

Capacitación sobre la separación de cuatro residuos sólidos urbanos valorizables en una institución de educación superior

Training on the separation of four valuable urban solid waste in a higher education institution

Baltazar Sánchez-Díaz*✉, Rudy Solís-Silvan*, Azucena del Rosario
Fraire-Vázquez*

Sánchez-Díaz, B., Solís-Silvan, R., & Fraire-Vázquez, A. R. (2024). Capacitación sobre la separación de cuatro residuos sólidos urbanos valorizables en una institución de educación superior. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 32(92), e4801, <https://doi.org/10.33064/iycuaa2024924801>

RESUMEN

La gestión inadecuada de residuos sólidos en centros educativos agrava los problemas ambientales. Es importante capacitar y promover la conciencia ecológica en la recolección y clasificación de los residuos sólidos urbanos valorizables dentro de una comunidad educativa con el fin de fomentar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos. Se desarrolló una capacitación enfocada en la reutilización y reciclaje, incluyendo la campaña ReciclaTec, fomentando una cultura ambiental consciente entre los estudiantes. Tras la implementación de las pláticas, los residuos generados en el instituto fueron polietileno tereftalato (PET; 201.1 kg), cartón (55.2 kg), papel (204.2 kg) y aluminio (3.8 kg), totalizando 464.3 kg, durante cuatro meses. La capacitación constante y la inclusión de contenedores señalizados son esenciales para mantener y mejorar la clasificación y gestión de residuos, promoviendo una educación ambiental efectiva y la reducción significativa de residuos desechados.

Palabras clave: recolección; gestión; reciclaje.

ABSTRACT

Inadequate solid waste management in educational centers aggravates environmental problems. It is important to train and promote ecological awareness in the collection and classification of valuable urban solid waste within an educational community in order to promote the reduction, reuse and recycling of waste. Training focused on reuse and

Recibido: 26 de octubre de 2023, Aceptado: 14 de mayo de 2024, Publicado: 31 de mayo de 2024

*Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Comalcalco. Carretera vecinal, Paraíso-Comalcalco Km 2, RA Occidente, 3ra sección, C. P. 86650, Comalcalco, Tabasco, México. Correo electrónico: baltazar.sanchez@comalcalco.tecnm.mx; rudy.solisilva@gmail.com; fraire_azucena1@hotmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4165-4302>; <https://orcid.org/0000-0001-6373-0893>; <https://orcid.org/0000-0002-6555-355X>

✉ Autor para correspondencia

recycling was developed, including the ReciclaTec campaign, promoting a conscious environmental culture among students. After the implementation of the talks, the waste generated at the institute was polyethylene terephthalate (PET; 201.1 kg), cardboard (55.2 kg), paper (204.2 kg) and aluminum (3.8 kg), totaling 464.3 kg, over a period of time of four months. Constant training and the inclusion of marked containers are essential to maintain and improve waste classification and management, promoting effective environmental education and the significant reduction of discarded waste.

Keywords: collection; management; recycling.

INTRODUCCIÓN

La generación creciente de residuos sólidos urbanos (RSU) es actualmente un motivo de preocupación global debido a la gestión inadecuada y la falta de conciencia ambiental. A pesar de los esfuerzos, las entidades municipales enfrentan dificultades para gestionar eficientemente la recolección, transporte y eliminación de RSU; lo que repercute negativamente en la salud humana y el ambiente (Armijo de Vega, Ojeda Benítez, & Ramírez Barreto, 2008). A nivel mundial en instituciones educativas, particularmente las universidades, no están exentas de esta problemática. Por ejemplo, en la Universidad Germano-Jordana (GJU), una universidad pública ubicada en Mushaqaq, carecen de un servicio municipal adecuado para la recolección de residuos; por lo que este servicio es brindado por empresas privadas para esta actividad (Hindiye et al., 2022).

En México el manejo de RSU es un desafío agravado por el crecimiento desordenado de la población y la ausencia de obligación legal para la separación de residuos, prevaleciendo un enfoque básico de recolección y disposición en rellenos sanitarios (García Hernández & Uribe Gutiérrez, 2021). La ausencia de una cultura de separación y reciclaje agrava la situación, a pesar del reconocimiento de la importancia del reciclaje en el marco de la economía circular (Marcet, Marcet, & Vergés, 2018).

Esta investigación busca capacitar y promover la conciencia ecológica en la recolección y clasificación de los residuos sólidos urbanos valorizables dentro de una comunidad educativa; con el fin de fomentar la reducción, reutilización y reciclaje de residuos. Este enfoque es necesario para proponer estrategias integrales de gestión de RSU, resaltando la necesidad imperante de abordar este problema con soluciones efectivas y sostenibles.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco está ubicado en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México. Esta institución educativa consta de nueve edificios y dos cafeterías. La población en la institución es de 3,054 estudiantes matriculados (figura 1).

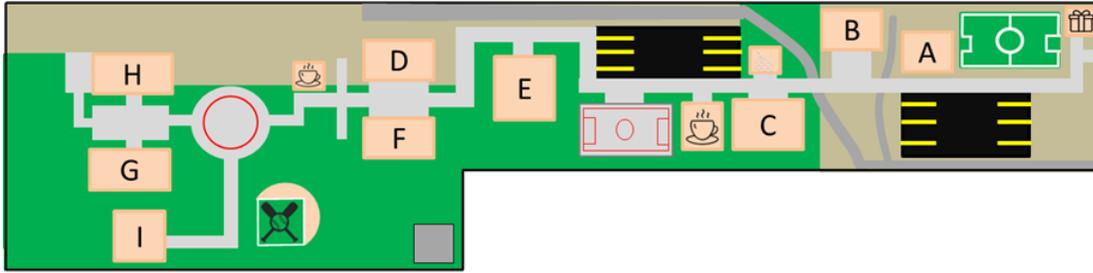


Figura 1. Áreas de la institución.
Elaboración propia.

Identificación de contenedores

En las entradas de los edificios D, G y H se ubican tres contenedores que permiten realizar una clasificación básica de tres tipos de residuos: papel, residuos orgánicos e inorgánicos. Sin embargo, esta clasificación primaria es insuficiente, ya que los contenedores disponibles no tienen la capacidad necesaria para almacenar todos los residuos generados por la población estudiantil de la institución (figura 2).



Figura 2. Contenedores de basura en todo el área del instituto.
Fotografías del equipo de investigación.

Guía de diseño para la identificación gráfica de la gestión integrada de residuos

Esta guía presenta la iconografía para identificar de forma inmediata, clara y precisa los residuos sólidos urbanos separados en las fracciones más comunes en las que se pueden dividir y pueden ser aplicables a nivel nacional. Del mismo modo se incluyen diseños para identificar las instalaciones implicadas en las actividades que componen la gestión integral de los residuos (figura 3).



Figura 3. Marcado de los contenedores de residuos SEMARNAT.

Imagen tomada de SEMARNAT (10 de enero de 2017).

Formación y talleres sobre gestión de residuos

Se realizaron tres capacitaciones para un total de 338 personas entre estudiantes, administrativos y personal de apoyo en los edificios D, G y H; para los estudiantes las pláticas fueron breves y se llevaron a cabo durante las clases para que los alumnos pudieran tomar conciencia de la clasificación de los residuos generados dentro del instituto, y así realizar la correcta disposición final de los mismos. Al personal de apoyo y administración se les entregaron materiales como botes, bolsas, guantes y una guía de la iconografía de la SEMARNAT para identificar de forma inmediata, clara y precisa los residuos sólidos urbanos en este caso valorizables para la recolección de los residuos. Durante esta capacitación se les explicó la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal, 18 de marzo de 1985) aplicada para la separación de residuos durante el proyecto. Los residuos se recolectaron en los botes por edificio; la institución asignó un área de manera interna para la disposición final y pesaje de los residuos.

Pesaje de residuos

Se realizó el pesaje de los RSU que se generaron dentro del instituto siguiendo la metodología establecida por la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal, 18 de marzo de 1985). Se utilizó una báscula digital marca SanitaryTM; un bote con capacidad de 200 l vacío, limpio y libre de abolladuras; guantes protectores y una bitácora de campo.

Determinación del peso volumétrico de los RSU

Para determinar el peso volumétrico de cada residuo generado (PET, cartón, papel y latas de aluminio) se utilizó la ecuación descrita en la metodología de la Norma Mexicana NMX-AA-019-1985 (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal, 18 de marzo de 1985).

Ecuación 1

$P_v = P/V$

donde:

Pv es el peso volumétrico del residuo, en kg/m³

P es el peso del residuo sólido (peso bruto menos tara), en kg

V es el volumen del contenedor, en m³.

Para determinar el volumen que ocupaban las latas en el bidón de 200 l se utilizó la siguiente fórmula:

Ecuación 2

$$V = A_b x h$$

donde:

A_b es el área de la base

h es la altura alcanzada por las latas en el interior del recipiente

V es el volumen del contenedor, en m³

por tanto, para determinar el volumen hay que obtener el área de la base del recipiente, de la siguiente forma:

Ecuación 3

$$A_b = \pi r^2$$

sustituimos por:

Ecuación 4

$$V = (\pi r^2) * (h)$$

Encuesta

Para concluir con las actividades del proyecto se llevó a cabo una encuesta después de la recolección para conocer cómo influyeron las capacitaciones en la concientización de los estudiantes en la recolección y clasificación de residuos, se llevó a cabo una encuesta dirigida a 256 alumnos del instituto para saber sobre los conocimientos que tienen acerca de los residuos, la muestra fue representativa para un nivel de confianza de 95%. Se utilizó la herramienta Google para la elaboración de la encuesta en un formulario y el programa Statgraphics para analizar si la encuesta tiene una diferencia significativa a través de una tabla de frecuencias y su valor Chi-cuadrado en relación a las preguntas y respuestas.

Las preguntas que se hicieron en la encuesta fueron las siguientes:

- ¿Qué tipo de clasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) conoces, según la que menciona la ley general para la prevención y gestión integral de los residuos y la norma NMX-AA-015-1985?
- ¿Qué hacer cuando generas un residuo?
- ¿Qué tipo de RSU consideras que es el que más se genera dentro del ITSC?
- ¿Qué tipo de residuos depositarías en un contenedor color amarillo?
- ¿Qué tipo de residuos depositarías en un contenedor color azul rey?
- ¿Qué tipo de residuos depositarías en un contenedor color azul celeste?
- ¿Qué tipo de residuos depositarías en un contenedor color café?
- ¿Qué aspectos se te dificultan para llevar a cabo la clasificación de residuos en el ITSC?
- ¿Qué acciones se pueden implementar dentro del ITSC para llevar un mejor manejo de los RSU?
- ¿Qué beneficios podrías obtener a través de la separación de residuos?
- Cuando generas un residuo ¿lo utilizas para obtener algún tipo de ingreso económico?
- ¿Conoces los residuos que se consideran valorizables (para generar algún tipo de ingreso económico)?
- ¿Qué residuo consideras con mayor generación para ser valorizable dentro del ITSC?
- De los residuos anteriormente mencionados ¿qué otros residuos consideras que deberían ser valorizables dentro del ITSC?

RESULTADOS

Propuesta de ubicación de los contenedores dentro de la instalación

Se diseñó la propuesta de ubicación de los contenedores en los edificios D, G y H (figura 4). Esto se debe a que sólo existe un contenedor por aula, lo que limita una adecuada separación por parte de los alumnos. Asimismo, se pudo observar que en los pasillos del edificio hay contenedores clasificados que se utilizan correctamente; pero son escasos y no cumplen con los requisitos necesarios para la separación según la legislación vigente.

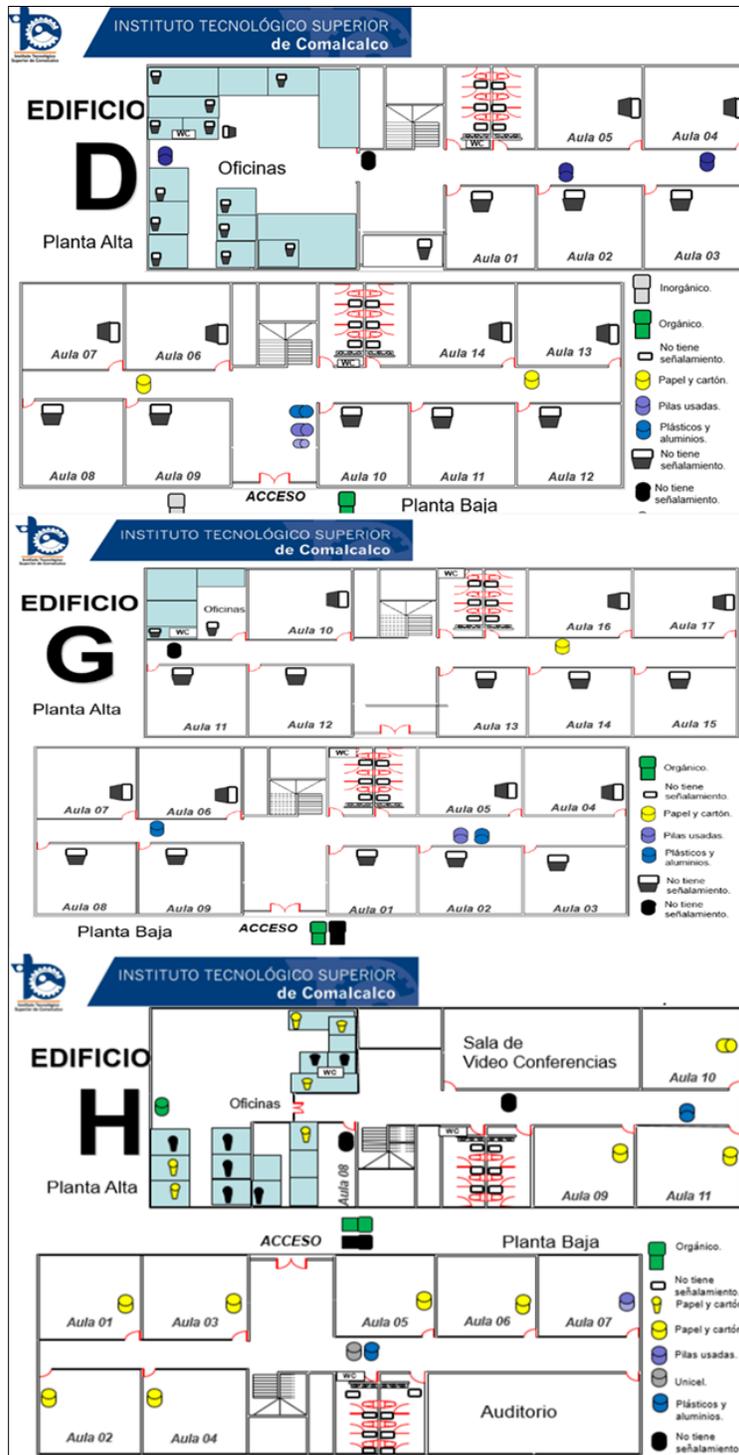


Figura 4. Ubicación de contenedores de residuos en el interior de edificios D, G y H.
Elaboración propia.

Capacitación sobre residuos sólidos urbanos

Se impartieron tres pláticas y talleres sobre la urgente necesidad de tomar en cuenta la separación y clasificación de los residuos como se observa en la imagen (figura 5); no sólo en la institución, sino llevar a cabo esta participación desde casa y consolidar una cultura ambiental para el cuidado del ambiente.



*Figura 5. Formación en sensibilización ambiental.
Fotografías del equipo de investigación.*

Recolección y clasificación de residuos recuperables de PET, cartón, papel y aluminio

La recolección se realizó diariamente durante cuatro meses, la clasificación se llevó a cabo en bolsas a granel y en bolsas de plástico. Las latas de aluminio, el papel y el cartón se depositaron en las bolsas de plástico, asignándoles una etiqueta para su seguimiento; mientras que las botellas de plástico de tereftalato de polietileno cristalino (PET) se depositaron en las bolsas a granel (figura 6).



Figura 6. Clasificación de los residuos en la zona asignada.
Fotografías tomadas por el equipo de investigación.

Generación total de RSU en el instituto

Al analizar los resultados del pesaje realizado se constató que los principales residuos generados en el instituto fueron papel y tereftalato de polietileno (PET) y los menos generados fueron cartón y aluminio (tabla 1).

Tabla 1
Cantidad de RSU generados en el instituto

Categoría de RSU	Peso (kg)
Tereftalato de polietileno (PET)	201.1
Cartón	55.2
Papel	204.2
Latas	3.8
Total de RSU	464.3

Nota: Elaboración propia.

Análisis CHI- CUADRADO para determinar dependencias en las preguntas y respuestas de la encuesta realizada

El análisis Chi-cuadrado mostró una dependencia altamente significativa ($P < 0.011$) entre las preguntas y respuestas realizadas en la encuesta sobre residuos sólidos urbanos (RSU) con un nivel de confianza de 95% (figura 7). Las respuestas más frecuentes fueron PET, cartón, se busca un contenedor específico, papel y falta de espacios en los contenedores.

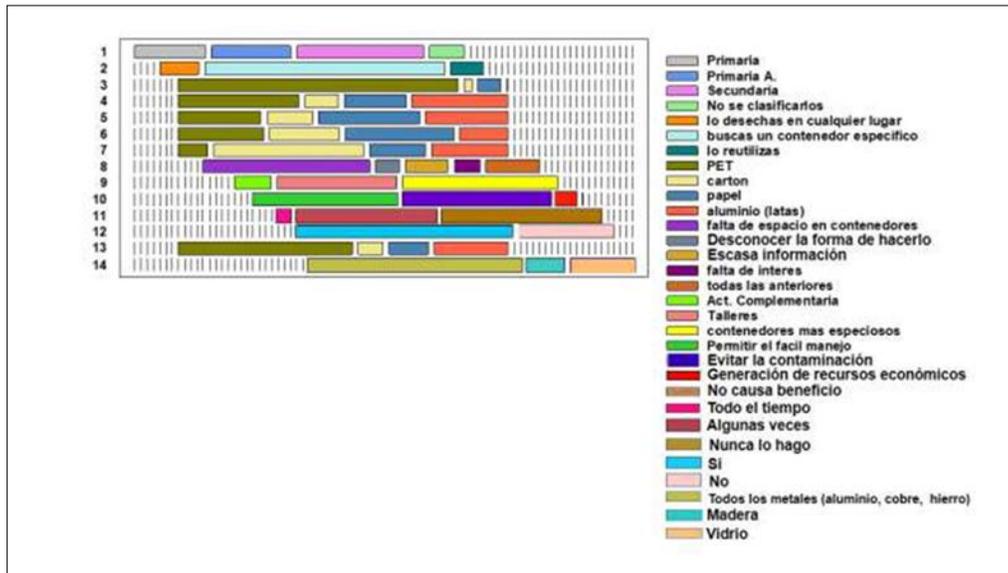


Figura 7. Frecuencias significativas ($p < 0.001$) entre preguntas y respuestas de la encuesta RSU. Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación destacaron aspectos esenciales, subrayando la importancia de un conocimiento profundo sobre el código de colores para el depósito adecuado de residuos, y revelando un elevado potencial de recuperación de residuos en el instituto. De acuerdo a la experiencia italiana con el sistema *PolApp* la implementación de tecnologías avanzadas como códigos QR y aplicaciones móviles pueden facilitar una mejor gestión de los residuos sólidos urbanos (RSU) y permitir un control más eficiente del nivel de llenado de los contenedores (Rabanales Pérez, 2018).

La recolección y cuantificación de los RSU generados en la institución se llevaron a cabo utilizando la ecuación de peso volumétrico de la norma mexicana NMX-AA-019-1985 (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal, 18 de marzo de 1985), diferenciándose de otros métodos utilizados en países como Sudáfrica. Este método, aunque efectivo, podría mejorarse mediante la adopción de ecuaciones más globales y completas, como la utilizada en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), lo que permitió una gestión más integral de los residuos (Zapata Bravo, Vieira Escobar, Zapata-Domínguez, & Rodríguez-Ramírez, 2021).

A pesar de la identificación y clasificación de los RSU se observó la necesidad de una estrategia más comprensiva y generalizada de recolección de residuos. Esta estrategia

debe no sólo enfocarse en los residuos valorizables, sino en la totalidad de los RSU generados en la institución; lo que permite una visión más completa y un mejor control sobre los desechos; similar a lo implementado en la Universidad de Sudáfrica (Owojori, Edokpayi, Mulaudzi, & Odiyo, 2020; Ugwu, Ozoegwu, & Ozor, 2020).

Se evidenció un interés significativo por parte de los alumnos en el manejo adecuado de los residuos y la educación ambiental; aunque también se mostró un déficit de conocimiento en algunos aspectos relacionados. Este fenómeno es similar al observado en la German Jordan University (GJU), donde, a pesar del interés mostrado por los estudiantes, existía un desconocimiento notable sobre sostenibilidad ambiental (Zhang, Hao, Chen, & Morse, 2020).

En vista de estos resultados se propone la implementación de nuevas estrategias educativas; tales como la realización de conferencias, seminarios y talleres en el instituto; similares a las llevadas a cabo en la German Jordan University (GJU) (Zhang et al., 2020). Estas iniciativas podrían mejorar el conocimiento y la conciencia ambiental entre los estudiantes y la comunidad institucional en general, lo que promueve una gestión más efectiva y consciente de los RSU y contribuye al desarrollo sostenible de la institución y su entorno.

En la información recolectada durante 4 meses se obtuvo el peso volumétrico de los cuatro residuos valorizables tomados como caso de estudio, tereftalato de polietileno (PET) 201.1 kg, cartón 55.2 kg, papel 204.2 kg y latas 3.8 kg. Al comparar estos datos con otros estudios realizados en instituciones educativas se obtuvieron valores comparables y proporcionales; por ejemplo, una investigación donde se recolectaron los pesajes durante ocho días se obtuvieron los siguientes datos: PET 9.4111 kg, cartón 0.3267 kg, papel 8.82857 kg y latas 0.3378 kg (Quintero, Teutli, González, Ruiz, & Jiménez, 2003).

CONCLUSIONES

La investigación realizada subraya la necesidad crítica de formación e información en el ámbito de la gestión y clasificación de residuos sólidos urbanos (RSU) entre los estudiantes del instituto. La encuesta administrada validó la eficacia de la formación inicial, permitiendo a los alumnos identificar la clasificación secundaria de los RSU aplicada en el proyecto. A pesar de este progreso aún persisten áreas que requieren atención y mejora, como se evidenció en la dificultad de los estudiantes de bachillerato para reconocer los colores utilizados en la separación de residuos según la Guía de Códigos de Colores de la SEMARNAT.

La investigación también reveló datos críticos sobre la naturaleza de los residuos generados en el instituto. El papel emergió como el residuo de mayor peso, mientras que el PET predominaba en volumen. Estos hallazgos destacan la urgencia de incorporar prácticas diarias de pesaje de residuos y considerar el uso de una trituradora de PET, lo que permitiría no sólo un manejo eficiente sino también oportunidades de recuperación económica.

A pesar de los avances logrados, este estudio identifica necesidades futuras, como la expansión de la clasificación de RSU a otros materiales valorizables como aluminio, papel y PET. El amplio espacio del instituto ofrece una oportunidad excepcional para establecer un centro de acopio temporal, y la colaboración con otras instituciones podría potenciar

los beneficios económicos y ambientales a través de la comercialización de RSU recuperables.

Finalmente, el proyecto subraya la imperativa necesidad de desarrollar un plan de gestión integral que no sólo abarque residuos valorizables, sino todos los residuos generados en la institución. Este enfoque holístico, respaldado por la formación continua y la colaboración interinstitucional, puede catapultar los esfuerzos del instituto hacia una gestión de residuos sostenible, eficiente y económicamente beneficiosa; lo que contribuiría al bienestar ambiental y educativo de la comunidad institucional y más allá.

REFERENCIAS

- Armijo de Vega, C., Ojeda Benítez, S., & Ramírez Barreto, M. E. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. *Waste Management*, 28, S21-S26. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.022>
- García Hernández, D. N., & Uribe Gutiérrez, J. J. (2021). *Apoyo a la actualización e implementación del programa interno de almacenamiento y presentación de residuos sólidos de la plaza de mercado Guarín en los subprogramas de formación y educación, separación de la fuente recolección interna de residuos y almacenamiento selectivo*. Repositorio Institucional RI-UTS. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/5724>
- Hindiyeh, M., Jaradat, M., Albatayneh, A., Alabdellat, B., Al-Mitwali, Y., & Hammad, B. (2022). Sustainable Green University: Waste Auditing, German Jordanian University as a Case Study. *Frontiers in Built Environment*, 8, 884656. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2022.884656>
- Marcet, X., Marcet, M., & Vergés, F. (2018). Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio. *Papeles del Pacto Industrial*, 4.
- Owojori, O., Edokpayi, J. N., Mulaudzi, R., & Odiyo, J. O. (2020). Characterisation, recovery and recycling potential of solid waste in a university of a developing economy. *Sustainability*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/su12125111>
- Quintero, C., Teutli, M., González, M., Ruiz, A., & Jiménez, G. (2003). *Manejo de residuos sólidos en instituciones educativas*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/PA/EC/PAC-03.pdf
- Rabanales Pérez, I. E. (2018). *Educación ambiental como estrategia de planeación para el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU), en un colegio particular en la ciudad de Chetumal, Quintana Roo* (Tesis de licenciatura). REPOSITORIO INSTITUCIONAL UQROO. <https://risisbi.uqroo.mx/handle/20.500.12249/1944>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal. (18 de marzo de 1985). Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES – MUESTREO - MÉTODO DE CUARTEO. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-015-1985.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología & Departamento del Distrito Federal. (18 de marzo de 1985). Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. PROTECCIÓN AL AMBIENTE – CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES – PESO VOLUMÉTRICO “IN SITU”. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-019-1985.pdf>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (20 de octubre de 2004). NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0
- _____ (10 de enero de 2017). Clasificación, reciclaje y valoración de los RSU [Página gubernamental]. Autor. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/clasificacion-reciclaje-y-valoracion-de-los-rsu>
- Ugwu, C. O., Ozoegwu, C. G., & Ozor, P. A. (2020). Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management. *Heliyon*, 6(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04255>
- Zapata Bravo, Á., Vieira Escobar, V., Zapata-Domínguez, Á., & Rodríguez-Ramírez, A. (2021). The Circular Economy of PET bottles in Colombia. *Cuadernos de Administración (Universidad del Valle)*, 37(70). <https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>
- Zhang, D., Hao, M., Chen, S., & Morse, S. (2020). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus in China. *Sustainability*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/su12083086>



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Usted es libre de Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato

Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material

La licenciente no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia

Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciente.

NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.

CompartirIgual — Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.