

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

¹Baltazar Sánchez-Díaz, ²Rudy Solís-Silvan, ³Azucena del Rosario Fraire-Vázquez

¹Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Comalcalco. Carretera vecinal, Paraiso-Comalcalco Km 2, RA Occidente, 3ra sección, C. P. 86650 Comalcalco, Tabasco, México. Correos electrónicos: 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

Recibido: 26 de octubre del 2023
Aceptado: 14 de mayo del 2024
Publicado: 31 de mayo del 2024
<https://doi.org/10.33064/iycuaa2024924801>
e4801

RESUMEN

La gestión inadecuada de residuos sólidos en centros educativos agrava los problemas ambientales. 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 kilogramos, durante un periodo de tiempo de 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. 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 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 kilograms, 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 et al., 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 (Hindiyeh 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 y Uribe-Gutiérrez, 2021). La ausencia de una cultura de separación y reciclaje agrava aún más la situación, a pesar del reconocimiento de la importancia del reciclaje en el marco de la economía circular (Marcet et al., 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

Sitio de estudio

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).

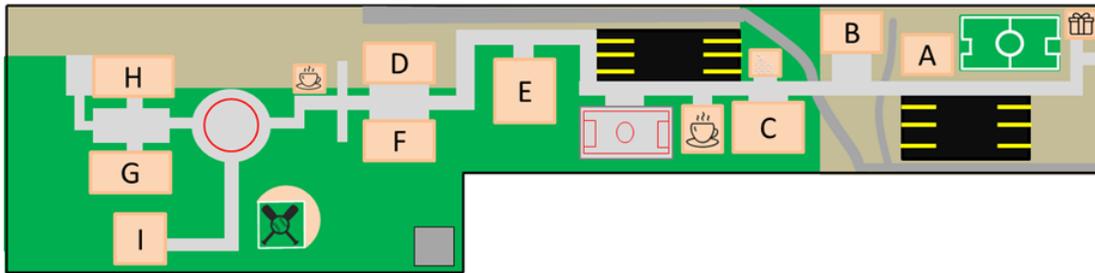


Figura 1. Áreas de la institución

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

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 que puede ser aplicables a nivel nacional. Del mismo modo, se incluyen diseños para identificar las distintas instalaciones implicadas en las diferentes actividades que componen la gestión integral de los residuos (Figura 3).



Figura 3. Marcado de los contenedores de residuos SEMARNAT (Clasificación, reciclaje y valoración de los RSU, 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 residuos generados. Al personal de apoyo y administración se les entregó 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 explicaron la NORMA NMX-AA-015-1985 aplicada para la separación de residuos durante el proyecto. Los residuos se relectaron en los botes por edificio, la institución asignó un área de manera interna para la disposición final de residuos, en donde se llevaron a cabo el 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. Se utilizó una báscula digital marca Sanitary™, 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.

$$\text{Ecuación 1. } P_v = P/V$$

Donde:

P_v es el peso volumétrico del residuo, en kg/m^3

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

V es el volumen del contenedor, en m^3

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

$$\text{Ecuación 2. } V = A_b x h$$

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 m^3

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

$$\text{Ecuación 3. } A_b = \pi r^2$$

Sustituimos por:

$$\text{Ecuación 4. } V = (\pi r^2) * (h)$$

Encuesta

Para concluir con las actividades del proyecto, se llevó a cabo una encuesta después de la recolección para conocer como 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 del 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 mas se genera dentro del ITSC?

¿Qué tipo de residuos depositarias en un contenedor color amarillo?

¿Qué tipo de residuos depositarias en un contenedor color azul rey?

¿Qué tipo de residuos depositarias en un contenedor color azul celeste?

¿Qué tipo de residuos depositarias 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?

Además, de los residuos anteriormente mencionados, ¿Qué otros residuos consideras que debería ser valorizable 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 de la institución. 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.

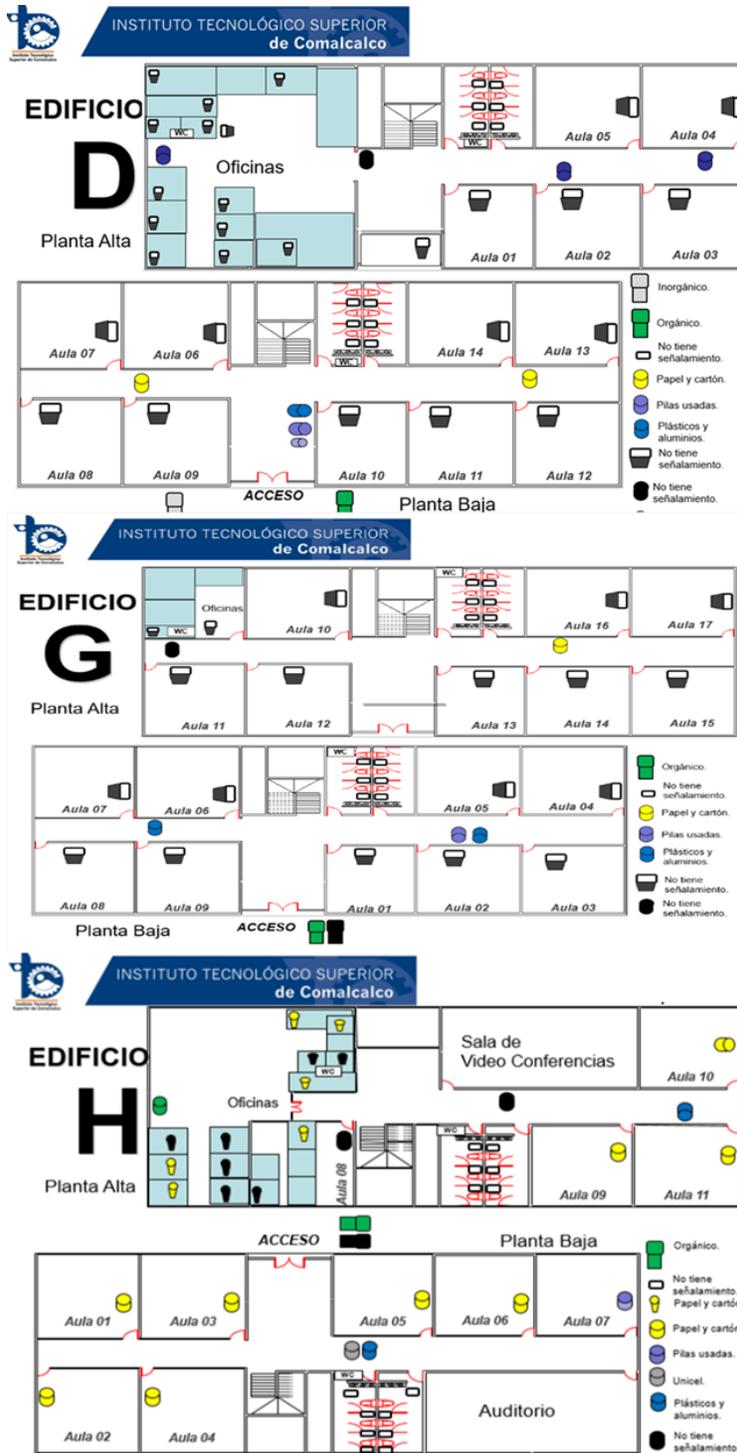


Figura 4. Ubicación de los contenedores de residuos en el interior del edificio D, G y H

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 solo

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

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

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

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 del 95% (Figura 7). Las respuestas más frecuentes fueron PET, cartón, se busca un contenedor específico, papel y falta de espacios en los contenedores.

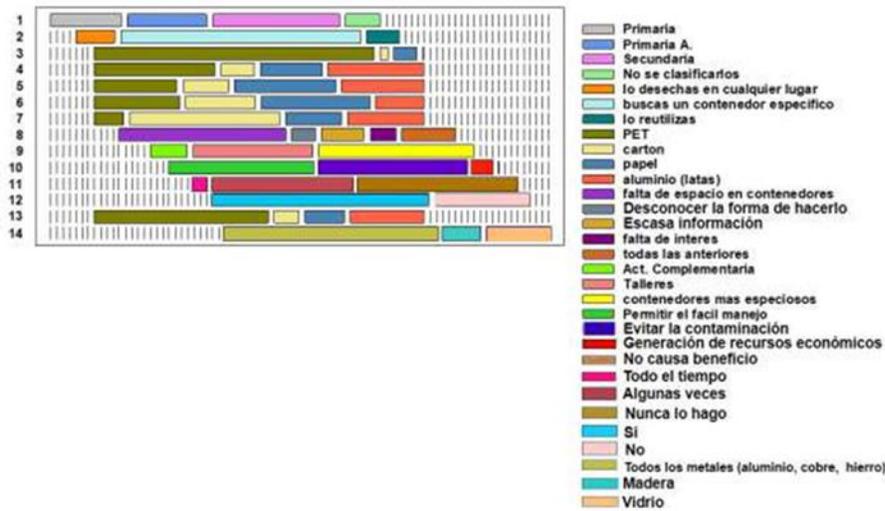


Figura 7. Frecuencias significativas ($p < 0,001$) entre preguntas y respuestas de la encuesta RSU

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, 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), permitiendo así una gestión más integral de los residuos (Zapata et al., 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 solo enfocarse en los residuos valorizables sino también en la totalidad de los RSU generados en la institución, permitiendo una visión más completa y un mejor control sobre los desechos, similar a lo implementado en la Universidad de Sudáfrica (Ugwu et al., 2020; Owojori et al., 2020).

Además, 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 et al., 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, promoviendo así una gestión más efectiva y consciente de los RSU y contribuyendo al desarrollo sostenible de la institución y su entorno.

En esta investigación la información recolectado durante 4 meses, se obtuvo el peso volumetrico 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 et al., 2003).

CONCLUSIÓN

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, permitiendo no solo 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 solo 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, contribuyendo así 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>
- Diario Oficial de la Federación . (20 de Octubre de 2004). NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Recuperado el 10 de enero de 2017, de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/clasificacion-reciclaje-y-valoracion-de-los-rsu>
- 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.

- 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. *Asociación Pacto Industrial de la Región Metropolitana de Barcelona*, (4).
- NMX-AA-015-1985 (1985); Norma Mexicana NMX-AA-015-1985, Norma Mexicana, Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales-Muestreo Método de Cuarteo, México, 1-8.
- NMX-AA-019-1985. Protección al ambiente - contaminación del suelo - residuos sólidos municipales muestreo peso volumétrico "in situ" (1985).
- 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), 5111.
- Quintero, C., Teutli, M., González, M., Ruiz, A., & Jiménez, G. (2003). Manejo de residuos sólidos en instituciones educativas. In Facultad de Ingeniería, Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Recuperado de: HYPERLINK" http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/MORELOS/Extenso/PA/EC/PAC-03.pdf.
- Rabanales-Perez, IE. (2018). Environmental education as a planning strategy for the management of urban solid waste (MSW), in a private school in the city of Chetumal, Quintana Roo.
- 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).
- 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).
- Zhang, D., Hao, M., Chen, S., & Morse, S. (2020). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus in China. *Sustainability*, 12(8), 3086. <https://doi.org/10.3390/su12083086>