

Capítulo **I.2**

Alternativas de reúso y reciclaje de residuos sólidos orgánicos

*María Neftalí Rojas Valencia*¹

*Denise Y. Fernández Rojas*²

*Yamín N. Fernández*³

<https://doi.org/10.61728/AE20251840>



¹ Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: nrov@pumas.iingen.unam.mx

² Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: nrov@pumas.iingen.unam.mx

³ Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: nrov@pumas.iingen.unam.mx

1. Introducción

La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, conocida actualmente como FORSU, resulta del consumo de diversos productos alimenticios, de podas y de otras actividades domésticas, industriales y comerciales. El consumidor se ha visto en la necesidad de dejarlo como un residuo; en algunos casos, dichos residuos aún pueden ser susceptibles de aprovechamiento. El FORSU se forma con residuos de vegetales, hortalizas, frutos, residuos de carnes, grasas, restos agrícolas y podas de jardines. Esto solo por mencionar algunos de sus ingredientes; la mayoría de sus componentes son biodegradables y compostables, es decir, que se reintegran por medio de la ayuda de microorganismos nuevamente a la naturaleza. Pueden en corto tiempo convertirse en micronutrientes mezclados en la composta, lo cual es bueno para las plantas (De Anda-Trasviña et al., 2021).

Otros residuos orgánicos como el cartón, el papel y algunos plásticos biodegradables necesitan mucho más tiempo para degradarse. Los fabricantes, actualmente, tratan de cumplir con las normativas; están buscando que sus materias primas tengan propiedades biodegradables y compostables adicionando aditivos y resinas. El motivo de esta investigación es valorizar la FORSU, que puede ser clasificada y aprovechada para diferentes usos, tanto en el ámbito mundial como nacional. Este manuscrito presenta los resultados cualitativos y bibliográficos que permitieron visualizar el valor de la FORSU (Martínez et al., 2009; Repsol, 2023).

2. Metodología

La revisión bibliográfica se basó en las publicaciones científicas que se relacionan con los usos del FORSU en México. Se efectuó una investigación de artículos en plataformas internacionales. Se seleccionaron artículos basados en criterios de inclusión y exclusión. Los artículos seleccionados se analizaron y se hizo una síntesis de ellos. La investigación registró las preguntas y definiciones para la búsqueda, selección y extracción de los

artículos, guiada por las afirmaciones y temas de investigación: aprovechamiento, valorización, reúso, reciclaje, compostaje, ver mi compostaje, entre otras palabras clave. Las cadenas de búsqueda utilizadas en revistas de alto impacto fueron similares: “Energía orgánica en México”, “Usos de energía orgánica”, “Economía circular”, “Sostenibilidad”, “Gas metano” y “Usos directos de residuos orgánicos”. Para ampliar las opciones de datos en este proyecto y como una forma de fortalecer este trabajo, se decidió incluir dentro de esta investigación búsquedas en páginas de bases de datos y de empresas que brindan servicios relacionados con el tratamiento del FORSU (Peñalosa, 2014; Rojas-Prieto et al., 2022; Varón et al., 2024).

3. Resultados

Los primeros resultados mostraron ejemplos de materiales comúnmente llamados residuos orgánicos, estos se muestran en la Figura 1.

Figura 1

Residuos orgánicos tanto municipales como urbanos.



Fuente: adaptado de Rojas et al., 2024.

3.1. Codificación de la FORSU

Son pocas las clasificaciones que se tienen sobre la FORSU, por lo que en este manuscrito solo se retomarán las más reconocidas; las primeras se pueden ver en las Figuras 2 y 3.

- Según su fuente de generación: En la Figura 2 se muestran los residuos que entran en esta clasificación.
- Según su origen y diferencia física: La Figura 3 representa a la clasificación de FORSU basada en su origen; esta es una de las clasificaciones actuales y es empleada para identificar el origen de la materia orgánica para su disposición adecuada.

Figura 2

Clasificación de los residuos orgánicos según su fuente de generación



Fuente: adaptado de Rojas et al., 2024.

A continuación, se describe cada uno de las clasificaciones con mayor detalle:

- FORSU derivado del barrido de las calles: Son residuos que se dejan sin ninguna responsabilidad en bancas, banquetas o calles, por un individuo que lo estaba comiendo y no terminó de consumirlo; lo deja en una banca de jardín o fuera de un restaurante, mercado o supermercado y no fue donado a quien lo necesite antes de que fuera depositado en un cesto de basura.

- b) FORSU proveniente de instituciones: Restos orgánicos generados en instituciones de gobierno y particulares. Mayormente se identifica por generar papeles, cartón, PET (los cuales son 100 % reciclables) y restos de comida derivados de los comedores donde se alimentan los trabajadores.
- c) FORSU generada en mercados: son residuos orgánicos de mercados populares, mercados sobre ruedas, supermercados, centrales de abastos entre otros. Los restos orgánicos generados en estos sitios pueden servir para la elaboración de composta y fertilizante orgánico líquido.
- d) FORSU de establecimientos comerciales: Se origina en establecimientos comerciales, como negocios de comida, restaurantes. En los restaurantes se generan en grandes cantidades debido al consumo alimenticio. Puede ser una fuente importante para la manutención de ganado porcino y bobino.
- e) FORSU proveniente de casa habitación: son residuos procedentes de domicilios, pueden tener mezclas de residuos de frutas, vegetales, restos de víveres preparados, tala de jardín y papeles. Pueden tratarse en una planta de composta, vermicomposta, o en una planta de digestión anaerobia (Rojas et al., 2011).

El FORSU según su origen y apariencia, se pueden ver clasificados en la Figura 3.

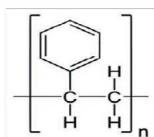
Figura 3*Clasificación de la FORSU según su origen y apariencia*

Fuente: Adaptado de Anda-Trasviña, 2021 y Rojas et al., 2024

La Figura 3 representa la clasificación del FORSU según su entorno o estado físico que estos tienen. En la misma figura se considera que tanto el cuero, papel, cartón y plásticos son residuos orgánicos debido a que estos son fabricados de agregados orgánicos como el etanol y, en otros casos, son derivados del petróleo. Otra forma más detallada de clasificar a los residuos de la FORSU se enlistan a continuación: a) Restos de alimentos: son residuos o fragmentos de víveres que se originan de casa-habitación, restaurantes, comederos y otros establecimientos alimenticios; b) Excremento: son restos de heces fecales de animales que se alimentan de pasto y se puede usar para mejorar el bio-abono o generar biogás; c) Residuos de productos verdes: son residuos de tala o deshierbe de jardines, huertos o áreas verdes; se pueden incluir restos de cocina que no han sido cocidos como hortalizas y verduras; d) Cartón y papel: son materiales altamente valorados para reciclaje; e) Cuero: son restos de materiales de cuero, provenientes de diversos animales y f) Residuos de compuestos orgánicos incluyen: a los envases de plástico, el unisel y hasta el PET, que usan como materia prima al petróleo, no hay duda de su origen orgánico ya que gran parte se manufactura de hidrocarburos o derivados del petróleo. Son con-

siderados productos orgánicos porque contienen carbono tetravalente en su molécula y además tienen enlaces carbono-carbono y carbono-hidrógeno en su molécula (lípidos, proteínas —aminoácidos—, carbohidratos). En la Figura 4 se puede corroborar su estructura química.

Figura 4
Estructura química del PS y PET

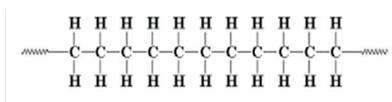


PS por ejemplo el unigel.



Grupo tereftalato Grupo etileno

PET por ejemplo botellas de agua.



PEAD, por ejemplo, botes de leche, jabón, limpiadores.

Fuente: Adaptado de Rojas et al., 2024.

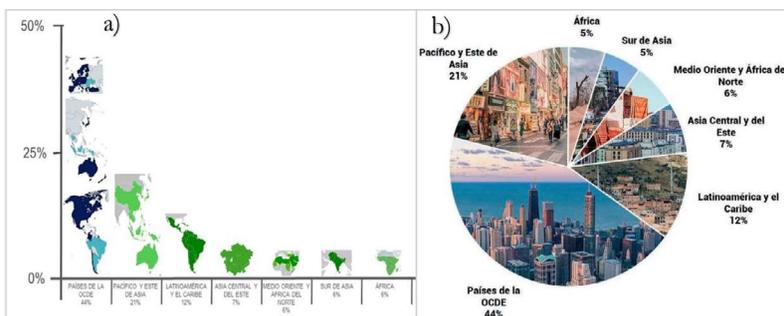
3.2 Cifras de generación de residuos orgánicos

Las cifras numéricas al paso de los años se han incrementado; en la Figura 5 se presentan parte de las cantidades y porcentajes de los residuos generados en la república mexicana.

Figura 5*Porcentaje de generación de residuos orgánicos a nivel nacional**Fuente:* Adaptado de SEDESOL México, 2013.

3.3 Situación a nivel mundial

Un estimado en el lugar de origen, indica que el porcentaje de la FORSU va del 5 % al 44 % en el ámbito mundial, tal como se puede ver en la Figura 5 (a y b).

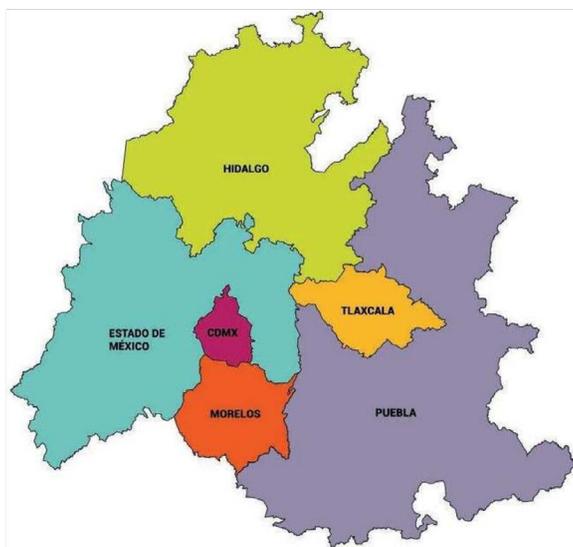
Figura 6*Correlación del porcentaje en peso de la FORSU en varios países del ámbito mundial (a y b)**Fuente:* Adaptado de: Hoornweg y Bhada-Tata, 2012 y Rojas-Valencia, 2024.

3.4. Cifras promedio de generación de residuos en la megalópolis

El término megalópolis se emplea para delimitar el área metropolitana, la cual está conformada por 16 alcaldías de la Ciudad de México, 29 de Hidalgo, 80 del Estado de México, 22 de Puebla, 33 de Morelos y 60 municipios de Tlaxcala. En todos estos estados que integran la megalópolis se generan porcentajes importantes de FORSU.

Figura 7

Lugares representativos de la megalópolis



Fuente: Adaptado de Rojas et al., 2024

Un estimado de generación de RSU, en promedio en la megalópolis dio como resultado que la FORSU ocupa en promedio el 40 %, tal como se puede ver en la Figura 8.

Figura 8.

Composición física del porcentaje en la generación de FORSU de un promedio estimado en la megalópolis



Fuente: Adaptado de INEGI, 2019.

3.5 Búsquedas de alternativas de utilización de restos orgánicos

Basados en la gestión de residuos valorizables, se puede decir que son los restos que logran ser reutilizados o convertidos en otro producto, reintegrándolos al ciclo económico y comercial.

El máximo beneficio del aprovechamiento de la FORSU es la disminución de la demanda de recursos naturales, del consumo de energía, así como la contaminación ambiental y los residuos que van a los sitios de disposición final. Es importante tener en mente que la explotación de la FORSU debe realizarse cuando sea económicamente factible, técnicamente viable y ambientalmente segura.

El aprovechamiento que se le puede dar es muy diverso, por ejemplo, la preparación de abonos orgánicos elaborados del proceso de composta y vermicomposta, fertilizantes líquidos a partir del FORSU, jabones a partir de aceites, biodiésel a partir de residuos de aceites, bioteno y biodigestores, mucílago de nopal se puede aprovechar como pintura mezclada con cal y como coagulante para tratar diversos cuerpos de agua contaminados, al igual que el cascarón de huevo para absorber metales. Se puede tener un aprovechamiento energético del bagazo de caña, de residuos de plátano y de diversidad de residuos orgánicos que se pueden trabajar de mane-

ra individual o combinada. Por otra parte, se ha empleado una variedad importante de residuos orgánicos en la creación de artesanías y diversos negocios que han resultado ser muy fructíferos, valorizando la cáscara de los cítricos.

Con residuos de cartón, principalmente de empaques de huevo que las recicladoras ya no compran o rollos interiores del papel de baño y de servitoallas de cocina, entre otros tipos de cartón, se combinan con agua y grenetina para obtener una pasta que se moldea para darle forma a macetas compostables. En las macetas, se siembran las semillas o pequeñas plántulas para que germinen; no es necesario trasplantarlas después de los dos meses de duración de estos recipientes ecológicos, puesto que desde un inicio se pueden colocar en sus macetas definitivas o en el mismo suelo de siembra, con la ventaja de que el recipiente sustentable le aportará nutrientes a las plantas y a la tierra.

Mientras que para elaborar los colorantes naturales se pueden emplear residuos de cáscara de plátano, mucílago de nopal y cal, betabel, zanahoria, col morada, paprika, cúrcuma, flores de buganvilia, hojas verdes de plantas, por ejemplo, que se maceran con agua, alcohol y bicarbonato, para obtener las acuarelas sustentables no tóxicas. Con ello, se contribuye a la reducción de la generación de residuos y la contaminación. Si se sigue buscando, son muchas las cosas que se pueden elaborar aprovechando materiales orgánicos sustentables y reciclables.

4. Conclusión capitular

El FORSU se genera en grandes cantidades todos los días; es necesario adoptar alternativas de tratamiento para aprovecharlo al máximo. Después del análisis de esta investigación, se puede decir a manera de conclusión que todos los residuos sólidos orgánicos, sin importar su procedencia, pueden ser 100 % valorizados y aprovechados.

La importancia del manejo adecuado del FORSU demanda prontas acciones; se han generado ideas de aprovechamiento de manera sencilla y práctica en la vida diaria, que contribuyen a minimizar el desperdicio de la materia prima que es primordial para el planeta.

5. Referencias

- De Anda-Trasviña A., E. García-Galindo, A. Peña-Castañón, J. Seminario-Peña y A. Nieto-Garibay. (2021). Residuos orgánicos: ¿basura o recurso? *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3): 19-42. <https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.03.0004>
- INEGI. (2019). *Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2019. Módulo 6: Residuos sólidos urbanos*. <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2019/>
- Martínez, E., Figueroa, U., Cano, P., Preciado, P., Moreno, A. & Rodríguez, N. (2009). Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 15(3), 245-250.
- Peñalosa Londoño, E. (2014). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura* (pp. 1-85). Contrato Interadministrativo 369 UAESP - Universidad Nacional de Colombia. https://www.uaesp.gov.co/images/guia-uaesp_sr.pdf
- SEMARNAT. (2017, 24 febrero). Nopal: “La planta de la vida”. Recuperado el 12 de febrero del 2020, de <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/nopales-previo?idiom=es>
- Varun Goel, Ankur Dwivedi, Kuber Singh Mehra, Sudhir Kumar Pathak, V. V. Tyagi, Suvanjan Bhattacharyya, A. K. Pandey. (2024). Solar drying systems for Domestic/Industrial Purposes: A State-of-Art review on topical progress and feasibility assessments. *Solar Energy*, 267, 112210. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112210>.
- Repsol, (2023). *All about organic Waste. How to efficiently manage Waste*. 11 September 2023 Repsol. (Consultado el 13/08/2024) <https://www.repsol.com/en/energy-and-the-future/future-of-the-world/organic-waste/index.cshtml>
- Rojas Prieto Natalia; Acuña Monsalve Yuditanduly; Ramírez-Duque Andrés. (2022). *Tendencias y alternativas para la gestión de residuos sólidos orgánicos en unidades militares del Ejército Nacional de Colombia* (pp. 1-27). Universidad El Bosque. <https://doi.org/10.21830/9789585318342.07>
- Rojas-Valencia, M. N., Orta de Velásquez, M. T., Franco Víctor. (2011). Urban agriculture, using sustainable practices that involve the reuse of

wastewater and solid waste. *Agricultural Water Management*, 98(9). pp. 1388-1394. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.005>

Rojas-Valencia, M. N., Fernández-Rojas, D. Y., Fernández Rojas, Y. N. (2024). *Alternativas de reúso de residuos sólidos orgánico*. Editorial y Distribuidora Académica Libertad Mexicana S. A. de C. V. (LIBERMEX).

