas,  $\beta$  es un vector  $(p+1) \times 1$  de coeficientes y  $\epsilon_i$  es el término de error que se distribuye independientemente con media 0 y varianza  $\sigma^2$ . Existen diferentes tipos de censura como la izquierda, la derecha, la doble, la central y la progresiva (Toker y col., 2021).

<sup>4</sup>Tasa de cambio de \$ 20.73 peso mejicano por \$ 1 US dólar.

La estimación del modelo Tobit se basa en el nivel de la regresión lineal ordinaria (Greene, 2018), donde la probabilidad logarítmica para el modelo de regresión censurado es:

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} -\frac{1}{2} \left[ \ln(2\pi) + \ln\sigma^2 + \frac{(y_i - x_i'\beta)^2}{\sigma^2} \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[ 1 - \Phi \left( \frac{x_i'\beta}{\sigma} \right) \right] \quad (4)$$

Donde las dos partes corresponden a la regresión lineal para las observaciones no limitadas y las probabilidades relevantes para la observación límite, respectivamente (Greene, 2018).

### 3 Resultados

La tabla 3 muestra las características sociales, económicas y demográficas de los habitantes y sus hogares (HH), donde el 41% de los jefes de hogar son hombres, el promedio de edad es de alrededor de 50 años, y la mayoría de ellos (57%) hablan el idioma local: Maya. La mayoría de los jefes de hogar no han terminado la escuela secundaria (8,78 años de estudio). Los ingresos anuales son de aproximadamente 2.720 dólares per cápita.

En la figura 3 se identifican los residuos sólidos urbanos generados con mayor frecuencia en los hogares entrevistados, destacan: restos de huesos y pieles de animales (93,53%), botellas de PET (93%), envoltorios de alimentos (92,48%), productos de limpieza (92,3%), restos de comida (90,38%), bombillas (89,07%), plástico en general (87,3%), latas (84,23%), papel higiénico (83,3%) y, madera (82,25%). Existe un gran valor en el reciclaje o en los mercados de la economía circular dentro de los residuos generados por los hogares como el PET, las latas, la madera y los envoltorios de alimentos. Este factor es vital ya que el sistema de gestión integral de residuos debe contemplar la reutilización de este tipo de residuos.

**Tabla 3.** Características sociodemográficas de los hogares

Variable	Media	Desviación estándar
Jefe de familia		
Sexo (1=hombre)	0,41	0,49
Edad	49,70	17,01
Habla maya (1=sí)	0,57	0,49
Años de escolaridad	8,78	4,01
Características de los hogares		
Tamaño de la familia	2,51	1,54
Número de habitaciones	2,00	1,06
Tiene un teléfono móvil (1=sí)	0,89	0,31
Tiene una bicicleta (1=sí)	0,36	0,48
Tiene auto (1=sí)	0,14	0,35
Ingresos totales anuales (\$MXN)	56 385,78	66 114,94

Fuente: Datos recogidos, n= 1.144 hogares

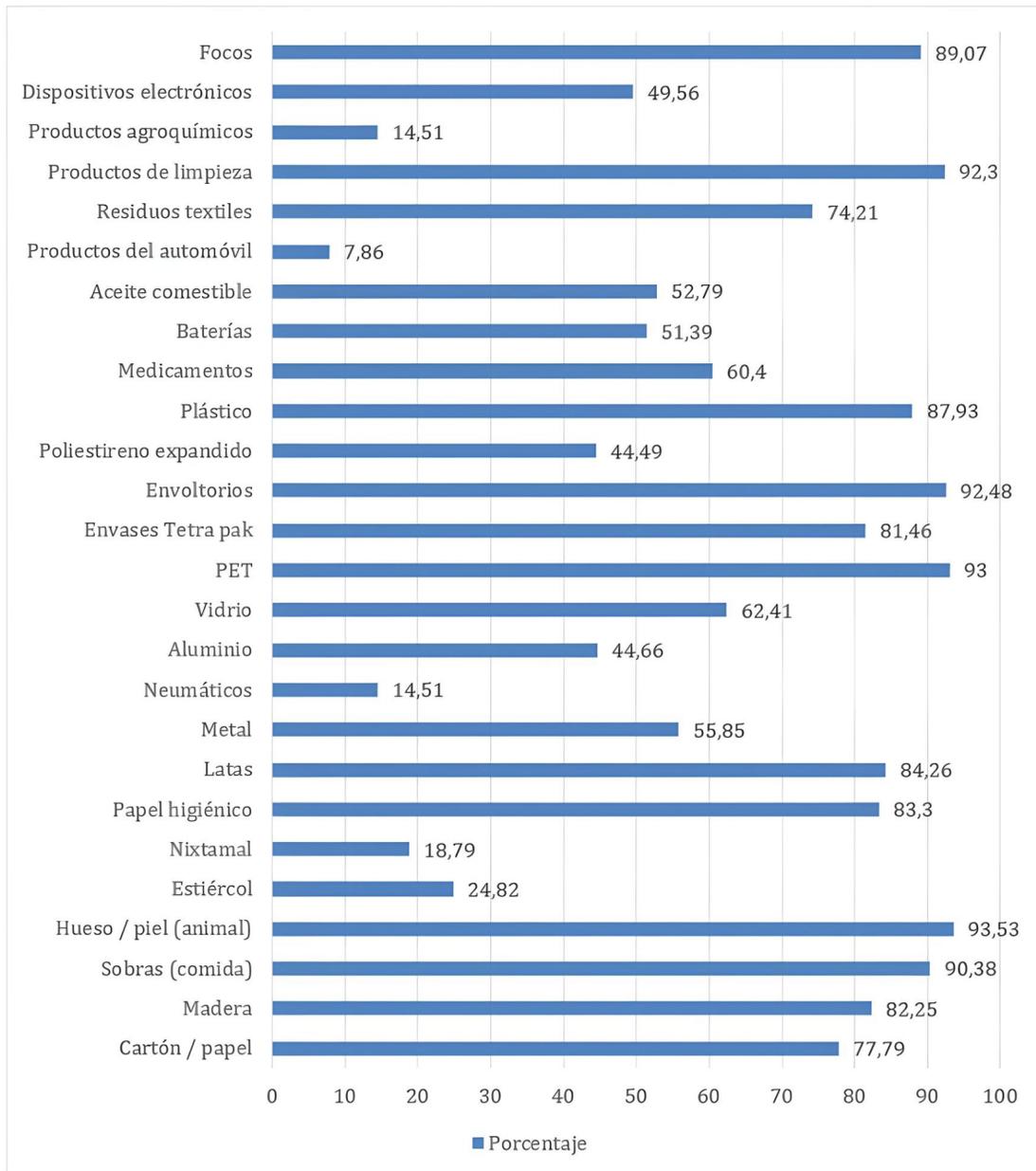
La figura 4 presenta la distribución de los RSU generados en los hogares entrevistados. La recolección de residuos se encarga de una parte de los RSU, sin embargo, la disposición final de otros residuos es la quema, la venta, el reciclaje, el compostaje, la utilización para la alimentación de animales, los vertederos, calles, pozos y huecos en la tierra. De acuerdo con los resultados obtenidos en las viviendas, se pueden destacar los siguientes elementos:

- Quema de basura: El 24% de los hogares que man papel higiénico; el 24%, madera o residuos de jardinería; el 17%, envoltorios de alimentos; el 16%, cartón; y el 9%, productos domésticos.
- Recogida de residuos: El 86% de los hogares desechan bombillas para la recogida de basura; el 81%, productos domésticos; el 74%, papel higiénico; el 73%, envoltorios de alimentos; el 65%, tetrapak; el 58%, plástico en general; el 56%, vidrio; el 54%, medicamentos; el 59%, latas; el 47%, pilas; el 44%, electrodomésticos; el 41%, cartón; el 40%, botellas plásticas; en menor medida, entre otros.
- Venta: los hogares entrevistados declaran vender parte de sus residuos a los RSU. El 22% vende botellas plásticas; el 19% metal; el 15%

latas; el 11% aluminio; el 6% plástico en general; y el 4% tetrapak.

- El compost: Los RSU son útiles para producir compost. Los 3 RSU más utilizados para este fin son los residuos de madera o de jardinería en el 20% de los hogares; el estiércol en el 11% y, por último, los restos de comida en el 7%.

- Alimento para animales: Los RSU pueden utilizarse como alimento para animales, especialmente en los hogares rurales que crían animales de traspatio. Los principales 3 utilizados para ello son huesos y pieles de animales en el 60% de los hogares, restos de comida en el 49% y nixtamal en el 9%.



**Figura 3.** Porcentaje de hogares que generan residuos sólidos urbanos  
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos

En la descripción de los grupos por su disposición a pagar por la creación de un sistema de Recogida Integral de Residuos Sólidos Urbanos en los municipios, los resultados fueron los siguientes: El 69,75% de los hogares entrevistados declaró estar dispuesto a pagar. El monto promedio de pago es de 17,65 pesos mexicanos (0,85 dólares americanos).

Los aspectos sociodemográficos que diferencian a los hogares por su disposición a pagar se describen en la Tabla 4. Los resultados muestran que el hecho de hablar maya ( $t = 3,33$ ), los años de educación ( $t = 2,44$ ), el número de habitaciones en la casa ( $t = 4,99$ ), la posesión de un teléfono celular ( $t = 2,59$ ), de una bicicleta ( $t = 4,38$ ) y de un automóvil ( $t = 3,89$ ) diferencian a estos grupos. En este sentido, se observa que los hogares donde predomina la lengua maya en general no están dispuestos a

pagar, así como los hogares que cuentan con menos activos físicos del hogar.

La media de la DAP varía de un municipio a otro. Se puede observar en la Figura 5 que en Muna, la DAP apenas supera los 10 pesos y es la más baja de todos los municipios estudiados. Mientras que Halacho y Tekax están por debajo de los 15 pesos, pero llegan a los 10. La DAP en Peto está por encima de 15, pero por debajo de 20 pesos. La DAP en Izamal supera los 20 pesos, pero la media más alta de la DAP está en Tizimín con 26,90 pesos.

La Figura 6 muestra la tasa de superveniencia, donde se puede observar las frecuencias de aparición del resto del valor monetario asignado por los entrevistados.

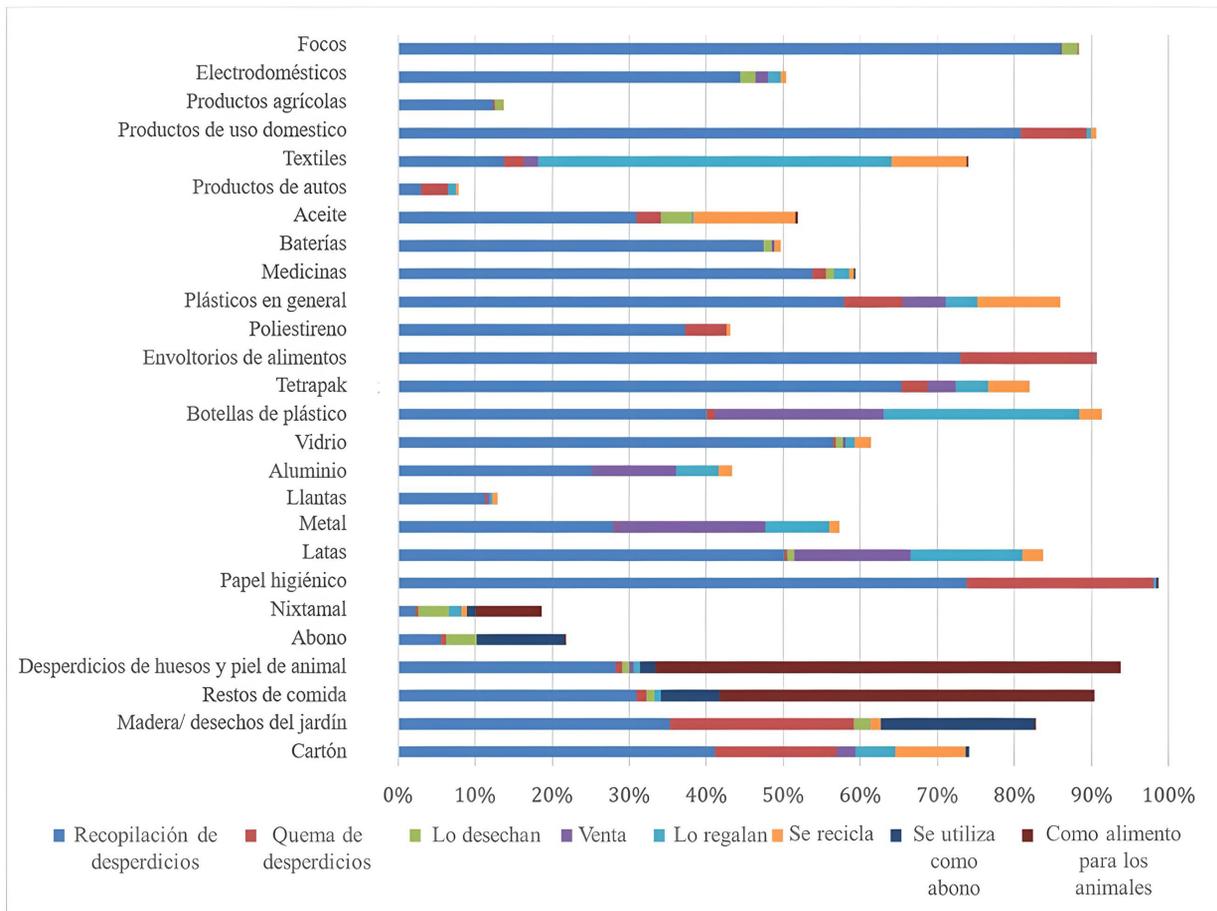


Figura 4. Destino de los residuos sólidos urbanos generados en los hogares (%)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos

Los hogares que declararon no estar dispuestos a pagar por un sistema integrado de recogida de residuos sólidos coincidieron en las siguientes razones:

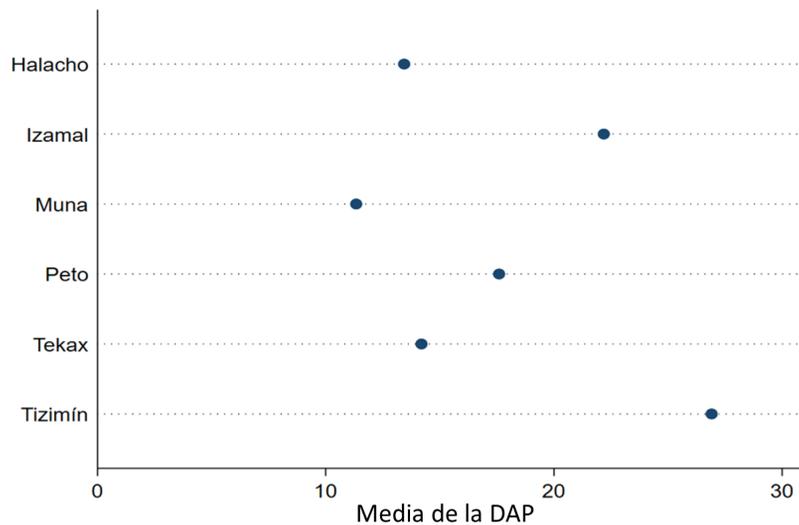
- Los ingresos de los hogares son insuficientes.
- No hay cultura de pagar la recogida de basuras.
- Es un gasto adicional para el hogar.
- Ya existe una recogida de residuos gratuita.
- Desconfianza por parte de los consumidores porque el sistema actual no funciona correctamente.

El modelo Tobit se aplicó con la información descriptiva para identificar los factores socioeconómicos que influyen en la probabilidad de una cantidad monetaria más significativa en la disposición a pagar. En total, se identificaron seis variables estadísticamente significativas. Algunas de esas variables son el hecho de que el jefe de familia hable maya y que tenga una bicicleta en casa como activo, lo que reduce las probabilidades de hacer un pago mayor. Por otro lado, los años de educación y las variables asociadas a las mejoras materiales en la vivienda, como un mayor número de habitaciones, tener un teléfono celular y un automóvil afectan positivamente las probabilidades de tener una mayor disposición de pago. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

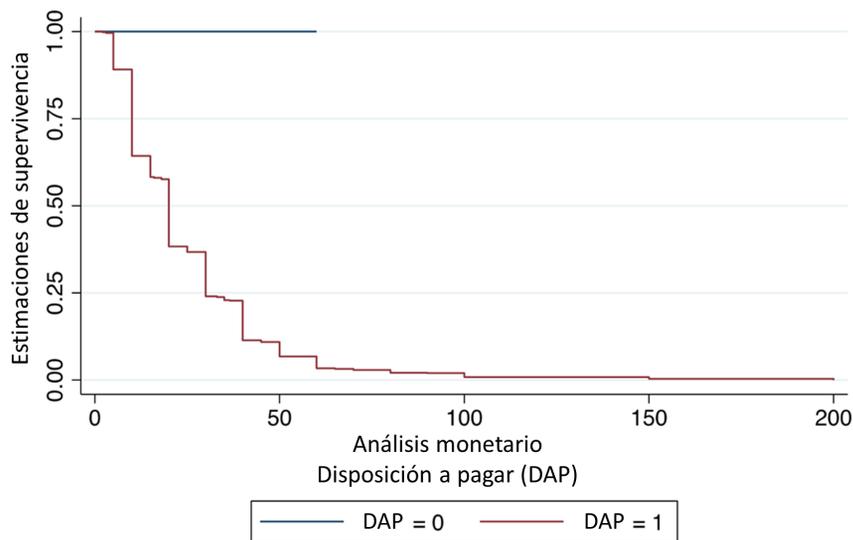
**Tabla 4.** Aspectos sociodemográficos de los hogares entrevistados en relación con su DAP

Variable	El hogar está dispuesto a pagar (n=798)	El hogar no está dispuesto a pagar (n=346)	t
Jefe de familia			
Sexo (1=hombre)	0,41	0,42	0,44
Edad	49,34	50,52	1,08
Habla maya (1=sí)	0,54	0,65	<b>3,33</b>
Educación	8,97	8,34	<b>2,44</b>
Aspectos del hogar			
Tamaño de la familia	2,48	2,57	0,91
Número de habitaciones	2,10	1,76	<b>4,99</b>
Tiene teléfono móvil (1=sí)	0,90	0,85	<b>2,59</b>
Tiene una Bicicleta (1=sí)	0,32	0,45	<b>4,38</b>
Tiene auto (1=sí)	0,17	0,08	<b>3,89</b>
Ingreso total anual per cápita (\$MXN)	3 025,23	2 729,95	1,33

Fuente: datos recogidos.



**Figura 5.** Media de las DAP de los municipios estudiados  
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos



**Figura 6.** Estimaciones de supervivencia de la DAP  
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos

## 4 Discusiones

Los resultados de la investigación son útiles para que las autoridades regionales establezcan planes y programas de GIRSU capaces de satisfacer las demandas regionales de gestión de residuos (Gidarakos, Havas y Ntzamilis, 2006). Sin embargo, faltan estudios sobre cómo las poblaciones rurales gestionan sus residuos sólidos (Taboada-González y col., 2013). Los hallazgos de los estudios existentes indican que la recolección de residuos por parte de los gobiernos locales es deficiente, ya que una parte importante de esta población carece del servicio (Del Carmen-Niño y col., 2019). También existen sistemas informales de recolección de basura en zonas rurales, por los cuales los residentes deben pagar una cuota (Aljaradin, Persson y Sood, 2015).

Además, los resultados del presente estudio revelan que las poblaciones rurales utilizan los residuos orgánicos para alimentar a sus animales o en la producción de la composta (Del Carmen-Niño y col., 2019; Juárez López, 2009); esta tendencia muestra potencial para la aplicación del componente de reutilización de RSU. Además, algunos hogares utilizan la quema de basura como una práctica cultural o porque no hay recolección disponible de basura (Del Carmen-Niño y col., 2019; Friesen-Pankratz y col., 2011), la cual es una de las prácticas que la GIRSU trata de evitar ya que la quema de

residuos es una vía para la contaminación del aire. Se observa un alto porcentaje de envoltorios de alimentos (92,48%), como se ha mencionado en otros estudios en diferentes países, esta práctica está relacionada con el cambio en los patrones de consumo (Gidarakos, Havas y Ntzamilis, 2006).

Estudios anteriores revelan que la DAP está relacionada con el valor que los habitantes asignan a la calidad del medio ambiente en su comunidad, y con otros elementos socioeconómicos como el ingreso, el género, la edad, el nivel de educación, el tamaño de la familia, la descendencia, la ética ambiental y la confianza en el gobierno (Ibarrarán, Islas y Mayett, 2003; Quispe Mamani y col., 2020). En este caso, los factores relacionados son no hablar maya, mayor número de bienes y más habitaciones en la casa.

No obstante, hay un 69,75% de los hogares entrevistados dispuestos a pagar, lo que representa una oportunidad para que el gobierno establezca planes y programas adecuados de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en colaboración con una entidad privada. Este porcentaje es inferior al reportado por Song, Wang y Li (2016), que obtuvieron un 85,5% de respuestas positivas hacia la DAP en un estudio realizado en Macao, China.

Se pudo establecer la disposición a una paga

aproximada en la zona de estudio de 17,65 pesos mexicanos (0,85 dólares estadounidenses) por hogar, resultados significativamente inferiores a los obtenidos por Ferreira y Marques (2015) en Portugal (2,59 euros) o por Koford y col. (2012) en Estados Unidos (2,29 dólares), así como los 10,16 soles

estimados por Colquehuanca Vilca y col. (2020) en Perú, los 4,79 dólares obtenidos por Song, Wang y Li (2016) en China, y Kayamo (2022) en Etiopía con 0,62 dólares por persona. La variación podría estar vinculada a los diferentes ingresos entre países, un elemento que excede el alcance de este estudio.

**Tabla 5.** Resultados del modelo de regresión Tobit

Variable	Coefficiente	Error estándar	z	P> z
Jefe de familia				
Sexo (1=hombre)	1,99	1,76	1,13	0,259
Edad	0,05	0,06	0,96	0,337
Habla maya (1=sí)	-3,74	2,00	<b>-1,87</b>	0,022
Años de escolaridad	0,43	0,25	<b>1,68</b>	0,093
Aspectos del hogar				
Tamaño de la familia	0,92	0,57	1,61	0,106
Número de habitaciones	4,05	0,81	<b>5,00</b>	0,000
Tiene teléfono móvil (1=sí)	10,95	2,95	<b>3,70</b>	0,000
Tiene una bicicleta (1=sí)	-7,52	1,86	<b>-4,04</b>	0,000
Tiene auto (1=sí)	8,00	2,46	<b>3,25</b>	0,001
Constante	-12,19	5,81	2,10	0,036

n=1.144; no censurado=800, censurado a la izquierda=341, censurado a la derecha=3; Chi<sup>2</sup>=100,09 prob>Chi<sup>2</sup>=0,000  
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recogidos

## 5 Conclusiones

El método de valor contingente aplicado a la implementación de un sistema de recolección de residuos sólidos en comunidades semiurbanas de Yucatán se aplicó con éxito en este estudio. Su eficacia como método de evaluación directa del cambio de una situación que involucra a los residuos sólidos municipales se pone a prueba en las ciudades rurales y

periurbanas de Yucatán, México.

La metodología utilizada permite establecer soluciones basadas en el mercado que concilien la capacidad de pago de los actores involucrados; sin embargo, al estar directamente asociados con el servicio público (recolección de residuos sólidos), es necesario desarrollar políticas públicas complementarias que atiendan la correcta disposición de

los residuos, así como su reducción. Los resultados de este estudio contribuyen a comprender mejor la relación entre los habitantes de las ciudades en crecimiento y poder abordar estos problemas que tienen consecuencias económicas, sociales y ambientales.

Los factores socioeconómicos que inciden en la disposición a pagar y que resultaron estadísticamente significativos permiten aproximarse al perfil generador de residuos sólidos urbanos. Esta información puede ayudar a futuros estudios a que permitan establecer un precio óptimo para el sistema de recogida de residuos sólidos urbanos, considerando además los siguientes elementos que se describen a continuación para garantizar la financiación y sostenibilidad económica del sistema. Si bien existen elementos culturales y sociales arraigados en la recolección de residuos sólidos, este sistema integrado puede ir acompañado de otro tipo de incentivos económicos para modificar el comportamiento de los consumidores hacia algo más beneficioso para el medio ambiente, como la renta de los hogares. Un ejemplo de ello podría ser el pago de la eliminación de los residuos con alto valor de reciclaje. En otros países, una adecuada asociación público-privada para la gestión de los residuos sólidos urbanos puede ser una estrategia eficaz para resolver los problemas de gestión de los RSU Aliu, Adeyemi y Adebayo (2014), Bhuiyan (2010) y Rode (2011).

## Agradecimientos

En primer lugar, los autores agradecen a las familias que amablemente y, a pesar de las condiciones adversas derivadas de la COVID-19, respondieron a todas nuestras preguntas. A todo el equipo de campo dirigido por Andrea Herrera y Aida Moguel, a todos los encuestadores: Alejandra Rodríguez, Jennefe Torres, Laura Pat, Nilma Loría, Pablo Tostado, William Chay y Alejandra Pinto. Por último, a la Universidad Marista de Mérida, por la financiación del proyecto.

## Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## Referencias

- Aliu, I., O. Adeyemi y A. Adebayo (2014). «Municipal household solid waste collection strategies in an African megacity: Analysis of public private partnership performance in Lagos». En: *Waste Management Research* 32, 67-78. Online: <https://n9.cl/evm2r>.
- Aljaradin, M., K. Persson y E. Sood (2015). «The role of informal sector in waste management, a case study; Tafila-Jordan». En: *Resources and Environment* 5.1, 9-14. Online: <https://n9.cl/v7zfm>.
- Bhuiyan, S.H. (2010). «A crisis in governance: Urban solid waste management in Bangladesh». En: *Habitat International* 34.1, 125-133. Online: <https://bit.ly/3si9G01>.
- Canul Bacab, F. y P. May Hoil (2016). «El problema de la basura en el interior del estado de Yucatán. (Versión imprimible). Online: <https://n9.cl/1y3g7y>». En: *Reacción* 3.2.
- Carson, R. y M. Hanemann (2006). «Handbook of Environmental Economics». En: Elsevier. Cap. Contingent Valuation, págs. 821-936.
- Colquehuanca Vilca, J. y col. (2020). «Disposición a pagar por eliminación de residuos urbanos (Municipalidad Provincial de Tambopata, Madre de Dios, Perú)». En: *Revista de Investigaciones Altoandinas* 22.4, 329-337. Online: <https://n9.cl/g485h>.
- Couto Benítez, I., A. Hernández y C. Sarabia (2012). «La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en Juárez: lecciones innovadoras para otros municipios». En: *Revista Pueblos y Fronteras Digital* 7.13, 178-209. Online: <https://bit.ly/3MCcBHZ>.
- Del Carmen-Niño, V. y col. (2019). «La importancia de la participación y corresponsabilidad en el manejo de los residuos sólidos urbanos. Online: <https://n9.cl/leysl>». En: *Acta universitaria* 29.
- Del Saz-Salazar, S., M. Feo-Valero y B. Vázquez-Paja (2020). «Valuing public acceptance of alternative-fuel buses using a Latent Class Tobit model: A case study in Valencia». En: *Journal of Cleaner Production* 261, 121199. Online: <https://n9.cl/vja2l6>.
- Diario Oficial de la Federación (2003). «Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos». Online: <https://n9.cl/z91u0>.
- El-Messery, M., G. Ismail y A. Arafa (2009). «Evaluation of municipal solid waste management in

- Egyptian rural areas». En: *J Egypt Public Health Assoc* 84.1-2, 51-71. Online: <https://n9.cl/qb38z>.
- Ferreira, S. andra y R. Marques (2015). «Contingent valuation method applied to waste management». En: *Resources, Conservation and Recycling* 99, 111-117. Online: <https://n9.cl/2k1nw>.
- Friesen-Pankratz, B. y col. (2011). «El Manejo de los residuos en una comunidad rural de México: Prácticas actuales y planes futuros». En: *Hacia la sustentabilidad: los residuos sólidos como fuente de energía y materia prima*, 451-455. Online: <https://n9.cl/z0z16>.
- Gidarakos, E., G. Havas y P. Ntzamilis (2006). «Municipal solid waste composition determination supporting the integrated solid waste management system in the island of Crete». En: *Waste management* 26.6, 668-679. Online: <https://n9.cl/xhtytf>.
- Greene, W. (2018). *Econometric Analysis*. Pearson.
- Hoyos, D. y P. Mariel (2010). «Contingent valuation: Past, present and future». En: *Prague economic papers* 4.2010, 329-343. Online: <https://n9.cl/8bva6>.
- Huamaní Montesinos, C. (2017). «Análisis socioeconómico y ambiental del reaprovechamiento y disposición final de los residuos sólidos en la ciudad de Juliaca, San Román, Puno-2017». Tesis de maestría. Universidad Nacional Del Altiplano.
- Hui, Y. y col. (2006). «Urban solid waste management in Chongqing: Challenges and opportunities». En: *Waste management* 26.9, 1052-1062. Online: <https://n9.cl/zwnl2>.
- INAFED (2021). *Sistema Nacional de Información Municipal. Secretaría de Gobernación*. Inf. téc. Secretaría de Gobernación.
- INEGI (2015). *Biblioteca digital de mapas*.
- Ibarrarán, M., I. Islas y E. Mayett (2003). «Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso». En: *Gaceta ecológica* 67, 69-82. Online: <https://n9.cl/cwipp>.
- Juárez López, A. (2009). «Manejo de residuos sólidos urbanos para los cauces fluviales de la zona urbana y suburbana de Acapulco, Guerrero. Chilpancingo». Tesis doct. Universidad Autónoma de Guerrero.
- Kayamo, S. (2022). «Willingness to pay for solid waste management improvement in Hawassa city, Ethiopia». En: *Journal of Environmental Management* 302, 113973. Online: <https://n9.cl/8p6m2>.
- Kaza, S. y col. (2018). *What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank Publications.
- Koford, B. y col. (2012). «Estimating consumer willingness to supply and willingness to pay for curbside recycling». En: *Land Economics* 88.4, 745-763. Online: <https://n9.cl/zjcid>.
- Maddala, G. (1983). *Limited-dependent and qualitative variables in econometrics*. Cambridge university press.
- Marín García, A. y J. Quintanilla Jerezano (2007). «Diagnóstico del manejo de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Acatlán, Veracruz. Xalapa». Tesis doct. Universidad Veracruzana.
- Quispe Mamani, J. y col. (2020). «Estimación de la disposición a pagar por un sistema de recolección mejorado de residuos sólidos domésticos en la ciudad de Juliaca-2020». En: *Ciencia y Desarrollo* 26, 77-87. Online: <https://n9.cl/crfunm>.
- Rode, S. (2011). «Public private partnership in solid waste management in municipal corporations of Mumbai metropolitan region». En: *Management Research and Practice* 3, 23-38. Online: <https://n9.cl/nhf9z>.
- Seadon, J. (2006). «Integrated waste management-Looking beyond the solid waste horizon». En: *Waste management* 26.12, 1327-1336. Online: <https://n9.cl/vblpi>.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable (2021). *Yucatán, primer estado del país en realizar un Programa de Manejo de Residuos específico para cada uno de sus 106 municipios*.
- Secretaría de Desarrollo Social (2013). *Generación de Residuos Sólidos Urbanos*. Inf. téc. Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-marginadas.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2017). *Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial*.
- Silva, L. da, P. Prietto y E. Korf (2019). «Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities». En: *Journal of Cleaner Production* 237, 117802. Online: <https://n9.cl/3iooz>.
- Song, Q., Z. Wang y J. Li (2016). «Residents' attitudes and willingness to pay for solid waste management in Macau». En: *Procedia environmental sciences* 31, 635-643. Online: <https://n9.cl/r3fz3>.
- Srivastava, V. y col. (2015). «Urban solid waste management in the developing world with emphasis on India: challenges and opportuni-

- ties». En: *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 14, 317-337. Online:<https://n9.cl/kufp0>.
- Taboada-González, P. y col. (2013). «Manejo y potencial de recuperación de residuos sólidos en una comunidad rural de México». En: *Revista Internacional de contaminación ambiental* 29, 43-48. Online:<https://n9.cl/adg08>.
- Tchobanoglous, G. y F. Kreith (2002). *Handbook of solid waste management*. McGraw-Hill.
- Tietenberg, T. y L. Lewis (2018). «Environmental and Natural Resource Economics». En: Routledge, New York. Cap. Environmental and Natural Resource Economics, 73–83.
- Tobin, J. (1958). «Estimation of relationships for limited dependent variables». En: *Econometrica: journal of the Econometric Society* 26, 24-36. Online:<https://n9.cl/q6kay>.
- Toker, S. y col. (2021). «Tobit Liu estimation of censored regression model: an application to Mroz data and a Monte Carlo simulation study». En: *Journal of Statistical Computation and Simulation* 91.6, 1061-1091. Online:<https://bit.ly/49yEj1W>.
- Vij, D. (2012). «Urbanization and solid waste management in India: present practices and future challenges». En: *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 37, 437-447. Online:<https://n9.cl/p48af>.