



Acta universitaria

ISSN: 0188-6266

ISSN: 2007-9621

Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y
Posgrado

Pérez Magaña, Andrés; Rodríguez Ruiz, Francisco
Flujo, clasificación y potencial de reciclaje de residuos sólidos
urbanos en una localidad cuya principal actividad es la agricultura
Acta universitaria, vol. 32, e3202, 2022
Universidad de Guanajuato, Dirección de Investigación y Posgrado

DOI: <https://doi.org/10.15174/au.2022.3202>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41674605019>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAGM [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Flujo, clasificación y potencial de reciclaje de residuos sólidos urbanos en una localidad cuya principal actividad es la agricultura

Flow, classification, and recycling potential of urban solid waste in a town whose main activity is agriculture

Andrés Pérez Magaña^{1*} y Francisco Rodríguez Ruiz¹

¹Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. Puebla, México. C.P. 72760.
apema@colpos.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-0642>
frodriguez@colpos.mx ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3576-4361>

Tel: 2222851442 Ext: 2024

*Autor de correspondencia

Resumen

Se analizó el flujo, clasificación y potencial de reciclaje de residuos sólidos urbanos de una población dedicada principalmente a la agricultura, para determinar posibles vías de aprovechamiento antes de su llegada al destino final. Mediante una encuesta llevada a cabo con una muestra de 253 personas y monitoreo de residuos, se estimó que menos de la mitad de los informantes clasifican los residuos. El flujo de residuos tiene dos vertientes: algún lugar del predio donde se asientan los hogares y el relleno sanitario. De acuerdo con el mercado de residuos y su posible uso, el potencial de reciclaje se expresa en cuatro categorías, una de estas es la fracción orgánica, la cual concentra el 59.2% con posibilidad de transformarse en abono. Mediante la venta de parte de la fracción inorgánica y el reciclaje de la orgánica es factible retirar del flujo más del 90% de residuos y aprovecharlos para otros fines, para ello se presenta una propuesta.

Palabras clave: Crecimiento de la población; generación de residuos; industrialización; plan de manejo de residuos; problemática ambiental.

Abstract

The flow, classification, and recycling potential of urban solid waste of a population mainly dedicated to agriculture was analyzed to determine possible ways of use before its arrival at the final destination. Through a survey carried out with a sample of 253 people and by waste monitoring, it was estimated that less than half of the informants classify the waste. The waste stream has two slopes: somewhere on the premises where households are located and the sanitary landfill. According to the waste market and its possible use, the recycling potential is expressed in four categories, one of these is the organic fraction, which concentrates 59.2% of waste with the possibility to become compost. By selling part of the inorganic fraction and recycling the organic, it is feasible to remove more than 90% of waste from the flow and use it for other purposes, for which a proposal is presented here.

Keywords: Population growth; waste generation; industrialization; waste management plan; environmental problem.

Recibido: 20 de agosto de 2021

Aceptado: 10 de diciembre de 2021

Publicado: 16 de marzo de 2022

Cómo citar: Pérez Magaña, A. & Rodríguez Ruiz, F. (2022). Flujo, clasificación y potencial de reciclaje de residuos sólidos urbanos en una localidad cuya principal actividad es la agricultura. *Acta Universitaria* 32, e3202. doi: <http://doi.org/10.15174/au.2022.3202>

Introducción

En ocasiones la importancia de un problema se puede apreciar a simple vista, sin embargo, la medición es necesaria para determinar su magnitud, causas y efectos. La medición obliga al investigador a ver con detalle un problema para identificar aspectos que a simple vista no se pueden valorar. Tal es el caso de los residuos sólidos urbanos (RSU) que son visibles a simple vista en el suelo, el agua o el aire, pero para valorar su atención se requiere de ciertas mediciones. Este estudio forma parte de tres que integran el proyecto llamado *Manejo de residuos orgánicos locales en un sistema de producción biointensivo hortícola*, se fundamenta en la premisa de que el uso desmedido de los recursos naturales, las formas de producción demandantes de tecnologías químicas, la industrialización, el crecimiento constante de la población, las pautas de consumo, la cantidad de residuos que se generan y el manejo que ello conlleva propician conflictos ambientales y sociales a diferentes escalas; que en la política y en la academia se les identifica como desafíos ecosociales de los tiempos actuales (Prats, 2018).

Ejemplo de ello es el caso del conflicto ecosocial causado por los RSU en la Provincia de Tucumán, Argentina, cuando por sentencia judicial se cerró el relleno sanitario regional y se buscó otro sitio (Colombo *et al.*, 2005). En el mismo país, durante el periodo 2002-2014 se documentan las protestas de los cordobeses sobre el conflicto generado por el manejo de los RSU (Vergara & Lisdero, 2015). Por su parte, Rovere & Zenz (2019) presentan los conflictos socioambientales generados en el Centro Medio Ambiental de San Carlos de Bariloche, Argentina. Jiménez (2015) señala que en México se ha generado una crisis ambiental provocada por el manejo que reciben los RSU, que, para el caso de localidades pequeñas, se aprecia una recolección deficiente y manejo ambiental inadecuado. En Jarabacoa, República Dominicana, Borge *et al.* (2018) encontraron que las deficiencias en el manejo de los RSU, además de ocasionar problemas ambientales, significan una coyuntura para la proliferación de fauna nociva a la salud humana. En el mismo sentido, Cuvi (2015) propone la idea de que la basura es una vergüenza de las sociedades actuales, pero que la basura adquiere valor si es bien gestionada; de otro modo, esta genera conflictos socioambientales de gran importancia.

Tanto los animales como los humanos se apropian o hacen uso de los recursos naturales para diferentes fines y a ritmos distintos. A mayor ritmo de uso de los recursos naturales menor será la capacidad de un ecosistema para su regeneración (Bárcena, 2001). Es aquí donde surge un primer problema, ya que el tiempo que requiere el ecosistema para producir los recursos naturales es mayor que el tiempo para la apropiación social con fines productivos de esos recursos. Además, al tiempo se le adiciona el espacio o viceversa, por lo que en la relación espacio-tiempo, debido a su carácter relativo (aunado a la explotación de los recursos naturales), se complejizan los procesos que realiza la naturaleza, como los ciclos biogeoquímicos en los que la disponibilidad tanto de materia orgánica como inorgánica son cruciales (León *et al.*, 2011). En el mismo sentido, Barrientos (2010) también señaló una serie de factores que alteran los ciclos biogeoquímicos, entre tales factores cita la presencia de los diferentes RSU. De igual forma, la generación de residuos, su flujo, su manejo, su clasificación y su reciclaje varían en función del momento y el lugar donde estos ocurren (Adam, 2002).

El segundo problema aparece cuando la generación de residuos sobrepasa a la capacidad del ecosistema para asimilarlos o disiparlos (Bárcena, 2001; Toledo, 2013). Y el tercer problema plantea que en los ecosistemas se dispone de un ejército de descomponedores visible y otro no visible al ojo humano, los cuales reciclan los residuos que sus procesos generan. En cambio, en la sociedad el ejército de recicladores en algunos espacios no existe o es muy pequeño para cumplir con su función; aunque es muy visible al ojo humano, no se ve con frecuencia, comparado con los volúmenes a reciclar (Allmark, 2002). Tal es el caso del relleno sanitario a cuyo destino llegan los RSU que se generan en San Pedro Benito Juárez, perteneciente a la región de Atlixco, Puebla, México, donde por cada 170 t/d que capta, solo se rescata el PET para destinarlo a la venta con compradores de la región para su posterior reciclaje, con un volumen de

17 t/d, lo que equivale al 10% del total de residuos recibidos (J. A. Hernández, comunicación personal, 20 de junio, 2015).

Situación semejante ocurre a escala nacional, ya que en 2014 se generaron 103 125 t/d de RSU (INEGI, 2014), mientras que en 2012 solo se reciclaron 8731 t/d (INEGI, 2012), lo que indica que solo se recicló el 8.46% respecto a 2014. Los problemas señalados pueden colapsar los ecosistemas debido a que los altos ritmos de apropiación de los recursos naturales, la industrialización, el crecimiento demográfico y la creciente generación de residuos atentan contra los principios de la sostenibilidad (André & Cerdá, 2006; Nebel & Wright, 1999; Sáez & Urdaneta, 2014). Para Fernández (2005), la valorización de los RSU en localidades donde su principal actividad es la agricultura, como es el caso del presente estudio, se convierte en una oportunidad para proponer alternativas sostenibles al generar fuentes de trabajo, contribuir a la producción de alimentos mediante la transformación de los residuos orgánicos en abono para los cultivos, disminuir el uso de los fertilizantes de síntesis química y conservar los recursos naturales.

En el esquema de la producción capitalista y desde la perspectiva del metabolismo social, como lo indica Fischer (2002), se presenta una creciente apropiación de los recursos naturales, mayor uso de tecnologías contaminantes y menor tiempo para producir bienes y servicios. Además, existe una alta transformación de los productos acompañada de procesos industriales y contaminantes para conseguir mayor tiempo de anaquel o simplemente para mejorar la presentación de los mismos (André & Cerdá, 2006). Así mismo, se hace una distribución de los productos más distantes de donde fueron producidos, cuyos procesos de transformación industrializada garantizan mayor tiempo de anaquel y disponer de estos en el menor tiempo posible en espacios distantes, lo cual genera en cada fase más residuos. Estos residuos tendrán como última adición otros más que se generan al momento de consumir los productos debido a la energía utilizada para su preparación, las partes que de los productos no se consumen y los productos que se descomponen antes de su consumo, así como los empaques y embalajes usados para su conservación, presentación o transporte. Lo anterior pone de manifiesto la compleja relación que ocurre entre la sociedad y la naturaleza (Solana *et al.*, 2007), a partir del proceso de trabajo para la producción de bienes o servicios demandados por la sociedad para atender sus necesidades de consumo (Galafassi, 1993).

Desde la discusión planteada se derivó el objetivo de este estudio, el cual fue determinar el flujo, clasificación y potencial de reciclaje de los RSU que generan los habitantes de la localidad de San Pedro Benito Juárez en el estado de Puebla, México, para proponer lineamientos de una propuesta de manejo que reduzca su flujo hacia el relleno sanitario.

Aspectos teórico-conceptuales en el estudio de los residuos sólidos urbanos

La perspectiva teórica de este estudio se enmarca en el metabolismo social, en el cual subyacen conceptos como: residuos, flujo de residuos, clasificación, potencial de reciclaje y plan de manejo. El metabolismo social es una herramienta teórica y metodológica para el estudio de las relaciones sociedad-naturaleza, delineado por Fischer (2002), quien plantea como fundamentos el proceso de trabajo para la producción de bienes o servicios, la transformación de los bienes, la distribución, el consumo y la generación de residuos; donde los actores en estas fases o procesos son la sociedad y la naturaleza, a partir del uso de los recursos naturales y la generación de residuos (Toledo, 2013).

Toledo (2008) plantea que el metabolismo social entre la sociedad y la naturaleza tiene una clara diferenciación. En el marco dominante de la producción capitalista, el metabolismo social presenta sus intensidades más altas a partir de las formas de producción demandantes de tecnologías contaminantes; de las formas de transformación de la producción que, para prolongar su vida de anaquel, mejorar su presentación y facilitar su transporte, generan mayor cantidad de residuos; de las formas de distribución que requieren mayor cantidad de energía fósil para el traslado de los productos; y de los cambios en las

formas y niveles de consumo, como los productos enlatados o congelados. Es así como los grupos sociales requieren determinadas cantidades de materia y energía para satisfacer sus necesidades de existencia: primero en la producción y después en la transformación, la distribución y el propio consumo. Se generan residuos en cada fase, los cuales tienen como destino final los ecosistemas a los que se vincula la sociedad en cuestión (Toledo & González de Molina, 2007).

De esta manera, se especificó cómo los grupos sociales intervienen en las diferentes fases del metabolismo social y con mayor intensidad en las fases de consumo y de excreción de residuos, debido a que no toda la sociedad es productora, transformadora, ni distribuidora; en cambio, toda la sociedad sí es consumidora de la producción y, a su vez, generadora de residuos. Tales residuos siguen un flujo que está determinado por cada grupo social, mismo que se pretende precisar en la localidad de estudio, a fin de reducir el volumen de residuos antes de que lleguen a su destino final, el Relleno Sanitario Intermunicipal de Atlixco (RSIMA), y contribuir así a reducir daños ambientales y sociales (González, 2010).

En el tema de los RSU, la norma mexicana NMX-AA-61-1985 los clasifica en residuos domésticos, refiriéndose a los generados en los hogares, y residuos no domésticos, señalados como los generados fuera de los hogares, como las calles, oficinas, tiendas, escuelas, templos, entre otros. En la localidad en estudio, al igual que en otras de la geografía mexicana, los residuos son recogidos por el servicio de limpieza municipal, o bien, son incorporados por la población en el ecosistema local en cantidades que se desconocen; y son los hogares el punto de partida del flujo de los mencionados residuos.

Para contribuir al análisis propuesto se involucró el concepto de flujo, que hace referencia a la circulación o tránsito que sigue una cosa (en este caso, el camino que toman los residuos que genera una fuente), la cual puede ser una persona, una familia, una localidad, una región, un país o el conjunto de países (Marmolejo *et al.*, 2009); un animal, un hato, un rebaño, una parvada o una piara; una fábrica, una escuela, un templo o en cualquier otra entidad.

El flujo de residuos está asociado a diferentes factores, tales como la cantidad, el tipo, la calidad e incluso las prácticas culturales propias del manejo que de ellos hace la sociedad que los genera. La asociación entre estas variables conduce a que el análisis del flujo de residuos se convierta en una herramienta metodológica útil en dos vertientes. En primer lugar, esta sirve para determinar las medidas más promisorias a contemplar en un plan de manejo. Lo anterior permitirá definir acciones que optimicen la recogida, el traslado y el aprovechamiento de los residuos para los distintos fines encontrados hasta antes de llegar a su destino final, el RSIMA (Figura 1). En segundo lugar, con esta herramienta es posible evaluar la ejecución de un plan de manejo, evaluación que permitirá retroalimentar el proceso, como lo señaló Binder & Mosler (2007).



Figura 1. Panorama del relleno sanitario intermunicipal de Atlixco.
Fuente: Elaboración propia.

En ese sentido, de acuerdo con los planteamientos de Aulinas & Bonmatí (2008) como etapas previas a la determinación del flujo de residuos se debe identificar su cantidad, su caracterización física, su calidad, así como los posibles problemas de contaminación en el ecosistema local. Un elemento básico para alcanzar los propósitos enunciados debe derivar del conocimiento y control de las cantidades, características y prácticas de manejo de los residuos generados, en el sentido de que estas tres variables, por estar interrelacionadas, tienen una importancia central en las líneas de acción a considerar en un plan de manejo. Dicho plan deberá contemplar la clasificación y el potencial de reciclaje de los residuos generados para interceptar aquellos susceptibles de separar y reciclar en alguna etapa del flujo que siguen, con el propósito de disminuir su tránsito antes de llegar al RSIMA.

El denominador común en México, en específico en San Pedro Benito Juárez, es que la fuente generadora, es decir, los hogares, dispone los RSU en el transporte recolector o bien los depositan en cualquier lugar del predio donde se asienta su hogar o en sus áreas de cultivo en forma mezclada. Este aspecto origina las posibilidades de clasificación que tienen los residuos generados, con lo que se abren oportunidades para retirarlos del flujo a partir de su situación de mezcla y abundancia para su identificación, clasificado, separación, compactación y búsqueda de su mejor uso alternativo.

Por otra parte, el potencial es un concepto que se utiliza en varios campos para denotar capacidad, habilidad u oportunidad de proyectarse. En este caso, en primera instancia, se utilizó para determinar la oportunidad de reciclaje que tienen los RSU generados, por lo que el potencial de reciclaje retomado consistió en la propiedad que tienen los residuos en cuestión para ser transformados y reutilizarlos para fines productivos, lo cual permitirá su mejor aprovechamiento y, en consecuencia, la reducción del flujo hacia su disposición final, como se plantea en la norma mexicana NMX-AA-091-1987 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 1992).

Así, los RSU presentan un potencial de reciclaje a fin de volver a usarse en otras opciones, como la elaboración de otros materiales o productos a partir de ellos. En el mercado, tales son los casos de los RSU inorgánicos utilizados para elaborar impermeabilizantes para techos a partir de neumáticos que fueron desechados, o bien, a partir de otros tipos de residuos de los cuales se pueden generar diversos productos. En el caso de los RSU orgánicos, es común utilizarlos en la producción de composta para abonar cultivos y plantas de jardín, por lo que a los RSU generados en la localidad se les buscará su mejor aprovechamiento alternativo o potencial de reciclaje, al considerar las posibilidades locales y regionales a partir de los lineamientos de un plan de manejo.

El plan de manejo es el conjunto de acciones que engloba las estrategias de separación en el lugar de la fuente generadora, pero también en el relleno sanitario, como se usa en el país durante su recolección y periodicidad de entrega para su reuso o reciclaje y su destino final. Estos aspectos se suman a otras acciones de planeación administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de residuos, desde su generación y el flujo que siguen para llegar hasta la disposición final. Lo anterior se lleva a cabo para optimizar económicamente su manejo y lograr beneficios sociales y ambientales a partir de las prácticas implementadas y de esta manera responder a las necesidades y circunstancias locales como lo plantea la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2015).

García *et al.* (2011) plantean que existen variadas alternativas con diferentes opciones en cada una para tratar o procesar residuos, de acuerdo con su composición y con el objetivo del tratamiento: relleno sanitario, tratamiento biológico o químico, tratamiento térmico y pretratamiento. La opción que se usa en la localidad estudiada es la del relleno sanitario, la cual es la más común en el país, aun cuando no es de las más promisorias. Sin embargo, con estas opciones de tratamiento y procesamiento, no solo en México, sino también en América Latina (Sáez & Urdaneta, 2014), se considera el sistema de manejo de los RSU en un estado incipiente para calificarlo como integral y apegado a los parámetros de la sostenibilidad.

Bajo la articulación conceptual presentada se analizó el nacimiento y disposición final de los RSU en la localidad de San Pedro Benito Juárez para diseñar una propuesta de manejo que beneficie a la sociedad y el medio ambiente.

Materiales y métodos

El referente empírico y los parámetros a evaluar

El referente empírico de este estudio fue la localidad poblana de San Pedro Benito Juárez en México, ubicada a los 2340 m.s.n.m., a una longitud norte de 18° 56' 34" y una latitud oeste de 98° 33' 02", a 27.2 km por carretera, hacia el poniente de la ciudad de Atlixco, Puebla (Figura 2). En la localidad en estudio las fuentes generadoras de RSU fueron 741 hogares, en los cuales vivían 3153 personas (INEGI, 2014), a los hogares se adicionan 10 instancias más que generan residuos como lo son: cuatro escuelas (jardín de niños, primaria, secundaria y bachillerato), una clínica de salud, la oficina de la presidencia auxiliar y cuatro templos de las religiones que se profesan. Los habitantes de esta localidad tienen como principal ocupación las actividades agrícolas bajo condiciones de temporal, en las que demandan insumos como fertilizantes para sus cultivos, los cuales pueden ser producidos a partir del reciclaje de los residuos orgánicos locales. Por otro lado, la localidad pertenece al municipio de Atlixco, Puebla, México, que se caracteriza por ser un municipio dedicado a la siembra de hortalizas, ya que cuenta con las condiciones climáticas, edáficas y disponibilidad de agua para riego. Sin embargo, la localidad en estudio adolece de dichos aspectos, al ubicarse en la vertiente del volcán Popocatepetl, por lo que no producen hortalizas; su población depende del mercado para acceder a estos alimentos. Una opción para la introducción de hortalizas en la localidad es a través de los traspatios en los hogares, al incorporar los residuos orgánicos locales para producir el abono requerido.

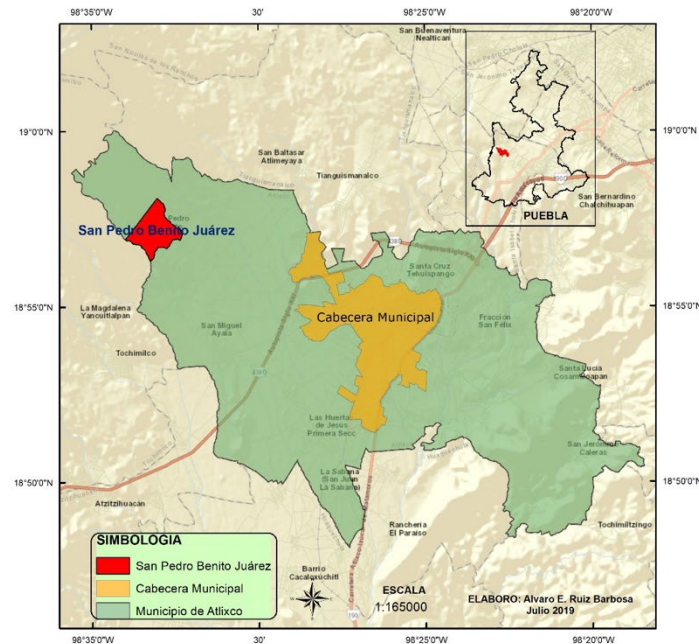


Figura 2. Ubicación de San Pedro Benito Juárez en el municipio de Atlixco, Puebla.
Fuente: Barbosa (2019).

Como se mencionó en la introducción, este estudio forma parte de una investigación mayor en la que, como primer estudio, se realizó el diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en San Pedro Benito Juárez (Pérez & López, 2018), del cual se retomaron las variables de peso de residuos totales y categoría de residuos para este segundo estudio, con el fin de analizar las características de clasificación de residuos en el hogar y el relleno sanitario, flujo, potencial de reciclaje, características físicas y químicas del abono elaborado a partir de los residuos orgánicos locales y proyección financiera de los residuos con posibilidad de venta. Dichas variables sirvieron como base para elaborar una propuesta de intervención en la gestión de los RSU desde su generación hasta su disposición final, además de la implementación de un plan de manejo que minimice costos, genere empleo e ingreso, prolongue la vida del relleno sanitario de destino final y contribuya a prevenir potenciales focos de contaminación y problemas de salud en la región, aspectos que en conjunto ponen en valor los RSU y la misma iniciativa.

Desde la perspectiva del contexto estudiado, planteamiento teórico y objetivo de este estudio, la estrategia metodológica para medir las variables enunciadas y su análisis comprendió: el cálculo de la muestra informante, la elaboración de un cuestionario y piloteo, una encuesta a las unidades de muestreo, una entrevista a operarios de locales donde compran RSU inorgánicos, un taller sobre elaboración de abono orgánico para productores locales y el análisis físico y químico de muestra del abono resultante (Figura 3).

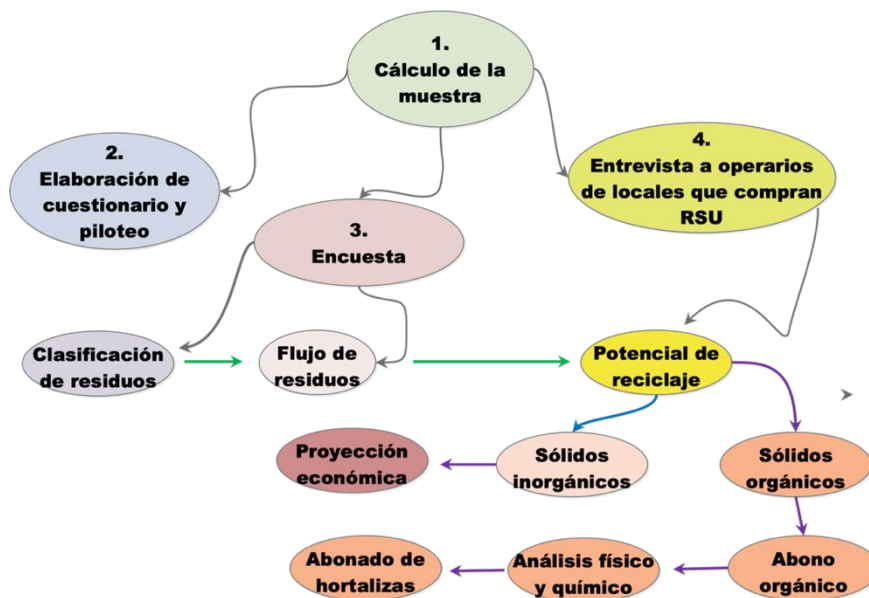


Figura 3. Flujograma metodológico para desarrollar el estudio.
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la muestra informante

Para calcular la muestra que informó sobre las variables estudiadas, se siguió el procedimiento del muestreo estadístico aleatorio establecido por Pérez (2005) y descrito en la norma mexicana NMX-AA-061-1985 (DOF, 1985a). La localidad contaba con 3153 habitantes; según el INEGI (2014), estas personas conformaron 741 hogares que generan los residuos, por lo que tal cantidad de hogares se constituyó en el universo de estudio.

A partir del muestreo simple aleatorio mediante la fórmula para conocimiento de la población ($n = 741$) con varianza máxima y confiabilidad del 95%, resultó una muestra de 253 personas que colaboraron para responder el cuestionario y con recolectar los residuos que generaron durante ocho días consecutivos. La muestra comprendió el 34.14% de los hogares.

Elaboración de cuestionario y piloteo

Se elaboró un cuestionario que comprendió preguntas referentes a: la disposición de residuos en el transporte recolector, la separación de desechos que se generan en el hogar, el manejo de los desechos generados en el hogar y el uso de los desechos generados en el hogar, para lo cual se siguieron las indicaciones de Hernández et al. (2014). Elaborado este instrumento, se realizó una encuesta piloto a cinco mujeres madres de familia en la localidad, quienes durante esta acción informaron que son ellas las principales personas que acopian y manejan los residuos que se generan en sus hogares, razón por la que se tomó la decisión de que ellas proporcionarían la información al respecto. La encuesta piloto ayudó a reformular las preguntas del cuestionario y determinar que las mujeres madres de familia serían las personas encuestadas en las viviendas.

Levantamiento de la encuesta

El procedimiento para encuestar a participantes en el estudio consistió en visitar los 253 hogares seleccionados al azar para levantar el mismo número de encuestas a las madres de familia. La información captada con esta técnica de investigación sirvió para determinar si en los hogares se realiza la clasificación de los residuos y valorar el potencial de reciclaje, así como precisar el flujo que siguen los residuos de la fuente generadora (los hogares) hasta el RSIMA.

Entrevista a operarios de locales donde compran residuos sólidos urbanos inorgánicos

Como primer paso para entrevistar a los operarios de los locales donde se compra RSU inorgánicos, se realizó un recorrido por las calles de la cabecera municipal para identificar los locales que compran residuos inorgánicos susceptibles de reusar y reciclar. Se registró el domicilio postal y georreferenciación de los locales identificados para acudir con su administrador a consultar sobre las categorías de residuos que compran y el precio por kilogramo. Esta información se utilizó para determinar la proyección financiera por la venta en el mercado regional de la fracción de residuos con posibilidades de retirarse del flujo.

El potencial de reciclaje de los residuos

La clasificación de los residuos generados en la localidad, su caracterización y la disposición de mecanismos de reciclaje local o regional permitieron precisar las opciones de reciclaje por tipo de residuo en la localidad o en otro lugar cercano, como lo es la cabecera municipal. De esta manera, con la información obtenida en la encuesta, la entrevista y al retomar la propuesta de Ojeda-Benitez et al. (2000), se determinó el potencial de reciclaje, tomando en consideración cuatro categorías de reciclado de los residuos: 1 = Residuos reciclables para los que no existe un mercado en la localidad, pero sí en la región; 2 = Residuos reciclables para los que no existe mercado en la localidad y la región; 3 = Residuos reciclables para los que no existe un mercado en la localidad, pero sí un posible uso en la localidad y la región; y 4 = Residuos no reciclables.

Taller de capacitación

Una vez que se clasificaron los RSU generados en la localidad, se diseñó e implementó un taller sobre elaboración de abono orgánico tipo bocashi para productores agrícolas, evento al que asistieron ocho personas. Esta acción fue realizada para mostrar la forma de retirar del flujo de los residuos la fracción orgánica, en este caso con fines agrícolas. El proceso de elaboración de este tipo de abono siguió las indicaciones de Restrepo (2007), con la mezcla de una tonelada de los siguientes ingredientes: tierra de monte 300 kg, aserrín 50 kg, residuos vegetales frescos 150 kg, residuos vegetales secos 100 kg, ceniza 100 kg, estiércol 300 kg, levadura 0.5 kg y melaza 8 L, así como el agua suficiente para humedecer la mezcla resultante en el primer volteo. De estos materiales, la tierra de monte es un insumo local abundante; de los otros, a excepción de los dos últimos, fueron residuos orgánicos locales. El procedimiento consistió en colocar a la sombra de un árbol de aguacate los ingredientes en capas, formando una pila de 1.2 m, cada capa se humedeció con el agua en la que previamente se disolvió la levadura y melaza. Una vez formada la pila, se realizó el volteo para la mezcla de los ingredientes. El volteo de la pila se continuó cada día hasta completar 21, después de cada volteo la pila se cubrió con una lona. Obtenido el abono, se tomó una muestra de 1 kg, el cual se analizó en el laboratorio de suelos del Colegio de Postgraduados para determinar el pH, la conductividad eléctrica, la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

Resultados y Discusión

Clasificación de los residuos generados a nivel de hogar y en el RSIMA

En el ciclo de vida de los RSU, después de su generación en los hogares, cuantificación y caracterización, existen otras etapas que son de vital importancia para su manejo y la implementación de mejoras al mismo. Entre esas fases destacan su clasificación, recolección, flujo, reciclaje y disposición final.

La clasificación de los RSU juega un papel muy importante en su manejo, de acuerdo con Boas *et al.* (2018), debido a la cantidad de materiales renovables que entre ellos se encuentran, los cuales pueden reintegrarse al ecosistema y seguir cumpliendo su función en los ciclos biogeoquímicos. La clasificación de los RSU es una fase del plan de manejo que, desde la perspectiva de este estudio, debe iniciar a partir de la fuente que los genera y, en última instancia, realizar esta fase en el destino final a fin de mejorar el manejo y reciclaje.

Respecto a la separación de los residuos en la fuente generadora, se encontró que en el 40% de los hogares se tiene el hábito de separar los residuos orgánicos e inorgánicos, en el 25% a veces y en el 35% no se tiene tal hábito. Esta acción es crucial en la gestión de los RSU; sin embargo, como acción individualizada y esporádica en la localidad, se presentan oportunidades para su mejora.

En el mismo sentido, en el RSIMA se informó que de las 170 t/d que llegan a este, solo se separa el PET, en un volumen de 17 t/d, lo que representa un 10% del volumen total captado (J. A. Hernández, comunicación personal, 20 de junio, 2015). Esta separación la realiza la administración del RSIMA, no por su actitud proambiental, más bien debido a que con el ingreso por su venta se contribuye a los gastos de operación para complementar las ministraciones procedentes de la Presidencia Municipal de Atlixco, instancia administradora del RSIMA. La proporción reducida de separación de los RSU en el RSIMA coincide con las proporciones reportadas en el estado de Puebla y en el país (INEGI, 2014).

La muestra de RSU colectados en la localidad permitió identificar y clasificar ocho grandes categorías: 1) cartón y papel (papel bond, papel de envoltura, periódicos, libros y cajas), 2) orgánicos (partes de verdura y fruta, restos de alimentos preparados, restos de desbroce y poda, madera, ceniza, estiércol y residuos de alimento de los animales), 3) plásticos (bolsas, PET, unicel, contenedores y zapatos), 4) metales (acero, aluminio, hojalata y cobre), 5) vidrio (transparente, ámbar y verde), 6) sanitarios (pañales, toallas y papel), 7) cuero y piel (zapatos, cinturones y aperos de labranza) y 8) textiles (ropa y blancos). Estas categorías agrupan a las 25 subcategorías de residuos con características físicas coincidentes con las que definió la norma mexicana NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985b) y que se vienen usando desde entonces. Como producto del metabolismo social que realizan los habitantes de la localidad de San Pedro Benito Juárez (Fischer, 2002), el volumen de residuos generados fue de 3.46 t/d, con un peso volumétrico que varió de 255.5 kg/m³ a 312.0 kg/m³.

La situación encontrada respecto a la clasificación de los residuos demanda la intervención para la clasificación de estos desde la fuente generadora para valorar su reúso y reciclaje, y así retirar parte de los residuos del flujo que les impone el servicio de limpia en el sitio del RSIMA. Esto es con el fin de evitar que lleguen a su destino final y obtener previo a ese fin beneficios sociales, económicos y ambientales superiores a los obtenidos cuando los residuos son dispuestos al final del flujo.

La presencia de las ocho grandes categorías de RSU en las fuentes generadoras de la localidad evidencia la ausencia de recuperación de estos materiales en lo local, lo cual concuerda con lo encontrado durante la observación y entrevista realizada al encargado del RSIMA, relleno en el que los residuos pasan

mezclados en forma directa para su compactación con maquinaria pesada, lo que aumenta el volumen en el relleno, con la consecuente contaminación y disminución de la vida útil del mismo.

Las categorías de residuos orgánicos, por su contenido de humedad, al igual que en otras escalas donde se ha realizado su caracterización física, representaron el mayor porcentaje (58.95%), además de ser los de mayor potencial de descomposición y, por tanto, de contaminación en el corto plazo, debido a su acelerado proceso de desintegración. En adición a este hecho, en un recorrido por los alrededores del RSIMA se observó la nube de biogás que se genera, integrada por varios gases de efecto invernadero que se disipan en la atmósfera. Otros factores observados fueron la fauna nociva a la salud humana y los lixiviados que a una distancia de 500 m lineales pendiente abajo del RSIMA fluyen sobre la superficie del suelo y contaminan los terrenos de cultivo.

Lo anterior sugiere la intervención para retirar del flujo los RSU con potencial de reciclaje justo antes de que lleguen al RSIMA y disminuir con esta acción los efectos causados por su contaminación. Respecto a los residuos encontrados en la fracción inorgánica (41.05%), se revela que debido a los productos a los que los habitantes de San Pedro Benito Juárez tienen acceso en el mercado local y regional, se propicia que los hábitos de consumo local y de RSU que generan no difieran en forma considerable de los hábitos de otros espacios nacionales, resultado coincidente con el encontrado en un fraccionamiento urbano en el estado de Tabasco (Barradas & Morales, 2013).

El flujo de los residuos

Al tomar como base la información de la encuesta relativa a la disposición de residuos en el transporte recolector, la práctica de separación, el manejo y su uso en los hogares, se definió el flujo que siguen los residuos desde su generación hasta su destino final. Al identificar el flujo, es plausible determinar el momento y lugar en el que los residuos deben clasificarse y facilitar su retiro del curso que siguen, con el fin de evitar su llegada al RSIMA y asimismo buscar su mejor uso alternativo.

De modo que, en cuanto al flujo que siguen los residuos en la localidad, la encuesta reveló que un 50% de familias pone a disposición del camión recolector los residuos que generan en su hogar, un 30% a veces y un 20% definitivamente no lo hacen. Por lo cual se tomó como referente que 80% de las familias pone a disposición del camión recolector sus residuos. Este porcentaje de familias genera un volumen de 2.76 t/d de RSU, lo que representa el 79.76% del volumen total, cuyo curso sigue el traslado hasta el RSIMA. Este hecho sugiere que parte de estos residuos puede ser interceptada durante su flujo y reducir así el volumen que llegará a su destino final. Con la retirada de residuos del flujo se contribuye a reducir la contaminación y prolongar la vida del RSIMA, en el que se captan los RSU de diez municipios de la región de Atlixco, relleno que inició su operación en 2001, aunque en 2020 el periódico *El Sol de Puebla* publicó en uno de sus titulares: "En las últimas, el relleno sanitario de Atlixco". Este reporte dio cuenta de la situación relativa a la vida útil del relleno, fauna nociva y contaminación del ecosistema. Así mismo, indicó que para prolongar la vida del relleno se precisa de la educación de los Atlixquenses sobre la separación de residuos, mejorar la recolección, el traslado y la compactación (Domínguez, 2020). Como acompañamiento a las acciones señaladas, se debe buscar una mejor oportunidad de uso de los residuos mediante el reciclaje o la venta de aquellos para los que exista un mercado en la región. En el mismo sentido, el 20% de las familias no pone sus residuos a disposición del camión recolector, los cuales se cuantificaron en un volumen de 0.7 t/d de RSU, equivalentes al 20.24% del volumen de RSU total, volumen de residuos que tiene como destino el ecosistema local, al ser depositados en cualquier lugar del predio familiar (Figura 4). La actitud de los habitantes de esta importante proporción de hogares de la localidad respecto a la disposición de los RSU en el ecosistema local promueve la contaminación del medio ambiente.

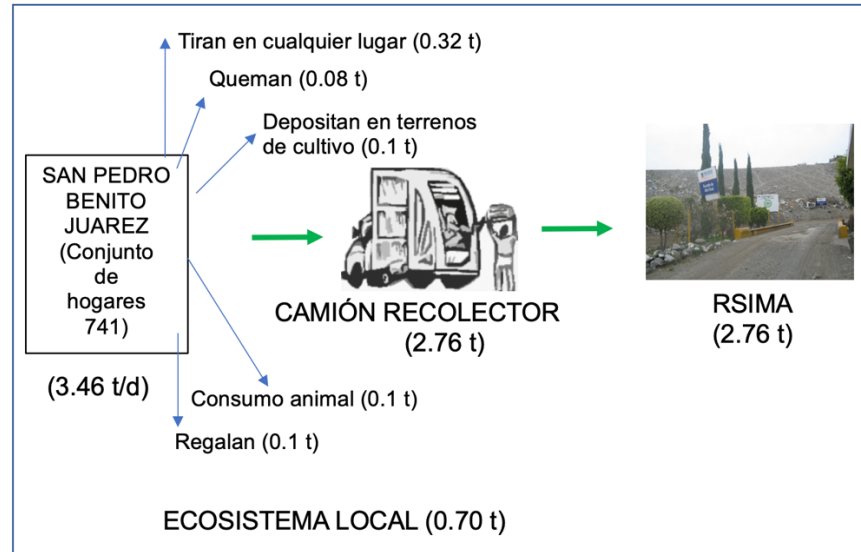


Figura 4. Flujo de los RSU generados por día en San Pedro Benito Juárez.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados encontrados respecto a la recolección de los residuos en los hogares en la localidad estudiada son promisorios, si se comparan con lo que ocurre en este sentido a escala nacional y estatal, donde se registra mayor variabilidad de los datos para la escala del ecosistema local (Figura 5); debido a que en el país la recolección domiciliar representa el 78.65%, mientras que en la entidad poblana solo llega al 68.5% y el resto se distribuye en seis categorías (basurero público, contenedor o depósito, quema, entierro, terreno baldío o calle, barranca, río, lago o mar) que, al final del flujo, se ubican en el ecosistema local (INEGI, 2014).

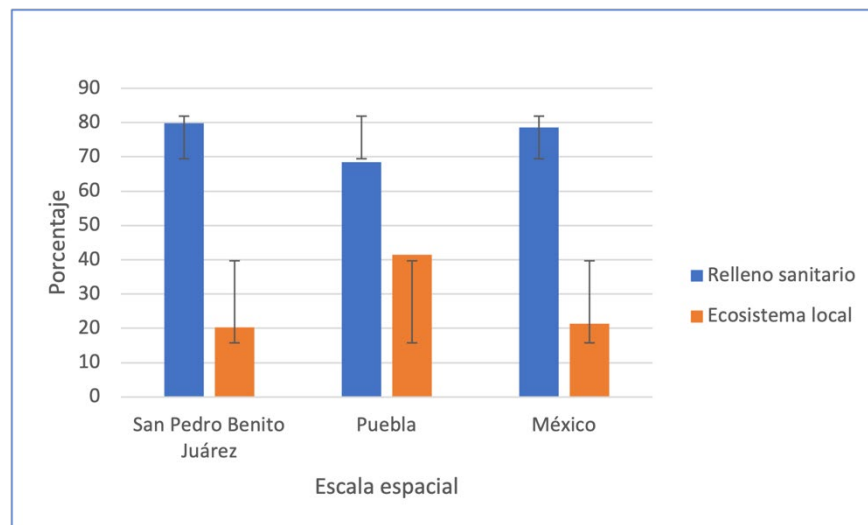


Figura 5. Distribución porcentual de la disposición de los RSU en tres escalas espaciales.
Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2014) y datos del presente estudio con $n = 253$.

El potencial de reciclaje

Al seguir el procedimiento para determinar el potencial de reciclaje de los residuos generados en la localidad, se encontró que seis de las grandes categorías (cartón y papel, metales, vidrio, plástico, cuero y piel, y textiles) de RSU identificadas tienen un importante potencial de reciclaje en la región si son trasladados y vendidos a los centros de acopio de residuos ubicados en Atlixco, la cabecera municipal. Por otro lado, dos grandes categorías (cartón y papel, y orgánicos) son susceptibles de reciclaje en la misma fuente generadora. Una de estas, la de orgánicos, integran residuos que se pueden reciclar en el mismo lugar donde se generan para la elaboración de abono orgánico sólido, bajo cualquiera de los procedimientos de composteo, lombricomposteo o bocashi y en abono líquido como el biol, indicado por Huerta-Muñoz *et al.* (2019). Sin embargo, para estos residuos no se registró un mercado potencial en la localidad, pero sí en la región, donde los productores agrícolas compran el estiércol para el abonado de sus cultivos. En el mismo sentido, Christel *et al.* (2014) plantean que la transición de una forma de producción de base fósil a una de base biológica debe rescatar los nutrientes del flujo de desechos que los habitantes de una sociedad generan, lo cual se enmarca en lo que se conoce como economía circular, para responder a problemas ambientales y sociales (Ritzén & Ölundh, 2017).

Los volúmenes generados de residuos orgánicos en la localidad son usados sin ningún tratamiento previo para el abonado de sus cultivos como complemento de los fertilizantes de síntesis química que usan. Lo anterior sugiere que, bajo un esquema de clasificación o separación de residuos en la fuente de generación y el reciclaje, solo una categoría de los residuos generados (la de sanitarios) debería seguir el flujo hasta su disposición final. Esta categoría es seguida por las de cuero, piel y textiles, si se considera que el estado en que se desechan estos últimos no tienen posibilidad de uso. Aun cuando se sabe que los textiles ya no pueden ser usados para lo que fueron creados, por ejemplo, vestimenta de las personas, sí es posible su reúso en la industria de la producción de textiles para el aseo como trapeadores o jergas para el lavado y secado de autos o la elaboración de tapetes o alfombras, lo cual estaría lejos de realizarse en la localidad, pero que, sin embargo, es necesario mencionar (Tabla 1).

Tabla 1. Tipo de residuos generados y el potencial de reciclaje en San Pedro Benito Juárez.

Gran categoría de residuos	Subcategoría	Potencial de reciclaje			
		1	2	3	4
Cartón y papel	Papel bond, papel de envoltura, periódicos, libros y cajas	X			
Orgánicos	Cáscaras o partes de verdura y fruta, restos de alimentos preparados, restos de desbroce y poda, madera, ceniza, estiércol y residuos de alimento de los animales			X	
Plásticos	Bolsas, PET, unisel, contenedores y zapatos	X			
Metales	Acero, aluminio, hojalata y cobre	X			
Vidrio	Color transparente, ámbar y verde	X			
Sanitarios	Pañales, toallas y papel				X
Cuero y piel	Zapatos, cinturones y aperos de labranza		X		
Tela	Ropa y blancos		X		

1 = Residuos reciclables para los que no existe un mercado o posible uso en la localidad, pero sí en la región; 2 = Residuos reciclables para los que no existe un mercado y posible uso en la localidad y la región; 3 = Residuos reciclables para los que no existe un mercado en la localidad, pero sí un posible uso en la localidad y la región; 4 = Residuos no reciclables.

Fuente: Elaboración propia.

La capacitación sobre el reciclaje de residuos orgánicos y su uso en la agricultura

Para precisar entre la población de la localidad el reciclaje de la fracción orgánica de los residuos encontrados, se realizó un taller de capacitación sobre el reciclaje de tales residuos bajo la técnica para elaborar bocashi, evento al que asistieron ocho productores agrícolas. El producto del taller fue la transformación de los residuos en abono tipo bocashi, que se obtuvo a los 21 días de iniciado el tratamiento (Figura 6). El análisis de la muestra del abono producido reportó características físico químicas aceptables

para la producción agrícola, como se muestra en la Tabla 2. Dicho abono fue usado por los productores agrícolas de la localidad en sus traspatios para producir hortalizas en camas biointensivas. Se optó por usar el abono en la producción de hortalizas, debido a que aun cuando la región de Atlixco se caracteriza por ser una de las mayores productoras de especies hortícolas, en San Pedro Benito Juárez no se producen estas, por lo que para consumirlas dependen del mercado, y como en los hogares se dispone de traspatio, se aprovechó este agroecosistema para adicionar el cultivo de hortalizas al mismo y proveer de estos alimentos a las familias.



Figura 6. Elaboración de abono tipo bokashi a partir de residuos orgánicos locales y producción de hortalizas en camas biointensivas.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Análisis físico y químico de muestra de bocashi elaborado con los residuos orgánicos generados en San Pedro Benito Juárez.

Parámetro	Valor
pH	7.9
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	8.2
Materia Orgánica (%)	23.1
Nitrógeno (%)	1.8
Fósforo (ppm)	7201
Potasio (ppm)	5805

Fuente: Elaboración propia a partir del análisis de muestra de abono en laboratorio de suelos del Colegio de Postgraduados.

La proyección del ingreso de los residuos por venta

En la Tabla 3 se observa que en los centros de acopio de residuos identificados y consultados en la cabecera municipal se compran cuatro de las grandes categorías de residuos encontrados en la localidad estudiada (papel y cartón, metales, vidrio y plásticos), el material con mayor valor de compra por kilogramo fue el cobre, con \$ 90.00, mientras que el de menor valor fue el vidrio con \$ 1.50. Bajo la determinación del valor de compra de los residuos en los centros de acopio, y en el caso de decidir sobre la venta de los mismos, la proyección de aprovechamiento por la vía de la venta, de acuerdo con su valor de compra, indica que por la venta de los residuos generados es posible lograr un ingreso bruto por día de \$ 4208.00, cantidad nada despreciable comparada con el valor del salario mínimo en Puebla, definido por el Consejo de Representantes de la Comisión Nacional de Salarios Mínimos en \$141.70, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 23 de diciembre de 2020, con un ingreso mayor a partir de la venta de PET por \$ 1200.00 y el menor ingreso con la venta de fierro por \$ 20.00.

Tabla 3. Proyección del ingreso por venta de los RSU generados por día, de acuerdo con el valor de compra en los centros de acopio ubicados en la cabecera municipal.

Residuo	kg/d	Valor de venta (\$)	Ingreso (\$)
Cobre	7	90.00	630.00
Níquel	0	80.00	0
Bronce	0	60.00	0
Latón	0	50.00	0
Aluminio	13	20.00	260.00
Acero	15	15.00	225.00
Fierro	5	4.00	20.00
Lata	50	3.00	150.00
Cartón	320	1.90	608.00
Papel	200	2.50	500.00
PET	200	6.00	1200.00
Vidrio	210	1.50	315.00
Polietileno	100	2.00	200.00
Total			4208.00

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta para el manejo participativo de los RSU en San Pedro Benito Juárez

A partir de la clasificación, flujo y potencial de reciclaje de los RSU encontrados en la localidad, se elaboró una propuesta para el manejo participativo de los residuos, esquematizada en la Figura 7. La premisa básica de esta propuesta es que la participación local, basada en la capacitación para la clasificación y reciclaje de los residuos aporta elementos de decisión sobre condiciones particulares de los desechos. La participación de la población y autoridades locales deberá iniciar con la formación de una comisión o un comité proambiental encargado de la clasificación, reciclaje de residuos orgánicos y venta de la fracción inorgánica. Para el funcionamiento de la comisión o comité se propone un taller de capacitación con el

objetivo de compartir conocimientos, habilidades y actitudes sobre el manejo de los RSU para disminuir su flujo hacia el relleno sanitario y contribuir a la generación de empleo e ingreso, al cuidado del medio ambiente y la salud de las personas, aspectos que según Domínguez (2020) se demandan con urgencia en la región que atiende el RSIMA. Los contenidos de aprendizaje del taller tendrían que ver con el manejo de los RSU, los temas específicos sobre el problema que causan y las alternativas que en la localidad se pueden implementar para atender el fenómeno. Al ser resultado de un proceso de participación ciudadana local y de educación ambiental, bajo el principio de "aprender haciendo", se tendría mayor claridad para rescatar del flujo de los residuos, aquellos que de acuerdo con su mejor uso alternativo puedan ser aprovechados en la localidad. Mediante un proceso de capacitación de los participantes, estos se apropiarán de conocimientos y desarrollarán habilidades y actitudes para analizar qué residuos tienen prioridad y su fin de aprovechamiento sobre otros, lo que permitirá definir las estrategias del plan de manejo, las cuales no se limitarían solo a su disposición en el camión recolector, como se hace hasta ahora, debido a que la propuesta considera que los pobladores tienen la capacidad para proponer y adoptar medidas innovadoras que les permitan clasificar, rescatar del flujo los residuos inorgánicos susceptibles de vender en el mercado regional y aprovechar el potencial de reciclaje de los residuos orgánicos para disminuir el flujo de ambas fracciones hacia el relleno sanitario. El conjunto de estas actividades permitirá incrementar de manera paulatina la participación de los actores locales sobre el manejo de los residuos que generan. Los mecanismos de trabajo en el proceso de planificación participativa a nivel local deben adaptarse a las características específicas de los actores locales, en consideración de un entorno social favorable, relativo a sus niveles de organización, solidaridad, colaboración, conocimiento sobre el tema y autonomía, así como las regulaciones internas para el acceso y manejo de los residuos, los recursos de uso cotidiano, sus actividades de producción agrícola, ya sea de autoconsumo o comercial, y sus condiciones de acceso al mercado para la venta de los residuos de la fracción inorgánica.

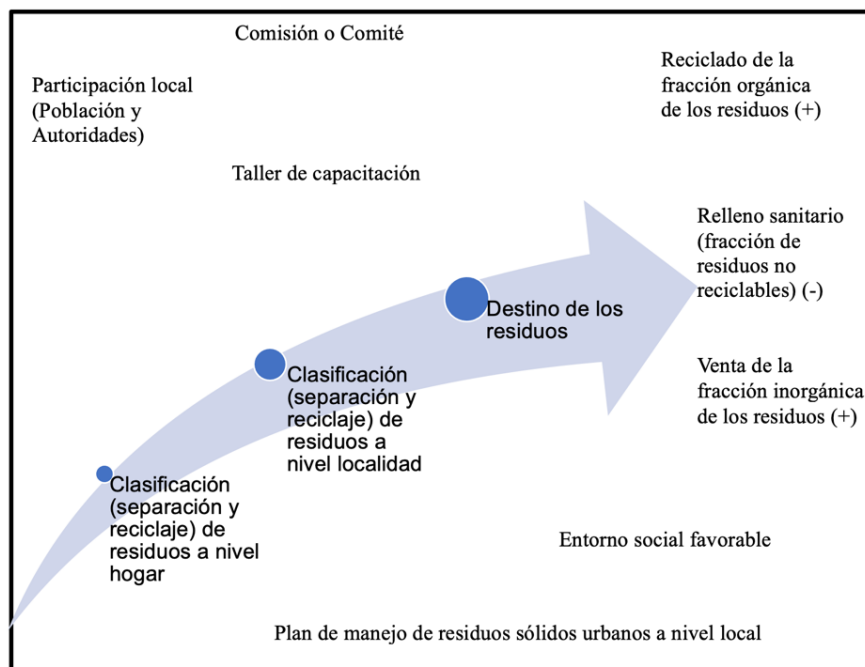


Figura 7. Propuesta de plan de manejo de los RSU bajo un enfoque participativo.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La clasificación de los RSU generados en la localidad estudiada arrojó 25 categorías, correspondientes a las identificadas en la norma mexicana NMX-AA-022-1985, coincidentes con las encontradas en otras latitudes. Ello refleja que el consumo y, por tanto, los residuos que generan los sujetos estudiados son semejantes a otros contextos. El 40% de los hogares declaró separar los residuos orgánicos de los inorgánicos; sin embargo, los residuos generados son dispuestos mezclados en el camión recolector, por el 80% de los hogares, lo que precisó que estos se pueden clasificar desde su origen. Asimismo, presentan un alto potencial de reciclaje a través de su identificación, clasificación, separación y posibilidad de compactación por la variación en el peso volumétrico encontrado. Se estimó que el flujo de residuos desde su origen hasta su destino final fue de 3.46 t/d, distribuyéndose en un 20.23% en terrenos donde se ubica la vivienda y los predios agrícolas y un 79.76% en el relleno sanitario. Se determinó que 17 de las 25 categorías de residuos generados son susceptibles de reciclarse en la localidad, o bien, se pueden vender en los centros de acopio ubicados en la cabecera municipal, lo cual muestra el potencial de reciclaje que presentan dichos residuos. Mediante un proceso de capacitación de los productores agrícolas locales sobre el reciclaje es factible obtener beneficios sociales, económicos y ambientales a partir del manejo de los RSU. De acuerdo con la proyección financiera de los residuos con posibilidades de venta en la cabecera municipal, se puede obtener beneficios económicos por la generación de empleo para quienes participen, así como ingreso por la venta de los residuos generados por día por \$4108.00, beneficios ecológicos al disminuir el flujo de residuos hacia el relleno sanitario de 3.46 t/d a solo 0.21, lo que representa un retiro del 93.93% de residuos del flujo antes de que lleguen al relleno sanitario. Además, es plausible aprovechar la oportunidad de transformar los residuos orgánicos en abono para la agricultura local, que ayudará en varios aspectos al productor agrícola, como reducir el gasto por compra de fertilizantes químicos, mejorar los suelos y mejorar los rendimientos de sus cultivos.

Conflictos de intereses

Los autores declaran por voluntad propia que no tienen conflicto de interés.

Referencias

- Adam, B. (2002). Tiempo y medio ambiente. En M. Redclift & G. Woodgate (eds.), *Sociología del medio ambiente. Una perspectiva internacional* (pp. 179-189). McGraw-Hill.
- Allmark, T. (2002). Medio ambiente y sociedad en Latinoamérica. En M. Redclift & G. Woodgate (eds.), *Sociología del medio ambiente. Una perspectiva internacional* (pp. 397-412). Madrid: McGraw-Hill.
- André, F. J., & Cerdá, E. (2006). Gestión de residuos sólidos urbanos: Análisis económico y políticas públicas. *Cuadernos Económicos de ICE*, (71), 71-91. https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Andre/publication/277260510_Gestion_de_residuos_solidos_urbanos_analisis_economico_y_politicas_publicas/links/560baa5f08ae80232a3f22c3/Gestion-de-residuos-solidos-urbanos-analisis-economico-y-politicas-publicas.pdf
- Aulinas, M., & Bonmatí, A. (2008). Evaluation of composting as a strategy for managing organic wastes form a municipal market in Nicaragua. *Bioresource technology*, 99(11), 5120-5124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.09.083>
- Bárcena, A. (2001). Principales desafíos ambientales en América Latina y el Caribe. En Naciones Unidas (UN), *Desafíos e innovaciones en la gestión ambiental: Actas del Seminario Internacional Experiencia Latinoamericana en Manejo Ambiental* (pp. 91-98). Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/7057/1/S01050429_es.pdf
- Barradas, P., & Morales, C. M. (2013). Diagnóstico de la generación de residuos sólidos urbanos en el fraccionamiento Bosques de Saloya de Nacajuca, Tabasco. *Kuxulkab*, 19(37), 83-88. doi: <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a19n37.354>

- Barrientos, Z. (2010). Problemática de los ciclos biogeoquímicos, hidrológico y de nutrientes en la meseta central de Costa Rica. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 10(1), 23-37. doi: <https://doi.org/10.22458/rpys.v10i1.1873>
- Binder, C. R., & Mosler, H. (2007). Waste-resource flows of short-lived goods in households of Santiago de Cuba. *Resources Conservation and Recycling*, 51(2), 265-283. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.04.001>
- Boas, A., Radziemska, M., Adamcová, D., Zloch, J., & Vavrková, M. D. (2018). Assessment strategies for municipal selective waste collection–regional waste management. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1), 33-41. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/79405>
- Borge, M., Rodríguez-Sosa, M. A., Vásquez-Bautista, Y. E., Guerrero, K. A., & Alarcón-Elbal, P. M. (2018). Mosquitos (Diptera, Culicidae) de importancia médica asociados a residuos sólidos urbanos en Jarabacoa, República Dominicana. *Salud Jalisco*, 5(número especial), 20-27. <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2018/sj18Ed.pdf>
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2015). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/131748/23_LEY_GENERAL_PARA_LA_PREVENCION_Y_GESTION_INTEGRAL_DE_LOS_RESIDUOS.pdf
- Christel, W., Bruun, S., Magid, J., & Jensen, L. S. (2014). Phosphorus availability from the solid fraction of pig slurry is altered by composting or thermal treatment. *Bioresource technology*, 169, 543-551. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.030>
- Cuvi, N. (2015). Residuos sólidos en América Latina: Gestión, políticas públicas y conflictos socioambientales. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (17), 1-3. doi: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1627>
- Colombo, M., Carrizo, G., & Barbá, G. (2005). Cuando la comunidad busca hacerse oír: El conflicto de los residuos sólidos urbanos del Gran San Miguel de Tucumán (Argentina). *Revibec: Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 2, 09-19. https://ddd.uab.cat/pub/revibec/revibec_a2005v2/revibec_a2005v2a2.pdf
- Colomina, A. F. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17(3), 35-39. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543687013>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1985a). Norma Oficial Mexicana NMX-AA-061. *Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Determinación de Generación*. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1985). Norma Oficial Mexicana NMX-AA-022. *Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Selección y Cuantificación de Subproductos*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFSr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (1992). Norma Oficial Mexicana NMX-AA-091. *Calidad del Suelo – terminología*. <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa091.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (23 de diciembre de 2020). *Resolución del H. Consejo de Representantes de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos que fija los salarios mínimos generales y profesionales que habrán de regir a partir del 1 de enero de 2021*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/602092/Resoluci_n_SM_2021_DOF23122020.pdf
- Domínguez, M. A. (29 de enero de 2020). En las últimas, el relleno sanitario de Atlixco. *El Sol de Puebla*. <https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/estado/en-las-ultimas-el-relleno-sanitario-de-atlixco-basura-relleno-sanitario-plastico-desecho-contaminacion-perros-en-situacion-de-calle-4766099.html>
- Fischer, M. (2002). El metabolismo de la sociedad sobre la infancia y adolescencia de una naciente estrella conceptual. En M. Redclift & G. Woodgate (eds.), *Sociología del medio ambiente. Una perspectiva internacional* (pp. 119-142). McGraw-Hill.
- Galafassi, G. (1993). La relación medioambiente-sociedad: Algunos elementos para la comprensión de su complejidad. *Revista Paraguaya de Sociología*, 30(86), 16-30.
- González, M. (2010). Agua, poder urbano y metabolismo social. En R. Loreto (ed.), *Sociedad, naturaleza, metabolismo social. Sobre el estatus teórico de la historia ambiental. Colección: Estudios urbanos y ambientales, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades "Alfonso Vélaz Pliego"* (pp. 210-245). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. P. (2014). *Metodología de investigación* (6ª ed.). Mc Graw Hill.
- Huerta-Muñoz, E., Cruz-Hernández, J., & Aguirre-Álvarez, L. (2019). La apreciación de abonos orgánicos para la gestión local comunitaria de estiércoles en los traspatios. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(53), 3-24. doi: <https://doi.org/10.24836/es.v29i53.702>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2012). *Residuos sólidos urbanos. Municipios y delegaciones con tratamiento a residuos inorgánicos y orgánicos según cantidad de materiales recuperados por entidad federativa*. <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/default.html#Tabulados>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2014). Residuos sólidos urbanos. Tabulados predefinidos. Promedio diario. Sitios de disposición final y Tratamiento por entidad federativa. <https://www.inegi.org.mx/temas/residuos/default.html#Tabulados>
- Jiménez, N. M. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: Entre la intención y la realidad. *Letras Verdes*, (17), 19-55. doi: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1419>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada, T. P., & Van, W. F. (2018). What a Waste 2.0: una instantánea global de la gestión de residuos sólidos hasta 2050. Desarrollo Urbano; Washington, DC: Banco Mundial. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- León, J. D., González, M. I., & Gallardo, J. F. (2011). Ciclos biogeoquímicos en bosques naturales y plantaciones de coníferas en ecosistemas de alta montaña de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1883-1894. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400037
- Marmolejo, L. F., Torres, P., Oviedo, E. R., Bedoya, D. F., Amezcuita, C. P., Klinger, R., Albán, F., & Díaz, L. F. (2009). Flujo de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales. *Ingeniería y competitividad*, 11(2), 79-93. <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323541009.pdf>
- Nebel, B., & Wrigth, R. (1999). *Ciencias ambientales. Ecología y desarrollo sostenible* (6ª ed.). Prentice Hall. Hall/Pearson.
- Ojeda-Benitez, S., Armijo, C., & Ramírez-Barreto, M. E. (2000). The potential for recycling household waste: A case study from Mexicali, Mexico. *Environment and Urbanization*, 12(2), 163-173. doi: <https://doi.org/10.1177/095624780001200213>
- Pérez, A., & López, M. (2018). Diagnóstico de los residuos sólidos urbanos en San Pedro Benito Juárez, Puebla, México. *Gestión Ambiental*, (36), 61-82. http://www.ceachile.cl/revista/cdn/GA_36_Perez_&_Lopez.pdf
- Pérez, C. (2005). *Muestreo estadístico conceptos y problemas resueltos*. Prentice Hall.
- Prats, F. (2018). Sobre la crisis ecosocial y el cambio de ciclo histórico. Poner en el centro la vida. *Ambienta*, 125, 10-19. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM%2FPDF_AM_Ambienta_2018_125_10_19.pdf
- Restrepo, R. J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas* (1ª ed.). SIMAS. file:///E:/2022/ActividadesVinculaci%C3%B3n/El_ABC_de_la_agricultura_organica_y_hari.pdf
- Ritzén, S., & Ölundh, G. (2017). Barriers to the circular economy—integration of perspectives and domains. *Procedia CIRP*, 64, 7-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.005>
- Rovere, A. E., & Zenz, E. N. (2019). Residuos sólidos urbanos: Conflictos socio ambientales en el Centro Ambiental de San Carlos de Bariloche. *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 9(1), 23-27. https://d6scj24zvfbbo.cloudfront.net/3cfd20b93af41ab30f4d34afad6c23cb/200000087-c98edc98f1/6_Rovere_CAEP_rsu%20%281%29.pdf?ph=d1e074e619
- Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
- Solana, J. L., Toledo, V., & Valencia, Á. (2007). *El paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Icaria.
- Toledo, V., & González de Molina, M. (2007). El paradigma ecológico en las ciencias sociales. En F. Garrido (ed.), *El metabolismo social: Las relaciones entre la sociedad y la naturaleza* (pp. 85-113). Icaria.
- Toledo, V. M. (2008). Metabolismos rurales: Hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 7(2008), 1-26. <https://www.raco.cat/index.php/Revibec/article/view/87196>

-
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: Una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*, (136), 41-71. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rz/v34n136/v34n136a4.pdf>
- Vergara, G., & Lisdero, P. (2015). Gestionar, protestar y vivir de la basura. Un análisis desde el conflicto social en torno a las políticas públicas sobre los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en Córdoba. *De Prácticas y Discursos*, 4(5), 1-20. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/70858/CONICET_Digital_Nro.1dd46cee-ebb9-4b1b-8c81-82264e1288cb_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y