



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

**Evaluación del desempeño en la gestión de residuos sólidos urbanos de una
institución de educación superior**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestra en Ingeniería

Presenta:

Jocelyn Tapia Fuentes

Dra. Sara Ojeda Benitez

Directora

Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo

Codirectora

Mexicali, Baja California, enero de 2026

RESUMEN

La generación excesiva e inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos son temas de gran importancia debido a los problemas ambientales asociados, como: contaminación en agua, aire, suelo, proliferación de fauna nociva, sobreexplotación de recursos naturales, generación de gases de efecto invernadero (GEI), entre otros. En este contexto, es necesario desarrollar e implementar planes de gestión de manejo de residuos cuya prioridad sea la disminución de los residuos generados y el aprovechamiento de aquellos que han sido generados a través de procesos como el reciclaje, compostaje, incineración, entre otros; y dejando como última opción la disposición final.

Aunque usualmente este tipo de planes de manejo se asocian a ciudades, hay otros espacios en los que se desarrollan e implementan, como las instituciones de educación superior, cuyas características como superficie, cantidad de población, actividades, y cantidad de residuos generados, requieren manejar adecuadamente sus residuos para disminuir su huella de carbono institucional y los costos relacionados con la gestión inadecuada de residuos.

En este sentido, en la Universidad Autónoma de Baja California se lleva a cabo desde 2018 el Programa Institucional “Cero Residuos”, cuyo objetivo es disminuir la cantidad de residuos generados e incrementar la cantidad de estos que son enviados a algún proceso de valorización. Considerando lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el desempeño de la gestión de residuos sólidos institucionales (RSI) en el campus Mexicali de la UABC.

Como zonas de estudio se consideraron los campus Mexicali I y II y la Facultad de Ciencias Administrativas, cuya gestión de residuos se evaluó a través de la herramienta Waste Wise Cities Tool (WWC) del Programa de las Naciones Unidas, que evalúa la gestión de residuos de las ciudades a través de los ODS 11 y 12. Adicionalmente, se realizó una encuesta de percepción y conocimientos sobre el Programa Institucional “Cero Residuos” a la comunidad estudiantil. Tanto la evaluación con la herramienta WWC como los resultados de la encuesta, permitieron desarrollar diferentes estrategias para la mejora de la gestión de residuos en el campus Mexicali.

La generación total de residuos para el campus Mexicali fue de 1.03 t/d, de las cuales, el 60 % se genera en fuentes domésticas (0,62 t/d) y el 40 % en fuentes no domésticas (0.41 t/d), con un per cápita de 0.057 kg/usuario/d (57 gramos por usuario al día). En el campus se tuvo una tasa de recuperación de 1.8 % (18 kg/d) y una recolección del 100 %, es decir, todos los residuos generados en las instalaciones universitarias se valorizaron o enviaron a disposición final.

Respecto a la composición, se tuvo una mayor presencia de residuos en la categoría “otros” con 35.7 % (en la que se encuentran residuos sanitarios, residuos finos, entre otros), seguido de papel y cartón (12.8 %), y residuos orgánicos de alimentos, poda y jardín (11.8 % para cada categoría). En menor proporción se presentaron residuos de película plástica (1.9 %) y madera (0.4 %).

Finalmente, en la encuesta de percepción y conocimientos fue posible observar que la gran mayoría de los estudiantes desconoce la existencia del Programa Institucional “Cero

Residuos”, cómo realizar la separación adecuada de residuos y cuáles son las etapas siguientes a la generación.

Evaluar la gestión de residuos en el campus Mexicali con un modelo diseñado para una ciudad, permitió identificar grandes áreas de oportunidad, especialmente aquellas que involucran el manejo de una gran cantidad de residuos (equivalente a la generación de una ciudad pequeña). Esta no es la primera investigación en sugerir la evaluación de la gestión de residuos en una universidad desde la perspectiva de una ciudad, sin embargo, si es una de las primeras en usar un modelo diseñado para ciudades, que adaptado a las condiciones de las instalaciones resultó de gran ayuda para la identificación de fortalezas y áreas de oportunidad

ABSTRACT

Excessive generation and inadequate management of municipal solid waste are critical issues due to the associated environmental problems, including water, air, and soil pollution; proliferation of pests; overexploitation of natural resources; and greenhouse gas (GHG) emissions, among others. In this context, it is necessary to develop and implement waste management plans that prioritize reducing the amount of waste generated and utilizing existing waste through processes such as recycling, composting, and incinerating, with final disposal being the last resort.

Although these types of management plans are usually associated with cities, there are other spaces in which they are developed and implemented, such as higher education institutions, whose characteristics, such as surface area, population size, activities, and amount of waste generated, require proper waste management to reduce their institutional carbon footprint and the costs related to inadequate waste management.

In this regard, the Autonomous University of Baja California (UABC) has been implementing the "Zero Waste" Institutional Program since 2018, with the goal of reducing the amount of waste generated and increasing the amount sent for recycling or recovery. Considering this, the objective of this research was to evaluate the performance of institutional solid waste (ISW) management at the UABC's Mexicali campus.

The Mexicali I and II campuses and the Faculty of Administrative Sciences were selected as study areas. Their waste management was evaluated using the United Nations Development Programme's Waste Wise Cities Tool (WWC), which assesses urban waste management in relation to Sustainable Development Goals (SDGs) 11 and 12. Additionally, a survey was conducted among the student community to gauge their perceptions and knowledge of the Institutional "Zero Waste" Program. Both the WWC assessment and the survey results informed the development of various strategies to improve waste management on the Mexicali campus.

The total waste generation for the Mexicali campus was 1.03 t/d, of which 60% was generated from domestic sources (0.62 t/d) and 40% from non-domestic sources (0.41 t/d), with a per capita consumption of 0.057 kg/user/d (57 grams per user per day). The campus had a recovery rate of 1.8% (18 kg/d) and a 100% collection rate, meaning that all waste generated on university premises was either recycled or sent for final disposal.

Regarding composition, the largest category of waste was "other" at 35.7% (which includes sanitary waste, fine waste, and others), followed by paper and cardboard (12.8%), and organic waste from food, pruning, and gardening (11.8% for each category). Plastic film (1.9%) and wood (0.4%) waste were present in smaller proportions.

Finally, the perception and knowledge survey revealed that most students were unaware of the existence of the Institutional "Zero Waste" Program, how to properly separate waste, and what the next steps are after waste generation.

Evaluating waste management on the Mexicali campus using a model designed for a city allowed for the identification of significant areas for improvement, especially those involving the handling of large quantities of waste (equivalent to the generation of a small city). This

is not the first study to suggest evitabilities management at a university from a city perspective; however, it is one of the first to use a model designed for cities, which, when adapted to the specific conditions of the facilities, proved invaluable in identifying strengths and areas for improvement.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) le agradezco por la beca otorgada durante los dos años de mi maestría.

A la Universidad Autonomía de Baja California por brindarme la oportunidad de continuar mi formación académica en sus instalaciones y por permitirme ser parte de la comunidad Cimarrona.

A mis directoras de tesis, la Dra. Sara Ojeda Benitez y la Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo, por ofrecerme la oportunidad de llevar a cabo mi posgrado en la UABC y por brindarme su guía durante estos dos años.

A la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental (CPGA) de la UABC por brindar información clave que permitió el desarrollo de este proyecto desde sus inicios.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por ser mi alma mater, mi hogar y lugar seguro durante y después de mi licenciatura, en especial agradezco al Laboratorio de Tecnologías Sustentables por formarme en el área de residuos y microplásticos y por siempre brindarme su apoyo y consejo.

A la Dra. Alethia Vázquez Morillas por ser la primera persona que creyó en mi potencial y que me brindo mi primer acercamiento con la UABC.

A la Dra. Arely Arealy Cruz Salas y al Dr. Juan Carlos Álvarez Zeferino por confiar en mi desde el primer segundo (incluso en aquellas veces que yo no lo hacía), por apoyarme y darme sus consejos no solo durante mi formación como Ingeniera, sino como Maestra y por siempre estar dispuestos a resolver mis dudas durante el proceso de elaboración de esta tesis, sin su apoyo no hubiera sido posible terminar esta gran tarea.

A la Mtra. Carolina Salvador Martínez por apoyarme todas aquellas veces que tuve dudas con la herramienta Waste Wise Cities y por sus consejos. De verdad que su ayuda ha sido clave para la elaboración de esta tesis, sin ella no hubiera sido posible.

A Karen Cerón Hernández, mi gran amiga, por siempre estar ahí para brindar soporte emocional y motivarme durante todo el posgrado, quiero que sepas que sin tu apoyo nada de esto hubiera sido posible, gracias por ser mi red de apoyo.

A Taylor Swift, Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jeong Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung y Jeon Jungkook por ser la banda sonora que me acompañó durante la redacción de la tesis, su música me motivó siempre a mejorar mi trabajo.

DEDICATORIA

A Rosario Fuentes, mi mamá, quien siempre apoya y alienta mis sueños, incluso aquellos que parecen imposibles.

A Guadalupe Rojas, mi abuelita, por cuidarme siempre.

A Alejandra Tapia, mi pequeña bísquet, quiero que crezcas pensando que puedes lograr todo aquello con lo que sueñes.

A Jocelyn de 27 años, "You're On Your Own, Kid"

A Karen Cerón Hernández, por ser mi gran amiga y apoyo.

A BTS, "Celebro su vida porque ustedes salvaron la mía"

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	2
ABSTRACT	4
AGRADECIMIENTOS.....	6
DEDICATORIA	7
TABLA DE CONTENIDO.....	8
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS.....	12
ACRÓNIMOS.....	13
1. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 ANTECEDENTES	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN	23
1.4 OBJETIVOS	24
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.5 HIPÓTESIS	24
2. MARCO TEÓRICO	26
2.1 RESIDUOS	26
2.1.1 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN	26
2.1.2 GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN	27
2.1.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ASOCIADA A LOS RESIDUOS	29
2.2 GESTIÓN Y MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS	30
2.2.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL	32
2.2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL MUNICIPIO DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA	33
2.2.3 GESTIÓN DE RSU EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR.....	35
2.3 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO EN LA GESTIÓN DE RSU.....	38
2.3.1 WASTE WISE CITIES.....	39
3. METODOLOGÍA.....	40
3.2.1 CONFIGURACIÓN DE LA HERRAMIENTA WWC	45
3.2.2. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS	50
3.2.3 EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL.....	56

3.3 ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS	62
3.3.1 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA	62
3.3.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	63
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
4.1. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL CAMPUS MEXICALI.....	64
4.1.1. GENERACIÓN DE RESIDUOS	64
4.1.2. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS.....	69
4.1.3. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS	72
4.1.4 COMPARACIÓN GENERAL DE LOS ESCENARIOS EVALUADOS	75
4.1.6 SOBRE LA APLICABILIDAD DE LA HERRAMIENTA.....	77
4.2 CONOCIMIENTOS Y PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL.....	78
4.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	88
4.3.1 EJE 1. PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN EN LA FUENTE	89
4.3.2 EJE 2: FORTALECIMIENTO DE LA SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	92
4.3.3 EJE 3. RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL	96
4.3.4 EJE 4. VALORIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL.....	99
4.3.5 EJE 5. GOBERNANZA Y SEGUIMIENTO	103
5. CONCLUSIONES	107
6. RECOMENDACIONES	109
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
8. ANEXOS.....	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama de flujo de proceso del programa Cero Residuos.	37
Figura 3.1 Diagrama de flujo de la investigación.	40
Figura 3.2 Diagrama de la fase “identificación del escenario actual”	41
Figura 3.3 Campus Mexicali I y II	41
Figura 3.4 Configuración de las áreas de estudio	44
Figura 3.5 Balance de materia empleado para la evaluación de la gestión de residuos en el campus Mexicali.	45
Figura 3.6 Secciones de la herramienta WWC	45
Figura 3.7 Configuración de las áreas de estudio	49
Figura 3.8 Configuración de la generación de residuos por área de estudio	51
Figura 3.9. Configuración de la composición de residuos en las áreas de estudio	53
Figura 3.10. Configuración de los datos de las fuentes "no domésticas"	53
Figura 3.11 Configuración de las instalaciones de disposición final	57
Figura 3.12 Configuración de las instalaciones de recuperación	59
Figura 3.13 Información de residuos recuperados del campus Mexicali	61
Figura 3.14. Diagrama de flujo de la etapa “Elaboración de estrategias”	62
Figura 3.15. Vista previa del cuestionario de evaluación y percepción de conocimientos	63
Figura 4.1. Diagrama de flujo de la herramienta WWC para el escenario 1	65
Figura 4.2. Diagrama de flujo de la herramienta WWC para el escenario 2	65
Figura 4.3. Proporción de los residuos domésticos y no domésticos para el escenario 3	66
Figura 4.4. Composición de residuos para el campus Mexicali en ambos escenarios	70
Figura 4.5 Representación de la adscripción de los encuestados	79
Figura 4.6. Uso de los contenedores	80
Figura 4.7. Razones para no utilizar los contenedores	81
Figura 4.8. Residuos que se separan a través del Programa Institucional “Cero Residuos”	82
Figura 4.9. Conocimiento de las fases siguientes a la separación de residuos	83
Figura 4.10. Difusión de la separación de residuos	84
Figura 4.11. Zonas de mayor generación de residuos en el campus	85
Figura 4.12. Eficiencia del programa de gestión de residuos	86
Figura 4.13. Nivel de información disponible	87
Figura 4.14. Infraestructura para separación de botellas de plástico en el campus Otay (Tijuana).	93
Figura 4.15. Centro de acopio de residuos del campus Tijuana.	99
Figura 4.16. Compostero en la UAM – Azc.	101
Figura 8.1. Vista previa del cuestionario de evaluación de percepción y conocimientos	123
Figura 8.2. Conocimiento del Programa Institucional “Cero Residuos”	124
Figura 8.3. Información brindada del Programa Institucional “Cero Residuos”	124
Figura 8.4. Motivos por lo que no se utilizan los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos”	125

Figura 8.5. Claridad en las indicaciones de los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos”	125
Figura 8.6. Contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” que se utilizan con mayor frecuencia.....	126
Figura 8.7. Residuos que se separan a través del Programa Institucional “Cero Residuos”	126
Figura 8.8. Conocimiento de las fases siguientes a la separación de residuos.....	128
Figura 8.9. Difusión de la separación de residuos	128
Figura 8.10. Zona en la que se percibe una mayor generación de residuos en la universidad	129

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Universidades con plan de gestión de RSU en funcionamiento	16
Tabla 1.2 Evaluación de PGIRS en diferentes Instituciones de Educación Superior	20
Tabla 2.1 Procesos de valorización de residuos	31
Tabla 2.2 Procesos de valorización de los residuos con mayor recuperación en Mexicali.....	35
Tabla 3.1 Clasificación de subproductos	42
Tabla 3.2 Clasificación de subproductos de acuerdo con la NMX-AA-022-1985	43
Tabla 3.3 Equivalencia del Nivel Socioeconómico	47
Tabla 3.4 Equivalencias de RSI no domésticos	48
Tabla 3.5 Ajustes en la composición de residuos	52
Tabla 3.6. Zonas de generación de residuos ajustados para la categoría “oficinas” para cada área de estudio	55
Tabla 3.7. Zonas de generación de residuos ajustados para la categoría “espacios públicos” para cada área de estudio.....	56
Tabla 4.1 Generación de residuos en instituciones de educación superior	67
Tabla 4.2. Variables modificadas y no modificadas en los dos escenarios evaluados	75
Tabla 4.3. Comparación de los distintos escenarios.....	76
Tabla 4.4. Estrategias para la gestión de RSI en el campus Mexicali.....	88

ACRÓNIMOS

CPGA: Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental

FRA: Fragmentos

GEI: Gases de Efecto Invernadero

IES: Institución de Educación Superior

KG: Kilogramos

LPGIR: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PE: Polietileno

PEAD: Polietileno de alta densidad

PEBD: Polietileno de baja densidad

PET: Polietileno de tereftalato

PGIR: Programa de Gestión Integral de Residuos

PP: Polipropileno

PS: Poliestireno

PU: Poliuretano

PVC: Policloruro de vinilo

RME: Residuos de Manejo Especial

RP: Residuos Peligrosos

RPBI: Residuos Peligroso Biológico-Infecciosos

RSI: Residuos Sólidos Institucionales

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SDF: Sitio de Disposición Final

SGA: Sistema de Gestión Ambiental

TON: Toneladas

WWC: Waste Wise Cities tool

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de residuos sólidos urbanos constituye uno de los principales retos ambientales y sociales de la actualidad. En México, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) establece las bases para definir, clasificar y orientar el destino de los materiales que han cumplido su ciclo de vida, ya sea mediante su disposición final o a través de procesos de valorización. Sin embargo, la efectividad de estas disposiciones depende de la capacidad de las instituciones y organizaciones para implementar estrategias que reduzcan la generación de residuos y promuevan su aprovechamiento dentro de un enfoque de economía circular.

De acuerdo con la LGPGIR, los residuos se definen como *“aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma ley”* (LGPGIR, 2003), lo que significa que todos aquellos materiales que hayan cumplido con el propósito para el que fueron creados pueden tener alguno de dos destinos al final de su vida útil: la disposición final y/o la valorización.

La disposición final se refiere a que los residuos son desechados por completo sin oportunidad de reintegrarse a una cadena de aprovechamiento de materiales, por lo que van directamente a diferentes sitios como: rellenos sanitarios, vertederos, tiraderos a cielo abierto, y en el peor de los casos, terminan depositados en el ambiente, contribuyendo así a la contaminación de ecosistemas marinos y/o terrestres. Los residuos que se disponen de esta manera se conocen bajo el concepto de basura (SEDEMA, n.d.; Vargas Restrepo et al., 2021).

Por otra parte, la valorización se refiere a todos aquellos procesos y operaciones por los que se pueden aprovechar y reintegrar a la cadena de valor a los residuos, dentro de estos procesos se incluye la valorización energética y el reciclaje. En el primer caso, los residuos de los que no se puede obtener algún beneficio a través de la reutilización o el reciclaje se transforman en energía (biogás o biometano) a través de un proceso de incineración. Por otro lado, en la valorización centrada en el reciclaje, los residuos pueden transformarse en materias primas que puedan utilizarse en diferentes procesos de producción en concordancia con lo que se establece en la economía circular (Carlucci, n.d.; Zevallos Gonzales, 2021).

Para que la disposición final y la valorización de los residuos se lleven a cabo de manera adecuada se requiere de planes de gestión de residuos que promuevan estrategias y metas para el manejo óptimo de los residuos de acuerdo con su clasificación y origen. Estos programas se deben diseñar e implementar bajo el enfoque de la economía circular, la mitigación al cambio climático, protección al ambiente e inclusión social (Miranda, 2018; SEDEMA, n.d.).

Aunque la generación de residuos se da principalmente en los hogares, hay otros espacios en los que los residuos se generan en grandes cantidades como las industrias, espacios administrativos, espacios públicos, centros educativos, entre otros. Éstos últimos presentan una variación significativa de residuos, ya que no solo se generan papel, cartón, plástico

y/o restos de alimentos, sino que también se presenta la generación de residuos electrónicos y en algunos casos residuos peligrosos, provenientes de actividades académicas y de investigación en laboratorios (Gebreeyessus et al., 2019).

El volumen y tipo de residuos generados presentará variaciones en los diferentes centros educativos, ya que no son las mismas actividades ni la misma cantidad de población en los diferentes niveles educativos. Como ejemplo, en las instituciones de educación superior (IES) debido a la gran cantidad de población universitaria (incluye estudiantes, académicos, administrativos y personal de mantenimiento y servicios), superficie y de actividades que allí se desarrollan la gestión de residuos suele ser un gran reto (Hartanti et al., 2020).

En este escenario, las instituciones de educación superior (IES) ocupan un lugar estratégico. Estas concentran una población diversa y numerosa que desarrolla actividades académicas, administrativas, culturales y de investigación. Dicha diversidad genera una amplia gama de residuos: desde papel, cartón, plásticos y restos orgánicos, hasta electrónicos y peligrosos derivados de laboratorios y proyectos científicos. Esta heterogeneidad convierte a las IES en espacios complejos donde la gestión de residuos no solo responde a una necesidad operativa, sino también a un compromiso institucional con la sustentabilidad, la mitigación del cambio climático y la protección del ambiente.

Además, las universidades tienen una doble responsabilidad: por un lado, deben garantizar un manejo adecuado de los residuos que se generan en sus instalaciones; por otro, tienen la misión de formar profesionales y ciudadanos conscientes de la problemática ambiental, capaces de replicar y promover prácticas sustentables en otros ámbitos de la sociedad. En este sentido, las IES no solo son generadoras de residuos, sino también laboratorios vivos de innovación y educación ambiental, donde las políticas de gestión pueden convertirse en modelos replicables para otros sectores.

La presente investigación, en esta tesis se centra en la evaluación del desempeño en la gestión de residuos sólidos urbanos en una IES, con el propósito de identificar fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora en los programas implementados

1.1 ANTECEDENTES

Los programas de manejo y gestión de residuos se desarrollan e implementan en diferentes contextos más allá de la gestión de residuos municipal; pueden aplicarse a industrias, instituciones educativas, dependencias gubernamentales, entre otras, que requieran gestionar adecuadamente los RSU que generan (SEMARNAT, 2019; UN Habitat, 2021a). En este contexto, las instituciones de educación superior debido a sus características de infraestructura, superficie, población (comunidad universitaria), actividades y servicios, generan RSU que necesitan un programa de gestión individualizado que les permita mejorar la manera en la que recuperan y disponen sus residuos.

A nivel nacional e internacional existen diversas universidades de las que se conoce que tienen una coordinación o secretaria de gestión ambiental que se encuentra implementando un plan de gestión de residuos con diferentes resultados (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Universidades con plan de gestión de RSU en funcionamiento

Universidad	Coordinación o secretaría de gestión ambiental	Nombre del Plan de gestión de RSU	Resultados significativos	Referencia
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)	Secretaría de Sustentabilidad	Programa Institucional para el manejo y gestión de residuos	De 2013 a 2021 se recolectaron 1,242.61 toneladas (ton) de residuos reciclables (aluminio, plástico, papel y cartón), lo que representó 17,704 árboles no talados, 4,402 toneladas de CO ₂ no emitidas a la atmósfera y 3,592 m ³ de relleno sanitario no utilizado.	(Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Secretaría de sustentabilidad, 2023)
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	Departamento de Inclusión, Impacto Social y Sostenibilidad	Ruta Azul, Plan de sostenibilidad y cambio climático 2025, Eje 2. Mitigación	Se creó el comité nacional de gestión de residuos y el comité nacional de gestión de residuos biológico-infecciosos.	(Tecnológico de Monterrey (ITESM), 2023)
Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-Azc)	Oficina de Gestión Ambiental de la UAM-A	Separación Por un Mejor Uambiente	Materiales recolectados hasta 2018: 8.5 ton de PET, 13.5 ton de envases multicapas, 0.3 ton de aluminio, 11.6 ton de vidrio, 50 ton de papel y 28 ton de cartón.	(alephUAM_A, 2018)
Universidad Autónoma de Guadalajara (UDG)	Coordinación de sostenibilidad	Campaña "Reciclemos juntos"	En la campaña de 2022 se recolectaron: 3,310 kg de cartón, 23,210 kg de papel y 2,485 kg de PET.	(Universidad Autónoma de Guadalajara (UDG), 2023)
Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC)	Coordinación de Agenda Ambiental Universitaria	ND	Se han instalado contenedores permanentes para la separación de residuos (papel, plástico, vidrio, aluminio y electrónicos) ubicados en los Campus de la Unidad Saltillo.	(Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC), 2023)
Benemérita Universidad de Puebla (BUAP)	Coordinación General de Desarrollo Sustentable	ND	En 2020 se separaron 431 ton de residuos con potencial reciclable	(Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), 2021)
Universidad Autónoma de Baja California (UABC)	Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental	Programa institucional Cero Residuos	En 2021 se reportó la segregación de 354 toneladas de residuos en los tres campus de los cuáles se reciclaron: 15,739 kg de papel, 4,448 kg de cartón, 611 kg de PET, 28 kg de vidrio y 142 kg de aluminio.	(Valdez Delgadillo, 2021)

Universidad	Coordinación o secretaría de gestión ambiental	Nombre del Plan de gestión de RSU	Resultados significativos	Referencia
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad (COUS)	CRIM: Programa Manejo Integral de Residuos Sólidos Universitarios con enfoque BASURA CERO (MIRSU BO)	Se han implementado mejoras en el sistema de gestión de RSU generados en la institución a través de la incorporación de los residuos en cadenas de separación, reúso y reciclaje en el estado de Morelos.	(Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2019)
Universidad Veracruzana (UV)	Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad	Gestión integrada de agua, energía y residuos	Se han instalado 49 contenedores para separación de residuos y 4 recicladores en los que se acopiaron 68,430.29 kg de residuos eléctricos y electrónicos, pilas y aceite usado.	(Universidad Veracruzana (UV), 2023)
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido	ND	Plan de Manejo para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos del Campus Puerto Escondido de la UMAR (PMPGIRSU-UMAR-PE)	Se envían los residuos orgánicos generados en la cafetería, campo experimental y jardín botánico a compostaje y se tiene un mayor control de los RPBI generados en el campus.	(García Alavez & Valencia Rojas, 2013)
Instituto Tecnológico de Toluca (ITTOL)	ND	Programa Ambiental Institucional (PAI)	Se reporta un aprovechamiento del 90 % de los residuos inorgánicos para reúso interno y reciclado.	(Hernández-Berriel et al., 2023)
Universidad Politécnica de Valencia (España)	Área de Medio Ambiente	Sistema de Gestión Ambiental acorde con el Reglamento Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS)	Ha sido reconocida como la mejor universidad de España en gestión de residuos y la 35ª a nivel mundial, de acuerdo con GreenMetric.	(García, 2018)

Universidad	Coordinación o secretaría de gestión ambiental	Nombre del Plan de gestión de RSU	Resultados significativos	Referencia
Universidad de Murcia (UM), (España)	Programa de Gestión Ambiental de Campus Sostenible y Saludable	ND	Se cuenta con contenedores para la separación de papel, cartón, envases ligeros, vidrio, residuos orgánicos y residuos especiales como tóner, teléfonos celulares, cápsulas de café, entre otros.	(Universidad de Murcia (UM), 2023)
Universidad de Burgos (UBu), (España)	Vicerrectorado del Campus y Sostenibilidad	Gestión de Residuos	Se implementaron contenedores para separar papel, cartón, plástico, tóner y pilas y se desarrollaron protocolos de gestión integral de diferentes tipos de residuos (incluidos los RP).	(Universidad de Burgos (UBu), 2023)
Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo (UNPRG), (Perú)	Dirección de Mantenimiento	Plan de Manejo de Residuos Sólidos para la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo	Desarrollo e implementación del plan de manejo de residuos.	(Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo (UNPRG), 2013)
Universidad Sergio Arboleda (USA), (Colombia)	ND	Plan de Gestión Integral de Residuos	Desde su implementación en 2010 el plan se actualiza cada año a través de auditorías internas. Hasta el momento se ha logrado el compostaje de residuos orgánicos provenientes en las cafeterías a través de la Fundación Nexxus.	(Universidad Sergio Arboleda (USA), 2023)
Universidad de Alicante (UA), (España)	Oficina Ecocampus	Gestión de Residuos	Se ha implementado un Sistema de Devolución y Recompensa (SDR) a través de la webapp RECICLOS en el que se obtienen recompensas que se pueden canjear por incentivos sostenibles cada que se depositan latas y botellas de PET en los contenedores.	(Universidad de Alicante (UA), 2023)

Fuente: Elaboración propia. ND: No Disponible

En su mayoría, los programas y planes de manejo de residuos descritos anteriormente han llevado a cabo la implementación de diversas estaciones de separación (conocidas en ciertas instituciones como “puntos verdes”) y/o contenedores especiales para la separación de diferentes tipos de residuos. En ciertas instituciones se realiza además la separación de RME como los eléctricos y electrónicos, y residuos peligrosos como baterías alcalinas, aceite usado, medicamentos caducos, entre otros. En todos los casos la cantidad y tipos de residuos que se recuperan en las instalaciones universitarias están directamente relacionados con la cantidad y tipos de alianzas, convenios y/o contratos con prestadores de servicios externos con los que las universidades cuentan para valorizar y aprovechar dichos materiales.

Adicional a la instalación de la infraestructura para la separación y almacenamiento de los residuos generados en los espacios universitarios, las IES han desarrollado otras actividades como la elaboración de diferentes guías de manejo de RSU y RP (García Alavez & Valencia Rojas, 2013; García, 2018; Universidad de Burgos, 2023; Universidad Veracruzana (UV), 2023) en temas referentes a la cultura de basura cero y el cuidado del ambiente. Estas capacitaciones se han extendido a estudiantes de educación básica y media e incluso a la población en general interesada en el cuidado del ambiente (Universidad Veracruzana (UV), 2023).

A través de los programas de manejo de residuos, las universidades también han logrado construir grandes alianzas con asociaciones, empresas privadas y oficinas gubernamentales que les han permitido desarrollar y llevar a cabo diferentes proyectos como la gestión de lixiviados provenientes de composta (Universidad Veracruzana (UV), 2023), gestión de residuos hospitalarios y lámparas fluorescentes (Universidad Sergio Arboleda, 2023) y convenios con fundaciones que a través de la venta de residuos obtienen recursos con el que pueden financiar el cuidado y tratamiento de diversos padecimientos de niños y adultos (Universidad de Alicante, 2023; Universidad Sergio Arboleda, 2023).

La implementación de estos planes de manejo y gestión de residuos resulta bastante conveniente y útil para las instituciones que los implementan, ya que les permiten: alcanzar sus objetivos en temas relacionados con la sustentabilidad, disminuir los costos derivados de enviar los RSU que generan a disposición final, obtener beneficios (en especie o monetarios) de los residuos que son enviados a valorización, entre otros. En el caso de las instituciones de educación superior, manejar y gestionar adecuadamente sus residuos les brinda otros beneficios como: su posicionamiento en diferentes listados de sustentabilidad nacionales e internacionales, su cumplimiento con políticas establecidas por dicha institución, reconocimiento y el establecimiento de alianzas con externos. Sin embargo, el desarrollar e implementar estos programas no es suficiente para lograr resultados exitosos; para verificar que estén funcionando de la manera en la que se proyectó inicialmente, así como las áreas de oportunidad y fortalezas, se deben llevar a cabo evaluaciones periódicas con el objetivo de implementar mejoras en ellos (UNAM, 2019; Vargas Restrepo et al., 2021).

Respecto a la evaluación del desempeño de planes de gestión de residuos, se pueden utilizar diferentes procesos y herramientas enfocadas en cuantificar el total de residuos generados, recolectados, valorizados y dispuestos en sitios de disposición final que permitan evaluar el funcionamiento de dichos planes. A continuación, en la Tabla 1.2, se muestran diferentes programas de evaluación de planes de manejo de residuos implementados en IES.

Tabla 1.2 Evaluación de PGIRS en diferentes Instituciones de Educación Superior

Universidad	Metodología de evaluación	Resultados significativos	Referencia
Universidad Católica de Oriente (Colombia)	Fase 1. Registro documental Fase 2. Rastreo de los datos obtenidos Fase 3. Matriz categorial	La gestión adecuada del sistema evita que la generación de residuos sobrepase las metas estipuladas, sin embargo, las capacitaciones solo están dirigidas al personal de mantenimiento, no a la comunidad estudiantil.	(Vargas Restrepo et al., 2021)
Universidad Católica de Santa María (UCSM) (Colombia)	Se realizaron estudios de generación de RSU (durante 8 días) de acuerdo con la normativa establecida por el Ministerio del Ambiente, tomando como unidad de muestreo las aulas, laboratorios, oficinas administrativas y el comedor de la universidad	Se reportó una generación total de 73.78 kg/día. Composición: materia orgánica 17.28 %, papel 12.13 %, plásticos 9.66 %, cartón 8.17 %, vidrio 6.82 %, bolsas 8.82 %, Tetrapak 8.26 %, Tecnopor 7.74 %, metal 6.01 %, telas y textiles 0.28 %, maderas y follajes 0.21 %.	(Zevallos Gonzales, 2021)
Universidad Libre Seccional Pereira (Colombia)	Realización de encuestas al personal de servicios generales contratados para el manejo de residuos sólidos	Se encontró un alto desconocimiento de lo que es un programa de gestión integral de residuos sólidos en la comunidad universitaria, sin embargo, se realiza una clasificación adecuada de los residuos.	(Burriticá Herrera & Ceballos Toro, 2018)
Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco (México)	Se realizó una evaluación que tomo en cuenta parámetros como: entrevistas entre personal relacionado con el manejo de residuos en la institución y un evaluador externo, visitas a los centros de acopio, documentación del programa de gestión de residuos y la experiencia mostrada en el manejo de la información	La Institución obtuvo la calificación más alta en los siguientes parámetros: generación, planeación, organización, infraestructura, tipología, seguimiento y capacitación. La puntuación más baja la obtuvo en los parámetros de transparencia y rendición de cuentas	(Ruiz-Hernández et al., 2018)
Universidad Autónoma de México – FES Iztacala (México)		La institución obtuvo la menor calificación para los parámetros: planeación, organización, infraestructura y tipología	
Universidad Católica de Manizales (Colombia)	Se realizó una revisión documental detallada del PGIRS de la Universidad, un estudio de generación de RSU, identificación visual de las estaciones de separación y una revisión del SGA para comparar el avance que se ha tenido desde el momento que se estableció el PGIRS	Se reportó una generación mensual de residuos de 1,116.51 kg/mes y un aprovechamiento del 51 % de residuos reciclables (papel y cartón y plástico).	(Aguirre Patiño & Rodríguez Grisales, 2019)
Universidad de Nigeria, Campus Nsukka	ASTM (Standard Test Method) D5231-92	Se reportó una generación promedio diaria de 2,218.66 kg, de los cuales la mayor proporción	(Ugwu et al., 2020)

Universidad	Metodología de evaluación	Resultados significativos	Referencia
		corresponde a los orgánicos (32.36 %) y el polietileno (34.29 %). Aproximadamente el 96.58 % del total de los residuos es reciclable y con un 51.85 % de potencial de biomasa.	
Universidad Chulalongkom, Tailandia	Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en tres diferentes escenarios: Escenario pasado (antes del Proyecto Cero de Chula en 2016), Escenario actual (funcionamiento del Proyecto Chula entre 2017 y 2021) y Escenario futuro (después de 2021 con el nuevo programa Chula Residuo Cero)	El plan de RSU más sostenible para los residuos provenientes de los comedores del Campus es reducirlos, separarlos en origen y reutilizar los materiales en lugar de enviarlos a sitios de disposición final (SDF).	(Sukma et al., 2022)
Wardaw University of Life Sciences – WULS (taPolonia)	Recopilación de datos de la generación de residuos entre 2019 a 2022 (no se incluyeron residuos de poda), evaluación de los indicadores de la economía circular y análisis estadístico	Se determinó una mayor generación de residuos pertenecientes a la categoría “mixtos” y se propusieron diversas estrategias como la implementación de un nuevo control de disposición de residuos que permita disminuir la cantidad de residuos que se generan e incrementar la cantidad que es valorizada.	(Jakimiuk et al., 2023)

Fuente: Elaboración propia

Las evaluaciones de los PGIRS también determinan que tan estratégicamente están instaladas las estaciones de separación de residuos a lo largo de las instalaciones universitarias y si tienen indicaciones claras y precisas sobre qué tipo de residuos pueden o no depositarse en cada contenedor (Vargas Restrepo et al., 2021). En algunos casos las evaluaciones se acompañan de recomendaciones para reducir la cantidad de residuos generados en la fuente, incrementar la cantidad enviada a valorización y para dar el tratamiento más adecuado de acuerdo con sus características y las limitaciones de la institución (Jakimiuk et al., 2023; Sukma et al., 2022; Ugwu et al., 2020).

Para la evaluación de PGIR, también se pueden utilizar herramientas computacionales diseñadas por alguna autoridad u organización. Un ejemplo de ellas es la herramienta “Waste Wise Cities Tool” desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que evalúa la gestión de residuos en una ciudad a través de los indicadores 11 y 12 de los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS). Desde su creación en 2018, varias ciudades alrededor del mundo han evaluado sus programas de gestión de residuos a través de esta herramienta, lo que les ha permitido mejorar sus sistemas de gestión y generar estrategias de optimización (UN Habitat, 2021a).

En México, algunos municipios se han registrado en este programa para evaluar su programa de gestión de residuos municipal, entre los que se encuentran Nicolás de Los Garza (Nuevo León), Veracruz (Veracruz), Hermosillo (Sonora), Tultitlán (Estado de México) y Cuernavaca (Morelos); sin embargo, se desconocen los resultados obtenidos de sus evaluaciones y las propuestas de mejora implementadas (UN-HABITAT (Unit Nations), 2023).

Otro ejemplo de la aplicación de la herramienta Waste Wise Cities en México fue en el Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica (INFCP). La herramienta se utilizó para evaluar los flujos de residuos en las 32 entidades federativas considerándolas como ciudades. Se obtuvieron resultados como una generación per cápita de residuos plásticos de 59 kg/habitante/año, un porcentaje de 58 % del total de los residuos que no son recolectados o son enviados a SDF con bajo control en sus operaciones, y una fuga del 15 % de residuos plásticos hacia los ecosistemas marinos (Vázquez-Morillas et al., 2022). Aunque no se tiene el registro de la evaluación de una institución de educación superior mediante la herramienta Waste Wise Cities Tool, ésta se podría implementar considerando a una universidad como una ciudad pequeña.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación y disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos (RSU) constituye un desafío ambiental de gran relevancia, pues ocasiona impactos negativos como la contaminación del aire y del agua, la proliferación de fauna nociva, la sobreexplotación de recursos naturales y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). Ante esta problemática, resulta indispensable diseñar e implementar planes de gestión que reduzcan la cantidad de RSU generados, promuevan su aprovechamiento mediante procesos de valorización, como el reciclaje, compostaje o incineración y aseguren que únicamente aquellos residuos sin potencial de recuperación sean enviados a disposición final.

En este contexto, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) puso en marcha en 2017 el programa institucional “Cero Residuos”, cuyo objetivo inicial fue valorizar el 90 % de los residuos sólidos institucionales (RSI) generados y destinar únicamente el 10 % a

disposición final. No obstante, actualmente no se cuenta con información suficiente y actualizada que permita evaluar el grado de cumplimiento de dicho objetivo.

La ausencia de datos confiables sobre indicadores clave, como la generación de RSI per cápita por miembro de la comunidad universitaria, la cantidad total de residuos generados y su clasificación por fracciones, los volúmenes enviados a disposición final y los destinados a instalaciones de recuperación, limita la posibilidad de medir el desempeño real del programa. La falta de datos no solo dificulta conocer el desempeño actual del programa, sino que también impide diseñar e implementar estrategias que lo mejoren, así como tomar decisiones económicas respecto a la infraestructura que puede construir para facilitar el manejo de los residuos.

Considerando las características de superficie, infraestructura y población (comunidad universitaria) de la UABC, se necesita evaluar a la institución bajo un enfoque de ciudad sostenible que considere los ODS y que permita ver los desafíos y áreas de oportunidad en su plan de manejo de residuos sólidos.

La gestión inadecuada de RSI en la UABC no solo tendría repercusiones ambientales, sino también en el ámbito académico y social, debido a que como institución de educación superior su papel es el de fomentar entre la comunidad universitaria la educación ambiental, el seguimiento y cumplimiento de los ODS y el concepto de sustentabilidad aplicado a diferentes contextos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La gestión adecuada de los RSI constituye un elemento fundamental para garantizar la sustentabilidad en las IES, por lo que la UABC no puede ser la excepción, por ello, en 2017 estableció el programa institucional “Cero Residuos”

Sin embargo, a más de seis años de su puesta en marcha, no se cuenta con un diagnóstico actualizado o evaluación que permita conocer el grado de avance del programa ni los resultados alcanzados en relación con sus objetivos iniciales. Por lo que se necesita una evaluación con datos actuales que permita detectar los desafíos y áreas de oportunidad de este programa.

Los resultados que se obtengan de la evaluación permitirán:

1. Diseñar estrategias de mejora que optimicen la separación, valorización y disposición final de los residuos.
2. Tomar decisiones informadas sobre la infraestructura requerida para fortalecer el manejo de residuos.
3. Definir alianzas estratégicas con prestadores de servicios externos que garanticen la valorización de materiales.
4. Implementar programas de capacitación dirigidos a la comunidad universitaria, fomentando la educación ambiental y el consumo responsable.
5. Establecer mecanismos de comunicación que aseguren la difusión efectiva de información y la participación activa de la comunidad.

Además, los resultados derivados de esta evaluación no solo beneficiarán al campus Mexicali, sino que podrán replicarse y adaptarse en otros campus de la UABC,

contribuyendo a la consolidación de un modelo institucional de gestión de residuos sólidos alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con los principios de la economía circular.

En este sentido, esta investigación es necesaria porque proporcionará herramientas que permitan fortalecer el programa “Cero Residuos”, consolidar la responsabilidad institucional frente al cambio climático y promover una cultura de sustentabilidad dentro y fuera de la universidad.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el desempeño de la gestión de residuos sólidos institucionales (RSI) en la Universidad Autónoma de Baja California Campus Mexicali.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual del funcionamiento de la gestión de RSI en el Campus Mexicali
- Evaluar la situación actual del funcionamiento del programa Cero Residuos en el Campus Mexicali a través de la herramienta Waste Wise Cities
- Determinar las áreas de oportunidad y desafíos a los que el programa “Cero residuos” se enfrenta actualmente
- Proponer estrategias que mejoren y optimicen la gestión de RSI en la UABC Campus Mexicali

1.5 HIPÓTESIS

- La incorporación de un sistema de evaluación permanente y periódico a un programa Institucional de gestión de residuos influirá en el aumento de la cantidad de residuos valorizados
- Cuanto mayor sea el conocimiento de la comunidad universitaria sobre el Programa Institucional Cero Residuos, mayor será el cumplimiento de los objetivos establecidos en él
- La participación de la comunidad universitaria en la separación y disposición de residuos estará positivamente relacionada con la efectividad del programa de gestión integral de residuos
- La evaluación del programa Cero Residuos permitirá identificar áreas de oportunidad respecto a la separación y disposición de los RSI que resultarán en ahorros significativos debido a la reducción de costos de disposición de residuos

- La implementación adecuada del programa Cero Residuos estará asociada a una disminución significativa en la huella ambiental de la UABC, incluyendo la reducción de gases de efecto invernadero y la conservación de recursos naturales

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan diferentes conceptos relacionados con el manejo integral de los residuos como su origen, clasificación, generación, la contaminación causada por su manejo inadecuado, programas de manejo y gestión de residuos (tomando como ejemplo el programa institucional “Cero Residuos” de la UABC), y la evaluación de estos programas (tomando como ejemplo la herramienta Waste Wise Cities).

2.1 RESIDUOS

Los residuos son aquellos materiales (sólidos, semisólidos y/o líquidos) generados y desechados al final de su vida útil en los hogares (fuentes domésticas) y en comercios, centros de recreación y entretenimiento, industrias, empresas, oficinas, instituciones (educativas, de salud, gubernamentales, entre otras) y espacios públicos (fuentes no domésticas). Éstos materiales pueden ser o no destinados a la venta o el reciclaje, reprocesamiento, recuperación o purificación mediante diversas operaciones (LGPGIR, 2003; SEMARNAT, 2019; Vargas Restrepo et al., 2021).

2.1.1 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN

De acuerdo con la LGPGIR, los residuos se clasifican en tres categorías principales con base en su generación, volumen y características (LGPGIR, 2003; Muñoz Cadena & Morales Pérez, 2018; Zevallos Gonzales, 2021):

- **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** son aquellos residuos que se generan principalmente en fuentes domiciliarias y que pueden dividirse en orgánicos e inorgánicos, y que a su vez pueden clasificarse en otras subcategorías dependiendo del tipo de material(es) para facilitar la separación primaria y secundaria, estas subcategorías son:
 - **Orgánicos de alimentos:** se incluyen a los restos de alimentos que hayan pasado o no por un proceso de cocción.
 - **Orgánicos verdes:** se considera a los residuos de poda y jardín, tales como, pasto, ramas, hojas de árboles, hierbas, entre otros, que sean resultantes de la limpieza y mantenimiento de áreas verdes.
 - **Inorgánicos reciclables:** son los materiales que pueden ser recuperados a través de un proceso de reciclaje y que pueden reintegrarse a un proceso de producción. Entre estos materiales se encuentran el vidrio, metal, plástico, papel, cartón, textiles, envases multicapas, entre otros.

- **Inorgánicos no reciclables:** incluye a los residuos que son difíciles de reciclar, por lo que en la mayoría de los casos se eliminan en sitios de disposición final. Entre estos residuos se encuentran las colillas de cigarro, toallas sanitarias, calzado, popotes, empaques de alimentos, envolturas, entre otros.
- **Residuos de Manejo Especial (RME):** hacen referencia a aquellos residuos sólidos urbanos que se generan en gran cantidad (mayor a diez toneladas anuales), así como a los residuos de gran volumen como muebles rotos, electrodomésticos, entre otros. Dentro de la categoría de los RME, existen otros tipos de residuos que también deben gestionarse de manera adecuada, dentro de los que se incluyen a los residuos industriales, agrícolas, de construcción y demolición y electrónicos. Estos residuos se generan en gran cantidad (incluso mayor que la de los RSU) y suelen ser muy voluminosos, por lo que requieren de grandes superficies para ser dispuestos. Como ejemplo, los residuos agrícolas suelen generarse en una cantidad 4.5 veces mayor a la de los RSU. Otro flujo de gran importancia son los residuos electrónicos, cuya generación es cinco veces mayor en países de altos ingresos económicos con respecto a los países con ingresos medios y bajos (World Bank Group, 2018).
- **Residuos Peligrosos (RP):** contempla a los residuos que contienen alguna característica de tipo CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico - infeccioso). Dentro de esta categoría también se consideran a los envases, embalajes y/o suelos que hayan sido contaminados con alguno de estos elementos

El propósito de identificar y clasificar a los residuos en diferentes categorías es poder identificar el tipo de disposición final que sería más adecuada para ellos de acuerdo con su generación, el tipo de material(es) que los componen y sus propiedades (LPGIR, 2003; Muñoz Cadena & Morales Pérez, 2018; SEDEMA, 2020; Zevallos Gonzales, 2021).

2.1.2 GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN

Uno de los mayores problemas relacionados con los residuos, es la magnitud de su generación y la rapidez con la que se generan. A nivel mundial, en 2018, se estimó una generación diaria de 2,000 millones de toneladas de residuos, cifra que se prevé siga creciendo hasta alcanzar una generación de 3,400 millones de residuos para 2050 (Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018). Las cifras anteriores están directamente relacionadas a los patrones de consumo, las tasas de urbanización, el nivel socioeconómico y el desarrollo tecnológico de los países, por lo que se ha observado que en las naciones con alto desarrollo económico y tecnológico se presenta una mayor generación de residuos con respecto a aquellas con desarrollo económico y tecnológico bajo o medio (Abubakar et al., 2022; Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018).

Respecto a la composición, de la cantidad total de residuos que se generan mundialmente, la mayor proporción de ellos corresponde a la fracción de inorgánicos (56 %), que se compone de diferentes tipos de residuos como: vidrio (4 %), metal (5 %), papel y cartón (17 %), plástico (12 %), caucho y cuero (2 %), madera (2 %) y otros (14 %) (World Bank Group, 2018). El 44 % restante de los residuos generados corresponde a la fracción de orgánicos, sin embargo, este no es un patrón establecido y definido para todas las naciones e incluso sus ciudades. Los mismos factores que afectan la generación de residuos influyen en su composición, en aquellas naciones con ingresos medios y bajos (en vías de desarrollo) se presenta un porcentaje mayor al 50 % de residuos orgánicos, mientras que en los países de ingresos altos (desarrollados) predomina la generación de residuos inorgánicos (>60%). Debido a lo anterior, en los países desarrollados se tiene una mayor proporción de residuos susceptibles a valorización, mientras que en los países en vías de desarrollo el porcentaje de este tipo de residuos es solo del 16 % (Abubakar et al., 2022; Sharma & Jain, 2020).

La tendencia anterior muestra que la cantidad de residuos valorizables que se generan en un país irá aumentando en medida que los ingresos, el nivel de desarrollo y la población de dicha nación incrementan. Sin embargo, es importante tomar en cuenta que esto también estará estrechamente relacionado con las políticas y tecnología con la que se cuente en cada país para realizar la separación de los residuos, por lo que, en países en vías de desarrollo la cantidad de residuos susceptibles a valorización podría ser mayor a la reportada. No obstante, al tener un sistema deficiente de separación en la fuente, gran parte de estos materiales se estarían yendo directamente a disposición final sin aprovecharse (Abubakar et al., 2022; Lau et al., 2020; Sharma & Jain, 2020).

En el caso de México, como nación en vías de desarrollo, de las 120,128 toneladas diarias de residuos que se generan en el país, se presenta una mayor generación de residuos orgánicos (48.42 %) que de residuos inorgánicos susceptibles a valorización (31.55 %), entre los que destacan las subcategorías de papel (5.07 %), plástico rígido y de películas (7.66 %), cartón (4.55 %), vidrio transparente (3.13 %) y PET (2.63 %). El porcentaje restante (22.03 %) corresponde a la categoría de “otros”, en la que se incluyen residuos como algodón, loza y cerámica, material de construcción, residuos sanitarios, entre otros. Es importante mencionar que el patrón de generación y composición de México presenta variaciones en las distintas regiones del país, como ejemplo, en la zona norte se presenta una mayor generación de residuos inorgánicos, mientras que en las zonas centro y sur, la generación de residuos orgánicos es la que predomina (SEDEMA, n.d.; SEDEMA, 2021; SEMARNAT, 2020).

Del total de residuos que se generan en el país, sólo el 5 % son recolectados en fracciones separadas (orgánicos e inorgánicos), lo que significa que más del 90 % de los residuos generados en el país terminan en sitios de disposición final controlados y no controlados, causando no solo diversos problemas ambientales, si no también grandes pérdidas económicas, ya que el costo por tonelada recolectada se estima entre \$434 y de \$122 por tonelada dispuesta. Es importante mencionar que estos costos solo incluyen la operación de los servicios y no incluyen otras actividades como: la depreciación de los vehículos, equipos o maquinaria, ni las provisiones financieras para la reposición de estos o para la clausura tecnificada de los SDF al final de su vida útil (SEMARNAT, 2020).

2.1.3 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL ASOCIADA A LOS RESIDUOS

Debido a la gran cantidad y velocidad con la que se han generado los residuos en los últimos años, su correcto manejo, tratamiento y disposición final se han visto obstaculizados, incrementando así la presencia de éstos en diferentes entornos como los ecosistemas terrestres y marinos, convirtiéndose así en un problema para el desarrollo de la flora y fauna que en ellos habita. Adicionalmente, para la disposición final de los residuos se requiere una gran cantidad de suelo destinado a rellenos sanitarios, lo que ha disminuido la cantidad de terreno habitable (Kuo & Huang, 2014; Lau et al., 2020; World Bank Group, 2018).

El hecho de que una gran proporción de los residuos sólidos urbanos tenga como destino final los rellenos sanitarios ha generado impactos ambientales adicionales, ha traído diversas afectaciones al ambiente, entre los que destacan la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), aumento en la explotación de recursos naturales, contaminación marina, generación de material particulado (debido a la quema de residuos a cielo abierto), contaminación de suelo (incluso en los terrenos aledaños) y cuerpos de agua, contaminación de aguas subterráneas, generación y distribución de microplásticos entre otros (Kuo & Huang, 2014; Lau et al., 2020; NOAA, 2016; World Bank Group, 2018).

La industria de los residuos sólidos contribuye con casi el 5 % de las emisiones globales de GEI, lo que la posiciona como la tercera fuente más importante de emisiones, únicamente superada por las actividades agrícolas y la minería (Lawal et al., 2023; MacArthur, 2017). En 2016 se generaron 1,600 millones de toneladas de emisiones de GEI equivalentes a dióxido de carbono (CO₂) debido a la inadecuada gestión de los residuos sólidos. Si el manejo integral de los residuos no presenta cambios significativos en los siguientes años, se espera que para 2050 las emisiones relacionadas con este sector aumenten a 2,600 millones de CO₂ equivalente (GAIA, 2022; Abubakar et al., 2022; Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018).

En los rellenos sanitarios, el tipo de residuos que causan mayor generación de GEI, son los residuos orgánicos, en especial la fracción proveniente de los alimentos que fueron o no cocinados, ya que comienzan a degradarse anaeróbicamente. Además de los GEI, en los rellenos sanitarios, las pilas de residuos generan escorrentías líquidas tóxicas llamadas lixiviados, que pueden filtrarse a través del suelo y contaminarlo, así como a las aguas subterráneas y a los cuerpos de agua cercanos (GAIA, 2022; Abubakar et al., 2022; Ford et al., 2022; Sharma & Jain, 2020).

Adicional a los problemas ambientales generados por la presencia de residuos sólidos en rellenos sanitarios, se suman los problemas relacionados con los residuos que se perdieron durante su traslado a los rellenos sanitarios o que no fueron recolectados, ya que estos para ser eliminados son gestionados de manera independiente por los generadores, a través de prácticas inadecuadas como la quema a cielo abierto, el confinamiento en terrenos abandonados, el vertido en cuerpos de agua y/o el abandono en espacios públicos. Estos residuos son arrastrados por el viento, la escorrentía o las corrientes de agua, causando así que se distribuyan a lo largo de los ecosistemas (GAIA, 2022; Sharma & Jain, 2020; Yi & Kannan, 2016; Yousefi Nasab et al., 2022).

Los residuos dispuestos de manera incorrecta no solo se concentran en entornos naturales, sino también en las urbes, causando así otros problemas de contaminación como proliferación de fauna nociva, obstrucción de los sistemas de alcantarillado (lo que puede provocar inundaciones), malos olores, emisiones de material particulado (aumentando los problemas respiratorios), transmisión de enfermedades a través de la reproducción de vectores, disminución de la cantidad de terreno habitable, entre otros (Hernández-Berriel et al., 2016; Mor et al., 2018).

Adicional a la contaminación que se genera por los residuos, también se deben considerar los procesos previos a su uso, como la fabricación de los materiales; un ejemplo de esto son los residuos plásticos, cuyas emisiones de GEI desde la cuna hasta la tumba fueron equivalentes a 450 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono en 2021, superando a las emisiones totales de GEI del Reino Unido (Abubakar et al., 2022).

2.2 GESTIÓN Y MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS

Dada la enorme cantidad de residuos que se generan anualmente a nivel mundial, resulta imprescindible implementar estrategias de gestión integral que reduzcan el volumen destinado a disposición final y eviten que se conviertan en un problema de contaminación ambiental y de salud pública. Para lograrlo, es necesario asegurar un manejo adecuado de los residuos en todas sus etapas, desde la generación hasta su disposición final (Vargas Restrepo et al., 2021).

Para gestionar adecuadamente los residuos se cuenta con los Programas de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), en los que se establece cómo se van a disponer y tratar los residuos generados en determinadas ciudades, municipios, industrias, instituciones educativas, entre otros. Los PGIR requieren diseñarse e implementarse tomando en cuenta diferentes aspectos como: la generación de residuos, las industrias de recuperación de residuos cercanas, la población, las actividades que se llevan a cabo en la ciudad o municipio, la economía circular, la mitigación y adaptación ante el cambio climático, protección al ambiente e inclusión social (Chen et al., 2020; SEDEMA, 2021; Vargas Restrepo et al., 2021).

A nivel mundial se consideran principalmente dos corrientes por las que pueden disponerse los residuos: la prevención y la eliminación. En la primera se contemplan diversos procesos y actividades por lo que se puede evitar la disposición inadecuada de los residuos, mientras que en la segunda se contempla un proceso lineal en el que los residuos son enviados directamente a la disposición final sin que se recupere alguno de sus componentes. Desafortunadamente, la segunda opción suele ser la más utilizada en los diferentes sistemas de gestión de residuos a nivel mundial; en esta etapa no se busca valorizar los residuos a través de ningún proceso, si no que se promueve que sean llevados directamente a rellenos sanitarios (controlados o no controlados) para ser enterrados o incinerados. Por otro lado, el principio de prevención (que se lleva a cabo en menor proporción) tiene como propósito el manejo integral de los residuos en el que se prioriza la valorización a través de la reutilización, el reciclaje y la transformación energética (Abubakar et al., 2022; Chen et al., 2020; Sharma & Jain, 2020).

La valorización se define como un conjunto de acciones cuyo propósito es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los residuos al reincorporarlos en procesos productivos bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental. En la valorización energética, los residuos de los que no se puede obtener algún beneficio a través de la reutilización o reciclaje se transforman en biogás o biometano a través de un proceso de incineración. En el caso de la valorización centrada en el reciclaje, el objetivo principal es que los residuos puedan transformarse en materias primas que puedan utilizarse en diferentes procesos de producción en concordancia con lo que se establece en la economía circular (GAIA, 2022; Sharma & Jain, 2020).

De los procesos mencionados anteriormente, la prevención y valorización siempre deben ser la prioridad, ya que estos procesos permiten recuperar gran parte o la totalidad de la materia prima que contienen los residuos, para que puedan ser utilizados en un nuevo proceso de manufactura, ya sea del mismo producto (reciclaje de circuito cerrado) o de uno completamente diferente (reciclaje de circuito abierto) (Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018).

En la Tabla 2.1 se presentan diversos procesos de valorización utilizados alrededor del mundo.

Tabla 2.1 Procesos de valorización de residuos

Proceso	Definición	Referencia
Composteo	Los residuos orgánicos se transforman en condiciones aerobias y termófilas a través de los microorganismos en un material mejorador de suelos y cultivos	(Khan et al., 2022)
Incineración	Los residuos se destruyen térmicamente. A través de este proceso se puede recuperar energía eléctrica	(Toneatti et al., 2020)
Pirólisis	A través de una degradación térmica (sin oxígeno) se lleva a cabo la descomposición de los residuos	(GAIA, 2022)
Reúso	Reutilizar un producto para el mismo fin para el que fue creado originalmente, o para otro diferente	(Sharma & Jain, 2020)
Coprocesamiento	Aquellos materiales que se derivan de los RSU son utilizados para reemplazar recursos minerales naturales o combustibles fósiles tradicionales	(GAIA, 2022)
Digestión anaerobia	Se trata de la degradación acelerada y controlada de los residuos orgánicos a través de microorganismos de la que se obtiene biogás y un sustrato conocido como biodigestor	(Crutchik et al., 2023)

Fuente: Elaboración propia

Para que los RSU puedan ser valorizados a través de alguno de los procesos mencionados anteriormente (Tabla 2.1), se requiere de instalaciones e infraestructura previa en la que puedan ser separados, acopiados y posteriormente transformados, de acuerdo con su tipo y composición. Como en el caso de la generación, los porcentajes de valorización, así como los tipos de procesos empleados para esta actividad se verán influenciados por el desarrollo económico y tecnológico del país, así como de su población, políticas y estilo de vida (Abubakar et al., 2022; SEMARNAT, 2020; World Bank Group, 2018).

La última etapa de la gestión de los residuos es la disposición final, en esta etapa los residuos son enviados directamente a sitios que cumplen con la infraestructura necesaria para contenerlos ahí por tiempo indeterminado y evitar que éstos causen algún impacto ambiental negativo a los ecosistemas aledaños. Esta práctica se lleva a cabo principalmente en países con ingresos medios y bajos, ya que el 93 % de sus residuos terminan en este tipo de sitios (Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018).

A nivel mundial, alrededor del 37 % de los residuos generados se eliminan actualmente en algún tipo de vertedero (controlado o no controlado), el 33 % terminan en tiraderos a cielo abierto, el 19 % se recupera mediante reciclaje, composteo y lombricomposteo, y el 11 % restante se incinera para su eliminación final (Sharma & Jain, 2020; World Bank Group, 2018).

Como en el caso de la generación y composición, las tasas de recuperación de residuos y los tipos de procesos empleados para este propósito se ven influenciados por los ingresos de cada país, el nivel de desarrollo, su población, políticas y tecnología.

2.2.1 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

En México para llevar a cabo la recuperación y transformación de la gran cantidad de residuos que se generan se cuenta con diferentes instalaciones como los centros de acopio, las estaciones de transferencia y las plantas de tratamiento (SEMARNAT, 2020).

Los centros de acopio son instalaciones en las que se acopian y almacenan los residuos provenientes de la población en general; en estos centros puede entregarse un retroactivo (monetario o en especie) por la entrega de los residuos. Para este tipo de instalaciones, se pueden tener centros de acopio establecidos y operados por los diferentes niveles de gobierno y/o el sector privado en los que se acopian y almacenan los residuos antes de ser enviados a alguna estación de transferencia o planta de tratamiento de residuos (Rahman et al., 2023; Sharma & Jain, 2020).

En México, de acuerdo con registros oficiales, en 2017 se contaba con 1,060 centros de acopio de residuos distribuidos en 21 entidades federativas, sin embargo, esta cantidad podría estar subestimada debido a que alrededor de la República Mexicana se cuenta con diversos establecimientos que funcionan como centro de acopio pero que no están debidamente registrados bajo este tipo de actividad comercial, o que su giro principal es otro, por lo que esta cantidad podría llegar a ser más del doble (SEMARNAT, 2020; Vázquez-Morillas et al., 2022).

En las estaciones de transferencia, además del acopio y almacenamiento de residuos, también se lleva a cabo una segregación de estos, en la que a través de procesos manuales o mecánicos se separan los residuos susceptibles a valorización. A diferencia de los centros de acopio, a las estaciones de transferencia los residuos que llegan son procedentes de los camiones recolectores. En el país se cuenta con 127 estaciones de transferencia ubicadas en 112 municipios (de 23 entidades federativas), en las que se lleva a cabo principalmente la transferencia de residuos a otras estaciones o a rellenos sanitarios (SEMARNAT, 2020).

Por último, las plantas de tratamiento son instalaciones en las que se realizan procesos de tratamiento (separación, trituración y compactación) aplicados principalmente a residuos inorgánicos reciclables, mientras que para la fracción orgánica se realizan procesos como el compostaje y la biodigestión. A diferencia de los centros de acopio y las estaciones de transferencia, las plantas de tratamiento se encuentran en menor proporción, con solo 47 plantas ubicadas en 43 municipios de 15 entidades (SEMARNAT, 2020).

Desafortunadamente, las instalaciones de recuperación y transformación de residuos no se encuentran al alcance de todas las ciudades, ya que al ser procesos que requieren de un alto costo económico y de operación suelen centralizarse en zonas desarrolladas. Lo anterior ocasiona que gran cantidad de residuos se sigan enviando a sitios de disposición final que no siempre cumplen con las características adecuadas para albergarlos en su interior sin causar problemas ambientales, económicos y/o sociales (SEDEMA, n.d.; SEDEMA, 2021; SEMARNAT, 2020).

Respecto a la disposición final, en 2020, en México se tenía un registro de 2,203 rellenos sanitarios ubicados en 1,722 municipios, en los que se recibían 86,352.7 toneladas de residuos al día (SEMARNAT, 2020), sin embargo, esta cantidad habría presentado un incremento en los últimos años debido al aumento de la población y su demanda de recursos, así como a la emergencia sanitaria de COVID-19 (Vázquez-Morillas et al., 2022).

2.2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL MUNICIPIO DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA

Mexicali es la capital del estado de Baja California, México y se caracteriza por ser una ciudad fronteriza con Estados Unidos y el segundo municipio más grande del estado representando un 20 % del total del territorio. Debido a su ubicación, la ciudad ha presentado un desarrollo económico activo pasando de actividades enteramente agrícolas a actividad industriales lo que ha ocasionado una alta movilidad de población migrante internacional y nacional en busca de mejores oportunidades laborales, factores han impactado en la generación y gestión de residuos de la ciudad (Ramírez Castro, 2016).

Desafortunadamente, en la ciudad no se cuenta con un plan específico de manejo de residuos, las políticas y lineamientos relacionados con este tema se abordan a través del plan de desarrollo municipal y el plan estratégico municipal. En el primero (para la versión 2014-2016) se cuenta con una política pública llamada Desarrollo Ambiental Sustentable que tiene como objetivo *“promover acciones que fortalezcan la preservación del equilibrio ecológico y la educación ambiental, para fomentar la planeación y conservación del medio ambiente”* y que cuenta con dos estrategias relacionadas con el manejo y la gestión de RSU (Alfaro Castro, 2016).

Respecto a la generación de residuos en Mexicali, en 2010 se reportó una generación total de 294.243 ton/año (0.86 kg/hab/día generación per cápita), siendo uno de los valores más altos del país, superando incluso al promedio nacional (Ramírez Castro, 2016). Mientras que en octubre de 2024 se reportó un per cápita de residuos recolectados de 0.026 toneladas/habitante (Gobierno de Mexicali, 2024). Esta localidad, por ser una ciudad fronteriza con una elevada población migrante y una marcada influencia de la cultura estadounidense, presenta patrones de consumo y generación de residuos heterogéneos, que no se encuentran plenamente establecidos ni resultan del todo comparables con los de otras ciudades de México (incluso otras ciudades fronterizas), estos factores también se ven reflejados en las prácticas de separación de residuos en la fuente, ya que al ser población migrante y flotante constante, mantienen las prácticas de separación de sus lugares de origen y no siempre adaptan las prácticas de separación del municipio (Alfaro Castro, 2016; Ramírez Castro, 2016).

Considerando lo anterior, posiblemente el mayor problema de la gestión de residuos en Mexicali es la separación, ya que prevalece la costumbre de usar y desechar sin separar, por lo que los residuos susceptibles a valorización son mezclados con otro tipo de residuos que los contaminan disminuyendo la posibilidad de que sean aprovechados e incrementando los niveles de contaminación de la ciudad. A esto se suma que en realidad en Mexicali no se cuenta con un servicio de recolección diferenciada ni se ha informado a la población la importancia de separar y clasificar adecuadamente sus residuos (Coronado Aguilar, 2017; Ramírez Castro, 2016).

Uno de los temas importantes es la infraestructura con la que se cuenta para dar tratamiento a los residuos a través de diversos procesos de valorización y los espacios destinados al confinamiento (SDF). En el caso de Mexicali, se cuenta con 14 centros de acopio en los que se reciben diferentes materiales como: latas de aluminio, tapitas, cartón, papel mixto, chatarra, PET, HDPE, playo, poliestireno, unicel, LDPE, PP, envases multicapas y diversos tipos de metales como el bronce, cobre, plomo, entre otros, y residuos electrónicos; en estos centros de acopio puede o no recibirse un incentivo económico por cada kg de material entregado (ECOLANA, 2024). El municipio también cuenta con una estación de transferencia ubicada junto al ecoparque lagunar, en la laguna Xochimilco que será reubicada a un predio ubicado en el Ejido Choropo, San Felipe, y en la que se lleva a cabo un proceso de segregación manual realizado de manera informal por pepenadores (Alfaro Castro, 2016; Llamas, 2024).

De todos los residuos mencionados con anterioridad, los que suelen aprovecharse en mayor proporción tanto a nivel municipal como a nivel institucional (para el caso de la UABC) son el cartón, papel mixto, aluminio y PET (UABC, 2024). Para este tipo de residuos los procesos mediante los cuales se valorizan se mencionan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Procesos de valorización de los residuos con mayor recuperación en Mexicali

Material	Proceso de valorización	Referencia
Papel mixto y cartón	Estos residuos separados adecuadamente son triturados para después pasar por una fase extracción de pulpa para la formación de una pasta que después se tamiza para eliminar cualquier elemento ajeno (incluso la tinta). La pulpa tamizada se lava, espesa y se deja secar para posteriormente conseguir finas láminas de papel y/o cartón. Dependiendo del nuevo uso de los materiales, éstos pueden pasar por un proceso de blanqueamiento.	(Manandhar et al., 2022)
PET	El PET (así como otros plásticos) se puede recuperar a través de diferentes procesos: • Reciclaje mecánico: a través de la extrusión en material polimérico se transforma en gránulos. • Reciclaje químico: es la despolimerización del PET en monómeros y/u oligómeros • Recuperación de energía: recuperación del contenido energético del plástico.	(Langer et al., 2020)
Aluminio	El aluminio se tritura para posteriormente fundirse a altas temperaturas y verterse en lingotes. Durante el proceso puede considerarse una fase de refinación en la que se eliminan impurezas y se mejora la calidad.	(Husband, 2012)

Fuente: Elaboración propia

Adicional a los residuos mencionados en la Tabla 2.2, en el municipio de Mexicali se cuenta con otras industrias que acopian y reciclan otro tipo de materiales como los metales (acero, bronce, fierro, láminas, entre otros), residuos electrónicos, radiadores, entre otros (DIMSA - Desmanteladora Industrial Mexicana, 2025; Recicla México, 2025). Por último, para la disposición final, el municipio cuenta con dos SDF ubicados a las afueras de la ciudad. Uno de ellos es un relleno sanitario (ubicado en el ejido Benito Juárez), mientras que el segundo es un tiradero a cielo abierto (ejido Hipólito Rentería) (Alfaro Castro, 2016).

2.2.3 GESTIÓN DE RSU EN INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR

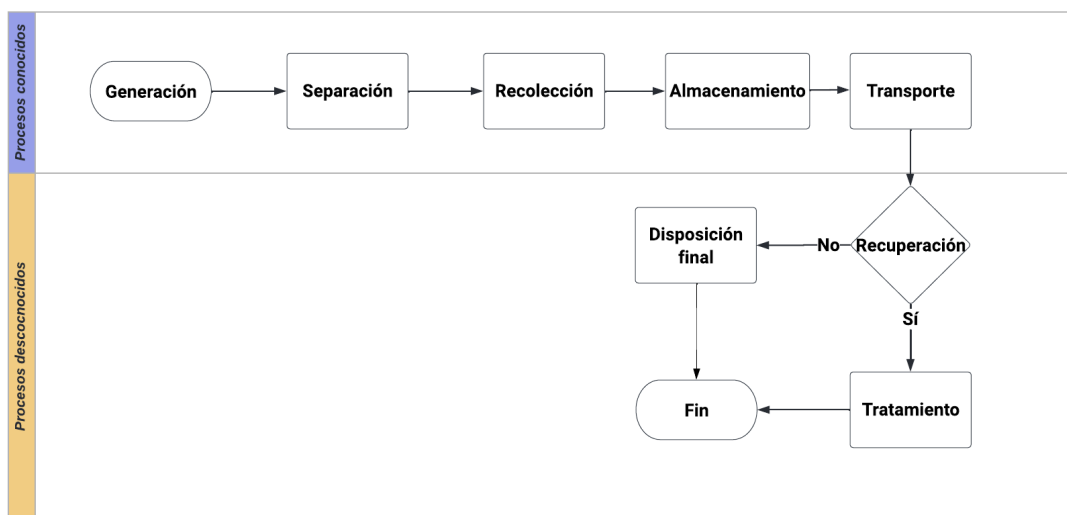
Los PGIR no son de competencia exclusiva de las ciudades o municipios, sino que toda aquella organización o institución que por sus características de población, infraestructura, superficie y generación de residuos requiera gestionar adecuadamente sus residuos, puede tener su propio PGIRS, que vaya en concordancia con lo establecido en la legislación y normativa ambiental aplicable, así como con los lineamientos internos de dicha institución (SEMARNAT, 2019; UN-HABITAT, 2023).

En este contexto, las IES debido a su población, la cantidad de residuos que generan y las actividades que allí se desarrollan (entre las que se incluyen actividades económicas secundarias y terciarias), requieren un programa de manejo y gestión integral de residuos que les permita gestionar de manera adecuada los residuos que generan, así como avanzar con las diferentes metas establecidas en sus programas u objetivos ambientales.

Considerando lo anterior, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) fundada en 1957 y reconocida como la institución de educación superior más prestigiosa del Noroeste de México, desarrolló e implementó en 2017 el programa institucional Cero Residuos, cuyos objetivos principales son: disminuir la cantidad de residuos sólidos generados en las instalaciones de la universidad, disminuir la cantidad de residuos enviados a disposición final y aumentar la cantidad de residuos que son enviados a procesos de valorización (Valdez Delgadillo, 2021).

El programa institucional “Cero Residuos” funciona a través de siete etapas en las que se involucran la comunidad universitaria y a prestadores de servicio externos (Figura 2.1), las cuales son:

1. **Generación:** Involucra a toda la comunidad universitaria (estudiantes, académicos, administrativos, personal de intendencia y jardineros), quienes diariamente utilizan las instalaciones de la universidad, y quienes por sus actividades cotidianas generan diferentes tipos de residuos que son depositados en las estaciones de separación.
2. **Separación:** En esta etapa, la comunidad universitaria identifica las estaciones de separación de residuos distribuidas a lo largo de las instalaciones de la universidad, y deposita los residuos que genera en los contenedores destinados para cada tipo de residuo (plásticos, aluminio, orgánicos e inorgánicos).
3. **Recolección:** Involucra al personal de mantenimiento y jardineros, quienes se encargan de recolectar los residuos que son depositados en las estaciones de separación y transportarlos al almacén o centro de acopio.
4. **Almacenamiento:** En los almacenes o centros de acopio ubicados en las instalaciones de la UABC hay espacios y contenedores para diferentes tipos de residuos, de acuerdo con las fracciones que se estén recuperando en la unidad académica.
5. **Transporte:** En esta etapa, la UABC cuenta con la colaboración de actores externos, quienes se encargan de recolectar de los almacenes o centros de acopio los residuos, para después llevarlos a algún proceso de valorización o a un sitio de disposición final.
6. **Tratamiento:** Aquellos residuos que por características y propiedades sean susceptibles de valorización, serán enviados a diferentes procesos de transformación como: reciclaje, compostaje, biodigestión, pirólisis, incineración, entre otros.
7. **Disposición final:** Es la etapa final del proceso, los residuos que no pudieron aprovecharse a través de un proceso de valorización serán trasladados a sitios de disposición final en los que serán confinados. El objetivo del programa “Cero Residuos” es que la cantidad de residuos que son enviados a estos sitios sea cada vez menor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.1. Diagrama de flujo de proceso del programa Cero Residuos.

Desde su creación hasta la actualidad, el programa ha presentado logros significativos como la consolidación de 48 responsables ambientales (encargados de los programas y proyectos de gestión ambiental en las unidades académicas de la UABC), la separación de 3.7 toneladas de residuos orgánicos e inorgánicos, el aprovechamiento de 83.3 toneladas de residuos de papel mixto, cartón corrugado, plástico PET, vidrio y aluminio, inversión de 3.6 millones de pesos para la construcción y reubicación de centros de acopio, la generación de 56.2 toneladas de composta como consecuencia de la poda de árboles y césped de los jardines universitarios, y un reconocimiento por sus contribuciones de manejo integral, responsable y consciente de los residuos que se generan en la institución por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UABC, 2023).

En 2017 el programa Cero Residuos tenía como objetivo operar bajo el marco del concepto *zero waste*, en el que se pretendía que el 90 % de los residuos generados fueran enviados a algún proceso de valorización, y que solo el 10 % se enviara a disposición final. Sin embargo, con la llegada de la contingencia sanitaria de COVID-19, el desarrollo del programa se frenó, por lo que para la gestión 2024 - 2027 se replanteó el objetivo principal, esta vez sin establecer porcentajes específicos para alcanzar, si no bajo un concepto de priorizar la recuperación de los materiales. En este sentido, el nuevo objetivo de acuerdo a la CPGA es que la comunidad universitaria adopte las medidas necesarias en sus actividades diarias para la prevención, reducción y separación de los residuos generados, así como realizar correctamente las actividades de acopio y almacenamiento para un adecuado aprovechamiento y valorización de estos (El programa también busca concientizar a los usuarios sobre sus acciones y maximizar el uso y conservación de los recursos (UABC, 2024; Valdez Delgadillo, 2021).

2.3 EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO EN LA GESTIÓN DE RSU

El desarrollo e implementación de los programas de manejo integral de residuos no es suficiente para establecer que la gestión de residuos sea un éxito en el contexto en el que se esté desarrollando. Para garantizar que funcione adecuadamente se requiere evaluar los programas periódicamente, con el propósito de identificar qué es lo que está funcionando, que es lo que requiere mejoras y cuales son aquellas áreas de oportunidad que no se detectaron al momento de diseñar e implementar el PGIR (UNAM, 2019).

Para evaluar los PGIR, se cuenta con diversas metodologías que pueden incluirse en estándares nacionales e internacionales, o que pueden ser elaboradas por los interesados de acuerdo con las necesidades de la auditoría. En estas evaluaciones se consideran actividades como: entrevistas en persona y en línea, recopilación de información del lugar en el que se esté desarrollando el PGIR como la infraestructura de recolección y acopio, puntos de separación, sistema de tratamiento, plantas de tratamiento, actores involucrados (gobierno, industria, población), entre otros, estudios de generación y caracterización de residuos, rastreo de datos, matrices categoriales, entre otros (Aguirre Patiño & Rodríguez Grisales, 2019; Burriticá Herrera & Ceballos Toro, 2018; Jakimiuk et al., 2023; Ruiz-Hernández et al., 2018).

Algunas evaluaciones utilizan métodos internacionales como las normas ASTM (Standard Test Method), en especial la ASTM D5231-92(2016), que se refiere al método estándar para determinar la composición de los residuos sólidos municipales mediante el uso de análisis de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR). El método presentado en la ASTM proporciona pautas para identificar los componentes presentes en una muestra de residuos sólidos, lo que puede ayudar en la gestión adecuada de los residuos y en la evaluación de su impacto ambiental (Ugwu et al., 2020).

Otro método empleado es el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual se aplica mediante la construcción de escenarios. En este enfoque, se establece un escenario base, que representa la situación actual o de referencia, y se contrastan dos o tres escenarios alternativos. Aplicar el ACV en la gestión de residuos proporciona una evaluación rigurosa de los impactos ambientales asociados con las etapas del ciclo de vida de los productos y/o de los procesos relacionados con la gestión de residuos, también permite comparar alternativas del aprovechamiento de residuos como el reciclaje, la incineración, el compostaje o la disposición final, con el propósito de identificar el escenario que presenta menores cargas ambientales. Asimismo, el ACV contribuye a optimizar el sistema de gestión de residuos al identificar áreas de oportunidad y facilitar la toma de decisiones informadas sobre políticas, inversiones y prácticas, ayudando a seleccionar las mejores opciones para minimizar los impactos ambientales y maximizar la eficiencia (Sukma et al., 2022).

Complementariamente, existen otras herramientas computacionales diseñadas para evaluar aspectos específicos de la gestión de residuos, como Waste Wise Cities (WWC) desarrollada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que permite evaluar la gestión de residuos de las ciudades a través de un enfoque de ciudad sostenible y los ODS.

2.3.1 WASTE WISE CITIES

El objetivo principal de WWC es evaluar el manejo y la gestión de residuos sólidos urbanos en las ciudades, bajo el enfoque de ciudades sustentables, por lo que en su evaluación se considera como indicadores al desperdicio de alimentos, la recuperación de residuos, entre otros, basados en lo establecido en los ODS 11 y 12, Ciudades y Comunidades Sostenibles y Producción y Consumo Responsables, respectivamente (UN Habitat, 2021b).

Además de evaluar el manejo de residuos sólidos de las ciudades en el marco de los ODS, el propósito de esta herramienta es brindarles a las ciudades participantes apoyo con respecto al manejo y gestión de sus residuos, así como realizar evaluaciones constantes que permitan identificar áreas de oportunidad que fortalezcan los PGIRS de las ciudades (UN Habitat, 2021b).

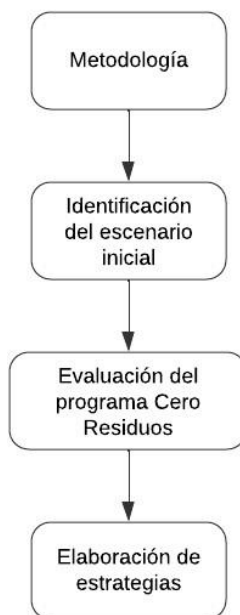
Desde su creación en 2018, la Herramienta WWC ha sido utilizada para evaluar los PGIR de algunas ciudades como Mombasa y Kenia, en dónde ha resultado ser de gran utilidad para que las ciudades mejoren la gestión de sus residuos. En Kenia se desarrolló el Proyecto de Ley Nacional de Gestión de Residuos y la formación del equipo de trabajo interinstitucional para abordar la gestión de los residuos sólidos municipales, mientras que en Mombasa se realizó un estudio de factibilidad para las instalaciones de Combustible Derivado Rechazado como una intervención clave para reducir la basura marina (UN Habitat, 2021b).

Otra Ciudad Africana que utilizó esta herramienta fue Addis Ababa en Etiopía, en la que su evaluación determinó diversos problemas como la disposición de los RSU en las calles o la quema de éstos a cielo abierto, falta de mecanismos de recolección eficientes, entre otros. Sus resultados mostraron que la ciudad presentaba diferentes áreas de oportunidad como: la recolección de residuos (en busca de un porcentaje de 100 %), mejorar las instalaciones de disposición final e impulsar los programas de valorización de residuos (Busha, 2022).

La evaluación de la gestión de residuos mediante WWC ha demostrado generar beneficios significativos en las ciudades participantes; por ello, su implementación en una IES que presenta características semejantes a las de una ciudad pequeña podría resultar igualmente provechosa.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campus Mexicali de la UABC). Para su desarrollo, la metodología se estructuró en tres etapas: identificación del escenario actual, evaluación del programa institucional “Cero Residuos” y diseño de estrategias (Figura 3.1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.1 Diagrama de flujo de la investigación.

En la primera etapa se identificaron los flujos principales de residuos del campus Mexicali, así como la generación y caracterización de residuos, información que posteriormente se ajustó de acuerdo con las especificaciones del manual de la herramienta Waste Wise Cities Tool (UN Habitat, 2021a).

En la segunda fase se evaluó el funcionamiento del programa institucional “Cero Residuos” a través de diversos parámetros como: generación, tasas de recuperación y disposición final, control de las instalaciones de recuperación y disposición de residuos; y los ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y 12 (Producción y consumo responsables).

Por último, en la tercera etapa se detectaron áreas de oportunidad a través de los resultados de la etapa previa y de la consulta de la comunidad estudiantil, lo que permitió desarrollar estrategias para optimizar y mejorar el proceso del programa institucional “Cero Residuos”.

Seguidamente, se presentan en detalle cada uno de los procedimientos que se llevaron a cabo en el desarrollo de cada etapa de la metodología.

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL ESCENARIO ACTUAL

En esta etapa, se realizó la identificación de los flujos de generación de residuos en el campus Mexicali, la determinación de la generación y caracterización de residuos y la revisión y ajustes de los datos obtenidos (Figura 3.2).

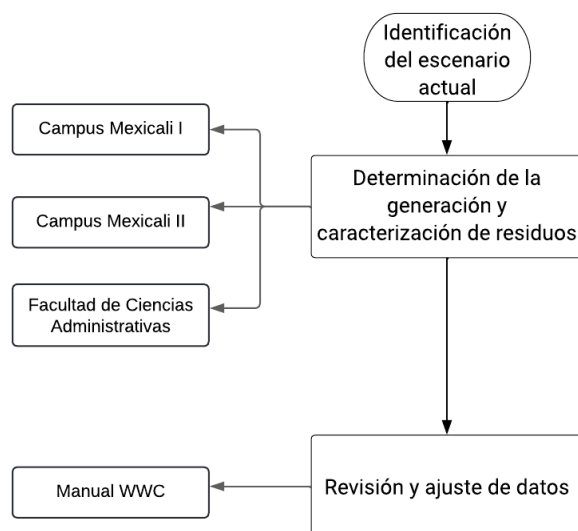


Figura 3.2 Diagrama de la fase “identificación del escenario actual”

Para esta investigación se consideraron los campus Mexicali I y II (Figura 3.3) como fuentes principales de generación de residuos.



Fuente: Imagen satelital de Google Earth

Figura 3.3 Campus Mexicali I y II

3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS

Para determinar la cantidad y tipos de residuos que se generan en los campus Mexicali I y II, se tomó como referencia el estudio de generación y caracterización realizado por Alvarez Zeferino et al., (2023) y colaboradores en octubre de 2023. Este estudio se llevó a cabo siguiendo lo descrito en la norma NMX-AA-015-1985, y su objetivo fue identificar la generación y composición de los RSI, así como las corrientes de residuos sólidos con potencial de aprovechamiento.

Respecto a la caracterización, la muestra final se clasificó en tres categorías principales (orgánicas, aprovechables y no aprovechables) que a su vez se dividieron en 18 subproductos (Tabla 3.1).

Tabla 3.1 Clasificación de subproductos

Categoría	Subproducto
Orgánicos	Se cuantificaron como una sola fracción, que incluye residuos de alimentos, poda, jardinería, cabello, heces de mascotas y huesos
Aprovechables	Se identificaron las siguientes fracciones: papel, cartón, envases de PET, envases de polietileno, latas de aluminio, envases multicapas, textiles, vidrio.
No Aprovechables	Se cuantificaron como una sola fracción, que incluye pañales, servilletas, papel sanitario, toallas femeninas, madera, residuos de construcción, unicel, residuos potencialmente peligrosos, bolsas y películas plásticas, bolsas metalizadas, colillas de cigarro, metales (con excepción de latas de aluminio) y otros que no se incluyan en las dos categorías anteriores.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Alvarez Zeferino et al., 2023)

Aunque este estudio proporciona información de la generación de residuos de las instalaciones de los campus Mexicali I y II, las unidades académicas periféricas quedan excluidas debido a su ubicación y a que su población universitaria es menor que la que se encuentra en los campus centrales. Considerando lo anterior y con el propósito de tener representación de las unidades periféricas, se tomó como referencia el estudio de generación y caracterización de residuos realizado en la Facultad de Ciencias Administrativas (FCA) en marzo de 2024 (Cruz Sotelo & Jauregui Sesma, 2024).

El objetivo de este estudio fue determinar la generación y composición de residuos sólidos urbanos en la facultad, además de identificar el proceso de manejo de los residuos y estimar a partir de los muestreos la generación y composición de RSI de acuerdo con normas mexicanas. La caracterización de subproductos se realizó mediante una adaptación de la clasificación que presenta la NMX-AA-022-1985, que se enlista en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Clasificación de subproductos de acuerdo con la NMX-AA-022-1985

Algodón	Material de construcción
Cartón	Material ferroso
Cuerda	Material no ferroso
Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00)	Papel
Envase de cartón encerado	Pañal desechable
Fibra dura vegetal (esclerénquima)	Plástico rígido y de película
Fibras sintéticas	Poliuretano
Hueso	Poliestireno expandido
Hule	Residuos alimenticios
Lata	Residuos de jardinería
Loza y cerámica	Trapo
Madera	Vidrio de calor
	Vidrio transparente
	Otros

Fuente: Tomada de (Cruz Sotelo & Jauregui Sesma, 2024)

3.2 EVALUACIÓN DEL PROGRAMA INSTITUCIONAL CERO RESIDUOS

Una vez recopilados los datos de la generación y cuantificación de los campus Mexicali I y II y de la Facultad de Ciencias Administrativas, se introdujo la información a la herramienta computacional WWC, previamente configurada conforme a lo descrito en la Figura 3.4.

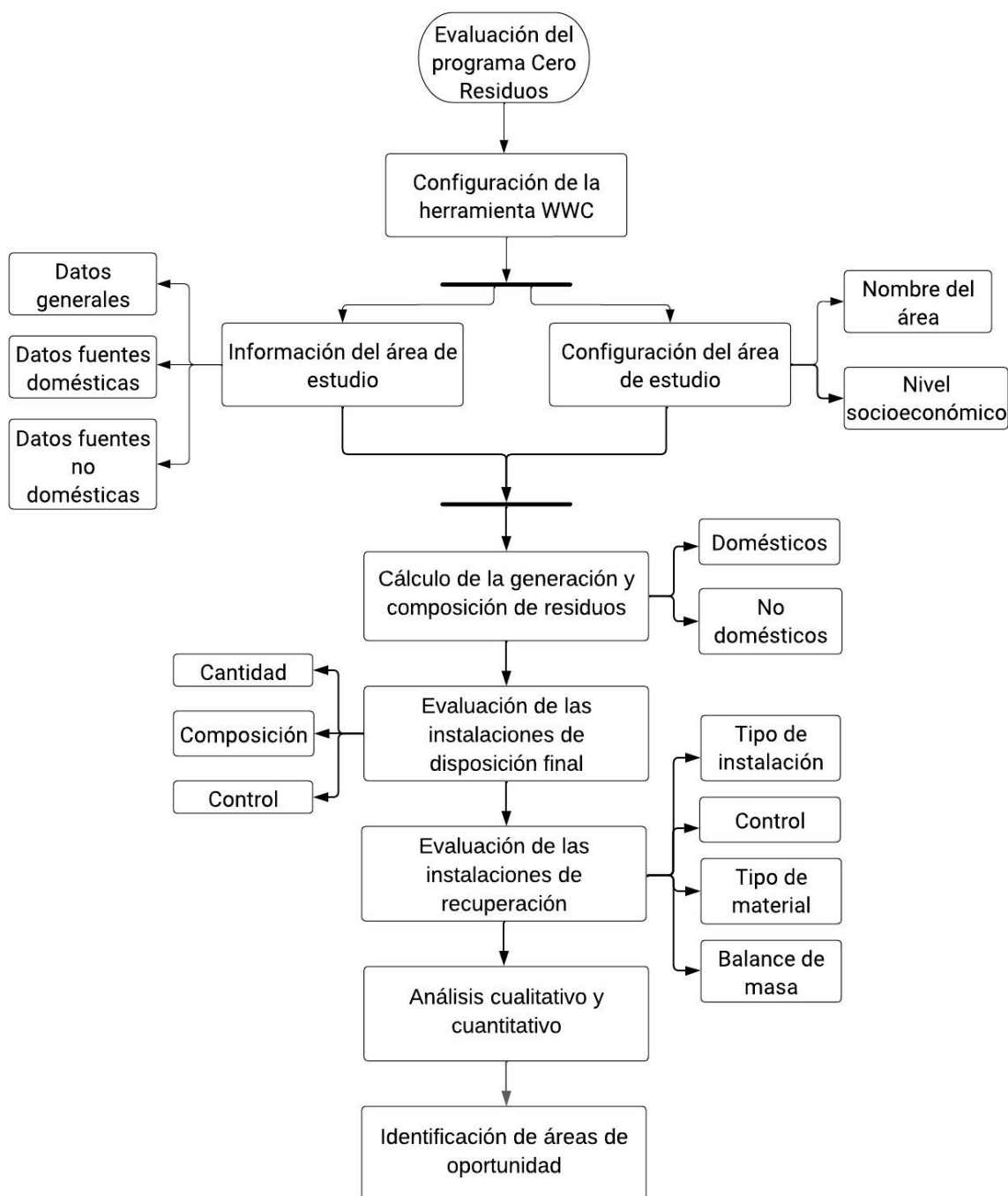


Figura 3.4 Configuración de las áreas de estudio

Mediante la herramienta de WWC se evaluó la gestión de residuos a través de un balance de materia considerando los flujos de generación y recolección, la cantidad de residuos enviados a valorización o disposición final y el control de las respectivas instalaciones de estos procesos (Figura 3.5).

Figura 3.6 Secciones de la herramienta WWC

En la primera sección configuración del área (Survey configuration), los datos generales se establecieron de la siguiente manera: año de estudio (survey year) se definió como 2023, al ser el año en que se realizaron los estudios de generación en los campus centrales; nombre de la ciudad (city name) se registró como Campus Mexicali; y país (country) se consignó como Universidad Autónoma de Baja California. Bajo este contexto, se categorizó a la UABC como un país y al campus como una de sus ciudades.

Además de los datos previamente descritos, se configuraron otros parámetros relevantes para el análisis. Entre ellos el porcentaje de residuos rechazados en las instalaciones de valorización (establecido por la herramienta en 10 %) y el porcentaje de residuos provenientes de fuentes “no domésticas” (valor *proxy*), que, de acuerdo con la herramienta, se estima en un promedio de 30 % respecto a la generación de residuos total de la ciudad. Este valor puede ser mayor o menor dependiendo de las actividades que se realicen en la ciudad, para este caso hemos asumido que es el campus. La herramienta puede calcular la generación total de residuos considerando este valor de *proxy* o considerando solamente los datos proporcionados por el usuario.

Para realizar la evaluación de la gestión de residuos en el campus Mexicali, se utilizaron tres escenarios, en el primero de ellos se tomó como referencia el *proxy* o factor sugerido por la herramienta para estimar la proporción entre residuos sólidos institucionales *domésticos* y *no domésticos*, fijado en 30 %; en el segundo escenario se utilizó un *proxy* regional (región Noroeste para el caso de Mexicali en Baja California) estimado por la SEMARNAT en el Diagnostico Básico para la Gestión Integral de Residuos de 2020 (SEMARNAT, 2020), que correspondía al 32.87 % (redondeado al 33 % para mayor facilidad de la herramienta). El último escenario no incluyó el uso de ningún *proxy* o valor promedio de generación de RSI de fuentes “no domésticas”, si no que consideró únicamente la información reportada en los estudios de generación.

El empleo de más de un escenarios de evaluación se fundamentó en lo establecido por el Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica (INFCP) (Vázquez-Morillas et al., 2022), el cual señala que la consideración de distintos escenarios permite una aproximación más precisa a la situación particular de los residuos en la zona de estudio. En el caso específico de esta investigación, la incorporación de un tercer escenario posibilitó obtener una estimación más realista de la generación de RSI en el campus Mexicali, así como su distribución entre las diferentes fuentes identificadas.

- ***Configuración de las fuentes domésticas (Household settings)***

En este estudio, la configuración de las fuentes domésticas se adaptó al contexto institucional, considerándose como tales aquellas asociadas al consumo cotidiano de la comunidad universitaria (estudiantes, personal académico y administrativo), en lugar de los hogares residenciales tradicionales, por lo que en lo consecutivo serán llamadas fuentes domésticas institucionales o fuentes de uso cotidiano universitario, con el fin de reflejar con mayor precisión la dinámica de generación de residuos en el campus.

Con base en esta definición, se incorporaron los datos relativos a la población total del Campus Mexicali, así como su distribución por nivel socioeconómico. Para determinar el total, se consideró el número de estudiantes inscritos en programas de licenciatura y posgrado de todas las unidades académicas ubicadas en los campus Mexicali I y II, además de la Facultad de Ciencias Administrativas (FCA). Asimismo, se incluyó al personal

administrativo, académico, de mantenimiento y de servicios que labora en los campus y en la FCA. La información correspondiente a la comunidad estudiantil se obtuvo del registro de estadística poblacional de la universidad, mientras que los datos relativos al personal fueron proporcionados por la Coordinación General de Recursos Humanos. En ambos casos, la información utilizada correspondió al año 2023.

Para la población universitaria, el nivel socioeconómico se determinó tomando como referencia los datos publicados por la Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI) en 2022. La información proporcionada por la AMAI presenta resultados diferenciados según el número de habitantes en las ciudades, a nivel de entidad federativa y en las principales zonas metropolitanas de México, entre las cuales se incluye la ciudad de Mexicali. Con base en esta fuente, se establecieron los niveles socioeconómicos aplicables a la población del Campus Mexicali, lo que permitió adaptar la caracterización demográfica al contexto específico del estudio.

En este informe se divide a la población en diferentes categorías nombradas con letras; para propósitos de la herramienta WWC, en la que solo se consideran tres categorías de nivel socioeconómico (bajo, intermedio y alto), las categorías propuestas en el informe del AMAI se ajustaron como se observa en la Tabla 3.3. Este ajuste se basó en lo presentado en el INFCP (Vázquez-Morillas et al., 2022). Los porcentajes de la población universitaria que se agruparían en cada categoría de nivel socioeconómico se presentan en la Tabla 3.3. Es importante aclarar que, para este caso, el nivel socioeconómico intermedio corresponde a la integración de los estratos medios definidos por la AMAI, con el propósito de homologar la clasificación a la estructura simplificada de la herramienta WWC

Tabla 3.3 Equivalencia del Nivel Socioeconómico

NSE por zonas metropolitanas (AMAI 2022) – Mexicali		Categoría Equivalencia WWC	Equivalencia WWC (%)
E	4 %	<i>Bajo (Low)</i>	39
D	20 %		
D+	15 %		
C-	16 %	<i>Medio (Middle)</i>	53
C-	22 %		
C+	15 %		
A/B	9 %	<i>Alto (Upper)</i>	9

Fuente: Elaboración propia con datos de ((AMAI), 2021; Vázquez-Morillas et al., 2022)

La información contenida en la Tabla 3.3 indica que el 39 % de la población del campus Mexicali es perteneciente al nivel socioeconómicos *bajo*, mientras que el 53 % y 9 % de la población son pertenecientes a los niveles *medio* y *alto*, respectivamente.

Es importante señalar que la asignación de niveles socioeconómicos realizada previamente no puede considerarse como un valor de referencia absoluto de la situación económica de la comunidad universitaria. Esto se debe a que la población está conformada en su mayoría por estudiantes, quienes en gran proporción continúan siendo dependientes económicos de sus núcleos familiares. Además, no se dispone de información detallada sobre las

condiciones económicas de dichas familias, lo que impide establecer con precisión el nivel socioeconómico real de la comunidad universitaria.

- **Configuración de fuentes no domésticas (Non-household settings)**

En esta sección se identificaron los espacios del Campus Mexicali que se consideraron como fuentes de generación no domésticas. De acuerdo con la legislación nacional (LGPGIR, 2003) y el tipo de establecimiento que es la UABC (institución educativa), los residuos que se generan en sus instalaciones se consideran pertenecientes a la categoría de *no domésticos*, no obstante, para efectos de la evaluación con la herramienta WWC y bajo el supuesto metodológico de que el campus funciona como una ciudad, se estableció que para el caso de las fuentes *domésticas* se tomarían como referencia a aquellos residuos que son generados por la comunidad universitaria en las aulas y laboratorios (sin contar a los residuos peligrosos).

En el caso de los residuos *no domésticos* se identificaron diferentes espacios que podrían clasificarse como fuentes *no domesticas* de acuerdo con lo que se menciona en el manual de la herramienta WWC. Para algunas de estas actividades se buscó una equivalencia con las actividades y espacios con los que se cuenta en el campus Mexicali como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Equivalencias de RSI no domésticos

Generador WWC	Equivalencia para la UABC campus Mexicali	Unidades para determinar las tasas de generación	Fuente de información consultada
Restaurantes	Cafeterías dentro del campus	Número de mesas o sillas	Responsable de las cafeterías de la UABC
Oficinas	Edificios administrativos y zonas de cubículos del personal académico	Número de empleados o cantidad de metros cuadrados	Estimación de la superficie de los edificios destinados a actividades administrativas a través de Sistemas de Información Geográfica
Espacios públicos	Teatro universitario, biblioteca, áreas verdes, estacionamientos y zonas de recreación al aire libre	Cantidad de metros cuadrados	Estimación de la superficie de los espacios correspondientes a través de Sistemas de Información Geográfica
Hospitales*	Centro Universitario de Promoción y Atención a la Salud (CUPAS II)	Cantidad de camas	Responsable Ambiental de la Facultad de Enfermería

Fuente: Elaboración propia

*Aplicable solo al campus Mexicali II

Para la categoría de “hospitales”, en la que la unidad de referencia para determinar la tasa de generación de residuos corresponde al número de camas, se buscó establecer una equivalencia con la infraestructura del CUPAS II. Dado que este espacio funciona más como una enfermería escolar que como un hospital propiamente dicho, se definió como unidad de generación el aforo máximo de personas que pueden ser atendidas en sus instalaciones. Cabe señalar que existe otro CUPAS en el Campus Mexicali I, ubicado detrás de la Facultad de Ingeniería; sin embargo, este se encuentra cerrado desde hace varios semestres, por lo que no fue posible obtener un dato de generación de residuos asociado a dicho espacio

En el caso de las categorías “hoteles”, “estudiantes”, “supermercados” y “mercados” que se mencionan en el manual de la herramienta no se encontró una equivalencia directa con las actividades que se realizan en el campus Mexicali, no se identificó una equivalencia con las actividades que se en el Campus Mexicali. Por esta razón, se determinó no incorporar información en dichas secciones dentro del presente análisis.

Es importante mencionar que la categoría “estudiantes” no está relacionada con la comunidad estudiantil del campus Mexicali, ya que para esta investigación dicha comunidad se considera como la población general de la ciudad. Para esta categoría se consideró incluir a los estudiantes de los cursos ofertados por el Centro de Educación Continua del campus Mexicali II, sin embargo, para evitar duplicados con la población estudiantil (ya que un porcentaje de ellos toma cursos en dicho centro) y para evitar la interferencia de los estudiantes virtuales que se tienen, se decidió dejar fuera esta categoría.

- **Áreas de estudio (Survey areas)**

En esta última sección de la configuración de la herramienta se introdujeron las diferentes áreas de estudio correspondientes a las fuentes “domésticas”, es decir, las diferentes facultades que conforman los campus Mexicali I y II y la FCA. Para cumplir con las especificaciones de la herramienta se introdujeron tres áreas de estudio por cada facultad, una por cada nivel socioeconómico (bajo (*low*), un nivel medio (*middle*) y un nivel alto (*upper*)) (Figura 3.7).



Figura 3.7 Configuración de las áreas de estudio

La Vicerrectoría se consideró un área de estudio de fuentes “domésticas” debido a la población con la que cuenta, y a los datos de generación de residuos que se obtuvieron de esa zona a través del estudio de generación y caracterización de residuos. Finalmente, las áreas de estudio fueron:

- Facultad de Ingeniería (campus Mexicali I)
- Vicerrectoría (campus Mexicali I)
- Facultad de Arquitectura y Diseño (campus Mexicali I)
- Facultad de Derecho (campus Mexicali I)
- Instituto de Ingeniería (campus Mexicali I)
- Facultad de Artes (campus Mexicali II)
- Facultad de Deportes (campus Mexicali II)
- Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa (campus Mexicali II)
- Facultad de Ciencias Políticas (campus Mexicali II)
- Facultad de Idiomas (campus Mexicali II)
- Facultad de Ciencias Administrativas

3.2.2. CÁLCULO DE LA GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

En esta sección de la herramienta se incorporaron los datos generales de las áreas de estudio, incluyendo la población y la generación de residuos provenientes de fuentes domésticas e institucionales no domésticas.

- ***Generación y composición de fuentes “domésticas”***

Para cada área de estudio (facultades del campus Mexicali) se creó un vecindario (*household*) al que se le asignaron datos como la dirección y la cantidad de residentes por nivel socioeconómico. La cantidad de vecindarios por área de estudio dependió de la cantidad de zonas de esta área en las que se realizaron estudios de generación y composición de residuos.

En el caso de la generación, de acuerdo con el manual de la herramienta se debe colocar la generación diaria de residuos (en kg/d) de ocho días de muestreo (descartando el primer día) (Figura 3.8). A partir de estos datos y de la cantidad de residentes por nivel socioeconómico se pudo obtener la generación per cápita de residuos para cada área de estudio.

Figura 3.8 Configuración de la generación de residuos por área de estudio

Es importante mencionar que los datos de generación se reportaron para cada facultad sin hacer distinción del nivel socioeconómico o diferentes áreas de estudio, por lo que esta información se ajustó para introducirse a la herramienta. La generación diaria se obtuvo de lo reportado en los estudios de generación de los campus Mexicali I y II y de la FCA. Como se mencionó anteriormente, para este tipo de fuentes solo se consideró la generación en salones y laboratorios (para las facultades que aplicaba).

El primer ajuste fue dividir la generación total de cada área de estudio (facultad) entre tres, debido a que se tenían tres áreas de estudio (una por cada nivel socioeconómico), de esta manera no se sobreestimó la cantidad de residuos generada.

Como se identificó que las generaciones de residuos eran valores menores a una tonelada diaria y debido a la configuración de la herramienta (que muestra solo valores mayores a una tonelada), se determinó que para poder visualizar la información en el diagrama final se tenía que aplicar un factor por el que multiplicar las generaciones de manera que se pudiera ampliar la magnitud de los valores para ser representados por la herramienta. El factor elegido fue multiplicar por 100 todos los valores de generación de fuentes “domésticas”.

Una vez que se introdujo la información relacionada con la generación, ésta se validó para que la herramienta pudiera considerarla parte de la generación total de la ciudad (campus Mexicali). Adicionalmente, para cada área de estudio se introdujo la información relacionada con la composición de residuos de acuerdo con diferentes categorías consideradas en la herramienta; algunas de estas categorías se presentaban de igual manera en la información proporcionada en los estudios de generación y composición de residuos, sin embargo, para algunas otras categorías de la herramienta fue necesario agrupar o ajustar algunos datos como se muestra en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Ajustes en la composición de residuos

Lugar de estudio	Categorías WWC	Categorías estudios de generación
Campus Mexicali I y II	Residuos orgánicos de alimentos	Residuos orgánicos
	Residuos de poda y jardín	Residuos orgánicos
	Papel y cartón	Papel Cartón
	Película plástica	Bolsas (acarreos, rectas, dulces, alimentos)
	Plásticos rígidos	PET Otros plásticos Envases de alimentos (vasos, popotes, cucharas)
	Metales	Latas de aluminio Otros metales
	Vidrio	Vidrio
	Textiles y zapatos	Textiles
	Madera	Madera
	Residuos especiales	Electrónicos Potencialmente peligrosos
	Materiales compuestos	No Aplica
	Otros	Bolsas metalizadas Unicel Residuos sanitarios (servilletas y papel higiénico) Otros residuos
Facultad de Ciencias Administrativas	Residuos orgánicos de alimentos	Residuos orgánicos
	Residuos de poda y jardín	No Aplica
	Papel y cartón	Cartón Papel bond
	Película plástica	No Aplica
	Plásticos rígidos	Plásticos
	Metales	Latas de aluminio Hojalata
	Vidrio	Vidrio
	Textiles y zapatos	Textiles
	Madera	Madera
	Residuos especiales	Residuos electrónicos Colillas Peligrosos
	Materiales compuestos	Envases de cartón encerado Tetrapak
	Otros	Papel aluminio Material de construcción Bolsas metalizadas Residuos sanitarios Residuo fino Líquidos

A diferencia de la generación de residuos, la composición era la misma para todos los vecindarios de cada área de estudio, es decir, solo se introdujo la composición de residuos una vez para cada área de estudio (Figura 3.9).

Enter average quantity for each type of waste:		
Kitchen/canteen	3.34	kg
Garden/park	3.36	kg
Paper/cardboard	3.65	kg
Plastic film	0.55	kg
Plastics dense	5.41	kg
Metals	0.54	kg
Glass	0.86	kg
Textiles/shoes	0.05	kg
Wood (processed)	0.11	kg
Special wastes	0.44	kg
Composite products	0	kg
Other	10.16	kg

Figura 3.9. Configuración de la composición de residuos en las áreas de estudio

- **Generación de residuos de fuentes “no domésticas”**

Para esta sección de la herramienta se introdujeron los datos relacionados con las fuentes “no domésticas” previamente identificadas. A cada área de estudio se le asignó información relacionada con la generación de residuos en “restaurantes”, “oficinas” y “espacios públicos” (Figura 3.10).

Survey Area		Premises Type
Facultad de Arquitectura y	Restaurant	

Name	MSW quantity	Valid
Cafetería	1.51 t/d	☒

Figura 3.10. Configuración de los datos de las fuentes "no domésticas"

Para cada tipo de fuentes “no domésticas” de generación de residuos se pueden agregar varias ubicaciones generadoras; ejemplificando, en caso de que la Facultad de Arquitectura

y Diseño tuviera varias cafeterías y/o puntos de venta de alimentos y de todos se conociera su generación de residuos se podrían agregar todos ellos haciendo la distinción del nombre del establecimiento, su dirección y/o ubicación, información de contacto, cantidad de sillas disponibles y la cantidad de residuos generados por día. Como analogía, se tiene la diversidad de restaurantes que hay dentro de una ciudad.

Para esta investigación, como se contaba con información general de la generación de residuos de fuentes “no domésticas”, es decir, para cada uno de los campus y la FCA y no de manera específica para cada facultad, se realizaron algunas adecuaciones para introducir la información a la herramienta.

Primero se agruparon las fuentes de generación reportadas en los estudios de generación que no correspondían a salones o laboratorios y que correspondían a generación de fuentes “no domésticas”. En el caso de las cafeterías, para cada campus y la FCA se reportó la generación para dicho espacio, es decir, había una cafetería para todas las áreas de estudio agrupadas dentro del campus Mexicali I, otra cafetería para todas las áreas de estudio del campus Mexicali II y una cafetería para la FCA.

Considerando que las cafeterías de los campus Mexicali I y II ofrecen servicio a toda la comunidad universitaria de dichos campus, se decidió que para no adjuntar la generación de dichas cafeterías a un área de estudio en específico (facultad), la generación se dividirá entre la cantidad de áreas de estudio de cada campus, es decir, la generación reportada para la cafetería del campus Mexicali I se dividió entre cinco áreas de estudio (Facultad de Arquitectura y Diseño, Vicerrectoría, Facultad de Ingeniería, Facultad de Derecho e Instituto de Ingeniería). Esta división también aplicó para la cantidad de sillas de la cafetería. En resumen, la información se ajustó de tal manera que la herramienta interpretará que cada área de estudio tenía su propia cafetería o “restaurante”.

Una vez establecido el ajuste anterior, la generación de residuos provenientes de la cafetería para cada área de estudio de nuevo se dividió entre tres, para cada nivel socioeconómico. Todo lo anterior también se aplicó a la generación de residuos de la cafetería del campus Mexicali II, en el que también se tenían cinco áreas de estudio (Facultad de Artes, Facultad de Idiomas, Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, Facultad de Deportes y Facultad de Ciencias Políticas y Sociales). Finalmente, para la FCA no fue necesario dividir la generación para cada área de estudio, solo se realizó la división de la generación total de la cafetería para cada nivel socioeconómico.

En el caso de los residuos generados en oficinas se tomaron los resultados de generación asociados a este tipo de zonas para cada campus y la FCA como se muestra en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Zonas de generación de residuos ajustados para la categoría “oficinas” para cada área de estudio

Campus Mexicali I	Campus Mexicali II	Facultad de Ciencias Administrativas
Mantenimiento	Residuos de construcción* Servicios administrativos Taller de mantenimiento I Taller de mantenimiento II Taller de plomería Vicerrectoría*	Oficinas

* Los residuos de construcción cumplían las características de RSI

**La generación de Vicerrectoría en el campus Mexicali II podría estar relacionada a un error en la disposición de los residuos en los centros de acopio de cada uno de los campus.

Es importante aclarar que, aunque la Vicerrectoría es un área del campus compuesta completamente por oficinas o espacios administrativos, su generación no se tomó en cuenta como fuente “no doméstica” debido a que anteriormente se consideró como un área de estudio, es decir, con generación de residuos proveniente principalmente de fuentes “domésticas”.

Una vez que se agrupó la generación de las áreas mencionadas anteriormente, se realizó un ajuste de información similar al de la categoría “restaurantes”. En este ajuste se dividió la generación total para esta categoría entre las diferentes áreas de estudio de cada campus, de manera que la herramienta reconociera una generación de residuos de oficinas para cada área de estudio. En el caso de este tipo de fuente “no doméstica” como la unidad para determinar la tasa de generación de residuos eran los metros cuadrados de estos espacios (oficinas), se dividió también la cantidad total de metros cuadrados destinados a este tipo de espacios en cada campus y que previamente se calculó a través de Sistemas de Información Geográfica.

Aunque cada facultad cuenta con información específica relacionada para este tipo de espacios, se decidió seguir con la línea de equidad de la división de la generación de residuos en cafeterías, aunque pudieran subestimarse o sobrestimarse la cantidad de metros cuadrados reales, esto con el propósito de obtener resultados lo más uniformes posibles, ya que, en la herramienta, una mayor o menor cantidad de metros cuadrados podría incrementar o disminuir la cantidad de residuos generados. Como en el caso de los “restaurantes” la generación ajustada se dividió en tres para cada nivel socioeconómico en las áreas de estudio.

Por último, en el caso de la categoría “espacios públicos”, se tomaron los resultados de generación asociados a este tipo de zonas para cada campus y la FCA como se muestra en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Zonas de generación de residuos ajustados para la categoría “espacios públicos” para cada área de estudio

Campus Mexicali I	Campus Mexicali II	Facultad de Ciencias Administrativas
Zona desconocida Jardines/áreas verdes Biblioteca Teatro universitario Parada de autobús	Avenida Zona desconocida	Áreas comunes Biblioteca

Una vez que se agrupó la generación de las áreas mencionadas anteriormente, se realizó un ajuste de información igual al de la categoría “oficinas”. En este ajuste se dividió la generación total para esta categoría entre las diferentes áreas de estudio de cada campus, de manera que la herramienta reconociera una generación de residuos de espacios públicos para cada área de estudio. En el caso de este tipo de fuente “no doméstica” como la unidad para determinar la tasa de generación de residuos eran los metros cuadrados de estos espacios, se dividió también la cantidad total de metros cuadrados destinados a este tipo de espacios en cada campus y que previamente se calculó a través de Sistemas de Información Geográfica.

En el caso de los hospitales, solo se consideró la información reportada para el CUPAS II que se encuentra en el campus Mexicali II. A diferencia de las categorías anteriores, para esta categoría no se dividió la generación total entre todas las áreas de estudio, si no que se asoció directamente a la Facultad de Idiomas debido a la cercanía que hay entre ellas, y únicamente se realizó la división de la generación entre los niveles socioeconómicos de la zona de estudio.

Como en el caso de la generación de residuos de fuentes “domésticas”, para la generación de todas las fuentes “no domésticas” fue necesario aplicar el factor $\times 100$ para poder visualizar la generación en el diagrama final, así como validar la información para que la herramienta la utilizara en los cálculos correspondientes.

3.2.3 EVALUACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE DISPOSICIÓN FINAL

Una gestión de residuos adecuada no solo considera la disposición de los residuos generados, sino también que esta disposición se realice en condiciones óptimas y controladas que garanticen el menor impacto ambiental posible. En este sentido, la herramienta WWC identifica la cantidad de residuos que son enviados a sitios de disposición final y la cantidad de ellos que se disponen o confinan en instalaciones controladas que cumplen con lo establecido en la legislación y normativa nacional para este tipo de sitios. La cantidad de residuos confinados está relacionada con el indicador 11.6.1 de los ODS (Proporción de residuos sólidos municipales recogidos y administrados en instalaciones controladas con respecto al total de residuos municipales generados).

En esta sección de la herramienta se proporcionaron datos relacionados con el nombre del sitio de disposición final al que son enviados los residuos no aprovechables generados en el campus Mexicali, la dirección, el tipo de instalación, el control y los días de operación.

De acuerdo con la información proporcionada por la CPGA, los residuos del campus Mexicali son enviados al Relleno Sanitario Municipal ubicado en el ejido de Hipólito Rentería. Debido a las características de este sitio, se determinó que era un relleno sanitario y que no había control en las instalaciones (Figura 3.11). El control se determinó a través de un árbol de decisión proporcionado por el manual de la herramienta WWC en el que se mencionan cinco niveles de control de las instalaciones (sin control, limitado, básico, intermedio, control completo) que se van asignando, dependiendo de la infraestructura, equipamiento y condiciones con las que cuente el sitio como: geomembrana, bascula, vigilancia 24 al día, 7 días a la semana, sistema de salida de biogás, celdas establecidas, plan de cierre, entre otros.

Figura 3.11 Configuración de las instalaciones de disposición final

Para identificar qué características tenía el relleno sanitario del ejido Hipólito Rentería se realizó una búsqueda en los anexos del Diagnóstico Básico de Gestión de Residuos de México (SEMARNAT, 2020), en el que se mencionan los diferentes rellenos sanitarios o tiraderos a cielo abierto que hay en las diferentes entidades del país y las características de infraestructura con las que cuentan. En el caso de este relleno al no contar con ningún tipo de infraestructura y solo contar con tres parámetros de operación: control de acceso, control de admisión de residuos y compactación y cubrimiento, de acuerdo con el árbol de decisión de la herramienta WWC, no hay control en este relleno sanitario.

En la cantidad de días de operación del sitio, se asumió que el sitio trabaja todo el año. Incluso si el campus Mexicali no tiene actividades diario, para esta investigación se asumió que habría actividades en ambos puntos (campus Mexicali y relleno sanitario) todo el año.

ya que en el contexto real de una ciudad las actividades no se detienen debido a factores como periodos vacacionales o fines de semana.

Es importante mencionar que aunque el relleno sanitario del municipio de Mexicali recibe residuos no solo del campus sino también de gran parte del municipio, para evitar sobreestimaciones en estos valores o interferencia de valores externos y completamente ajenos al campus Mexicali, se decidió manejar la generación y disposición como un sistema cerrado, es decir, todo lo que se genera en el campus Mexicali y que no es recuperado a través de reciclaje o compostaje, es directamente dispuesto en relleno sanitario. Esto implica que el sistema no debería tener fugas (algo relativamente posible en el campus Mexicali debido al control que se tiene del sistema). Considerando esto, la cantidad de residuos tanto de fuentes *domesticas* como *no domesticas* que se envió a disposición final fue la misma cantidad de residuos generados reportados en los estudios de generación y caracterización de residuos.

Como en el caso de la generación de residuos de fuentes *domésticas* y *no domésticas*, se dividió la cantidad de residuos recibidos en el relleno sanitario en tres áreas de estudio, una por cada nivel socioeconómico, es decir, a cada relleno se le asignó un tercio de la generación total de residuos. Aunque en teoría en el contexto de una ciudad real todos los residuos de una ciudad sin importar el nivel socioeconómico de los generadores podrían ser enviados al mismo relleno sanitario, la herramienta muestra limitaciones al solo establecer un relleno sanitario para todos los niveles socioeconómicos, por lo que para evitar un sesgo aún mayor se prefirió establecer un relleno sanitario por cada nivel socioeconómico.

Dentro de la información adicional que solicita la herramienta respecto al relleno sanitario se encuentra: el porcentaje de residuos que son recolectados de manera informal, la cantidad promedio de recuperadores urbanos activos que trabajan diariamente en el relleno sanitario segregando residuos susceptibles a valorización, la cantidad promedio de residuos valorizables recuperados al día por cada recuperador urbano, la cantidad de ellos pertenecientes al género masculino y femenino y el porcentaje de ellos que son menores de 18 años.

Para toda la información adicional anterior se decidió dejar las casillas en blanco debido a que no se contaba con información suficiente de fuentes confiables al respecto. La ausencia de esta información no causa interferencias en el cálculo de los indicadores de la gestión de residuos para la ciudad, sin embargo, es de gran utilidad para las estadísticas del Programa de Naciones Unidas por el Medio Ambiente una vez que la información es validada y se comparte con ellos.

Respecto a la última pestaña relacionada con la composición de los residuos enviados al relleno sanitario, se colocó para cada relleno sanitario la composición promedio de la generación de las tres zonas principales de estudio (campus Mexicali I, Mexicali II y Facultad de Ciencias Administrativas). Es decir, las composiciones de los diferentes tipos de residuos se promediaron para obtener una composición general que se colocaría como la composición de residuos dispuestos en relleno sanitario.

Como en la generación y composición, los valores se multiplicaron por el factor $\times 100$ para poder visualizar las cantidades en el diagrama de flujo final de la herramienta.

- **Evaluación de las instalaciones de recuperación**

En esta última sección de la herramienta se evaluó la cantidad de residuos susceptibles a valorización que son realmente transformados a través de algún proceso como el reciclaje, así como la cantidad de ellos que se recuperan en instalaciones controladas, es decir, que cumplen con todas o con gran mayoría de las características de infraestructura y legislación nacional para operar y transformar los residuos de manera responsable.

En la primera sección de esta pestaña de la herramienta se debe agregar información relacionada con el nombre o nombres de las instalaciones de recuperación a las que son enviadas los residuos, su dirección, datos de contacto, el nivel de control, el tipo de instalación que es, la capacidad, entre otros (Figura 3.12).

The screenshot shows a software interface for configuring recovery facilities. The 'Recovery facilities' window is open, displaying a list of facilities. The first facility, '1 Recuperación total', is selected. The 'Facility details' tab is active, showing the following information:

- Facility name:** Recuperación total
- ID:** 1
- Address:** Mexicali
- Contact:** (empty field)
- Email:** (empty field)
- Telephone:** (empty field)
- Type:** Apex Trader
- Market share %:** 0%
- Formal operation (operation with approval of municipality e.g. with permit / licence):** ☒
- Percentage of waste received from informal collection chain:** 0%
- Percentage of material received that is rejected or becomes residues:** 10%

A 'Mass balance check (outputs + residues should equal inputs)' table is also displayed:

Mass balance check (outputs + residues should equal inputs)			
	Inputs	Outputs	Residues/Rejects
Total	1.78	1.602	0.178
Cty	1.78	1.602	0.178

Buttons at the bottom include 'Clear form', 'Add new facility', 'Save', 'Delete', and 'Close'.

Figura 3.12 Configuración de las instalaciones de recuperación

En el campus Mexicali hay diferentes corrientes de residuos que envían a recuperación, sin embargo, se desconoce el nombre y ubicación de las instalaciones en las que son procesados ya que los residuos son recolectados por prestadores de servicios externos que fungen como intermediarios que recolectan los residuos recuperables de las instalaciones de la UABC y de otras instalaciones y posteriormente los traslada a instalaciones dónde son recuperados apropiadamente, por lo que se desconoce el nombre de las instalaciones y si todos los residuos generados en el campus Mexicali son recuperados en la misma instalación o si en algún momento son divididos.

Considerando lo anterior, se asumió de nuevo un sistema cerrado en el que el campus Mexicali envía a reciclar todos los residuos previamente segregados adecuadamente a la misma instalación de recuperación, sin pérdidas ni fugas. Por lo que a la instalación se le

llamo “recuperación total”, con una ubicación en el municipio de Mexicali y un control catalogado como “*improved*” (mejorado). A diferencia del relleno sanitario en el que fue posible identificar el nivel de control de la instalación a través del árbol de decisión del manual de la herramienta WWC, para la instalación de recuperación fue más complicado debido a que no se conocen las instalaciones de recuperación a las que son enviados los residuos y por lo tanto, no se conocen las condiciones de dichas instalaciones, así que se consideró un nivel de control relativamente alto tomando como referencia que en las instalaciones de recuperación debe haber un control significativo para poder operar sin inconveniente (Vázquez-Morillas et al., 2022).

Respecto al tipo de instalación, debido a las definiciones del manual de la herramienta WWC, se decidió que la instalación fuera de tipo *Apex Trader* (comerciantes de segundo nivel), esta categoría se refiere a “componente de la cadena de valor de reciclaje de residuos sólidos, especialmente en sistemas informales, que actúan como intermediarios que recolectan, clasifican y procesan materiales reciclables de comerciantes intermedios y recicladores antes de suministrarlos a recicladores o procesadores de final de la cadena” (ONU, 2021).

También se registró información relacionada con el porcentaje de residuos que se comparten dentro del mercado de la transformación y el porcentaje de residuos que son recibidos de fuentes informales de recuperación (como recuperadores urbanos). En ambos casos, debido a falta de información de fuentes confiables y con el propósito de evitar proporcionar información falsa o con falta de validez, se optó por dejar vacías las respectivas casillas.

La última información solicitada fue referente al porcentaje de residuos que son rechazados en las instalaciones de recuperación debido a que no cumplen con las especificaciones para ser transformados. Como al inicio de la herramienta, se mantuvo el porcentaje recomendado por la misma (10 %). Esto significa que 10% de los residuos segregados en el campus Mexicali susceptibles a transformación serán enviados a disposición final por estar contaminados o no cumplir con las condiciones necesarias para su procesamiento.

Por último, en la pestaña relacionada con las “salidas” se introdujo la información relacionada con cada tipo de residuo recuperado en las instalaciones del campus Mexicali, entre los que se encuentran: papel, cartón, PET, metales y otros residuos como cartuchos de tinta. Para cada salida se agregó el tipo de material que era, la fuente de los materiales (asociado a *apex trader*), la institución fuente de recuperación (relacionada con “recuperación total”), la ciudad de procedencia (el campus Mexicali) y la cantidad diaria enviada a valorización (Figura 3.13).

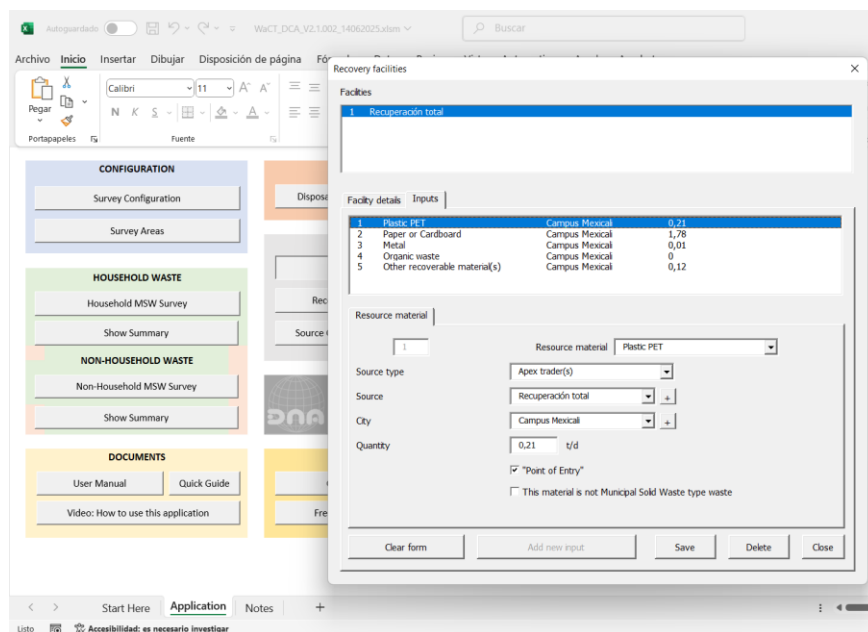


Figura 3.13 Información de residuos recuperados del campus Mexicali

Respecto a lo reportado por la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental, aunque diariamente se segregan residuos para su valorización, las recolecciones por prestadores de servicios externos para su recuperación no son periódicas y pueden pasar varios meses entre una y otra o pueden llegar a ocurrir varias dentro de tiempos relativamente cortos, además de que estas recolecciones se ven afectadas o influenciadas por los periodos vacacionales, especialmente de verano e invierno.

Con el propósito de tener datos más uniformes, se solicitó a la CPGA la cantidad total de residuos de cada fracción enviados a reciclaje en el periodo 2023 para el campus Mexicali I, el campus Mexicali II y la FCA. Dichas cantidades se dividieron entre 365 días, suponiendo (de la misma manera que en la disposición final), que todos los días hay reciclaje de los residuos universitarios.

Otra adecuación que se hizo fue juntar los residuos de papel y cartón en una misma categoría ya que así es como lo establece la herramienta. La agrupación se realizó debido a que en el campus Mexicali estas corrientes se mantienen separadas. Dentro de la categoría metales se consideraron: aluminio, hojalata, lamina y fierro, que son los materiales que de acuerdo con la información de la CPGA se recuperan en las instalaciones del campus Mexicali.

Como en el caso de la generación y la disposición final, a las cantidades de residuos recuperados se les aplicó el factor $\times 100$ para poder visualizar las cantidades de la tasa de recuperación de acuerdo con el indicador 12 de los ODS (Consumo y producción responsables). Una vez introducidos todos los datos a la herramienta de Excel, ésta realizó los cálculos correspondientes para determinar los valores asociados a la gestión de residuos del campus Mexicali.

3.3 ELABORACIÓN DE ESTRATEGIAS

Para la última etapa de la metodología se elaboraron estrategias que permitirán que el programa institucional “Cero Residuos” optimice sus procesos e incremente las cantidades de residuos separados y recuperados adecuadamente. Las áreas de oportunidad se clasificaron en cinco ejes: prevención y reducción en la fuente, fortalecimiento de la separación y clasificación, recolección y almacenamiento temporal, valorización y disposición final y gobernanza y seguimiento.

El diseño de las estrategias no solo se basó en los resultados de la herramienta Wise Waste Cities, sino que también involucró la participación de la comunidad universitaria a través de su perspectiva y conocimientos como usuarios principales del programa (Figura 3.14).

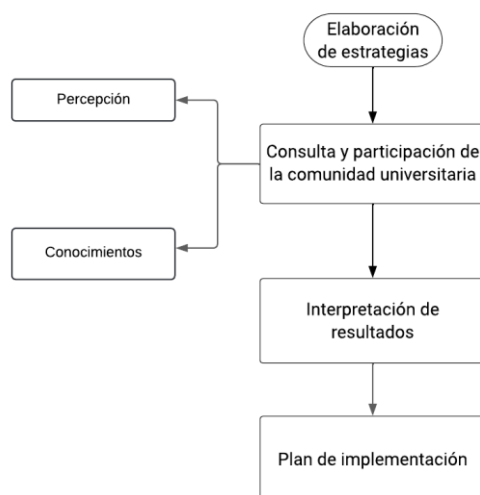


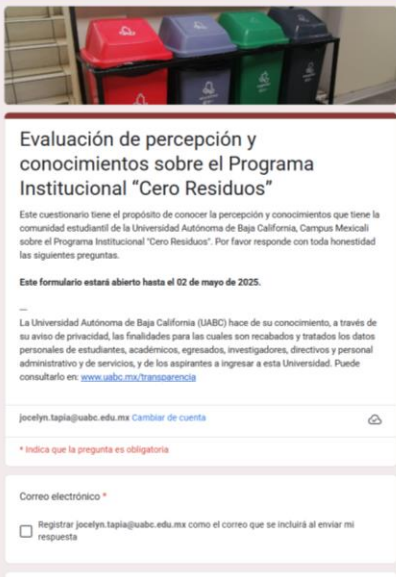
Figura 3.14. Diagrama de flujo de la etapa “Elaboración de estrategias”

3.3.1 CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA

Considerando que gran parte del éxito del Programa Institucional “Cero Residuos” depende de la participación de sus usuarios, se involucró a la comunidad estudiantil a través de una encuesta masiva de percepción y conocimientos sobre el programa. Previo a esta encuesta se realizó una versión piloto que sirvió como referencia para identificar áreas de oportunidad en la encuesta final.

La encuesta piloto se distribuyó en el período 2024-2 a través de un formulario de Google y constó de 15 preguntas de tipo opción múltiple, dicotómicas y abiertas (Anexo A) que estaban divididas en dos secciones (conocimiento y percepción). El objetivo de la encuesta fue determinar que tanto conocía la comunidad universitaria sobre la gestión de residuos en la UABC y como percibía la implementación y desarrollo del programa institucional “Cero Residuos”.

La encuesta masiva final se distribuyó (a través de un formulario de Google) en el periodo 2025-1 y fue dirigida a toda la comunidad estudiantil de todo el campus Mexicali (incluyendo campus central y unidades académicas periféricas) (Figura 3.15).



The image shows a preview of a Google Form titled "Evaluación de percepción y conocimientos sobre el Programa Institucional 'Cero Residuos'". At the top, there is a header image showing several recycling bins in red, blue, and green. The form text explains its purpose: to assess the perception and knowledge of the student community regarding the "Cero Residuos" program. It states that the survey is open until May 2, 2025. A privacy notice from the Universidad Autónoma de Baja California (UABC) is included, mentioning that data is collected for administrative and service purposes. At the bottom, there is a field for an email address with the placeholder "jocelyn.tapia@uabc.edu.mx" and a "Cambiar de cuenta" link. A note indicates that red asterisks mark mandatory questions. There is also a checkbox option to register the email as the sender of the response.

Figura 3.15. Vista previa del cuestionario de evaluación y percepción de conocimientos

Las respuestas de la comunidad universitaria permitieron evaluar dos aspectos importantes: conocimiento y percepción. Respecto al primero, se pudo determinar si la comunidad conocía que tipos de residuos se separaban en la UABC y como realizar la separación adecuada, así como si conocía la ubicación de las estaciones de separación y los beneficios del Programa Institucional "Cero Residuos". En cuanto a la percepción, se pudo identificar si los estudiantes perciben que la gestión de residuos es efectiva y está bien implementada.

3.3.2 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Tomando como referencia la evaluación de la herramienta WWC y las respuestas de la comunidad universitaria, se desarrollaron diferentes estrategias que buscan que el Programa Institucional "Cero Residuos" alcance sus objetivos y que la universidad cuente con metas cuantificables y alcanzables en materia de gestión de residuos.

Estas estrategias también se basaron en programas o acciones desarrolladas en otras instituciones de educación superior que han logrado mejorar la gestión de residuos en sus instalaciones.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados divididos en tres secciones: la evaluación del funcionamiento del Programa Institucional “Cero Residuos” a través de la herramienta Waste Wise Cities y los indicadores 11, 12 y 14 de los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), los resultados de la encuesta de percepción y conocimiento del programa a la comunidad universitaria; y las estrategias que permitan mejorarlo.

4.1. ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS EN EL CAMPUS MEXICALI

En esta sección se presentan los resultados de la herramienta WWC sobre la generación y gestión de RSI en el campus Mexicali. Se analiza la generación total de residuos, su distribución por fuentes (domésticas y no domésticas), la generación per cápita y los indicadores clave referentes a los ODS, como el porcentaje de recuperación de residuos, el desperdicio de alimentos y la cantidad de residuos gestionados en instalaciones controladas.

Como se mencionó en el capítulo tres (Metodología), para evaluar la gestión de residuos en el campus Mexicali se consideraron tres escenarios: en el primero se utilizó el *proxy* de residuos de fuentes “no domésticas” establecido por defecto en la herramienta (que corresponde al 30 % del total de los residuos generados), en el segundo se usó un *proxy* de residuos de fuentes “no domésticas” establecido a través de un valor regional (que corresponde al 33 % para la región Noroeste, y el último escenario, en el que solamente se utilizaron las cantidades de generación y caracterización del campus Mexicali sin *proxy*. El uso de estos proxys influye en la mayoría de los resultados obtenidos en la herramienta, por lo que al presentar los resultados se hará la distinción entre los escenarios y se analizarán las diferencias entre ellos.

4.1.1. GENERACIÓN DE RESIDUOS

A través de la herramienta WWC se obtuvieron la generación total de residuos y la generación per cápita del campus Mexicali. Para el primer escenario, la generación total de residuos fue de 0.88 t/día, de las cuales, el 30 % (0.27 t/d) correspondían a residuos generados en fuentes “no domésticas” (Figura 4.1), mientras que la generación per cápita, resultó en un 0.047 kg/usuario/d (47 gramos de residuos generados por usuario al día).

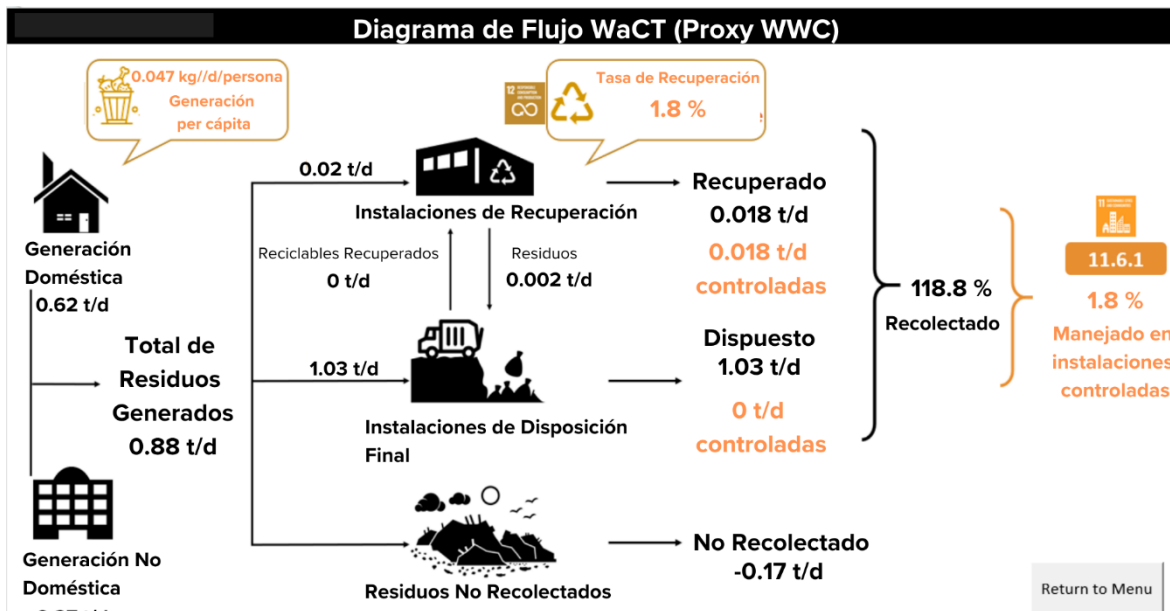


Figura 4.1. Diagrama de flujo de la herramienta WWC para el escenario 1

Para el segundo escenario, la generación total de residuos fue de 0.92 t/d, de las cuales, 0.3 t/d se generaron en fuentes no “domésticas” (Figura 4.2). Por último, la generación per cápita fue de 0.049 kg/usuario/d (49 gramos de residuos generados por usuario al día).

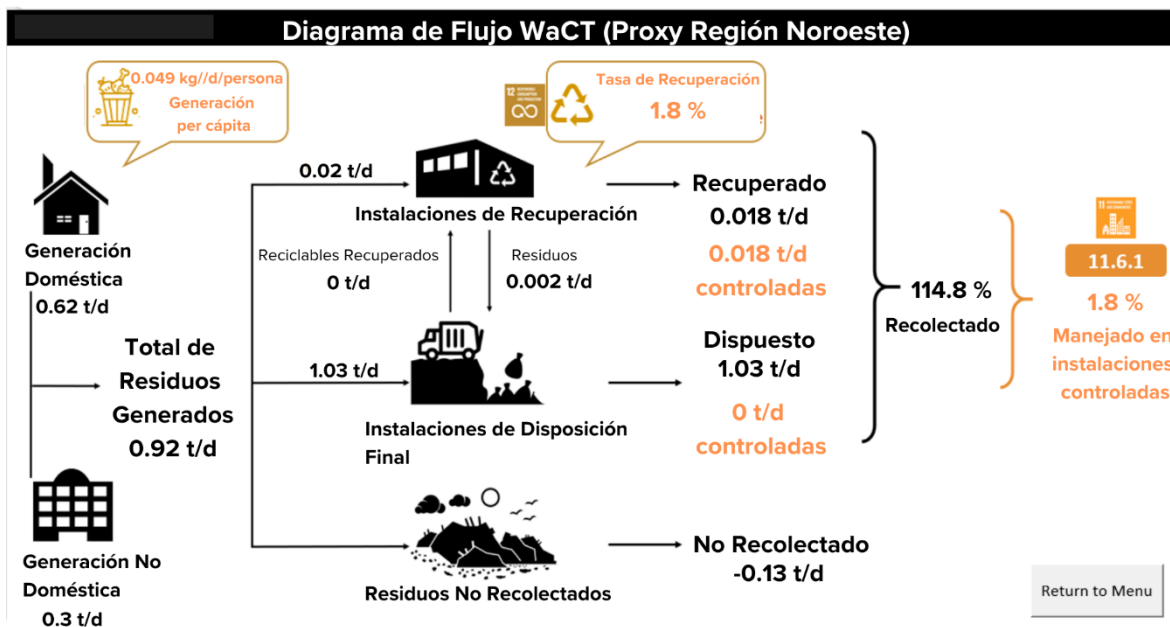


Figura 4.2. Diagrama de flujo de la herramienta WWC para el escenario 2

Por último, para el tercer escenario, la generación total de residuos fue de 1.03 t/d, de las cuales, 0.41 t/d se generaron en fuentes no “domésticas” (Figura 4.3). Finalmente, la generación per cápita fue de 0.057 kg/usuario/d (57 gramos generados por usuario al día).

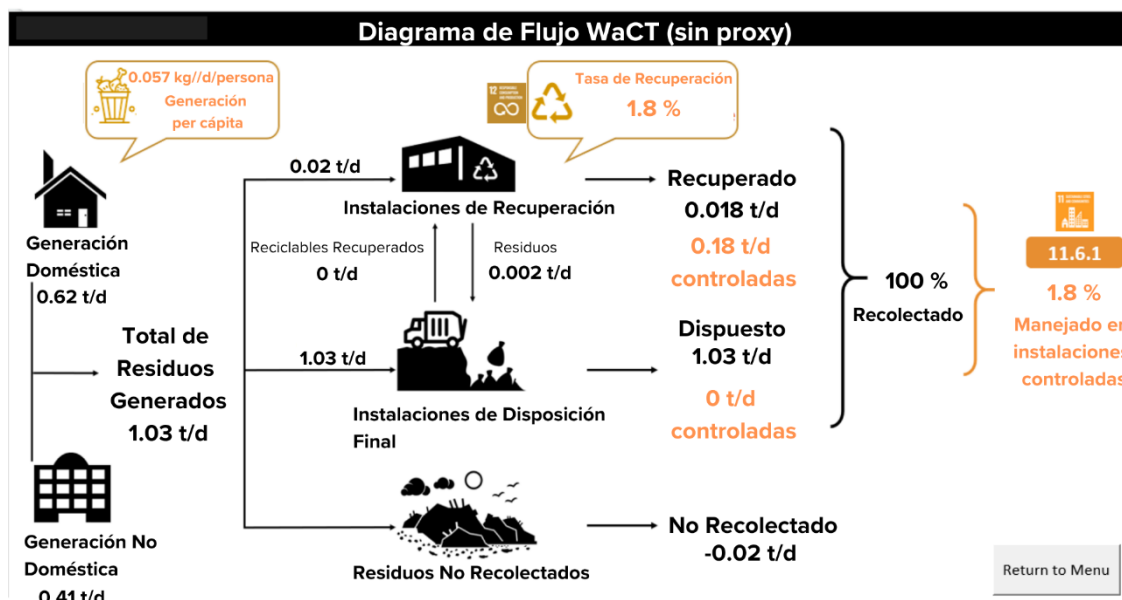


Figura 4.3. Proporción de los residuos *domésticos* y *no domésticos* para el escenario 3

En el tercer escenario se pudo observar que la generación de residuos provenientes de fuentes “no domésticas” fue de alrededor del 40 % de la generación total de residuos, es decir, en el caso del campus Mexicali, su generación para este tipo de fuentes es más alta que el valor promedio reportado para una ciudad y el valor promedio correspondiente a la región Noroeste de México.

Para los dos primeros escenarios se pudo observar que el uso de un *proxy* limitó la generación de residuos de fuentes “no domésticas” y por consiguiente disminuyó la cantidad total de residuos generados en el campus Mexicali. Lo anterior explica porque en ambos casos se presenta una “sobre recolección de residuos”, ya que lo que se estaba generando era menor que lo que se estaba enviando a disposición final. Es decir, para los tres escenarios, la cantidad de residuos enviados a disposición final era de 1.03 t/d, sin embargo, en el primer escenario solo se generaron 0.88 t/d, mientras que en el segundo se generaron 0.92 t/d.

Con base en lo anterior, en el contexto de la UABC y posiblemente de cualquier otra institución de educación superior, el uso de un valor promedio de generación de residuos de fuentes “no domiciliarias” no sea lo más adecuado para obtener la generación de residuos total. Esto se podría explicar considerando que en el campus Mexicali no se tienen los mismos hábitos de consumo y desecho que se tienen en una casa habitación, además de que la comunidad universitaria pasa más tiempo en otro tipo de instalaciones como

espacios comunes (cafeterías, áreas verdes, biblioteca, áreas de estudio, entre otros), siendo estos los que mayor generación de residuos presentan a comparación de espacios administrativos, laboratorios, gimnasios o centros de idiomas (Ugwu et al., 2020).

Algo que también influye en la generación de residuos en espacios abiertos como áreas verdes podría ser la presencia de visitantes externos a la UABC, ya que debido a la ubicación de los jardines de la Vicerrectoría y a que se encuentran abiertos a la comunidad de Mexicali, éstos visitantes podrían generar residuos dentro de las instalaciones, lo que contribuiría activamente a la generación de residuos de fuentes “no domésticas”.

Otro inconveniente que se tiene para los primeros escenarios es que consideran que los residuos provenientes de fuentes “no domésticas” son generados en diferentes espacios como hoteles, hospitales, espacios públicos, restaurantes, oficinas, supermercados, mercados, entre otros; dichos espacios no se encuentran en su totalidad en el campus Mexicali, ya que aunque éste posee varias características para ser evaluado como una ciudad pequeña, los espacios equivalentes de fuentes “no domésticas” no compensan por completo la generación que se suele tener en este tipo de espacios en el contexto de una ciudad real.

Aunque se trabajaron tres escenarios distintos para evaluar la gestión de residuos del campus Mexicali, para propósitos del análisis de resultados y la comparación con otras universidades, se utilizarán los resultados del escenario tres, que muestra la situación real del campus Mexicali.

La generación y per cápita de residuos en el campus Mexicali I presenta valores similares a lo reportado en otras instituciones de educación superior, e incluso se asemeja a lo reportado por (Armijo et al., 2008), quienes evaluaron la generación y caracterización de residuos en el campus Mexicali en 2008. En la Tabla 4.1, se presentan diferentes valores de generación de residuos en instituciones de educación superior.

Tabla 4.1 Generación de residuos en instituciones de educación superior

Universidad	Generación	Per cápita	Referencia
Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ)	839.5 kg/semana	91.5 g/usuario/d	(Estupiñán-Véliz et al., 2022)
Campus Mexicali I, UABC	1,000 kg/d	46.6 g/usuario/d	(Armijo et al., 2008)
Universidad Iberoamericana (IBERO) en México	3,300 kg/d	330 g/usuario/d	(Ruiz Morales, 2012)
Universidad de Massey, Nueva Zelanda	1,424 – 1,964 kg/semana	42 g/usuario/d	(Mason et al., 2004)
Universidad de Columbia Británica (NCBU), Canadá	1,200 – 2,200 kg/semana	59.20 g/usuario/d	(Smyth et al., 2010)
Universidad de Covenant, Nigeria	NE	60.6 g/usuario/d	(Okeniyi & Anwan, 2012)
Universitat Jaume I, España	781.06 – 836.63 kg/d	43.9 – 47.02 g/usuario/d	(Gallardo, Carlos, et al., 2016)

Universidad	Generación	Per cápita	Referencia
Campus Anadoluhisari, Universidad de Mármara, Turquía	NE	295 g/usuario/d	(Hande et al., 2022)
Universidad de Nigeria, Nsukka	2,218 kg/semestral	60 g/usuario/d	(Ugwu et al., 2020)
Universidad de Abuja, Nigeria	NE	59 g/usuario/d	(Amarachukwu et al., 2020)
Universidad Imam Abdulrahman Bin Faisal, Arabia Saudita	1,350 kg/d	NE	(Dahlawi & Sharkawy, 2025)
Instituto Asiático de Tecnología, Tailandia	1,300 kg/d	500 g/usuario/d	(Tangwanichagapong et al., 2025)
Universidad de Brasilia, Brasil	148 kg/d	92.25 g/usuario/d	(Nolasco et al., 2025)
Universidad Obafemi Awolowo, Nigeria,	2,980 kg/d	42 g/usuario/d	(Adeleke et al., 2022)
Universidad Metropolitana de Kotebe, Etiopía.	NE	93 g/usuario/d	(Terfassa, 2019)
Universidad de Lagos, Nigeria	32,200 kg/d	NE	(Adeniran et al., 2017)

NE: No Especificado

Como se observa en la Tabla 4.1, la generación promedio per cápita de las instituciones de educación superior va de los 40 a los 90 g/usuario/d, a excepción de aquellas con generaciones mayores a los 100 g/usuario/d. Es importante mencionar que, aunque estos valores sean menores a comparación de los reportados para una ciudad, éstos corresponden a lo que debería generarse en una IES, cuya población es flotante (a diferencia de la población de una casa habitación) (Gallardo, Carlos, et al., 2016).

En el caso de los valores per cápita que están lejos del promedio para las IES, está relacionado con diversos factores como el tipo de actividades que se llevan a cabo en la universidad, las zonas estudiadas, el tipo de residuos contemplados en el estudio de generación, la población, entre otros. Como ejemplo, en la Universidad Iberoamericana, el per cápita tan elevado está relacionado a que en dicha investigación se incluyeron a los lodos provenientes de su planta de tratamiento de aguas residuales (Ruiz Morales, 2012).

Por otro lado, en la Universidad de Lagos en Nigeria, la alta generación de residuos estaría relacionada con el hecho de que en la institución no solo se imparten clases, si no que también sirve como casa habitación de más de 2,000 miembros del personal y 8,000 estudiantes; además de contar con una población diaria de 550,000 habitantes, cumpliendo con las características de una ciudad mediana (Adeniran et al., 2017).

Respecto al comparativo con el estudio de Armijo de Vega y colaboradores, es importante mencionar que, aunque corresponde también al campus Mexicali, la comparación no resulta completamente objetiva debido a que se utilizaron diferentes metodologías y zonas de estudio, y especialmente, en esta investigación se incluyeron dos campus adicionales (campus Mexicali II y FCA). Sin embargo, es posible observar, que hay un ligero incremento en la generación de residuos (de 1,000 kg/d a 1,030 kg/d), que podría estar atribuida a los

cambios de hábitos de consumo de la comunidad universitaria a lo largo de los últimos años e incluso a los rezagos causados por la contingencia sanitario de 2020 de COVID-19, que impulso en gran medida la generación de residuos, especialmente aquellos de un solo uso.

Respecto a la influencia del nivel socioeconómico en la generación de residuos en el campus Mexicali, es complicado determinarlo debido a que solo se pudo obtener una aproximación del nivel socioeconómico de la comunidad universitaria, sin embargo, es posible decir que este factor no influye en la generación de residuos de acuerdo con lo reportado para la Universidad de Covenant en Nigeria, una institución privada en la que la mayoría de los estudiantes tienen un nivel socioeconómico alto, y que presentó una generación total y un per cápita muy similares a los de otras universidades ubicadas tanto en países desarrollados como en desarrollo (Okeniyi & Anwan, 2012).

De manera general se observa que la generación de residuos y el per cápita obtenido en esta investigación es similar a lo reportado por otras universidades, por lo que el campus Mexicali no presenta una situación excepcional o fuera de los parámetros para una institución de educación superior; sin embargo, es importante mencionar que considerando que en el campus se lleva a cabo el Programa Institucional “Cero Residuos”, tanto la generación total como el per cápita deberían ser menores.

4.1.2. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS

Respecto a la composición de residuos en el campus Mexicali, es importante mencionar que aunque cada estudio de generación utilizado como información base para alimentar la herramienta WWC reportó la respectiva composición de residuos, los resultados que se presentan a continuación muestran un promedio y composición general para todo el campus Mexicali, por lo que podrían presentarse ciertas diferencias entre los porcentajes de los reportes y de esta investigación, sin embargo, en todos los casos se observa una predominancia de categorías como plástico, orgánicos y “otros”. Este análisis permitió identificar las categorías principales de residuos y su proporción relativa respecto al total generado, lo que resulta esencial para diseñar estrategias efectivas de manejo y gestión en el campus.

Adicionalmente, como se mencionó en el capítulo anterior, se requirió hacer un ajuste y/o agrupación de las categorías presentadas en los reportes de los estudios de generación para que concordaran con las categorías evaluadas en la herramienta WWC.

De manera general, la composición de residuos no presentó variaciones en los tres escenarios a diferencia de la generación total de RSI y la generación por fuentes “domésticas” y “no domésticas”.

- ***Distribución por categorías de residuos***

Los residuos fueron clasificados de acuerdo con las categorías establecidas en WWC, las cuales fueron: orgánicos, papel y cartón, películas plásticas, plásticos, metales, vidrio,

textiles/zapatos, madera, residuos especiales, productos compuestos (como envases multicapas) y otros. La proporción de cada categoría se muestra en la Figura 4.4.

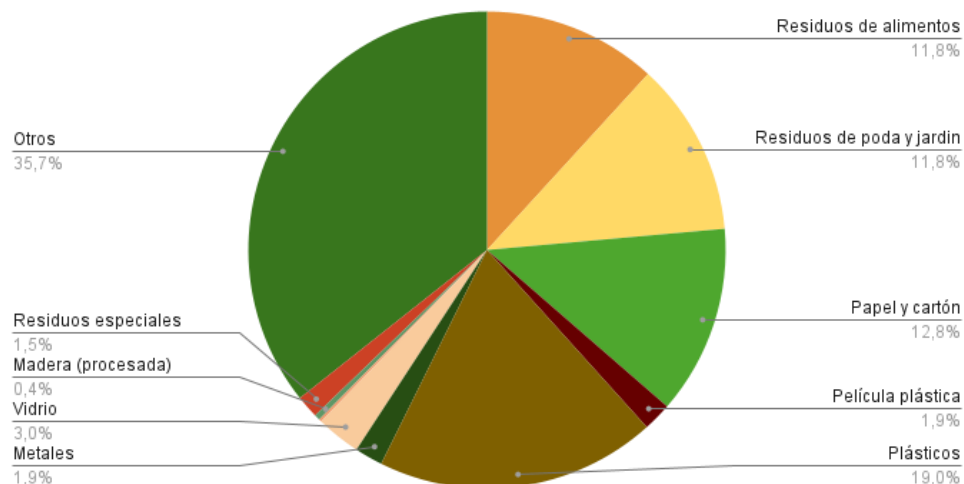


Figura 4.4. Composición de residuos para el campus Mexicali en ambos escenarios

La categoría con mayor representación y de gran interés para las estrategias de gestión de residuos del campus es la correspondiente a “otros” que representa cerca del 36 % de la generación total y en la que se encuentran principalmente residuos sanitarios y servilletas. Este resultado sugiere un desperdicio de papel sanitario en las instalaciones del campus, por lo que se requieren tomar medidas que promuevan la disminución de este recurso y que impacten en la generación de residuos y en la disminución de recursos económicos destinados a la compra de este insumo.

Como se observa en la Figura 4.4, los residuos orgánicos representan el 11.8 % del total de los residuos generados, entre estos residuos se encuentran mayormente los restos de alimentos provenientes de cafeterías y kioscos, también se presentan en igual proporción los residuos de poda y jardín generados durante la limpieza y mantenimiento de las áreas verdes del campus. Si ambas categorías se suman, se tendría en total un 23.6 % de residuos orgánicos (de alimentos, poda y jardín), un porcentaje relativamente alto y el segundo con mayor presencia después de la categoría “otros”.

También se pudo observar una proporción significativa de residuos susceptibles a valorización que no se están enviando a instalaciones de recuperación si no a SDF. Entre estos residuos se encuentran el papel y cartón y los plásticos con porcentajes de 12.8 % y 19 %, respectivamente. Sin embargo, también es importante mencionar que, para la categoría de plásticos, se tomó en cuenta una gran diversidad de estos productos, no solo aquellos con más potencial de aprovechamiento como el PET, HDPE o PP, por lo que también hay una buena proporción de residuos plásticos de un solo uso. Lo anterior sugiere que se deben reforzar las medidas establecidas en el Programa Institucional “Cero Residuos” para la recuperación de materiales.

Aunque es difícil realizar una comparación de estos resultados con los reportados por otras instituciones de educación superior debido a las diferentes metodologías utilizadas para la evaluación de la caracterización de residuos, algunos datos se pueden tomar como referencia para identificar las limitantes y áreas de oportunidad a las que se enfrenta el campus Mexicali.

En la Universidad de Columbia Británica en Canadá, se reportó que más del 70 % de sus residuos podrían haberse valorizado a través del reciclaje o compostaje (Smyth et al., 2010), así como la Universidad de Brasilia, Brasil con un 67 % de residuos reciclables y 33 % de residuos mixtos (Nolasco et al., 2025) y la Universidad de Lagos, Nigeria con más del 50 % de residuos reciclables (Adeniran et al., 2017). Siguiendo la tendencia, en campus FUTA (Federal University of Technology, Akure) reportó una caracterización, que el 81 % de los residuos en la universidad tenían potencial valorizable (Ojuri et al., 2024).

Por el contrario, en la Universidad Iberoamericana, se presentó una mayor cantidad de residuos orgánicos (y aptos para compostaje) con 52 %, seguido de un 27 % de residuos susceptibles a valorización y un 21 % de otro tipo de residuos (residuos mixtos, sanitarios, jardinería y lodos de planta de tratamiento de agua residual) (Ruiz Morales, 2012). En este sentido, la Universidad de Nigeria en Nsukka, reportó una generación de residuos orgánicos de 32.36 %, seguida de un 34.29 % de polietileno, 14.05 % de papel y 8.53 % de plásticos (Ugwu et al., 2020).

Aunque en la mayoría de las universidades, las principales fracciones de residuos son orgánicos, plásticos o residuos mixtos, también hay otros casos donde predomina otro tipo de residuo como el papel. En la Universidad Abuja, Nigeria, se determinó una composición de 31.6 % de papel, 27.1 % de residuos mixtos, 16.1 % de residuos de alimentos y 14.2 % de plásticos (Amarachukwu et al., 2020).

Aunque han pasado 17 años desde la investigación de (Armijo et al., 2008) en el campus Mexicali, la caracterización de residuos presenta valores similares a los reportados en esta investigación. Para dicha investigación la generación de residuos orgánicos era la mayor proporción de residuos con 459.78 kg/semana, relacionado con las cafeterías y puntos de venta de alimentos en la universidad, mostrando que estos establecimientos contribuían en gran medida a la generación de residuos (con un 50.39 % de la generación total). También se encontró una proporción relativamente alta de residuos con potencial valorizable (33 %), entre los que se encontraban el 12.5 % de plásticos (bolsas, vasos, platos, PET), el 11.2 % de papel y cartón, el 7.8 % a vidrio y el 1.47 % a metales ferrosos y no ferrosos como chatarra y aluminio.

Con base en lo anterior, se observa que después de 17 años, la presencia de residuos orgánicos en el campus Mexicali ha disminuido, lo que podrá estar relacionado con el cambio de hábitos de consumo de la comunidad universitaria y con el cambio de hábitos en la preparación y venta de alimentos de las cafeterías y los puntos de venta de alimentos, en los que ahora se distribuyen una mayor parte de alimentos ultraprocesados y con empaques de un solo uso.

La comparación entre los resultados de esta investigación y lo reportado para el Campus Mexicali en 2008 resulta significativa, ya que permite establecer una relación entre la gestión de residuos antes y después de eventos relevantes, como la implementación del Programa Institucional "Cero Residuos" y la contingencia sanitaria de 2020. Los resultados

de ambas investigaciones muestran que el campus Mexicali no ha tenido una mejora considerable en su gestión de residuos ni ha incrementado la cantidad de residuos enviados a algún proceso de valorización, ya que se observan porcentajes similares en categorías de residuos susceptibles a valorización, e incluso en algunas de ellas se observa un aumento, por ejemplo, para esta investigación, el porcentaje de papel y cartón es de 12.8 %, mientras que en (Armijo et al., 2008) fue de 11.2 %, la categoría con un aumento más significativo fue la de plásticos, ya que en esta investigación el porcentaje fue de 19 %, mientras que hace 17 años, esta categoría solo tenía un 12.5% de presencia.

La única categoría en la que se identificó una disminución fue la del vidrio, que en 2008 representaba 7.8 % y en esta investigación se redujo a 3 %. Esta tendencia podría estar asociada al incremento en el uso de plásticos dentro del Campus Mexicali, ya que, con el paso de los años, el vidrio ha dejado de emplearse de manera significativa en el envasado de alimentos y ha sido sustituido por plásticos de un solo uso o envases multicapa, fenómeno observado también en distintos contextos a nivel mundial. (Gallardo, Carlos, et al., 2016).

La comparación de la composición de residuos entre universidades puede establecerse de manera análoga a la que se realiza entre zonas urbanas, donde predominan los residuos inorgánicos y zonas rurales, caracterizadas por una mayor presencia de residuos orgánicos, e incluso con las diferencias observadas según el nivel de desarrollo de los países. No obstante, esta analogía no implica que el Campus Mexicali posea un mayor grado de desarrollo o infraestructura en relación con otras universidades, sino que refleja que su población mantiene hábitos y comportamientos distintos a los de otras instituciones.

La composición de residuos identificada sugiere varias oportunidades para optimizar el manejo de residuos dentro del campus. Por ejemplo, la alta proporción de residuos orgánicos de alimentos podría abordarse mediante la implementación de proyectos de compostaje internos, mientras que la implementación de campañas de separación y reducción dirigidas a la comunidad universitaria contribuiría a incrementar la tasa de recuperación de los materiales. Estas estrategias se abordarán de manera más detallada al final de este capítulo.

4.1.3. RECOLECCIÓN DE RESIDUOS

En el caso de la recolección de residuos en el Campus Mexicali, la herramienta WWC establece que este proceso comprende no solo los RSI que son recolectados y trasladados a los Sitios de Disposición Final (SDF), sino también aquellos residuos que fueron acopiados y enviados a instalaciones de recuperación para su correspondiente valorización, de acuerdo con el tipo de material.

- ***Residuos enviados a instalaciones de recuperación***

Para los tres escenarios, la cantidad de residuos susceptibles a valorización que se recuperaron en el campus Mexicali fue de 20 kg/d (7.3 t/año); esta cantidad considera no solo a residuos de papel, cartón y plástico (que son los más comunes de recuperarse), sino que también incluye a otros materiales como cartuchos de tinta y metales (como fierro, hojalata y aluminio).

Es importante mencionar que para el caso del campus Mexicali, la recuperación sólo consistió en la separación y acopio temporal hasta el traslado de residuos a instalaciones de recuperación en las que se da una transformación, química, física o biológica de los materiales. En el campus no se lleva a cabo ningún tipo de reciclaje ni procesamiento de residuos.

Aunque la recuperación fue de 20 kg/d, la cantidad de residuos valorizables que realmente se recuperaron fue de 18 kg/d, ya que de acuerdo con el manual de la herramienta (ONU, 2021) se consideró que el 10 % de los residuos que entran a las instalaciones de recuperación son rechazados por estar contaminados con otro tipo de residuos o por no cumplir con los criterios establecidos para ser transformados.

Como parte de los indicadores vinculados a los ODS, se calculó el indicador *12.5.1. Tasa de recuperación de la ciudad*. En los tres escenarios analizados, la tasa de recuperación fue de 1.8 %, al incluir también aquellos residuos que fueron rechazados en las instalaciones de recuperación.

La tasa de recuperación resultó muy baja, a pesar de que el Campus Mexicali cuenta con un programa institucional de gestión de residuos orientado a disminuir la cantidad generada en la institución y a incrementar el volumen destinado a procesos de valorización. Estos resultados evidencian la necesidad de diseñar e implementar programas de recuperación dirigidos a toda la comunidad universitaria, que permitan reducir la proporción de residuos susceptibles de valorización que actualmente son enviados a disposición final.

Cabe señalar que la cantidad de RSI enviados a instalaciones de recuperación podría ser mayor, ya que los datos presentados no contemplan el flujo de recuperación de actividades no registradas ante la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental de la UABC, sin embargo, en esta investigación se desconocen dichos flujos y valores, por lo que no fue posible considerarlos en el cálculo final. Para un futuro ejercicio con la herramienta se sugiere tomar en cuenta todas las salidas de material recuperable de las instalaciones del campus Mexicali (tanto dentro de los campus centrales como fuera de ellos).

Aunque en el Campus Mexicali se observa parcial separación de residuos y recuperación de materiales valorizables, la tasa de recuperación continúa siendo muy baja, lo que evidencia que la universidad, a través del Programa Institucional *Cero Residuos*, no ha logrado cumplir con las metas establecidas. En particular, el objetivo inicial planteaba que el 90 % de los residuos generados en la institución serían valorizados; sin embargo, aun con los ajustes recientes en la gestión institucional, la tasa actual sigue siendo insuficiente para un campus universitario con más de 18,000 integrantes.

Esta situación refleja que, si bien existen esfuerzos de gestión, aún es necesario fortalecer las estrategias de separación en origen, sensibilización de la comunidad universitaria y mecanismos de valorización que permitan reducir la cantidad de residuos enviados a disposición final.

El caso del Campus Mexicali no constituye una situación aislada, ya que una proporción significativa de instituciones de educación superior enfrenta porcentajes de recuperación igualmente bajos, aun cuando han implementado programas de gestión de residuos y generan volúmenes considerables de materiales con potencial de valorización. Un ejemplo ilustrativo es la Universidad de Lagos, en Nigeria, donde, a pesar de que el 75 % de los residuos generados son susceptibles de valorización, el porcentaje de recuperación alcanza apenas 0.74 % (Adeniran et al., 2017), cifra incluso inferior a la reportada en esta investigación.

- ***Residuos enviados a Sitios de Disposición Final***

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los residuos sólidos generados en las instalaciones del campus Mexicali son enviados a SDF. Esta práctica no solo representa un elevado gasto económico, sino que también contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, tanto por la descomposición de los residuos como por el uso de combustibles fósiles en su transporte. Además, genera diversos impactos ambientales asociados a la disposición en un SDF no controlado.

En todos los escenarios, la cantidad de residuos enviada a SDF fue de 1.03 t/d, provenientes de las instalaciones del campus Mexicali. Sin embargo, aunque el volumen destinado a SDF se mantuvo constante, la cantidad de residuos que no fueron recolectados sí presentó variaciones entre escenarios. Esto se debe a que la tasa de recolección está directamente vinculada con la cantidad total de residuos sólidos institucionales (RSI) generados, la cual, como se ha señalado previamente, depende del factor proxy aplicado a la generación de residuos *no domésticas*.

En el primer escenario, la cantidad de residuos no recolectados fue de -0.17 t/d, lo que representa que la recolección del campus Mexicali es de 118.8 %. En el caso del segundo escenario, el porcentaje de recolección fue de 114.8 %, es decir, -0.13 t/d de residuos no recolectados. Los valores negativos para estos escenarios indican una sobre recolección de residuos, es decir, se interpreta que se están recolectando más residuos (para disposición final y recuperación) de los que se generan realmente en el campus, esto está relacionado con el hecho de que al aplicar los valores *proxy*, la generación de residuos de fuentes *no domésticas* se subestima y no representa la generación real de este tipo de fuentes en el campus. Sin embargo, lo anterior no representa la situación real del campus ya que como se verá en el tercer escenario, la generación de residuos de fuentes *no domésticas* es mucho más alta que la reportada para estos escenarios.

En el caso del tercer escenario, hay un porcentaje de recolección de 101.8 %, es decir, -0.02 t/d de residuos no son recolectados. Aunque para este escenario el porcentaje de recolección debería ser del 100 % (considerando que todo lo que se está generando en el campus Mexicali se está yendo a disposición final), la diferencia está relacionada con la cantidad de residuos que son enviados a recuperación, ya que estos no se consideran dentro de la generación total ni se agrupan dentro de la misma categoría de disposición final.

Una elevada proporción de residuos enviados a disposición final, refleja una gestión inadecuada dentro de las instalaciones universitarias, lo que se traduce en una huella de carbono institucional significativa, derivada tanto de las emisiones generadas por la descomposición de los residuos como del uso de combustibles fósiles en su transporte.

El caso del campus Mexicali no es un caso aislado, en otras instituciones de educación superior Latinoamericanas, la gestión inadecuada de residuos es una de las fuentes principales de emisiones de gases de efecto invernadero, y por lo tanto uno de los mayores impactos en la huella de carbono institucional con un 19 %, superada solo por las emisiones relacionadas con el transporte y seguridad por el consumo de energía eléctrica en la universidad (Guillén-Chávez, 2023).

- **Nivel de control en las instalaciones**

Al definirse el nivel de control de las instalaciones de recuperación como intermedio, y el de los SDF como ningún tipo de control, la cobertura de recolección de residuos es un factor clave en la gestión del campus Mexicali, no solo por los problemas ambientales que las fugas de residuos pueden causar, sino también por el hecho de que los residuos recolectados son enviados a un SDF que no cumple con las condiciones de infraestructura y control necesarias para considerarse propiamente un relleno sanitario.

Por lo anterior, para los tres escenarios el indicador *11.6.1. RSI total recolectado y gestionado en instalaciones controladas* sólo consideró la cantidad de residuos enviados a procesos de valorización que fueron procesados en instalaciones controladas, resultando en una tasa de 1.8 %. Estos datos resultan relevantes en el contexto del impacto ambiental que tiene la gestión de residuos del campus Mexicali, ya que, aunque la infraestructura y el control del SDF no es propiamente una tarea de la que pueda encargarse la universidad, si es algo que afecta directamente en la huella de carbono institucional.

4.1.4 COMPARACIÓN GENERAL DE LOS ESCENARIOS EVALUADOS

Como se ha descrito, se evaluaron dos escenarios. Las variables afectadas por el cambio de *proxy*, y aquellas que se mantuvieron constantes, se describen en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2. Variables modificadas y no modificadas en los dos escenarios evaluados

Variables que arrojan resultados diferentes en los distintos escenarios	Variables que arrojan resultados similares en los distintos escenarios
● Generación total de residuos ● Generación de RSI <i>no domésticos</i> ● Composición en subproductos	● Generación de RSI <i>domésticos</i> ● Variables relacionadas con la recuperación

• Porcentaje de RSI recolectados • Cantidad de RSI no recolectados	- Instalaciones de recuperación - RSI rechazados - RSI recuperados - RSI recuperados en instalaciones controladas • RSI dispuestos en instalaciones controladas y no controladas • Cantidad de RSI que se manejan en instalaciones controladas • Tasa de recuperación
---	---

Fuente: Adaptación de (Vázquez-Morillas et al., 2022)

El planteamiento de distintos escenarios permite una mayor aproximación a la situación particular de los RSI generados en las instalaciones del campus Mexicali, así como una comparación entre los resultados obtenidos. Sin embargo, cada tipo de escenario presenta limitaciones que no permiten que algunos de los resultados se consideren como representativos para el campus. En la Tabla 4.3 se presentan las ventajas y desventajas para cada escenario evaluado.

Tabla 4.3. Comparación de los distintos escenarios

Escenario	Ventajas	Desventajas
Escenario 1. Proporción de residuos <i>no domésticos</i> con <i>proxy</i> WWC	Es un valor homogéneo para la generación de todas las fuentes <i>no domésticas</i> , lo que facilita la aplicación de la herramienta	La homogeneidad del valor implica que se desconocen las particularidades de cada fuente <i>no doméstica</i> . Además, la generación <i>no doméstica</i> está subestimada
Escenario 2. Cálculo de residuos <i>no domésticos</i> a partir de un <i>proxy</i> regional	Estima la cantidad de RSI considerando la región a la que pertenece el campus Mexicali (que corresponde a Baja California), lo que podría permitir incluir variables locales que no influyeron en el escenario pasado	Aunque es un escenario más cercano al de Mexicali, la generación total de residuos, y la proveniente de fuentes <i>no domésticas</i> continúa siendo subestimada
Escenario 3. Cálculo de residuos <i>no domésticos</i> sin uso de <i>proxy</i>	Estima la cantidad real de RSI generados en el campus Mexicali a partir de la información de los estudios de generación, lo que presenta la situación real de la gestión de residuos	Depende de información específica de las instalaciones del campus, que de no contarse con ella podría afectar la estimación final de la generación total y de cada tipo de fuente

Fuente: Elaboración propia con datos de (Vázquez-Morillas et al., 2022)

De acuerdo con la generación de residuos en los tres escenarios, se observa una gestión relativamente adecuada, ya que no se presentan fugas de residuos. Esta condición es más evidente en el tercer escenario, en el cual se consideró únicamente la información del Campus Mexicali. No obstante, es importante señalar que no existe una línea base que permita evaluar si la gestión de residuos ha mejorado desde el inicio de la implementación del Programa Institucional “Cero Residuos”, ni antes ni después de la pandemia. Este evento, que marcó un antes y un después en diversas actividades universitarias, también influyó en la generación y separación de residuos, lo que dificulta establecer comparaciones precisas sobre la evolución del programa

Aunque en esta investigación se tomó como referencia, para fines comparativos, el estudio realizado por Armijo de Vega en 2008, la diferencia temporal entre ambos trabajos impide considerarlo como un indicador absoluto. Esto se debe, en particular, a que durante la investigación de 2008 el Campus Mexicali no contaba con un programa de gestión de residuos como el actual “Cero Residuos”, lo que limita la posibilidad de establecer una comparación directa con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Los resultados de los tres escenarios son un parteaguas para las futuras políticas universitarias en materia de gestión de residuos. Dichas políticas deben enfocarse en incrementar la cantidad de residuos enviados a valorización, así como las fracciones de residuos recuperables en el campus, y en buscar mercados municipales o estatales disponibles para la valorización de dichas fracciones.

4.1.6 SOBRE LA APLICABILIDAD DE LA HERRAMIENTA

La herramienta del programa Waste Wise Cities plantea el análisis de la gestión de residuos en una ciudad, preferentemente en datos primarios generados a partir de análisis de campo. Su aplicación en el análisis desarrollado a nivel IES se recomienda ampliamente considerando que las condiciones como superficie, población, actividades y actividades llevadas a cabo en el campus, son comparables a las que se desarrollan en una ciudad pequeña. En varias determinaciones de generación y caracterización de residuos se ha planteado el hecho de que las universidades deben estudiarse como ciudades pequeñas o medianas (dependiendo del tamaño de su población y superficie) (Adeniran et al., 2017; Gallardo, Carlos, et al., 2016; Ojuri et al., 2024; Ugwu et al., 2020), por lo que el uso de esta herramienta representa un área de oportunidad para nuevas investigaciones en IES, que además involucra indicadores relacionados con los ODS.

Sin embargo, aún hay limitantes para esta herramienta, como ejemplo, la sección de la herramienta que estima la generación de residuos *no domésticos* incluye actividades genéricas, presentes en la mayoría de las ciudades, sin embargo, omite o incrementa actividades o fenómenos que podrían ser muy relevantes para una institución de educación superior, como el impacto de eventos de alto flujo de asistentes como, es el caso en este estudio, la feria internacional del libro, las ceremonias de potenciales egresados y distinciones al mérito universitario.

4.2 CONOCIMIENTOS Y PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD ESTUDIANTIL

Tras la aplicación del instrumento piloto (cuyos resultados se presentan en el Anexo B), se llevó a cabo un cuestionario masivo dirigido a la comunidad estudiantil del Campus Mexicali, el cual incorporó algunas modificaciones derivadas de la experiencia con el primer levantamiento de información (Anexo C). Es importante señalar que, debido al número de respuestas obtenidas y a las condiciones en que se aplicó el formulario, los resultados no pueden considerarse representativos de la totalidad de la comunidad estudiantil del campus, y mucho menos de la UABC en su conjunto. En este sentido, las respuestas recopiladas se utilizan únicamente como complemento de los resultados de la herramienta WWC, con el propósito de contribuir al diseño de estrategias orientadas a mejorar la gestión de residuos en el campus.

Al igual que en la encuesta piloto, la participación en este instrumento de recolección de datos fue completamente voluntaria y anónima, por lo que no se involucró información confidencial. Como único dato demográfico, se solicitó a la comunidad estudiantil indicar la unidad académica de pertenencia. Tal como se muestra en la Figura 4.5, la mayor proporción de participantes (28.1 %) correspondió a la Facultad de Ingeniería, seguida por la Facultad de Arquitectura y Diseño (15.3 %) y las Facultades de Enfermería y Ciencias Humanas, ambas con 11.7 %. En menor medida, se registraron respuestas de la Facultad de Medicina (2 %), la Unidad de Ciencias de la Salud (2 %) y el Instituto de Ciencias Veterinarias (1 %).

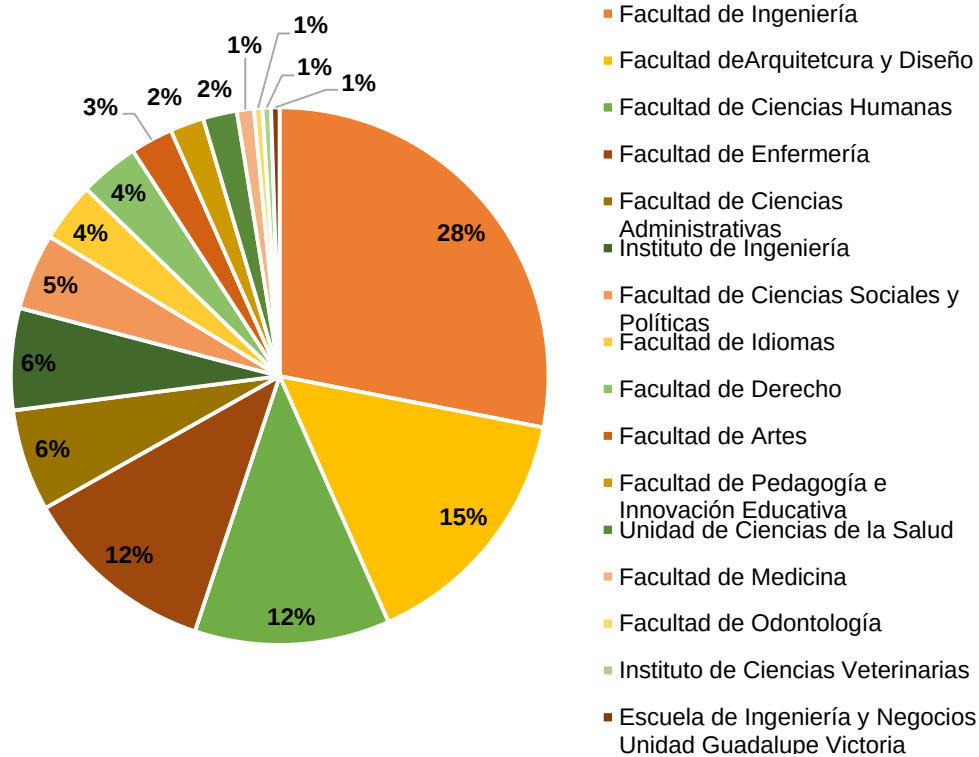


Figura 4.5 Representación de la adscripción de los encuestados

Respecto al conocimiento sobre el Programa Institucional “Cero Residuos”, más del 60 % de los participantes indicó no conocer el programa ni sus objetivos. El hecho de que una proporción tan amplia de la comunidad estudiantil desconozca la existencia de un programa de gestión de residuos en el campus evidencia la insuficiencia en las estrategias de difusión. Esta falta de información se refleja directamente en la fase de generación y separación de residuos, que constituye uno de los principales retos en la gestión institucional, pues el desconocimiento de la comunidad limita la correcta implementación de prácticas de separación y valorización.

Este resultado, es similar a lo obtenido por otras IES en las que se han realizado encuestas similares a la comunidad universitaria. (Ifegbesan & Rampedi, 2016) reportaron que el 81 % de sus encuestados no conocía ninguna política ambiental implementada en su universidad. En un caso similar (Hande et al., 2022) indicaron que solo el 16 % de sus encuestados conocían la normativa Cero Residuos de la Universidad, además de que ninguno de ellos realizaba una separación de residuos a conciencia, solo lo hacían de manera automática sin entender su propósito.

Lo anterior se complementa con la pregunta incluida en el cuestionario: **¿Has recibido alguna capacitación sobre el Programa Institucional Cero Residuos?**, en la cual la gran mayoría de los participantes (85.7 %) respondió negativamente. Este porcentaje resulta particularmente elevado si se considera que, de acuerdo con los lineamientos del programa, toda la comunidad estudiantil debería recibir capacitación sobre la separación de residuos al inicio de su vida académica y, posteriormente, al menos una vez por semestre (según información de la CPGA). La ausencia de una capacitación constante sobre el programa, sus objetivos y su funcionamiento limita de manera significativa la eficiencia en la separación de residuos en la fuente, lo que a su vez repercute en las demás etapas de la gestión universitaria, especialmente en la valorización de residuos.

Las respuestas anteriores también se complementan con la pregunta **“¿Utilizas los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” para depositar tus residuos?”**, en la que cerca del 50 % respondió que los utilizaba a veces, seguido de siempre (25,5 %). Solo el 13.3 % de los encuestados mencionó no utilizar nunca los contenedores del programa (Figura 4.6).

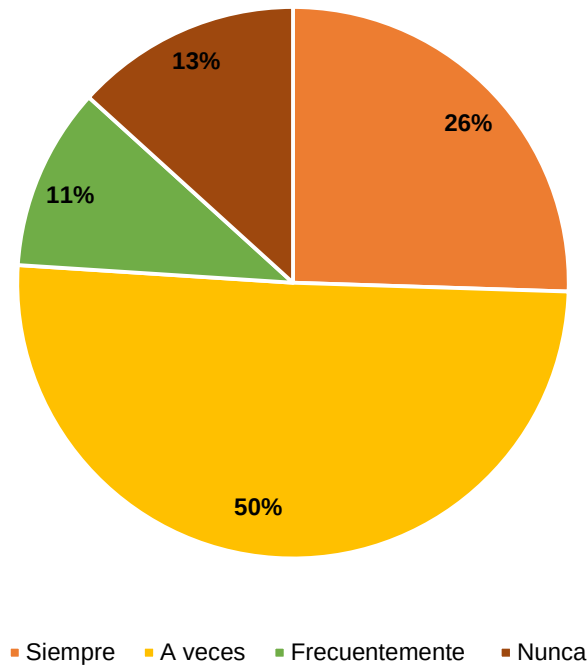


Figura 4.6. Uso de los contenedores

El poco o nulo uso de los contenedores dispuestos para la separación de residuos en el campus Mexicali está relacionada con la falta de conocimiento de lo que es la separación y como debería hacerse, y con la falta de contenedores (Owojori et al., 2022).

Respecto a las razones del porque no utilizan los contenedores, se obtuvieron diferentes respuestas relacionadas a la ubicación de los contenedores o a la complejidad de entender las leyendas que se encuentran en ellos para disponer los residuos. Las respuestas principales fueron: ***“los contenedores están muy lejos de mi salón”*** (34.7 %), ***“es difícil entender cómo se separan los residuos”*** (28.1 %), ***“no hay imágenes que ilustren los tipos de residuos que se separan”*** (18.4 %), entre otros (Figura 4.7). Estos resultados se complementan con la siguiente pregunta ***“¿Consideras que los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” se utilizan de manera adecuada en las instalaciones de la UABC?”***, en la que aproximadamente el 60 % de los encuestados respondió que no.

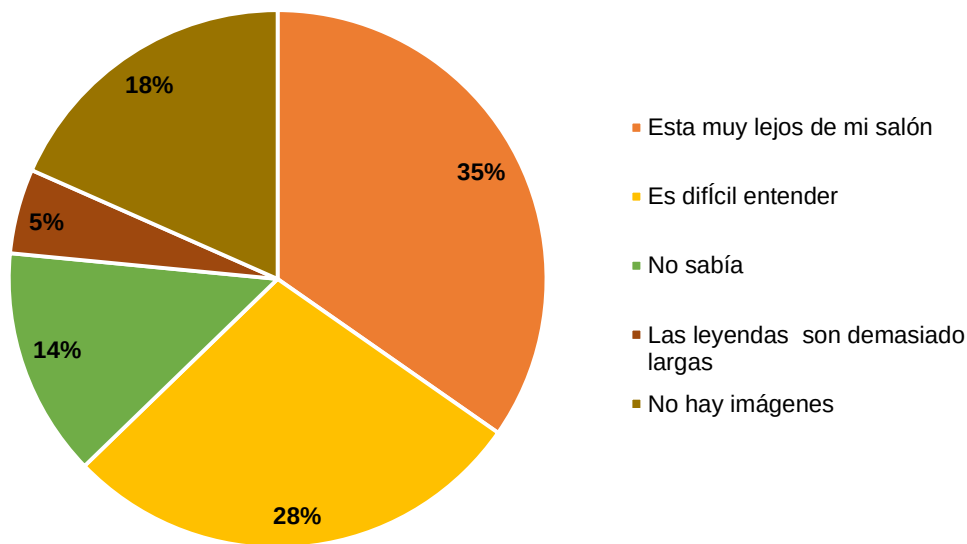


Figura 4.7. Razones para no utilizar los contenedores

Las dificultades para utilizar los contenedores de residuos en las universidades no es exclusiva al campus Mexicali, (Owojori et al., 2022) reportó que el 44 % de los estudiantes mencionó haber tenido dificultades asociadas al uso de los contenedores dispuestos para la separación de residuos, como dificultad para abrir los contenedores y presencia de manijas sucias.

En relación con las preguntas anteriores, esta pregunta indica que la comunidad estudiantil sabe que existe un programa de gestión de residuos, e incluso utiliza los contenedores, pero desconoce cómo funciona o cuál es su papel dentro del sistema.

Respecto a si los encuestados consideraban que los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” se utilizaban de manera adecuada en las instalaciones de la UABC, el 59.2 % de los encuestados respondió que no.

Sobre el conocimiento que se tiene respecto al tipo de residuos que se separan en la UABC a través del Programa Institucional “Cero Residuos”, se obtuvieron resultados mayormente positivos, lo que indica que la comunidad considera que diferentes tipos de residuos se separan activamente en el campus, como las botellas de PET, el papel, el cartón, los residuos orgánicos, y las latas de aluminio, y mostraron mayor duda con los residuos electrónicos. También se resalta la parte del desconocimiento, en la que la comunidad respondió **“No lo sé”** en porcentajes mayores al 30 % para la mayor cantidad de residuos (Figura 4.8).

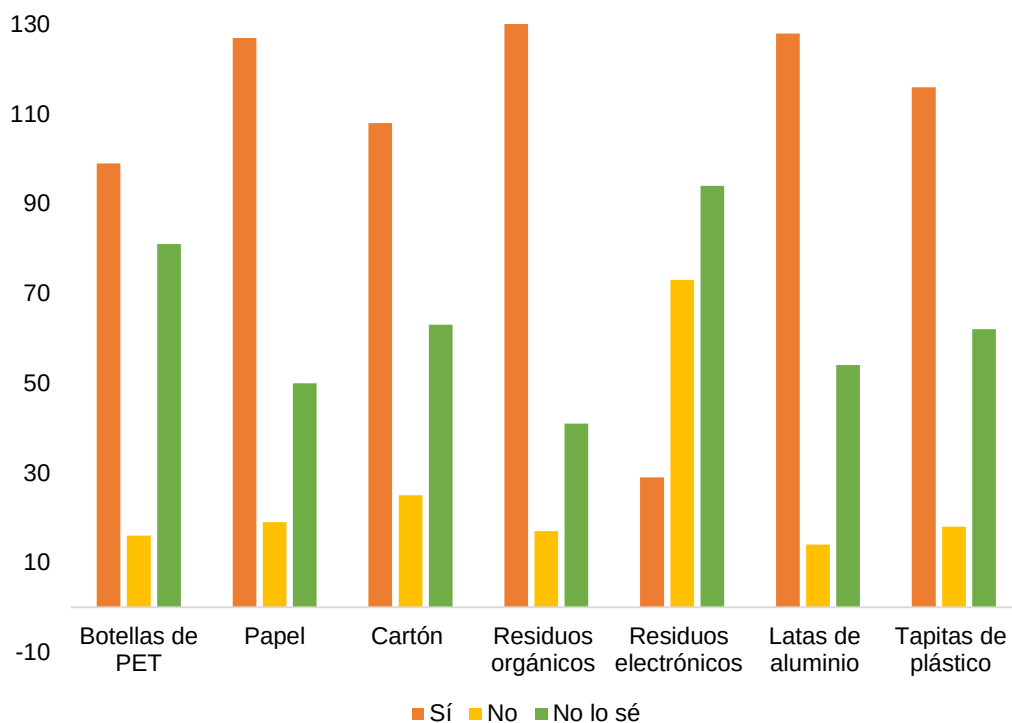


Figura 4.8. Residuos que se separan a través del Programa Institucional “Cero Residuos”

Aunque en esta pregunta se puede apreciar que hay un cierto conocimiento de la comunidad estudiantil respecto a los residuos que se separan en la universidad, también se muestra desconocimiento, ya que algunos tipos de residuos no están siendo recuperados actualmente a través del programa debido a que no se cuenta con convenios con prestadores de servicios externos que puedan dar tratamiento a estos residuos. Como ejemplo, las botellas de PET no son separadas y acopiadas en todas las unidades académicas del campus Mexicali, solo en algunas (como la Facultad de Pedagogía e innovación Educativa y la Facultad de Ciencias Administrativas), de la misma manera que los residuos orgánicos y las latas de aluminio; en el caso de los residuos orgánicos de poda y jardín, en los campus Mexicali y Tijuana éstos se procesan a través del compostaje, sin embargo, es un convenio respectivamente nuevo del que no se ha informado en su totalidad a la comunidad universitaria (de acuerdo con información proporcionada por la CPGA).

La separación y acopio de residuos electrónicos como parte del Programa Institucional “Cero Residuos” podría estar causando confusión entre la comunidad estudiantil ya que en el campus Mexicali se realiza ocasionalmente una actividad por parte de la Fundación Hélice A.C de C.V. llamada “recolectra”, en la que se acopian residuos eléctricos y electrónicos de la comunidad universitaria y comunidad del municipio de Mexicali, por lo que los estudiantes podrían interpretar que esta es una actividad interna de la UABC. En el caso de los residuos electrónicos generados dentro de las instalaciones de la UABC, el proceso se lleva a cabo a través del Departamento de Control Patrimonial, por lo que los estudiantes no tienen acceso a esta información (de acuerdo con información proporcionada por la CPGA).

Respecto a las siguientes fases de la gestión de residuos después de la separación, más del 40 % de los encuestados respondió que los residuos generados en la UABC se valorizaban a través del reciclaje, el reuso o el compostaje, también se eligieron opciones como **“el camión de la basura los recoge y se los lleva”** (30.1 %) y **“los lleva el personal de mantenimiento a un contenedor en la calle”** (11.7 %) (Figura 4.9).

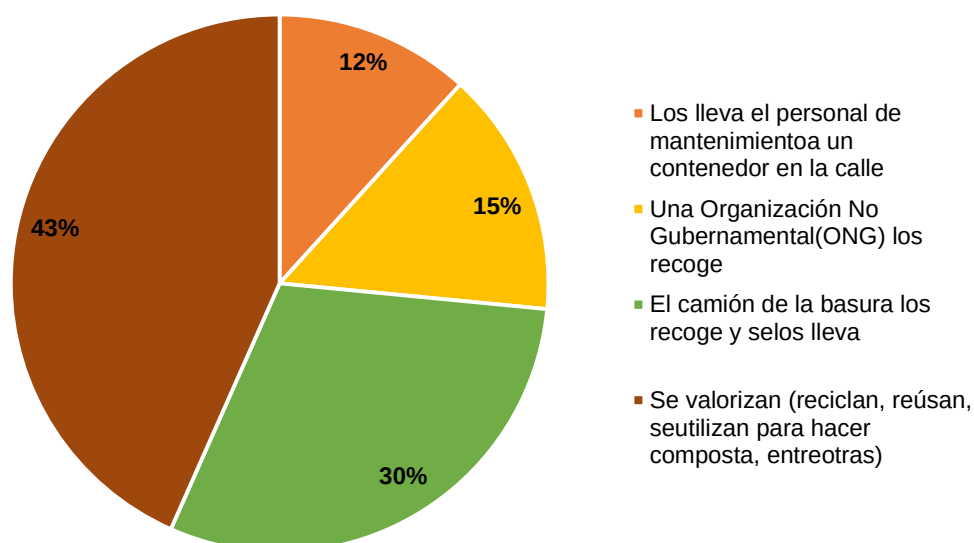


Figura 4.9. Conocimiento de las fases siguientes a la separación de residuos

Lo anterior sugiere dos aspectos fundamentales. En primer lugar, es necesario capacitar a la comunidad universitaria sobre qué es la gestión de residuos y cuáles son sus etapas, más allá de la separación en la fuente. En segundo lugar, resulta indispensable aclarar los conceptos asociados a la gestión de residuos, especialmente la diferencia entre separación y reciclaje. Una parte significativa de la comunidad universitaria interpreta erróneamente que el Programa Institucional “Cero Residuos” corresponde a un programa de reciclaje, cuando en realidad es un programa de separación, ya que el reciclaje involucra una transformación de los materiales que no se puede llevar a cabo en las instalaciones de la UABC (Vargas Restrepo et al., 2021), a excepción del compostaje que se realiza en el campus Tijuana.

En este sentido, además de precisar las diferencias entre separación y reciclaje, en las capacitaciones resulta esencial definir claramente las responsabilidades de cada actor dentro de la gestión de residuos. Esto permite evitar confusiones y previene que se deleguen o se resten responsabilidades a otros integrantes de la comunidad universitaria, asegurando así una participación más equitativa y efectiva en todas las etapas del programa (Hande et al., 2022).

Esta falta de conocimiento y capacitación dentro de la comunidad estudiantil del Campus Mexicali no constituye un fenómeno aislado. De hecho, los resultados de la encuesta aplicada guardan relación con lo observado en otras universidades alrededor del mundo, donde se han reportado niveles similares de desconocimiento respecto a los objetivos institucionales de la gestión de residuos y al destino de los materiales una vez depositados en los contenedores. Por ejemplo, (Ayeleru et al., 2023) reportó que alrededor del 70 % de los estudiantes encuestados en su universidad no tenían idea de lo que pasaba con los residuos después de la recolección, el 72 % reconoció no estar separando activamente sus residuos desde la fuente y el 75 % no supieron dar respuesta a la pregunta “**¿Cómo separas tus residuos?**”. De manea semejante, Owojori et al., (2022) reportaron que el 88 % de los estudiantes encuestados desconocían quién era el responsable de la gestión de residuos en su universidad.

Los encuestados de esta investigación también expresaron que no hay suficientes señalizaciones que les recuerden la importancia de separar sus residuos (38.8 %). Lo que estaría relacionado con que la comunidad estudiantil no realice adecuadamente la separación de residuos después de su generación (Figura 4.10).

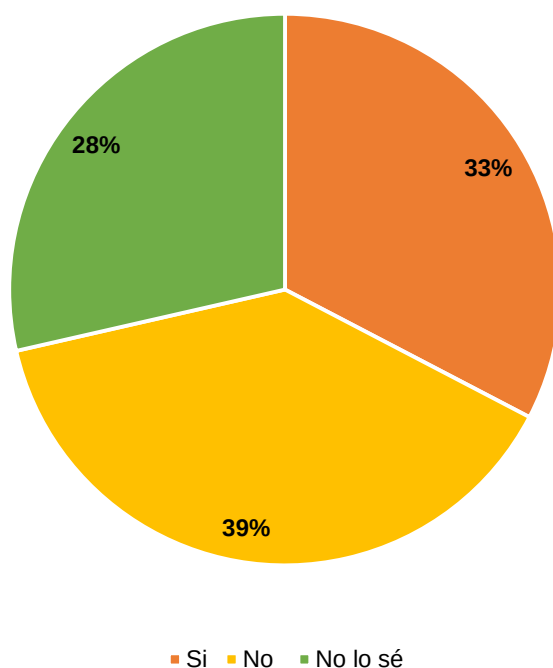


Figura 4.10. Difusión de la separación de residuos

Respecto a las zonas consideradas como las más generadoras de residuos, el 62.8 % respondió que eran las áreas comunes (jardines, estacionamientos, cafeterías, entre otros), mientras que solo el 9.7 % respondió que las cafeterías eran las zonas de mayor generación (Figura 4.11). Este concuerda con lo obtenido en los estudios de generación realizados en

el campus, en los que se encontró que la mayor parte de los residuos generados provenían de las áreas comunes; así como con los resultados de la herramienta WWC, con la que se determinó que el 40 % de los residuos generados en el campus provenían de este tipo de espacios.

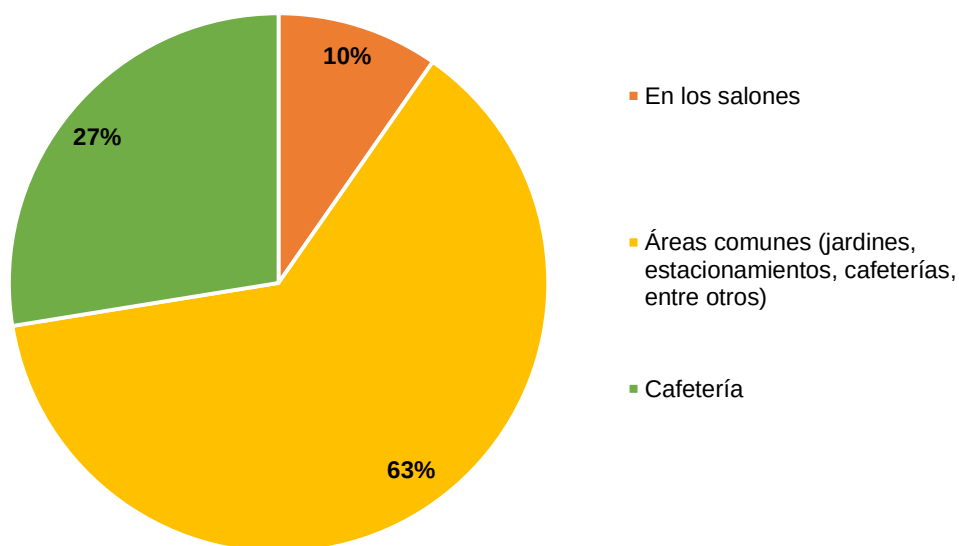
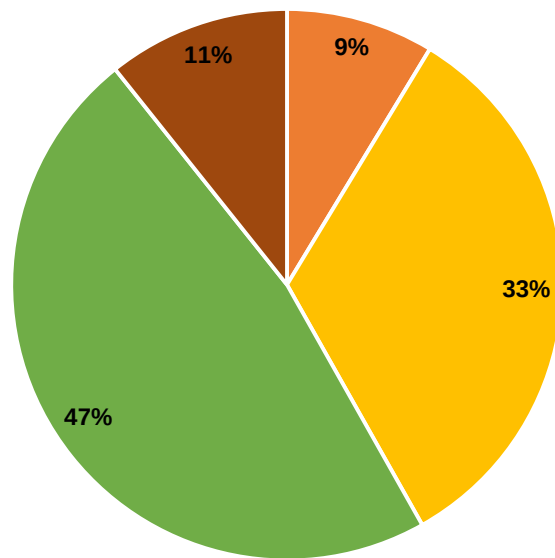


Figura 4.11. Zonas de mayor generación de residuos en el campus

Lo anterior es una respuesta esperada no solo por los resultados de los estudios de generación de 2023, si no porque cuando se planteó el Programa Institucional “Cero Residuos” se evaluó cuáles eran las zonas de mayor tránsito de la comunidad universitaria y en las que por lo tanto habría una mayor generación de residuos (de acuerdo con información proporcionada por la CPGA). Además, en el caso de los contenedores que se encuentran en los edificios, estos no suelen ser utilizados con tanta frecuencia debido a que todavía se mantienen contenedores generales en las aulas y laboratorios (exceptuando contenedores para residuos peligrosos), disminuyendo la separación activa de la comunidad.

Sobre la eficacia de la gestión de residuos en el campus, la mayoría de los encuestados (47.4 %) respondió que era **“poco eficaz”**, seguido del 33.2 % con **“eficaz”**. Solo el 8.7 % de los encuestados respondió que el programa es **“muy eficaz”** (Figura 4.12).



■ Muy eficaz ■ Eficaz ■ Poco eficaz ■ Nada eficaz

Figura 4.12. Eficiencia del programa de gestión de residuos

Sobre la pregunta ***“¿Cómo evalúas el nivel de información disponible sobre el programa para los estudiantes?”*** el 50 % respondió que era ***“insuficiente”***, seguido de un 29.1 % con ***“suficiente”***; solo un 7.7 % respondió que la información disponible era ***“muy suficiente”*** (Figura 4.13).

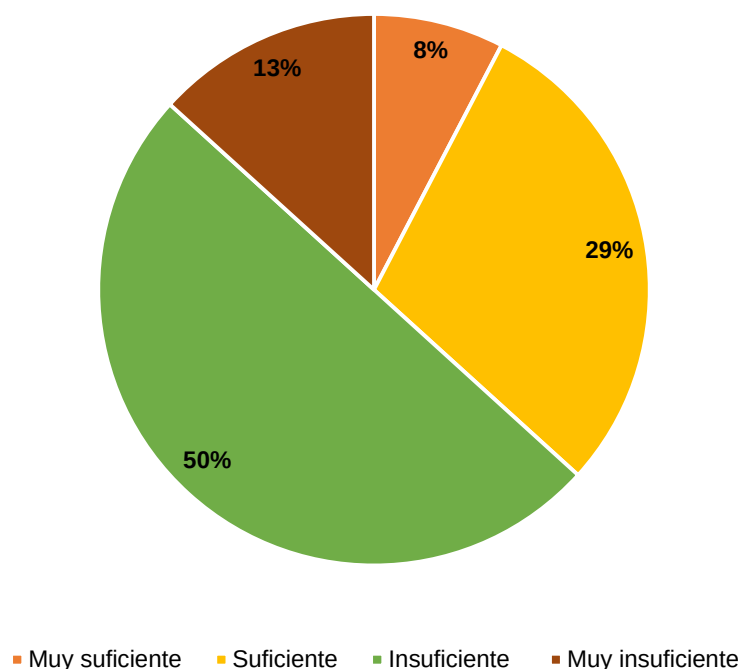


Figura 4.13. Nivel de información disponible

Con base en la pregunta anterior y en las respuestas obtenidas en la siguiente pregunta “**¿Qué medios crees que serían más efectivos para mejorar la difusión del programa?**”, se identificó que la gran mayoría de los encuestados prefiere las capacitaciones presenciales como medio principal de difusión (36.7 %), seguido de las redes sociales (21.9 %), el correo institucional y el uso de materiales gráficos impresos como carteles se tomaron como medidas menos eficientes con 7.7 % y 21.9 % respectivamente.

En las capacitaciones relacionadas con el programa, debe hacerse un especial énfasis en el que el problema de los residuos no desaparece en cuantos estos se colocan en un contenedor, si no que su manejo va más allá y que la separación adecuada en la fuente es parte esencial para la correcta valorización de los residuos (Ayeleru et al., 2023).

Adicionalmente, el material gráfico de difusión que se elabore para difundir el Programa Institucional “Cero Residuos” debe ser atractivo, claro, conciso y debe transmitir adecuadamente el mensaje, considerando que el público objetivo no solo son los estudiantes de la UABC, sino también el personal académico, administrativo y de servicios (Hartanti et al., 2020).

Sobre si la comunidad estudiantil consideraba que la universidad estaba haciendo lo suficiente para promover la conciencia ambiental sobre la correcta separación de residuos, la gran mayoría (49 %) respondió que estaban en desacuerdo, sin embargo, un 31.6 % respondió estar de acuerdo.

Por último, en la encuesta se preguntó a los estudiantes si tenían alguna sugerencia para mejorar la separación de residuos en la UABC, entre las sugerencias que más se repiten se encuentran: poner más indicaciones en los contenedores para realizar una correcta separación de residuos, colocar los contenedores en zonas visibles y de fácil acceso para la comunidad universitaria, mejorar las leyendas de los contenedores en las que se indica que tipo de residuos se depositan en cada contenedor y cómo disponerlos adecuadamente, ofrecer más capacitaciones (de manera semestral) sobre que es, cómo funciona el programa y en que beneficia a la universidad y a la comunidad en general tener un programa de separación de residuos.

De acuerdo con las respuestas a ésta última pregunta, se puede concluir que hay interés de parte de la comunidad estudiantil por aprender más sobre la gestión de residuos en el campus Mexicali y de participar activamente en ella. Acorde con (Ayeleru et al., 2023), gran parte de la comunidad universitaria no participa activamente en las actividades relacionadas con la gestión de residuos debido a que tienen gran desconocimiento de los temas.

4.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

La generación de residuos en universidades puede tener los mismos impactos ambientales que los que se presentan en las pequeñas y medianas ciudades, por lo que se requieren practicas sostenibles de gestión de residuos (Ümmü et al., 2025). Considerando lo anterior, y a partir de los resultados de las secciones anteriores, se proponen las siguientes estrategias para fortalecer la gestión integral de residuos sólidos institucionales, considerando criterios de factibilidad, impacto ambiental y alineación con políticas institucionales.

Las siguientes estrategias (Tabla 4.4) se basan en las fracciones de residuos que se están separando actualmente en el campus Mexicali, que se consideran como residuos valorizables en el Programa Institucional “Cero Residuos” o para las que se podría establecer un mercado con algún prestador de servicios externo.

Tabla 4.4. Estrategias para la gestión de RSI en el campus Mexicali

Eje	Propuestas
1. Prevención y reducción en la fuente	• Campañas de sensibilización para reducir la generación de residuos • Implementación de políticas de compras sustentables y eventos “Cero Residuos”
2. Fortalecimiento de la separación y clasificación	• Rediseño de las estaciones de separación de residuos • Campaña de difusión continua • Rediseño e implementación de un código de colores y una señalética clara

Eje	Propuestas
3. Recolección y almacenamiento temporal	• Revisión y optimización de las rutas y frecuencias de recolección • Infraestructura adecuada para el almacenamiento temporal de residuos
4. Valorización y disposición final	• Convenios con recicladoras o gestores certificados • Transformación de residuos de poda y jardín a través de procesos de compostaje • Recuperación de residuos orgánicos de alimentos
5. Gobernanza y seguimiento	• Creación o fortalecimiento de un comité ambiental • Sistematización de datos de generación y recuperación • Políticas para reducir la generación de residuos

A continuación, se describen a detalle las estrategias presentadas en la Tabla 4.4. Se sugiere comenzar a implementar las estrategias a través de pilotos en aquellos espacios que presentan una mayor generación de residuos como la Facultad de Ingeniería, el centro comunitario, la Facultad de Derecho y la Vicerrectoría. La implementación de zonas piloto permitirá no solo medir el avance de la iniciativa y la recepción de la comunidad universitaria, sino que también permitirá identificar fortalezas y áreas de oportunidad que podrían mantenerse e implementarse en otras facultades y/o espacios del campus.

4.3.1 EJE 1. PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN EN LA FUENTE

Una gestión de residuos eficiente comienza con una generación mínima y una segregación adecuada de los residuos, y esto solo es posible si los generadores participan y se involucran activamente en la primera fase de la gestión de residuos, ya que es justo esta etapa la que determina el curso y la efectividad del proceso (Adeniran et al., 2017).

- ***Campañas de sensibilización para reducir la generación de residuos***

En una institución de educación (de cualquier nivel), la población es flotante y cambia constantemente (especialmente la población estudiantil), lo que supone un desafío para el desarrollo, implementación y funcionamiento de un programa de gestión de residuos, por lo que la comunicación constante y activa a través de capacitaciones es pieza clave para esta tarea (Rugatiri et al., 2021). En este sentido, se recomienda diseñar e implementar un programa de capacitaciones que este dirigido a toda la comunidad universitaria, desde los estudiantes hasta el personal académico, administrativo, de mantenimiento y servicios.

En el caso de la comunidad estudiantil, las capacitaciones y recordatorios constantes en los primeros semestres de su desarrollo profesional es de vital importancia, ya que es en esta etapa dónde los estudiantes están aprendiendo toda la información relacionada con la universidad, desde el reglamento, los espacios disponibles, las actividades físicas y culturales que ofrece, los programas institucionales, entre otros. Adicionalmente, este es un momento crucial en el que los estudiantes de nuevo ingreso están en la fase de adaptación en la educación superior, por lo que es el momento en el que presentan una mayor disponibilidad de aprender y adoptar los estatutos y prácticas de la universidad a sus actividades diarias (Luo et al., 2025; Rugatiri et al., 2021; N. Zhang et al., 2011).

Si las capacitaciones no se realizan activamente al inicio de la formación profesional, con el paso del tiempo éstas dejarían de ser efectivas, especialmente en los estudiantes que están en medio de su formación o al final de ella, debido a que su atención esta mayormente enfocada en continuar y concluir con éxito la fase profesionalizante de su plan de estudios, además de cumplir con algunas otras actividades como el servicio social, la acreditación de un idioma extranjero y/o prácticas profesionales. Adicionalmente, se sabe que hay estudiantes que se encuentran trabajando, ya sea para adquirir experiencia profesional antes de terminar la universidad o porque es parte fundamental de sus ingresos mensuales.

En este sentido, se recomienda que una vez que se ha establecido una base sólida de los conocimientos del Programa Institucional “Cero Residuos” en la comunidad estudiantil, ésta se refuerce con una campaña digital que les recuerde constantemente cuál es su papel en la gestión de residuos de la universidad. (Carvajal-Flórez et al., 2023; Jaipakdee et al., 2026) sugieren que la implementación de una campaña en la que a través del correo electrónico institucional y redes sociales se informe a la comunidad universitaria sobre los avances que se han logrado en la universidad en materia de gestión de residuos y el papel que han tenido para alcanzar dichas metas, podría motivar a la comunidad universitaria a contribuir activamente en la gestión de residuos y en otras actividades de sustentabilidad universitaria.

Además de las capacitaciones y/o campañas digitales, para mantener el constante recordatorio de la conciencia ambiental, las instituciones educativas deben comenzar a incorporar estos temas en los programas de estudio de sus diferentes asignaturas, así como contar con profesores capacitados y cualificados en materia ambiental que puedan guiar a los estudiantes en proyectos e iniciativas relacionados con la gestión ambiental (Debrah et al., 2021).

De acuerdo con (Luo et al., 2025), hay una relación positiva entre la educación ambiental y el comportamiento adecuado en la separación de residuos entre la comunidad estudiantil. Es decir, entre más frecuente sea la educación ambiental en las universidades, los estudiantes adquieren más conocimientos sobre la protección ambiental y en el caso de los residuos, conocimientos sobre la adecuada separación de estos.

Lo anterior también sugiere que dentro de las capacitaciones de actualización impartidas al personal docente deben incluirse cursos relacionados con las problemáticas ambientales y las tecnologías y/o estrategias para su resolución. De acuerdo con (Debrah et al., 2021), la falta de profesores cualificados y actualizados en el área ambiental, especialmente en países en desarrollo podría ocasionar varios problemas en el enfoque profesional de los estudiantes, especialmente quienes se encuentran en la última etapa de su formación

académica, y quienes en el ámbito profesional podrían dejar completamente de lado la cuestión ambiental, como la producción limpia, la economía circular y la emisión de gases de efecto invernadero, el cambio climático, entre otros.

En el caso del personal administrativo, aunque podría considerarse que no tienen una participación tan activa como la comunidad estudiantil o académica, es importante capacitarles en los programas ambientales, en especial aquellas iniciativas relacionadas con la gestión de residuos en las que su participación sea parte fundamental como la separación de papel en espacios administrativos. Adicionalmente, dentro del personal administrativo se encuentran funcionarios con alto poder de decisión, quienes podrían impulsar o frenar las actividades relacionadas con la gestión de residuos en la universidad.

Respecto al personal de mantenimiento y servicios, la capacitación es crucial ya que ellos tienen participación en gran parte de las etapas de la gestión de residuos universitarios, desde la recolección hasta el almacenamiento temporal de los residuos. Este personal debe estar informado sobre como realizar adecuadamente las actividades relacionadas con la gestión de residuos en los espacios correspondientes. De no estar capacitados en el tema, la generación y segregación realizados correctamente en el inicio de la gestión podría perderse.

Cada que se implemente una nueva estrategia o haya cambios en las actividades relacionadas con la gestión de residuos en la universidad, se debe notificar al personal y capacitarlos adecuadamente. Esta capacitación debe surgir desde una perspectiva que genere interés y compromiso en el personal y no solo desde la obligación del cumplimiento de las actividades estipuladas en su contrato, remarcando el papel fundamental que tienen en la cadena de la gestión de residuos universitaria.

- ***Implementación de políticas sustentables y eventos “Cero Residuos”***

Considerando que el objetivo principal es disminuir la cantidad de residuos generados en la fuente, se sugiere implementar políticas que promuevan la compra de productos y servicios ambientalmente responsables, ya sea que estén elaborados con materiales reciclados o que después de su uso sea sencillo enviar a recuperación, o materiales que tengan una política de retorno después de su uso, un ejemplo de esto es el programa ambiental *HP Planet Partners* de la empresa de insumos de impresión HP, que ofrece servicio de recolección gratuito de cartuchos de tinta y tóner de las marcas HP y Samsung para ser enviados a reciclaje (HP Development Company, 2025). Este tipo de prácticas promueve la economía circular y el consumo de insumos ambientalmente responsables que desde su adquisición se sabe que no serán un problema de disposición para quien los adquiere, si no que continúan siendo responsabilidad de quien los produce.

Respecto a los eventos “Cero Residuos” se sugiere establecer políticas en las que se promueva que cualquier evento universitario (desde una capacitación hasta la feria del libro) sean eventos en los que se genere la menor cantidad de residuos posible, y en los que se prohíba el uso de plásticos de un solo uso o de empaques y embalajes innecesarios. Adicionalmente, podría complementarse con la aplicación de servicios de banquete que

ofrezcan opciones de alimentos saludables, disminuyendo así la cantidad de empaques de productos ultraprocesados y cuidando la alimentación de la comunidad universitaria.

4.3.2 EJE 2: FORTALECIMIENTO DE LA SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN

La separación en la fuente es clave para reducir la cantidad de residuos enviados a disposición final e incrementar la cantidad de residuos aprovechados (Sukma et al., 2022). De acuerdo con Gallardo, Edo-Alcón, et al., (2016) si todos los residuos que se generan en una universidad fueran correctamente separados, la cantidad de residuos enviados a disposición final se reduciría aproximadamente un 50 % al día.

- ***Rediseño de las estaciones de separación de residuos***

Con el propósito de optimizar la separación de residuos en las estaciones de la UABC y de impulsar el Programa Institucional “Cero Residuos”, se sugiere retirar o deshabilitar los contenedores destinados a las fracciones de aluminio, orgánicos y plásticos para evitar que la comunidad universitaria continúe utilizándolos, y solo contar con un contenedor destinado a la fracción de “inorgánicos”. Lo anterior no significa que las fracciones de residuos susceptibles a valorización mencionados anteriormente dejarán de separarse y acopiarse en las instalaciones del campus Mexicali, al contrario, sugiere que los contenedores deben ser utilizados de manera más eficiente, optimizando su capacidad y estructura.

En este sentido se sugiere instalar infraestructuras que incrementen la recuperación de plástico de tipo PET, una de las fracciones con mayor generación en el campus y que tiene una mayor oportunidad de ser valorizado en Mexicali.

En el municipio hay diferentes empresas o establecimientos que podrían recolectar el PET y transferirlo a un espacio que lo transforme. Una de ellas sería Mexicali Ambiental, que de acuerdo con su sitio web (Mexicali Ambiental, 2025) pueden recuperar este tipo de residuo. Adicionalmente, se tiene cobertura en el estado de Baja California del programa universitario ECOCE, este último funciona a través de un registro en su sitio web, del que posteriormente, una vez que se ha aceptado a la institución como parte del programa, se le entrega un “kit de bienvenida” que incluye un calendario de recolección y supersacos para el almacenamiento temporal de este tipo de residuo. A través de este programa, ECOCE se compromete a recolectar mensualmente los residuos de tipo PET, HDPE y LDPE generados en las universidades aliadas sin establecer un límite mínimo o máximo de residuos recuperados para la recolección (ECOCE, 2025).

La recuperación de residuos plásticos (PET, HDPE y LDPE) no sería una implementación completamente nueva en la UABC, ya que se tienen antecedentes en el Campus Otay (Tijuana), quienes trabajan estrechamente con ECOCE. Con el propósito de incrementar la cantidad de residuos de este tipo separados correctamente y sobre todo para evitar su contaminación con otro tipo de residuos, alrededor del campus se instalaron estructuras metálicas con redes dentro de ellas (Figura 4.14), de manera que fuera muy visible y

entendible para la comunidad universitaria que solo este tipo de residuos se depositan en dichos contenedores, adicionalmente, para evitar contaminación por otros residuos o una disposición inadecuada, se colocó al lado de cada estructura un contenedor para residuos inorgánicos.



Fuente: Fotografía tomada por la autora (Campus Otay)

Figura 4.14. Infraestructura para separación de botellas de plástico en el campus Otay (Tijuana).

Aunque este tipo de estrategias podría no estar contemplando por completo la estructura de las estaciones de separación de residuos del programa Institucional “Cero Residuos”, si resulta más efectiva para la separación activa y constante de residuos susceptibles a valorización, especialmente debido a las leyendas sencillas de los contenedores y la facilidad con la que se puede identificar cual es el uso exclusivo de los contenedores.

Con esta clasificación inicial y sencilla de dos fracciones de residuos se motiva a la comunidad universitaria a participar activamente en el programa, para posteriormente agregar otro tipo de contenedores que permitan la separación de otro tipo de residuos e incluso reinstalar las estructuras del Programa Institucional “Cero Residuos”.

Este sistema sencillo y bicolor de colores ha tenido éxito en otras universidades como la Escuela de Ingeniería Civil, Arquitectura y Diseño Urbano de la UNICAMP, Brasil, que implementó un sistema con dos contenedores (reciclables y no reciclables), que resultó más sencillo y eficaz que la mayoría de los sistemas multicolores complejos que se utilizan en

otras universidades (como el Programa Institucional “Cero Residuos”). La implementación de este sistema permitió la disminución en la generación de 1,120 kg de residuos al mes a 877 kg/mes (22 %), y una disminución de residuos reciclables enviados a disposición final del 25 % (Fagnani & Guimarães, 2017).

Se sugiere comenzar con contenedores piloto instalados en puntos estratégicos del Campus Mexicali como el centro comunitario (en dónde se encuentra la zona de puntos de venta de alimentos del campus), la facultad de ingeniería y la Vicerrectoría.

No se sugiere como estrategia a corto plazo la implementación de este tipo de contenedores en espacios públicos como los jardines, ya que al encontrarse abiertos a población externa a la comunidad UABC, se podrían encontrar limitaciones y barreras en la separación adecuada de residuos. Para este tipo de espacios se sugiere comenzar colocando letreros que informen que dentro de la universidad se separan botellas de plástico para que los visitantes se vayan familiarizando y cuando se coloquen los contenedores cuenten con la información pertinente para realizar la separación adecuada en fuente.

- ***Campaña de difusión continua***

Cómo se mencionó en el eje anterior, capacitar a la comunidad universitaria respecto a la gestión de residuos, no es una actividad de una sola vez, requiere un seguimiento constante, de manera que la comunidad este siempre informada y consciente que dé en el campus se realizan acciones que promueven la correcta disposición de residuos.

La manera en la que esta información se compartirá no siempre debe ser de la forma tradicional, es decir a través de capacitaciones presenciales, ya que en ocasiones suele ser complicado agendar los horarios o reunir a la mayor cantidad de integrantes de la comunidad en un mismo espacio. Adicionalmente, en ocasiones resulta complicado retener la atención e interés de la comunidad durante una hora (tiempo promedio de las capacitaciones), por lo que deben buscarse canales de difusión en los que la información se pueda transmitir de manera más sencilla, rápida e impactante a la comunidad universitaria.

En este sentido y tomando como aliadas las redes sociales y medios digitales de difusión (como el correo electrónico institucional o los sitios web de la universidad), se sugiere crear una campaña de difusión continua de los objetivos del Programa Institucional “Cero Residuos”, de los tipos de residuos que se separan en el campus y las prácticas adecuadas para dicha separación y sobre todo de los impactos positivos que tiene la participación de la comunidad universitaria, es decir, mostrar a través de infografías, videos cortos o fotografías las cantidades de residuos recuperados en un determinado periodo, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero alcanzadas, o algún otro tipo de información ambiental positiva que motive la participación.

En este tipo de campañas se ha observado la utilización de información negativa relacionada a la incorrecta disposición de residuos, y aunque podría servir de incentivo para que la comunidad universitaria busque un cambio, también podría resultar en sentimientos negativos, como la ansiedad. Considerando lo anterior, el uso de mensajes positivos y sobre

todo la difusión de resultados positivos, resultaría de más ayuda para que la comunidad universitaria se mantenga motivada a seguir participando no solo en la gestión de residuos del campus, si no en otro tipo de actividades ambientales.

Se ha reportado que recibir retroalimentación sobre el reciclaje, específicamente sobre el volumen de residuos reciclables recuperados en las universidades, genera mayores niveles de comportamiento de reciclaje entre la comunidad universitaria, es decir, cuando la comunidad observa que sus acciones están derivando en un resultado positivo, se sienten motivados a continuar con dicho comportamiento (Adeniran et al., 2017).

Para el desarrollo e implementación de este tipo de campañas, se sugiere trabajar con un equipo multidisciplinario que involucre especialistas en gestión de residuos (quienes proporcionarían los datos e información técnica), diseñadores (quienes realizarían el material de difusión de manera atractiva), comunicólogos y/o mercadólogos (quienes trabajarían la mejor estrategia de difusión) y autoridades universitarias (quienes promoverían el material).

La UABC debe tomar ventaja de la diversidad de programas de licenciatura y posgrado que ofrece en sus instalaciones, de manera que los profesores y estudiantes de dichos programas puedan aportar sus conocimientos y habilidades a dichas campañas de sensibilización. Adicionalmente, el hecho de que la comunidad universitaria se involucre en la elaboración de este material les permitirá involucrarse más con las actividades ambientales que se llevan a cabo en el campus.

Otra manera en la que se puede involucrar activamente a la comunidad estudiantil a través de la toma de decisiones de este tipo de campañas. Como ejemplo, la Escuela de Ingeniería Civil, Arquitectura y Diseño Urbano de la UNICAMP, Brasil, construyó la identidad visual de la Comisión de Residuos Sólidos y el Plan de Gestión de Residuos a través de una convocatoria para el logotipo, en la que la comunidad universitaria no solo participó ofreciendo sus ideas y enviando sus propuestas, si no también votando por sus favoritos (Fagnani & Guimarães, 2017).

- ***Rediseño e implementación de un código de colores y una señalética clara***

En la encuesta de conocimientos y percepción realizada a la comunidad estudiantil, la mayoría de los encuestados respondió que le resultaba difícil entender las leyendas e iconos de las estaciones de separación de residuos, lo que les dificultaba disponer adecuadamente sus residuos, adicionalmente, también se mencionó que leer las leyendas les tomaba demasiado tiempo (del que no siempre disponían), por lo que resulta más sencillo y rápido disponer los residuos en cualquier contenedor sin separarlos.

Considerando lo anterior, así como la sugerencia previa de modificar las estaciones de separación, se propone rediseñar las leyendas e iconos de los contenedores, utilizando textos y elementos gráficos sencillos y rápidos de entender y que sobre todo sean memorables, de manera que incluso aun cuando se cuente con muy poco tiempo para disponer los residuos y no se esté completamente concentrado en dicha actividad, sea sencillo realizar una separación y disposición adecuada de residuos. Un ejemplo de esto es el

símbolo de reciclaje, que sin importar de que tipo de residuo se hable, la gran mayoría de la población entiende a que se refiere el icono gráfico asociado.

Cómo en las campañas de concientización, se recomienda trabajar con un equipo intermultidisciplinario y sobre todo recibir retroalimentación (antes de la implementación oficial de las nuevas leyendas y gráficos) de diferentes integrantes de la comunidad universitaria (como usuarios beta), quienes serán los principales usuarios de este material.

4.3.3 EJE 3. RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Aunque la separación en la fuente es fundamental para la adecuada gestión de residuos, ésta no termina cuando la comunidad universitaria separa los residuos que genera en los contenedores instalados. Para asegurar que los residuos separados sean valorizados y no se rechacen en el proceso de reciclaje, se requieren estrategias adecuadas de recolección, acopio y almacenamiento temporal adecuados que cumplan con todos los requisitos establecidos en la legislación y normativa nacional, además de los lineamientos institucionales.

- ***Revisión y optimización de las rutas y frecuencias de recolección***

Una de las etapas más importantes de la gestión de residuos es la recolección, esta etapa consiste en recolectar las bolsas de residuos para posteriormente llevarlas a los contenedores correspondientes, sin embargo, aunque parezca una tarea relativamente sencilla, suele tener complicaciones como la mezcla de residuos o en el caso del campus Mexicali, el desperdicio de recursos como las bolsas plásticas.

La mezcla de residuos está relacionada con la gran cantidad de residuos que un solo integrante del personal de intendencia debe recoger al día de diferentes áreas del campus Mexicali, entre los que se encuentran residuos valorizables y residuos que serán enviados a disposición final. En ocasiones, no se le informa al personal de intendencia el tipo de residuos que está trasladando ni se hace distinción en si deben recuperarse o no, por lo que todos los residuos terminan en el contenedor destinado a la disposición final, entorpeciendo así la valorización de los residuos.

Y en otras ocasiones, el personal de intendencia, en busca de optimizar el tiempo de sus actividades, recolecta todos los residuos (valorizables y no valorizables) al mismo tiempo y los deposita todos en el mismo compartimiento para su traslado al centro de acopio, lo que puede causar la contaminación de residuos valorizables, lo que afectaría la gestión de residuos y a los indicadores de recuperación.

Otro problema es la recolección de bolsas plásticas que en su interior tienen una cantidad mínima de residuos pero que deben de retirarse debido a la presencia de residuos orgánicos que causan mal olor y representan un foco de infección para la comunidad

universitaria. Estas bolsas no solo representan un desperdicio de recursos económico, sino también se convierten en otro residuo que debe gestionar la universidad.

Considerando lo anterior, se sugiere realizar cambios en las rutas de recolección de residuos en las instalaciones del campus, definiendo días específicos para la recolección y almacenamiento de residuos valorizables; esto evitará la contaminación de residuos y permitirá tener un mayor orden en el centro de acopio.

En el caso de las bolsas de residuos, se sugiere utilizar herramientas computacionales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Inteligencia Artificial (IA) para identificar en que estaciones de separación no se está disponiendo una gran cantidad de residuos, de manera que se puedan reubicar a puntos de mayor generación o retirarse por completo, disminuyendo así la cantidad de bolsas plásticas que se usan en los contenedores de residuos.

Desafortunadamente las herramientas tradicionales no permiten dar un adecuado seguimiento a la predicción precisa de la generación de residuos sólidos, ni a cuales son las mejores rutas de recolección, el potencial de residuos reciclables, la capacidad de las instalaciones, entre otros, por lo que el uso de inteligencia artificial mejoran la precisión de los datos y permiten disminuir la saturación de los centros de acopio (Xu & Zheng, 2026).

El uso de herramientas tecnológicas en universidades para la mejora de la gestión de residuos no es nueva, (Amarachukwu et al., 2020) reportaron el uso del software “myrouteonline”, que les permitió identificar la ruta óptima para la recolección de residuos en el campus principal de la Universidad de Abuja. Esta herramienta les permitió reducir la distancia recorrida de 24.38 km a 12.44 km (ahorro del 48.78 %) y una disminución en el tiempo de viaje de 83 minutos a 43 minutos (ahorro del 52.44%).

- ***Infraestructura adecuada para el almacenamiento temporal de residuos***

De acuerdo con la LGPGIR y la LGEEPA, el almacén temporal de residuos debe considerar aspectos como la ubicación, ventilación, equipamiento, gestión documental, entre otros. Los requisitos para el diseño y la infraestructura de un almacén temporal de residuos sólidos urbanos contemplan tres etapas: diseño, clasificación y separación y, control de inventarios (LGEEPA, 1988).

En la primera etapa, se contemplan factores como la capacidad máxima de residuos que se pueden almacenar (basado en la generación máxima de residuos), la ubicación, es decir, que se encuentre lejos de zonas como aulas, laboratorios, espacios públicos, espacios administrativos y cafeterías, pero que sea accesible para la recolección de residuos, el paso de trabajadores y vehículos, se deben contemplar muros (de al menos 1.8 m de altura) y un techo que proteja a los residuos de las condiciones ambientales como el sol, la lluvia y el viento. Por último, se debe considerar la ventilación y el control de humedad que eviten la acumulación de olores desagradables y vapores tóxicos, en el caso de la humedad, su control ayuda a prevenir la generación de lixiviados, especialmente aquellos provenientes de residuos orgánicos de alimentos. También se deben considerar pisos y contención secundaria impermeables para controlar derrames y fugas de lixiviados, esto incluye

sistemas de drenaje de adecuados, esto previene la contaminación de suelo y aguas subterráneas (LGEEPA, 1988).

En la segunda etapa se considera que cada contenedor y/o espacio destinado al almacenamiento de algún tipo de residuos debe estar claramente etiquetado con la naturaleza de los residuos, además, se debe contar con señalización clara y visible que indique los riesgos, las áreas de almacenamiento y las medidas de seguridad correspondiente. Se debe evitar mezclar residuos y se debe de contar con medidas de seguridad contra incendios como extintores y detectores de humo, así como contar con un plan de emergencia para imprevistos (LGEEPA, 1988).

En el almacén el acceso deberá restringido a todo el personal que no esté autorizado para el manejo y gestión de residuos. Además, en el almacén se debe mantener un registro detallado de todos los residuos que entren y salgan del almacén, así como especificar su destino (sitio de destino final o valorización) (LGEEPA, 1988).

Considerando que el campus Mexicali ya cuenta con este tipo de espacios, como la infraestructura instalada en el estacionamiento fotovoltaico campus Mexicali se sugiere realizar adecuaciones de acuerdo con lo mencionado anteriormente. Se sabe que este espacio se diseñó y construyó con la intención de apoyar y disminuir la carga del centro de acopio que se encuentra en la Facultad de Ingeniería, ya que este espacio no tiene capacidad para almacenar la gran cantidad de residuos que se generan en el campus Mexicali diariamente y almacenarlos temporalmente por varios días, lo que ocasiona una mezcla y contaminación de residuos, desorden, riesgos de seguridad e higiene, olores desagradables y un aspecto visual inadecuado.

Adicionalmente, como este almacén de residuos se encuentra en una zona de alto flujo de comunidad universitaria, es usual que se depositen residuos constantemente en espacios destinados a otro tipo de residuos, por lo que se sugiere poner a un encargado del almacén de residuos que vigile que no entren residuos de fuentes externa, ni que los residuos sean contaminados entre sí, disminuyendo su potencial de aprovechamiento.

Como en el caso de los contenedores dedicados a la recolección de botellas de plástico, esta estrategia tiene antecedente en el campus Otay, en dónde se cuenta con un encargado del almacén de residuos, lo que les ha permitido no solo mantener el orden en el espacio y disminuir la contaminación, si no tener registros más claros de las entradas y salidas de residuos. En este almacén también se cuenta con espacios y contenedores exclusivos para el almacenamiento y acopio de determinadas fracciones de residuos (Figura 4.15). La presencia de un encargado ha permitido que estos espacios mantengan un orden y que sean de fácil acceso para los prestadores de servicios que recolectan este tipo de materiales.



Fuente: Fotografía propia

Figura 4.15. Centro de acopio de residuos del campus Tijuana.

Además, contar con un encargado permitirá supervisar que los residuos se están acopiando de manera correcta, que no se mezclen y que se recolecten por los prestadores de servicio externos de acuerdo con los lineamientos de la Vicerrectoría y lo establecido en los convenios para la valorización.

4.3.4 EJE 4. VALORIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL

Como el último eslabón de la gestión de residuos en el que la UABC tiene control, el destino final de los residuos generados en la institución debe tener alguno de los siguientes destinos: valorización y disposición final, siendo el primero la prioridad y en el que mayor cantidad de residuos deben gestionarse.

- ***Convenios con recicladoras o gestores certificados***

La valorización y/o aprovechamiento de residuos puede realizarse de manera externa o interna, en el primer caso, se podría realizar contando con la ayuda de prestadores de servicios externos que realicen la transformación de residuos, mientras que en la segunda

se pueden involucrar a diferentes integrantes de la comunidad universitaria en actividades como el compostaje.

En este sentido también se podrían buscar alianzas que beneficien la gestión de residuos de la UABC, ya sea con empresas que puedan aportar en la valorización de residuos (uniéndose a este eslabón de la cadena) o con asociaciones o grupos de trabajo que concienticen sobre el cuidado del ambiente y que puedan brindar asesoría o capacitaciones a la comunidad universitaria. Un ejemplo de esto es ECOCE, quienes además de recolectar residuos plásticos también pueden impartir capacitaciones sobre el cuidado del ambiente y/o ofrecer cursos virtuales gratuitos sobre estos temas.

La UABC puede aprovechar su posición como institución educativa referente en el Noroeste del País y establecer convenios o alianzas con diferentes empresas que recolecten y transformen residuos, priorizando un costo de recolección menor al del mercado convencional, la entrega de documentación correspondiente (manifiestos) y el cumplimiento con la logística de recolección de residuos.

- ***Transformación de residuos de poda y jardín a través de procesos de compostaje***

El compostaje es la actividad a través de la cual la materia orgánica se degrada a través de la acción de microorganismos en condiciones aerobias y a altas temperaturas, convirtiéndose en abono o fertilizante para las plantas y áreas verdes (Mason et al., 2004).

A través de la herramienta WWC fue posible determinar que el 11.8 % de la generación total de correspondía a residuos de poda y jardín. Esto indica que el campus cuenta con una gran cantidad de material orgánico que podría compostar y posteriormente utilizar como abono para las áreas verdes del campus e incluso para las áreas de la unidad deportiva. Para poder llevar a cabo este programa se debe evitar la contaminación de los residuos de poda y jardín, especialmente en las fases de recolección y almacenamiento.

En el caso del campus Mexicali, debido a la gran extensión de áreas verdes se sugiere colocar infraestructura conocida como “composteros” a lo largo de las áreas verdes del campus, en las que solo se depositen residuos de poda y jardín. Este tipo de estrategia podría implicar que el proceso de compostaje sea lento, pero podría involucrar a los estudiantes para un monitoreo constante del proceso. Esto se puede realizar a través de los clubes ambientales de estudiantes, a través de programas de servicio social comunitario y/ profesional o a través de voluntariado, incluso podría ofrecerse como incentivo la actividad 8=1.

Este tipo de estructura consiste en una red metálica en forma cilíndrica colocada sobre un área verde del campus. A esta estructura se le colocan los residuos de poda y jardín después de cada actividad de poda, limpieza y/o mantenimiento de áreas verdes, además se debe agregar agua suficiente para llevar a cabo el proceso de compostaje y mantener la humedad necesaria. Para mantener la humedad y la temperatura se debe colocar una lona o hule sobre la estructura, que solo se va a retirar hasta que se depositen nuevos residuos de poda y jardín.

Este tipo de iniciativa requiere una inversión inicial para las estructuras, sin embargo, algunos otros elementos como las lonas se podrían obtener a través de la donación del Departamento de Producción y Medios de la UABC o de la coordinación de extensión de la divulgación de cultura, quienes suelen utilizar gran cantidad de lonas para la difusión de eventos como la feria del libro o exposiciones en el museo.

Para respaldar este tipo de proyecto, se tienen antecedentes, como la UAM-Azc (Universidad Autónoma Metropolitana, 2025) (Figura 4.16). De implementarse esta estrategia se podría incorporar a las capacitaciones del personal de jardinería y a los estudiantes. La composta generada en estas instalaciones podría utilizarse para dar nutrientes y humus a plantas y vegetales o como fertilizantes para parques y áreas verdes de la universidad (Jakimiuk et al., 2023).



Fuente: (Universidad Autónoma Metropolitana, 2025)

Figura 4.16. Compostero en la UAM – Azc.

Tomando como referencia la manera en la que la UAM-Azc ha llevado a cabo esta actividad en sus instalaciones, se sugiere buscar el apoyo de la comunidad universitaria y docente para el seguimiento de los composteros, especialmente se podría recurrir a los diferentes clubes ambientales con los que cuenta la universidad e incluso dar a apertura a la creación de nuevos espacios en los que los estudiantes podrían seguimiento a estas actividades como el servicio social y comunitario. En la UAM Azc se ha contado con el apoyo de los estudiantes que prestan servicio social al laboratorio de arboricultura, a quienes se les imparten capacitaciones sobre el manejo de estas áreas y se les da seguimiento. En este sentido, en el campus se requieren profesores que den seguimiento a la comunidad estudiantil y que también cuenten con los conocimientos necesarios para acompañar y asesorar a los estudiantes.

Considerando la inversión que requieren este tipo de infraestructuras, se sugiere consultar con un experto en el tema sobre la viabilidad de este tipo de compostaje en el campus Mexicali considerando las condiciones climáticas, ya que las altas temperaturas podrían

causar problemas al momento de mantener la temperatura y la humedad dentro de los composteros. De no ser posible instalarlos a lo largo de las áreas verdes del campus como en la UAM-Azc podría comenzarse con la instalación de un par de ellos en el invernadero ubicado detrás del instituto de ingeniería, ya que en este espacio podrían controlarse las condiciones mencionadas anteriormente.

De implementarse el programa de composteros, se sugiere establecer comunicación con el personal de mantenimiento y jardinería para que puedan sumarse a esta estrategia depositando los residuos de poda y jardín en los espacios correspondientes y de acuerdo con las indicaciones del grupo de estudiantes y docentes encargados y que además siempre estén pendientes de colocar las lonas después de depositar los residuos.

Adicionalmente (e incluso si no se implementara esta estrategia), se debe implementar un manual dirigido al personal de intendencia y jardineros en el que se especifique el proceso de recolección y almacenamiento de los residuos de poda y jardín. Una vez implementado este programa, se debe capacitar al personal en los nuevos lineamientos, de manera que puedan desarrollarlos en sus espacios de trabajo.

- ***Recuperación de residuos orgánicos de alimentos***

Además de los residuos orgánicos de poda y jardín que se generan en el campus, también hay una gran generación de residuos de alimentos provenientes de cafeterías y puntos de venta de alimentos que no son aprovechados y que podrían representar una ventana de oportunidad para la valorización interna y para el cumplimiento de las metas institucionales, especialmente a la disminución de la huella de carbono.

Aunque este tipo de residuos no es responsabilidad completa de la universidad si no de los concesionarios de las cafeterías y puntos de venta del campus, podría encontrarse una estrategia que permitiera que ambos sectores trabajen activamente. Esto se podría hacer a través de la recuperación de residuos de alimentos en procesos como lombricompostaje y/o tratamientos energéticos como biodigestión.

Esto abre un área de oportunidad para investigadores del campus y/o estudiantes de posgrado que estén interesados en esta línea de investigación. Es cierto que los proyectos serían a menor escala que un proyecto industrial, sin embargo, las experimentaciones podrían permitir que se identifique un proyecto con la capacidad y condiciones necesarias para llevarse a gran escala.

De implementarse esta estrategia se requiere capacitar al personal de las cafeterías y puntos de venta de alimentos para que realicen una separación activa, adecuada y constante de los residuos de alimentos que se pueden recuperar a través de estos procesos. En instituciones como el campus Turitea de la Universidad Maasery (Nueva Zelanda), la separación de residuos de alimentos incremento considerablemente de 25 % a 88 % desde que se comenzó a capacitar al personal de cafeterías para que priorizara la separación de este tipo de residuos en la fuente (Adeniran et al., 2017).

Con el propósito de recuperar la mayor cantidad de residuos de alimentos posible, se sugiere una estrategia conjunta entre los encargados de la gestión de residuos y el grupo de expertos de Universidad Saludable, ya que en el Programa Institucional Universidad Saludable (PIUS) se hace mención a la disminución del desperdicio de alimentos y al acercamiento con los locatarios para proporcionarles técnicas de reducción de desperdicio de alimentos (Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental, 2024).

En el caso del lombricompostaje, este podría requerir una mayor demanda de un espacio adecuado en el que la temperatura permanezca estable y no se incremente de manera drástica de manera que pueda afectar a las lombrices. En este caso, los residuos orgánicos de alimentos recuperados en las cafeterías servirían de alimento para las lombrices, por lo que también debe cuidarse el tipo de alimento y desperdicio que se les da, cuidando que no sean alimentos con gran cantidad de ácido ni puedan causar la muerte (L. Zhang et al., 2018). Para implementar este proyecto, se sugiere establecer comunicación con alguna unidad académica de alguno de los otros dos campus que haya o estén implementando programas de lombricomposteo, con el propósito de conocer sus experiencias y ver de qué manera se puede adaptar al campus Mexicali, en el que las condiciones climáticas dificultan esta actividad.

Considerando que un 1 kg de residuos de alimentos libera aproximadamente 1.5 kg de CO₂ (Asefi et al., 2025), El aprovechamiento de este tipo de residuos sería de gran ayuda para la disminución de la huella de carbono institucional. Como ejemplo, el Camosun College, en Victoria, Columbia Británica, se ha implementado con éxito el programa de compostaje de residuos alimentarios desde 2003, obteniendo con éxito la recuperación de 51 toneladas métricas de este tipo de residuos hasta 2010 (Smyth et al., 2010).

Otro tipo de iniciativa es la prevención de la generación de este tipo de residuos. En la Universidad Oceánica Tropical de Hainan se evaluó la efectividad de la iniciativa “¡Plato vacío, bolsillo lleno!”, una campaña enfocada en reducir el desperdicio de alimentos en comedores de la institución a través de carteles educativos e intervenciones personales durante el almuerzo; que logró una reducción de 80 % del desperdicio de alimentos y una disminución de la huella de carbono institucional del 64 % (Asefi et al., 2025).

4.3.5 EJE 5. GOBERNANZA Y SEGUIMIENTO

La gestión de residuos solo es efectiva si está bien estructurada desde la columna vertebral de la que surge, no se pueden llevar a cabo adecuadamente los procesos si el eje regulatorio principal no está bien estructurado ni cuenta con la autoridad necesaria para llevar a cabo la gestión adecuada de residuos (Tangwanichagapong et al., 2025). Se requieren implementar programas y/o estrategias que sean más que una sugerencia, deben ser pautas institucionales que se sigan de manera consecutiva en todos los espacios de la UABC. El programa “Cero Residuos” al ser institucional tiene cobertura en los tres campus de la UABC, sin embargo, cada campus e incluso cada unidad académica realiza adecuaciones del programa con base a sus necesidades y recursos, por lo que se recomienda una reestructuración del programa, comenzando por una identificación de lo que está funcionando, de lo que se considera un área de oportunidad y de aquello que no

puede mantenerse debido a que no está funcionando en ninguno de los escenarios planteados.

A partir del primer acercamiento que puede ser un análisis de ciclo de vida, un análisis FODA o una serie de entrevistas a la comunidad universitaria y al personal que esta mayormente relacionados con la gestión de residuos se pueden promover más estatutos institucionales o incluso pueden manejarse para cada campus de acuerdo con las necesidades de cada uno, por ejemplo, en el caso del campus Mexicali el clima puede llegar a dificultar las actividades del personal para depositar los residuos en el espacio correspondiente, además de acelerar la degradación de los residuos, generando olores desagradables y la generación de lixiviados que podrían contaminar el suelo.

La UABC requiere que el programa cero residuos sea tomado como uno de los temas principales de cada gestión rectoral de la UABC, así como contar con los recursos necesarios para desarrollarse sin ningún contratiempo. Debe considerarse uno de los ejes principales del desarrollo institucional y no como parte de uno de ellos. La cuestión ambiental debe ser una de las principales prioridades institucionales, considerando el papel de las universidades de crear profesionistas con una visión de economía circular, la agenda 2030 y los ODS, se requiere integrar este esquema a los planes de estudio y a las actividades extracurriculares de gran impacto como la feria del libro o eventos culturales.

- ***Creación o fortalecimiento de un comité ambiental***

Se sugiere crear un comité de expertos que trabajen en la gestión de residuos institucional, así como por campus, de manera que se puedan tomar decisiones con diferentes perspectivas y que resulten convenientes para todos los contextos de la UABC. De acuerdo con la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental, ya se cuenta con el grupo “Gestión de Residuos”, perteneciente a la Red de Expertos para la Sustentabilidad Universitaria (RESU), en el que se integran académicos expertos en la gestión de residuos pertenecientes a los tres campus de la UABC. A través de esta unión de conocimientos, se pueden promover diversos proyectos que mejoren la gestión de residuos no solo en el campus Mexicali si no a nivel institucional.

También se sugiere la inclusión de la comunidad estudiantil en este comité, de manera que estén más involucrados con la gestión de residuos universitaria y que ellos como principales usuarios puedan brindar soluciones que podrían ignorarse desde la perspectiva de las autoridades. Al verde representados, los estudiantes podrían incrementar su participación en la gestión de residuos universitaria.

- ***Sistematización de datos de generación y recuperación***

La implementación de diferentes estrategias de gestión de residuos requieren documentarse y tener un seguimiento constante, no es suficiente implementar o disponer estrategias si no se les va a dar un seguimiento ni se van a documentar adecuadamente,

tampoco es suficiente realizar adecuaciones en los almacenes temporales de residuos si no hay un control y seguimiento de las entradas y salidas de residuos, ya que esto permitirá identificar donde están las fugas y que eslabón de la cadena no está cumpliendo con la gestión adecuada de residuos.

La documentación de la gestión de residuos es clave para poder dar continuidad a los procesos, en especial en la UABC en la que cada cuatro años se cambia de gestión rectoral, y la transición entre una gestión a otra podría tomar demasiado tiempo y causar problemas en la cadena de gestión de residuos. Por ejemplo, de no estar documentado como se lleva a cabo la separación de residuos ni quienes son los responsables de esta acción, cuando otra gestión rectoral entre, tendría problemas en identificar que es lo que se realizaba, como se llevaba a cabo y con quien debería contactar para mantener la cadena, y aunque este tiempo pudiera parecer poco relevante o sin importancia, podría causar un daño en la cadena de gestión de residuos, especialmente en la comunidad estudiantil que perdería el interés en estas actividades y enfocaría su atención en otra cosa.

Para poder sistematizar toda la información y construir una base de datos completa y eficiente, se requiere que todos los involucrados en la gestión de residuos universitaria envíen en tiempo y forma (y actualizando constantemente) la información correspondiente a sus áreas de trabajo a la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental. Esta información no solo involucra a las cantidades de residuos generados y recuperados, sino también a la cantidad de capacitaciones impartidas en materia de residuos, la cantidad de material de difusión compartido, las fortalezas y áreas de oportunidad de la gestión de residuos de sus áreas de trabajo y toda aquella información que pueda resultar útil para mejorar la gestión de residuos universitaria.

Aunque en esta investigación no se consideraron las unidades académicas periféricas, es importante reconocer que en ellas se genera una cantidad considerable de residuos que deben gestionarse adecuadamente y que deben informar sus procesos a las oficinas correspondientes en la Vicerrectoría del campus Mexicali o a la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental, de manera que esta información no quede aislada de lo que ocurre en los campus centrales.

- ***Políticas para reducir la generación de residuos***

Las prohibiciones o ciertas restricciones relacionadas con el uso de algunos productos también han ayudado a disminuir la cantidad de residuos generados en las universidades. Como ejemplo en el Tecnológico de Monterrey se prohibió a las cafeterías y comerciantes utilizar elementos como popotes, bolsas plásticas, botellas plásticas, vasos, platos y tapas. Estas estrategias combinadas con capacitaciones y campañas relacionadas con ella lograron una disminución en un 57 % de los residuos plásticos enviados al relleno sanitario (Rodríguez-Rodríguez et al., 2021).

Una fracción de residuo que se genera en gran proporción en las universidades es el papel, debido a las actividades administrativas y educativas que se llevan a cabo, por lo que una política que promueva la documentación digital sería de gran ayuda para disminuir la

cantidad de papel generado en el campus Mexicali. En la Universidad de Lagos en Nigeria se cuenta con una política sin papel, en la que se estipula que la mayoría de las inscripciones y registros se realizan en línea, los apuntes en clase deben trabajarse en formato digital y se utilizan medios digitales para difusión de actividades oficiales. Esta política ha disminuido considerablemente el porcentaje de papel enviado a disposición final (Adeniran et al., 2017). De igual manera, en la Universidad Tecnológica de Malasia, a través de la iniciativa de oficinas ecológicas para reducir el papel, se obtuvo una reducción del 58 % al 30 % del volumen del papel utilizado (Zen et al., 2016).

Se sugiere también que esta política incluya la entrega de archivo electrónico de trabajos, cuestionarios, exámenes, tesis, tramites oficiales, facturas, oficios, entre otros. La implementación de estas estrategias tiene el potencial no solo de minimizar el consumo de papel, sino también de reducir el volumen de residuos generados (Saleem et al., 2019; Ümmü et al., 2025).

Por último, para impulsar la participación de la comunidad estudiantil se sugiere la implementación de incentivos para incrementar la cantidad de residuos separados, como sistemas de retorno que den algún tipo de compensación ya sea económica o en especie, un ejemplo de ellos son las maquinas tipo expendedoras que pueden recibir residuos y entregar una determinada cantidad de dinero por ellos o puntos para algún tipo de tarjeta que le permita a los estudiantes realizar impresiones o compras de material o alimentos dentro de las instalaciones del campus (Owojori et al., 2022). Otro tipo de incentivo que podría ofrecerse a la comunidad estudiantil del campus Mexicali es el académico, a través de la liberación de horas de servicio social comunitario o la asignación de un sello de la actividad 8=1.

5. CONCLUSIONES

El análisis integral de la gestión de residuos en el campus Mexicali de la UABC a través de la herramienta Waste Wise Cities permitió evaluar la gestión de residuos en todas sus etapas, considerando no solo la generación y disposición final, sino también los impactos ambientales asociados, de acuerdo con el indicador 11.6 de los ODS.

Evaluar la gestión de residuos en el campus Mexicali con un modelo diseñado para una ciudad, permitió identificar grandes áreas de oportunidad, especialmente aquellas que involucran el manejo de una gran cantidad de residuos (equivalente a la generación de una ciudad pequeña), además de que ofrece una perspectiva integral y permite tomar en cuenta aquellos espacios en los que se da la generación por visitantes externos a la comunidad universitaria.

El uso de tres escenarios para evaluar la gestión de residuos en el campus Mexicali permitió no solo aproximarse a la situación real respecto a generación de residuos, si no también permitió identificar que las condiciones de generación no son las mismas que una ciudad, ya que hay una mayor generación de residuos pertenecientes a las fuentes “no domésticas”.

Con base en los resultados se concluye que, aunque la universidad ha avanzado en la construcción de una cultura institucional orientada a la sustentabilidad a través del Programa Institucional “Cero Residuos”, aún persisten desafíos importantes, como la incorrecta separación de residuos en la fuente, la baja tasa de recuperación de ciertos residuos y la cantidad significativa que aún se envía a disposición final.

Adicionalmente, se identificaron desafíos prioritarios como la falta de estandarización en los procesos de separación y recolección, la limitada capacitación continua para la comunidad universitaria, la ausencia de indicadores consolidados de seguimiento y la falta de infraestructura y/o convenios para la valorización de residuos.

La universidad, además de promover políticas ambientales en materia de gestión de residuos, debe enfocarse en establecer políticas que permitan la disminución de la generación de residuos en la fuente a través de la promoción del consumo responsable de cualquier producto o servicio que se adquiriera para satisfacer las necesidades universitarias. Esto permitirá avanzar hacia un sistema de gestión más eficiente, responsable y alineado con los principios de universidad sustentable.

Los resultados de esta investigación permiten visualizar un escenario de crecimiento en el que el campus Mexicali de la UABC cuenta con potencial para evolucionar hacia un modelo integral de economía circular, siempre que se fortalezcan procesos como la separación en origen, la participación de la comunidad universitaria, la infraestructura para acopio y almacenamiento temporal y la generación sistemática de datos.

Este análisis permitió avances relacionados con la gestión de residuos que se alinean con lo establecido en las metas del Plan de Desarrollo Institucional (PDI), sin embargo, no permitió identificar como está contribuyendo la gestión de residuos a la disminución de la huella de carbono institucional, una de las grandes metas mencionadas en dicho documento. Considerando lo anterior, se sugiere emplear otras herramientas como en

Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para analizar el impacto ambiental asociado a la gestión de residuos.

6. RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones en este tema se presentan las siguientes recomendaciones, de manera que se pueda obtener un análisis más representativo de la situación real de la gestión de residuos en la zona de estudio.

- Buscar e integrar fuentes de generación de residuos *no domésticos* que no se hayan considerado en esta investigación y que puedan enriquecer los resultados arrojados por la herramienta.
- Realizar un análisis de cada campus (incluyendo dentro a las unidades académicas periféricas correspondientes) de manera que se puedan identificar las diferentes fortalezas y áreas de oportunidad de la gestión de residuos de cada campus y se puedan integrar al Programa Institucional *Cero Residuos*.
- Realizar estudios de generación y caracterización por Facultad o unidad académica periférica, de manera que se puedan observar los compartimientos particulares y los datos puedan introducirse a la herramienta sin realizar modificaciones o suposiciones.
- De conocerse el porcentaje de generación de fuentes *no domésticas* específico para cada municipio de Baja California, se sugiere utilizarlo con el propósito de tener datos más específicos de la gestión de residuos en los campus de la UABC.
- Integrar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) completo para identificar impactos ambientales desde la generación hasta la disposición final de los residuos. Esto permite una visión más amplia y estratégica del sistema.
- Es importante incluir encuestas o entrevistas a docentes y personal administrativo (no solo a la comunidad estudiantil) para conocer su nivel de conocimiento, prácticas cotidianas y disposición a participar en programas de residuos. Esto puede enriquecer el diagnóstico y las propuestas.
- Si las condiciones lo permiten, hacer muestreos representativos por tipo de fuente (cafeterías, laboratorios, oficinas, aulas) y temporalidad (semana normal, fin de semestre, vacaciones) para contar con datos más precisos.
- Ampliar el alcance del estudio para comparar la gestión de residuos entre distintos campus, lo cual puede aportar nuevas perspectivas y buenas prácticas.
- Analizar los costos y beneficios asociados a las diferentes estrategias de gestión de residuos (por ejemplo, cuánto cuesta disponer versus cuánto se podría ahorrar o recuperar al reciclar o compostar).
- Hay que asegurar que el estudio se base en los reglamentos, leyes y políticas institucionales más actualizadas para que las recomendaciones sean viables y pertinentes.
- Explorar sinergias con otros temas de sustentabilidad, como agua, energía, acción ante el cambio climático, entre otras, para abordar los residuos desde una perspectiva holística o de campus sustentable.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (GAIA), G. A. for I. A. (2022). *De basura cero a cero emisiones*.
- (UDG), U. A. de G. (2023). Informe de sostenibilidad 2022. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 42.
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Adeleke, L., Abel, A., & Afon, O. (2022). Seasonal quantification and characterization of solid waste generation in tertiary institution : a case study. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24(3), 1172–1181. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01390-0>
- Adeniran, A. E., Nubi, A. T., & Adelopo, A. O. (2017). Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. *Waste Management*, 67, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.002>
- Aguirre Patiño, V., & Rodríguez Grisales, O. I. (2019). *Evaluación del plan de gestión integral de residuos sólidos de la Universidad Católica de Manizales y Formulación de estrategias para su cumplimiento* [Universidad Católica de Manizales]. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- alephUAM_A. (2018, January 12). *De mil 474 kilos de basura generados a diario en la UAM-A, sólo se reciclan 68*. Gaceta Universitaria . <https://alephuamamazcapotzalco.wordpress.com/tag/oficina-de-gestion-ambiental/>
- Alfaro Castro, D. V. (2016). *Propuesta de gestión para el manejo de los residuos sólidos urbanos bajo un enfoque estratégico y sustentable: el caso de la ciudad de Mexicali*, B.C. Universidad Autónoma de Baja California.
- Alvarez Zeferino, J. C., Cruz-Salas, A. A., Vázquez-Morillas, A., Islas Maya, A., Chanes Gordillo, J. A., Hernandez Soriano, A. I., Jerónimo Bruno, N. M., & Pérez Alva, A. O. (2023). *Generación y composición de residuos con potencial de aprovechamiento en dos unidades de la Universidad Autónoma de Baja California* Créditos.
- Amarachukwu, E., Evuti, A. M., Salam, K. A., & Silas, S. S. (2020). *Determination of waste generation , composition and optimized collection route for university of Abuja main campus using “ MyRouteOnline ” software*. 10. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00569>
- Armijo, C., Vega, D., Ojeda, S., Elizabeth, M., & Barreto, R. (2008). *Solid waste characterization and recycling potential for a university campus*. 28. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.03.022>
- Asefi, B., Nkinahamira, F., Abass, O. K., Said, M., Liang, Y., Meng, Y., & Wang, P. (2025). Sustainability analysis and impact assessment of food waste reduction campaign in Chinese higher institution : Towards cleaner environment and energy efficiency. *Cleaner Engineering and Technology*, 27(May), 100998. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.100998>

- Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI). (2021). Nivel Socioeconómico AMAI 2022. In *Regla NSE AMAI 2022*.
- Ayeleru, O. O., Fewster-Young, N., Gbashi, S., Akintola, A. T., Ramatsa, I. M., & Olubambi, P. A. (2023). A statistical analysis of recycling attitudes and behaviours towards municipal solid waste management: A case study of the University of Johannesburg, South Africa. *Cleaner Waste Systems*, 4(May 2022), 100077. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100077>
- Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. (2021). *Coordinación General de Desarrollo Sustentable*. <https://desarrollosustentable.buap.mx/>
- Burriticá Herrera, H. M., & Ceballos Toro, V. (2018). *Evaluación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Universidad Libre Seccional Pereira, 2018*. 20–27.
- Busha, T. D. (2022). *Addis Ababa's MWM achievements in Awareness Raising Activities and WaCT Survey Result presented to Third Assembly of African Clean Cities Platform. July*.
- Carlucci, A. (n.d.). *Desarrollo sostenible y sostenible y rentabilidad*. Retrieved May 28, 2021, from <https://www.ifema.es/noticias/medio-ambiente/reciclaje-desarrollo-sostenible-rentabilidad>
- Carvajal-Flórez, E., Yepes, J. J. T., & Erazo, M. I. R. (2023). Characterization of solid waste an institution of higher education: A case study of the Robledo campus of the National University of Colombia, Medellín Headquarters. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 14(1), 1–37. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-14-01-01>
- Chen, D., Meng-Chuen, Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A., & Popp, A. (2020). The world ' s growing municipal solid waste : trends and impacts Recent citations The world ' s growing municipal solid waste : trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15, 13.
- Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental. (2024). *Programa Institucional Universidad Saludable (PIUS)*.
- Coronado Aguilar, E. (2017). *Prácticas en el manejo de residuos sólidos domésticos por habitantes del fraccionamiento Montecarlo de la ciudad de Mexicali, B.C*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Crutchik, D., Barboza, J., Vázquez-Padín, J. R., Pedrouso, A., Val del Río, Á., Mosquera-Corral, A., & Campos, J. L. (2023). Integrating food waste management into urban wastewater treatment: Economic and environmental impacts. *Journal of Environmental Management*, 345(December 2022). <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118517>
- Cruz Sotelo, S. E., & Jauregui Sesma, J. M. (2024). *Caracterización de Residuos institucionales Informe que presenta el despacho Dnegocio S . C . para la Facultad de Cs . Administrativas de la Universidad Autónoma de Baja California .*
- Dahlawi, S., & Sharkawy, M. F. El. (2025). *Assessment of solid waste management practice in the university campus*. 22(3), 561–575. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2020-0183>
- Debrah, J. K., Vidal, D. G., & Dinis, M. A. P. (2021). Raising awareness on solid waste management through formal education for sustainability: A developing countries

- evidence review. *Recycling*, 6(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/recycling6010006>
- DIMSA - Desmanteladora Industrial Mexicana, G. S. (2025). *DIMSA RECICLADORA - Servicios*. <http://www.dimsarecicladora.com.mx/servicios.html>
- ECOCE. (2025, November 16). *Ecoce | Programa Universitario*. <https://www.ecoce.mx/universidades>
- ECOLANA. (2024, May 12). *Centros de acopio en Mexicali*. <https://ecolana.com.mx/mapa>
- Estupiñán-Véliz, C. E., Burgos-Carpio, B. A., Carreño-Tapia, D. E., & Nieto-Cañarte, C. A. (2022). Caracterización de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos en la universidad técnica estatal de Quevedo. *Polo Del Conocimiento*, 7(8), 625–640. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Fagnani, E., & Guimarães, J. R. P. de F. (2017). *Waste management plan for higher education institutions in developing countries : The Continuous Improvement Cycle model*. 147, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.080>
- Ford, H. V., Jones, N. H., Davies, A. J., Godley, B. J., Jambeck, J. R., Napper, I. E., Suckling, C. C., Williams, G. J., Woodall, L. C., & Koldewey, H. J. (2022). The fundamental links between climate change and marine plastic pollution. *Science of the Total Environment*, 806, 150392. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>
- Gallardo, A., Carlos, M., & Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*, 53, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013>
- Gallardo, A., Edo-Alcón, N., Carlos, M., & Renau, M. (2016). The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university. *Waste Management*, 53, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013>
- García Alavez, R., & Valencia Rojas, E. (2013). *Universidad del Mar Gestión Integral de los Residuos Sólidos*.
- García, L. (2018, February 18). *La UPV, la mejor universidad de España en gestión de residuos | Gestión de Residuos Valencia*. <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/la-upv-la-mejor-universidad-de-espa-en-gesti-n-de-residuos>
- Gebreeyessus, G. D., Berihun, D., & Terfassa, B. (2019). Characterization of solid wastes in higher education institutions: the case of Kotebe Metropolitan University, Addis Ababa, Ethiopia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3117–3124. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1953-y>
- Gobierno de Mexicali. (2024, October). *Observatorio Ciudadano Mexicali, Residuos recolectados per cápita*. https://coplademm.org.mx/observatorio/indicadores/infraestructura_servicios.php
- Guillén-Chávez, S. (2023). Universidades líderes en sostenibilidad: un análisis de las iniciativas de huella de carbono en Latinoamérica. *South Sustainability*, 4(2), e081–e081. <https://doi.org/10.21142/ss-0402-2023-e081>
- Hande, B., Haksevenler, G., Feyza, F., & Akpınar, A. (2022). Separate waste collection in higher education institutions with its technical and social aspects : A case study for a

- university campus. *Journal of Cleaner Production*, 367(June), 133022.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133022>
- Hartanti, L. P. S., Mulyana, I. J., & Hartiana, T. I. P. (2020). Waste In Higher Education Institution: A Systematic Literature Review. *International Journal of Scientific & Technology Research Volume*, 9(9), 16–22.
- Hernández-Berriel, M. del C., Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P., Lima-Morra, R., Eljaiek-Urzola, M., Márquez-Benavides, L., & Buenrostro-Delgado, O. (2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América latina y el caribe. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 32(1), 11–22.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>
- HP Development Company. (2025, November 16). *Reciclaje de cartuchos de tinta y tóner HP | HP® México*. https://www.hp.com/mx-es/hp-information/recycling/ink-toner.html?gad_source=1&gad_campaignid=23254365060&gbraid=0AAAAA_zUOX9tQDdhQkD8MY8UQVfGgpf-j&gclid=Cj0KCQiAiebIBhDmARIsAE8PGNKYh-vohD1HKdZQoCLB3NKb9O3XRpTahFNOMy1M4BaV8V-X78hHrGsaAqQ6EALw_wcB
- Husband, T. (2012). El Reciclaje de Aluminio: ¿Una Forma de Vivir o un Estilo de Vida? *ChemMatters*, 1–3.
<https://www.acs.org/content/dam/acsorg/education/resources/highschool/chemmatters/archive/el-reciclaje-de-aluminio.pdf>
- Ifegbesan, A. P., & Rampedi, I. T. (2016). *Students' attitudes to solid waste management in a Nigerian university sustainability education*. November 2025.
<https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2016-0057>
- Jaipakdee, P., Vibhatabandhu, P., & Vitayavarawat, P. (2026). Green Technologies and Sustainability Waste composition and engagement in management initiatives : A study at Chulalongkorn University across academic periods. *Green Technologies and Sustainability*, 4(1), 100252. <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100252>
- Jakimiuk, A., Matsui, Y., Podlasek, A., Koda, E., Goli, V. S. N. S., Voběrková, S., Singh, D. N., & Vavěrková, M. D. (2023). Closing the loop: A case study on pathways for promoting sustainable waste management on university campuses. In *Science of the Total Environment* (Vol. 892). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164349>
- Khan, S., Anjum, R., Raza, S. T., Ahmed Bazai, N., & Ihtisham, M. (2022). Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. *Chemosphere*, 288(P1), 132403.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132403>
- Kuo, F. J., & Huang, H. W. (2014). Strategy for mitigation of marine debris: Analysis of sources and composition of marine debris in northern Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 83(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.04.019>
- Langer, E., Bortel, K., Waskiewicz, S., & Lenartowicz-Klik, M. (2020). Methods of PET Recycling. In *Plasticizers Derived from Post-Consumer PET*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-323-46200-6.00005-2>
- Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M. B., Thompson, R. C., Jankowska, E., Castillo, A. C., Pilditch, T. D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E.,

- Gutberlet, J., ... Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, 369(6509), 1455–1461.
<https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABA9475>
- Lawal, I. M., Ndagi, A., Mohammed, A., Saleh, Y. Y., Shuaibu, A., Hassan, I., Abubakar, S., Soja, U. B., & Jagaba, A. H. (2023). Proximate analysis of waste-to-energy potential of municipal solid waste for sustainable renewable energy generation. *Ain Shams Engineering Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102357>
- LGEEPA. (1988). *LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE*.
- LPGGIR. (2003). Ley General para la Prevención y el Manejo Integral de los Residuos. *Periódico Oficial*, 1–52.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/27266/Ley_General_de_Residuos.pdf
- Llamas, V. (2024, February 28). *Iniciarán con el traslado del centro de transferencia de Mexicali - Periodismo Negro*. https://www.periodismonegro.mx/2024/02/28/iniciaran-con-el-traslado-del-centro-de-transferencia-de-mexicali/#google_vignette
- Luo, L., Yang, Q., Qiao, D., Cao, Y., Ding, J., Ma, H., & Wei, J. (2025). How does environmental education affect college students ' waste sorting behavior : A heterogeneity analysis based on educational background. *Journal of Environmental Management*, 389(February), 126064. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126064>
- MacArthur, D. E. (2017). Beyond plastic waste. In *Science* (Vol. 358, Issue 6365, p. 843). American Association for the Advancement of Science.
<https://doi.org/10.1126/science.aao6749>
- Manandhar, S., Shrestha, B., Sciortino, F., Ariga, K., & Shrestha, L. K. (2022). Recycling Waste Paper for Further Implementation: XRD, FTIR, SEM, and EDS Studies. *Journal of Oleo Science*, 71(4), 619–626. <https://doi.org/10.5650/jos.ess21396>
- Mason, I. G., Oberender, A., & Brooking, A. K. (2004). *Source separation and potential re-use of resource residuals at a university campus*. 40, 155–172.
[https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00068-5)
- Mexicali Ambiental. (2025, November 16). *Mexicali Ambiental. Manejo Integral de Residuos. Recolección de Basura. Recicladora*. <https://www.mexicali-ambiental.com/>
- Miranda, M. O. (2018). Gestión integral de residuos. *Gestión Integral de Residuos*, October. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2tw04q>
- Mor, S., Negi, P., & Khaiwal, R. (2018). Assessment of groundwater pollution by landfills in India using leachate pollution index and estimation of error. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*, 10(February), 467–476.
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2018.09.002>
- Muñoz Cadena, C. E., & Morales Pérez, R. E. (2018). Generación de residuos orgánicos en las unidades económicas comerciales y de servicios en la Ciudad de México. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 33(3), 1.
- National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program. (2016). *Report on Marine Debris Impacts on Coastal and Benthic Habitats*. 26.

- Nolasco, E., Henrique, P., Duraes, V., Gonçalves, J. P., & Oliveira, M. C. De. (2025). *Characterization of solid wastes as a tool to implement waste management strategies in a university campus*. November. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2019-0358>
- Ojuri, O. O., Olowoselu, A. S., Akinrele, J., Ayodele, F. O., & Jayejeje, O. O. (2024). Sustainable integrated solid waste management for a university campus – A case study of the Federal University of Technology Akure (FUTA), Nigeria. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.04.004>
- Okeniyi, J. O., & Anwan, E. U. (2012). *Solid Wastes Generation in Covenant University , Ota , Nigeria : Characterisation and Implication for Sustainable Waste Management*. 3(2), 419–424.
- ONU. (2021). Waste Wise Cities Tool (WaCT). *Step by Step Guide to Assess a City's Municipal Solid Waste Management Performance through SDG Indicator 11.6.1 Monitoring*, 78. <https://unhabitat.org/www-tool>
- Owojori, O. M., Mulaudzi, R., & Edokpayi, J. N. (2022). Student's Knowledge, Attitude, and Perception (KAP) to Solid Waste Management: A Survey towards a More Circular Economy from a Rural-Based Tertiary Institution in South Africa. *Sustainability (Switzerland)*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/su14031310>
- Rahman, M. N., Shozib, S. H., Akter, M. Y., Islam, A. R. M. T., Islam, M. S., Sohel, M. S., Kamaraj, C., Rakib, M. R. J., Idris, A. M., Sarker, A., & Malafaia, G. (2023). Microplastic as an invisible threat to the coral reefs: Sources, toxicity mechanisms, policy intervention, and the way forward. *Journal of Hazardous Materials*, 454(April), 131522. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131522>
- Ramírez Castro, J. (2016). *Retos de la administración municipal en materia de gestión de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Mexicali, Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California.
- Recicla México. (2025). *Eco Scrap Recyclers. Recicladora en Mexicali - Baja California*. <https://reciclamexico.com.mx/centros-de-reciclaje/eco-scrap-recyclers/>
- Rodríguez-Rodríguez, A., Elizondo-Mejías, R., & Vindas-Chacón, M. C. (2021). Impacto de las medidas implementadas en la gestión integral de residuos sólidos, en el Tecnológico de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 34, 3–15. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4811>
- Rugatiri, J., Abidin, Z., & Ismail, A. (2021). Assessing solid waste management strategy in higher education institutions of Indonesia: A case study of IPB University. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 771(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/771/1/012023>
- Ruiz-Hernández, C., Lupercio Lozano, A. D., & Bernal González, T. A. (2018). Evaluación diagnóstica para el análisis de programas de manejo integral de residuos sólidos urbanos en dos universidades mexicanas. *CIENCIA Ergo Sum*, 25(3), 1–8. <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a12>
- Ruiz Morales, M. (2012). *CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA*.
- Saleem, M., Blaisi, N. I., Alshamrani, O. S. D., & Al-barjis, A. (2019). *Indoor and Built Fundamental investigation of solid waste generation and disposal behaviour in higher*

education institute in the Kingdom of Saudi Arabia. 28(7), 927–937.
<https://doi.org/10.1177/1420326X18804853>

Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA). (n.d.). *Residuos Sólidos*. Retrieved May 17, 2023, from <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/residuos-solidos>

Secretaría del Medio Ambiente [Sedema]. (n.d.). *Bio-Tramex Biotratamientos de México*. www.reoil.net/

SEDEMA. (2020). *Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México 2019* (p. 226).

SEDEMA. (2021). *Inventario de residuos sólidos de la Ciudad de México 2020*.

SEMARNAT. (2019). Visión Nacional hacia una Gestión Sustentable: Cero residuos. *SEMARNAT Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales*, 30.

SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los residuos. *Medio Ambiente*, 68–70.

SEMARNAT - Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos - Anexos*.
https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625

Sharma, K. D., & Jain, S. (2020). Municipal solid waste generation, composition, and management: the global scenario. *Social Responsibility Journal*, 16(6), 917–948.
<https://doi.org/10.1108/SRJ-06-2019-0210>

Smyth, D. P., Fredeen, A. L., & Booth, A. L. (2010). Resources , Conservation and Recycling Reducing solid waste in higher education : The first step towards ‘ greening ’ a university campus. “*Resources, Conservation & Recycling*,” 54(11), 1007–1016.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.02.008>

Sukma, P., Srinok, K., Papong, S., & Supakata, N. (2022). Chula model for sustainable municipal solid waste management in university canteens. *Heliyon*, 8(10), e10975.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10975>

Tangwanichagapong, S., Nitivattananon, V., Mohanty, B., & Visvanathan, C. (2025). *Greening of a campus through waste management initiatives Experience from a higher education institution*. 18(2), 203–217. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2015-0175>

Tecnológico de Monterrey. (2023). *RUTA AZUL: Logros y avances frente a la crisis climática. Abril 2022 - Febrero 2023*.

Terfassa, G. D. G. D. B. B. (2019). Characterization of solid wastes in higher education institutions : the case of Kotebe Metropolitan University , Addis Ababa , Ethiopia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(7), 3117–3124.
<https://doi.org/10.1007/s13762-018-1953-y>

Toneatti, L., Deluca, C., Fraleoni-Morgera, A., & Pozzetto, D. (2020). Rationalization and optimization of waste management and treatment in modern cruise ships. *Waste Management*, 118(July 2017), 209–218.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.08.018>

- UABC. (2023). *Informe de la Gestión Rectoral 2019 - 2023 UABC*.
- UABC. (2024). *1er. Informe de Actividades 2023 - 2027*. 1–23.
- 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), e04255. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04255>
- Ümmü, E., Ceyhun, D., Özgecan, A., Can, M., Özkal, B., Deveci, T., & Dedeoğlu, Z. (2025). Assessment of solid waste generation , characterization and current practices for sustainable waste management of universities in Türkiye. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 27(6), 4312–4326. <https://doi.org/10.1007/s10163-025-02360-y>
- UN-HABITAT (Unit Nations). (2023). *Member Cities & Activities | UN-Habitat*. <https://unhabitat.org/waste-wise-member-cities-activities>
- UN Habitat. (2021a). *Waste Wise Cities Tool (WaCT)*. 78. <https://unhabitat.org/wwc-tool>
- UN Habitat. (2021b). *Waste Wise Cities Tool (WaCT)*. 78.
- Universidad Autónoma de Coahuila. (2023). *Coordinación de Agenda Universitaria Ambiental | UAdeC*. <http://www.uadec.mx/agenda-ambiental/#>
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Secretaría de sustentabilidad. (2023). *Programa institucional para el manejo y gestión de residuos | Sustentabilidad UANL*. <https://sds.uanl.mx/programa-institucional-para-el-manejo-y-gestion-de-residuos/>
- Universidad Autónoma Metropolitana. (2025, November 16). *Laboratorio de Arboricultura*. <http://www.arboricultura.azc.uam.mx/galeria/composteo.html>
- Universidad de Alicante. (2023, June 6). *Gestión de residuos. Oficina Ecocampus*. <https://web.ua.es/es/ecocampus/gest-residuos/gestion-de-residuos.html>
- Universidad de Burgos. (2023, July 14). *Gestión de residuos | Universidad de Burgos*. <https://www.ubu.es/parque-cientifico-tecnologico/gestion-de-residuos>
- Universidad de Murcia. (2023). *Gestión de residuos - Campus Sostenible*. <https://www.um.es/web/campusostenible/ambiental/gestion/residuos>
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). (2019). *Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad (CoUS), Manejo Integral de Residuos*. https://cous.sdi.unam.mx/cous/?seccion=9_residuos-solidos
- Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (2013). Plan de Manejo de Residuos Sólidos de la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. In *Agencia Automotriz Acces 4x4* (p. 30).
- Universidad Sergio Arboleda. (2023). *Gestión de Residuos - Universidad Sergio Arboleda*. <https://www.usergioarboleda.edu.co/gestion-de-residuos/>
- Universidad Veracruzana (UV). (2023). *Gestión de residuos sólidos urbanos – Coordinación Universitaria para la Sustentabilidad*. <https://www.uv.mx/cosustenta/gestion-integrada-de-agua-energia-y-residuos/gestion-rsu/>
- Valdez Delgadillo, D. O. (2021). *Informe de Actividades 2019 - 2023 Universidad*

Autónoma de Baja California (UABC). 1–226.

Vargas Restrepo, C. M., Gutiérrez Monsalve, J. A., Vélez Rivera, D. A., Gómez Betancur, M. A., Aguirre Cardona, D. A., Quintero Osorio, L. A., & Franco Montoya, J. C. (2021). Solid Waste Management, an Environmental Problem in the University. *Revista Científica Pensamiento y Gestión*, 50, 117–152. <https://doi.org/10.14482/PEGE.50.628.445>

Vázquez-Morillas, A., Martínez-Salvador, C., Hermoso-López Araiza, J. P., Velasco-Pérez, M., Álvarez-Zeferino, J. C., Cruz-Salas, A. A., & Tapia-Fuentes, J. (2022). *Inventario Nacional de Fuentes de Contaminación Plástica*. 1–21.

World Bank Group. (2018). *What a waste 2.0. A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.

Xu, P., & Zheng, H. (2026). Resources , Conservation & Recycling A multi-AI approach to predicting municipal solid waste generation and recycling demand in Hong Kong. *Resources, Conservation & Recycling*, 225(September 2025), 108590. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108590>

Yi, C. J., & Kannan, N. (2016). Solid waste transportation through ocean currents: Marine debris sightings and their waste quantification at Port Dickson beaches, Peninsular Malaysia. *EnvironmentAsia*, 9(2), 39–47. <https://doi.org/10.14456/ea.2016.6>

Yousefi Nasab, A., Oskoei, V., Rezasnasab, M., Alinejad, N., Hosseinzadeh, A., & Kashi, G. (2022). Cigarette butt littering consequences: a study of pollution rate on beaches and urban environments. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19155-5>

Zen, I. S., Subramaniam, D., Sulaiman, H., Saleh, A. L., Omar, W., & Salim, M. R. (2016). Institutionalize waste minimization governance towards campus sustainability: A case study of Green Office initiatives in Universiti Teknologi Malaysia. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1407–1422. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.053>

Zevallos Gonzales, W. F. (2021). Evaluación Y Caracterización De Residuos Sólidos Comunes Del Campus Universitario De La Ucsm Arequipa Perú. *Veritas*, 22(1), 49. <https://doi.org/10.35286/veritas.v22i1.294>

Zhang, L., Sintim, H. Y., Bary, A. I., Hayes, D. G., Wadsworth, L. C., Anunciado, M. B., & Flury, M. (2018). Interaction of *Lumbricus terrestris* with macroscopic polyethylene and biodegradable plastic mulch. *Science of the Total Environment*, 635, 1600–1608. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.054>

Zhang, N., Williams, I. D., Kemp, S., & Smith, N. F. (2011). Greening academia : Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions. *Waste Management*, 31(7), 1606–1616. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.006>

8. ANEXOS

ANEXO A. PREGUNTAS REALIZADAS EN LA ENCUESTA PILOTO

Como parte del desarrollo de estrategias que impulsen, promuevan y mejoren el Programa Institucional “Cero Residuos”, se requirió de la participación de la comunidad estudiantil, quienes representan más del 90 % de la población total de la comunidad universitaria. Su participación estuvo enfocada en medir su conocimiento y percepción sobre el programa, con el propósito de identificar las áreas de éxito y de oportunidad desde la perspectiva de quienes son los mayores usuarios de este.

1. ¿Conoces el programa institucional “Cero Residuos?”

- Si
- No

2. ¿Se te ha informado cómo funciona el Programa Institucional “Cero Residuos”?

- Si
- No

3. ¿Has utilizado los contenedores del programa “Cero Residuos?”

- Si
- No

4. Si tu respuesta anterior fue negativa, ¿Cuál es el motivo principal por el que no utilizas los contenedores para la separación de residuos?

- Está muy lejos de mi salón
- Es difícil de entender el sistema
- No me parece necesario separar los residuos
- No entiendo cuál es el propósito
- No sabía que había contenedores específicos para la separación

5. ¿Los contenedores para la separación de residuos poseen indicaciones claras y visibles?

- Si
- No

6. ¿Qué contenedores utilizas con mayor frecuencia?

- Los que se encuentran en los pasillos de los edificios

- Los que se encuentran en las áreas comunes (jardines, estacionamientos, cafeterías, entre otros)

7. Indica los residuos que se separan dentro de la UABC a través del programa “Cero Residuos”

	Si	No	No lo sé
Botellas de PET			
Papel			
Cartón			
Residuos orgánicos			
Residuos electrónicos			
Latas de aluminio			
Tapitas de plástico			

8. Indica en que contenedor se depositan los siguientes residuos

	Rojo	Gris	Verde	Negro	No lo sé
Mascarillas desechables					
Botellas de bebidas					
Latas de refresco					
Restos de comida					
Cajas de pizza					
Contenedores de unicel					
Popotes					
Envases de yogurt					
Restos de fruta					

9. ¿Crees que en el campus se utilizan de forma correcta los contenedores de separación de residuos?

- Si
- No

10. ¿Sabes qué pasa con los residuos que se genera en la UABC?

- Los lleva el personal de mantenimiento a un contenedor en la calle
- Una Organización No Gubernamental (ONG) los recoge

- El camión de la basura los recoge y se los lleva
- Se valorizan (reciclan, reúsan, se utilizan para hacer composta, entre otras)

11. ¿Te sientes satisfecho con el orden y limpieza que existe en tu campus?

- Si
- No

12. ¿Hay en el campus carteles que recuerden la importancia de separar los residuos?

- Si
- No

13. ¿En qué área del campus consideras que se generan más residuos?

14. Si tienes alguna, danos una sugerencia para mejorar la separación de residuos en la UABC

ANEXO B. RESULTADOS DE LA ENCUESTA PILOTO

Como parte del desarrollo de estrategias que impulsen, promuevan y mejoren el Programa Institucional “Cero Residuos”, se requirió de la participación de la comunidad estudiantil, quienes representan más del 90 % de la población total de la comunidad universitaria. Su participación estuvo enfocada en medir su conocimiento y percepción sobre el programa, con el propósito de identificar las áreas de éxito y de oportunidad desde la perspectiva de quienes son los mayores usuarios de este.

Considerando que se requería la mayor participación estudiantil posible, se decidió que la encuesta sería difundida de manera masiva a los estudiantes de licenciatura y posgrado de todas las unidades académicas que conforman el campus Mexicali, sin embargo, antes de comenzar con dicha difusión se consideró pertinente realizar una prueba piloto con el objetivo de identificar posibles mejoras en el diseño del cuestionario y evaluar la comprensión de las preguntas por parte de los encuestados.

Para aplicar el piloto se consideró a la Facultad de Enfermería del Campus Mexicali, ya que es una de las Facultades en las que no se realizó el análisis de generación y composición de residuos.

La aplicación del piloto se realizó durante una semana, del 06 al 13 de septiembre de 2024 en la que se recopilaron 116 respuestas de los estudiantes de la Facultad de Enfermería, quienes después de responder la encuesta fueron capacitados posteriormente sobre el Programa Institucional “Cero Residuos”.

El piloto permitió realizar cambios a la encuesta final que se difundió a la comunidad estudiantil del campus Mexicali. El objetivo del cuestionario fue conocer la percepción y conocimientos que tiene la comunidad estudiantil de la Facultad de Enfermería del campus Mexicali sobre el Programa Institucional “Cero Residuos”.

Falta de comprensión de las preguntas

Se preguntó a la aplicadora de la encuesta había notado que los estudiantes tenían algunos inconvenientes para entender las preguntas o si había algunos conceptos que no quedaban del todo claros. La aplicadora informó que no se habían presentado inconvenientes durante la aplicación de la encuesta y que ninguno de los estudiantes encuestados había tenido dudas con los conceptos planteados en las diferentes preguntas, lo que podría indicar dos cosas: la primera, que los estudiantes de la Facultad de Enfermería tienen una noción básica del Programa Institucional “Cero Residuos” y de la gestión de residuos en la universidad, y la segunda, que no era algo que les interesara realmente y que habían respondido sin pensar a conciencia.

Aunque no se presentaron inconvenientes con la comprensión de las preguntas, al analizar las respuestas se decidió reestructurar algunas de las preguntas, con el propósito de facilitar el análisis, además, se notó que algunas preguntas podrían estar cuestionando el mismo tema, pero con diferente planteamiento. La versión final del cuestionario difundido

de manera masiva a la comunidad estudiantil del campus Mexicali se muestra en el Anexo C.

Tiempo empleado en la encuesta

Para identificar la cantidad de tiempo que requirió a los estudiantes responder la encuesta, se preguntó a la Dra. Camargo, quien mencionó que las encuestas se habían respondido en un promedio de 10 minutos, con un tiempo mínimo de 5 y un tiempo máximo de 15 minutos. El tiempo dedicado a la encuesta se consideró adecuado, por lo que se decidió mantener el mismo número de preguntas para evitar incrementar el tiempo de respuesta y que los estudiantes dejarán de responder conscientemente y buscarán terminar más rápido.

Resultados preliminares

La encuesta se realizó a través de un formulario de Google (Figura 8.1), se conformó de 15 preguntas de tipo opción múltiple, dicotómicas y abiertas (Anexo A) que estaban divididas en 2 secciones (conocimiento y percepción) y fue aplicada a un total de 116 estudiantes de la Facultad de Enfermería de las que se obtuvieron los siguientes resultados preliminares.

El formulario de Google Forms se titula "Evaluación de percepción y conocimientos sobre el Programa Institucional 'Cero Residuos'". El subtítulo indica: "Este cuestionario tiene el propósito de conocer la percepción y conocimientos que tiene la comunidad estudiantil de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Mexicali sobre el Programa Institucional 'Cero Residuos'. Por favor responde con toda honestidad las siguientes preguntas." El usuario logueado es "jocelyn.tapia@uabc.edu.mx" con la opción de "Cambiar de cuenta". Se muestra un ícono de "No compartido". Una leyenda indica: "* Indica que la pregunta es obligatoria". La primera pregunta es "Selecciona la Unidad Académica a la que perteneces" con un menú desplegable que muestra "Elige". La segunda pregunta es "¿Conoces el programa institucional 'Cero Residuos'?" con opciones de radio "Sí" y "No". La tercera pregunta es "¿Se te ha informado como funciona el Programa Institucional 'Cero Residuos'?" con opciones de radio "Sí" y "No".

Figura 8.1. Vista previa del cuestionario de evaluación de percepción y conocimientos

El 56.9 % de los encuestados respondió que sí conocía el Programa Institucional "Cero Residuos" (Figura 8.2), mientras que el 43.1 % restante indicó que no conocía el programa.

Considerando que el programa lleva operando desde 2017, que poco más del 40 % de los estudiantes de la Facultad no sepan de su existencia podría indicar que los estudiantes no son capacitados lo suficiente sobre lo que es el programa, sus objetivos y cómo funciona.

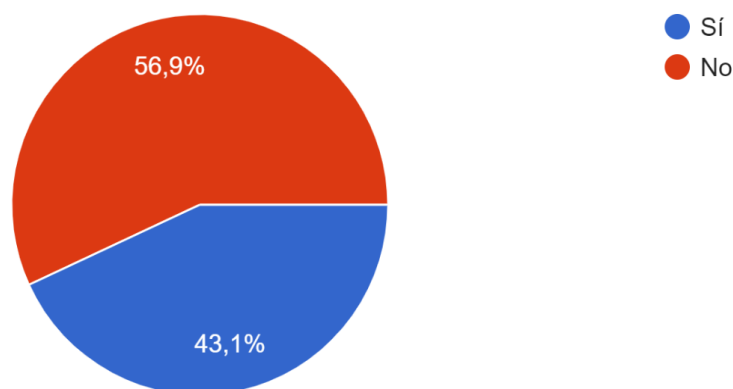


Figura 8.2. Conocimiento del Programa Institucional “Cero Residuos”

Lo anterior se reafirma con la pregunta “¿Se te ha informado cómo funciona el Programa Institucional “Cero Residuos”?”, en la que más del 60 % de los encuestados respondieron que no habían recibido esta información (Figura 8.3).

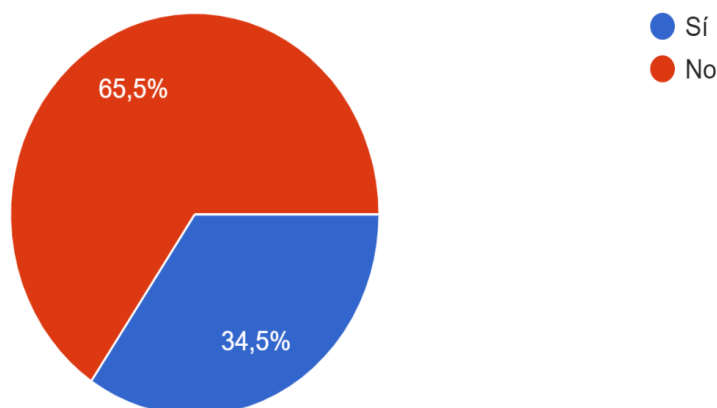


Figura 8.3. Información brindada del Programa Institucional “Cero Residuos”

Más del 75 % de los encuestados respondió positivamente a haber utilizado los contenedores del Programa, sin embargo, en esta pregunta no se evaluó que el uso de los contenedores fuera el adecuado, por lo que se desconoce si los estudiantes clasifican y separan adecuadamente sus residuos como se establece en el Programa o si solo utilizan los contenedores para depositar los residuos sin separar.

La siguiente pregunta, relacionada a los motivos por lo que no utilizan los contenedores para separar sus residuos, estaba dirigida principalmente a aquellos encuestados que hubieran mencionado no utilizar los contenedores del Programa Cero Residuos, sin embargo, también se obtuvieron respuestas de quienes afirmaron sí haberlos utilizado. Entre las razones más comunes por las que los contenedores no son utilizados, se encuentran: **“está muy lejos de mi salón”** con 46.6 %, seguida de **“No sabía que había contenedores específicos para la separación”** y “es difícil entender el sistema”, con 29.3 % y 20.7 %, respectivamente (Figura 8.4).

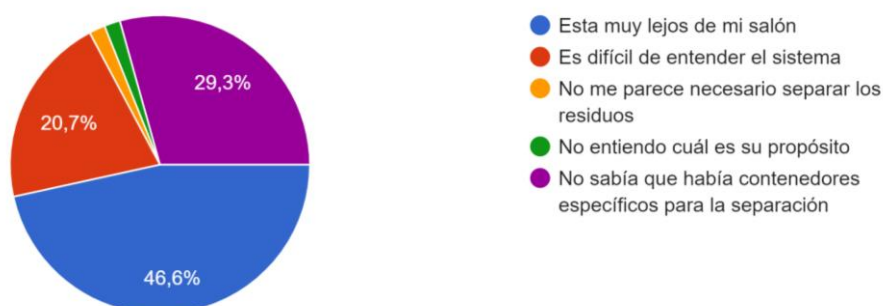


Figura 8.4. Motivos por lo que no se utilizan los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos”

Aunque una parte de los encuestados había respondido no conocer el programa o cómo realizar adecuadamente la clasificación y separación de los residuos en los contenedores, también respondieron que los contenedores poseen indicaciones claras y específicas. Que más del 77 % de los encuestados haya mencionado lo anterior (Figura 8.5) resulta contradictorio con las respuestas anteriores, por lo que se requiere investigar más a fondo y entender la relación entre las indicaciones de los contenedores y el uso inadecuado o poco uso que se les da a estos.

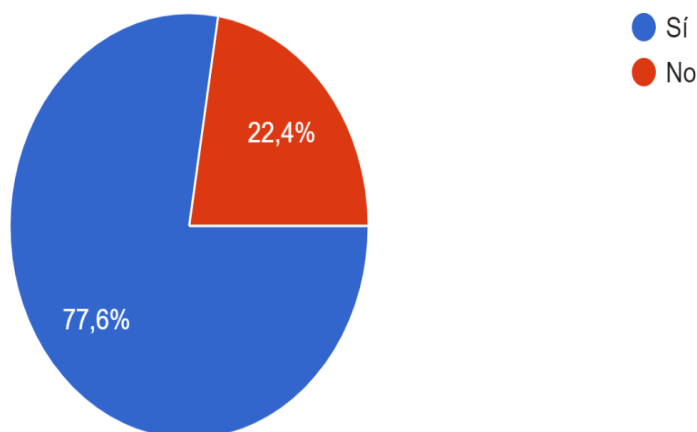


Figura 8.5. Claridad en las indicaciones de los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos”

Respecto al tipo de contenedores que se utilizan con mayor frecuencia, los encuestados respondieron que son aquellos que se encuentran en las áreas comunes como jardines, estacionamientos, cafeterías, entre otros, mientras que los que se encuentran en los pasillos de los edificios se utilizan con menor frecuencia (36.2 %) (Figura 8.6).



Figura 8.6. Contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” que se utilizan con mayor frecuencia

Respecto a la pregunta **“Indica los residuos que se separan dentro de la UABC a través del programa “Cero Residuos”**, en la que se plantearon diferentes tipos de residuos inorgánicos valorizables (botellas de PET, papel, cartón, residuos orgánicos, residuos electrónicos, latas de aluminio y tapitas de plástico), se obtuvieron resultados mayormente positivos, lo que indica que la comunidad estudiantil conoce e identifica los tipos de residuos susceptibles a valorización que se establece en el programa que son separados y enviados a valorización, también resalta la parte del desconocimiento, en la que la comunidad respondió **“No lo sé”** en porcentajes mayores al 30 % para la mayor cantidad de residuos (Figura 8.7).

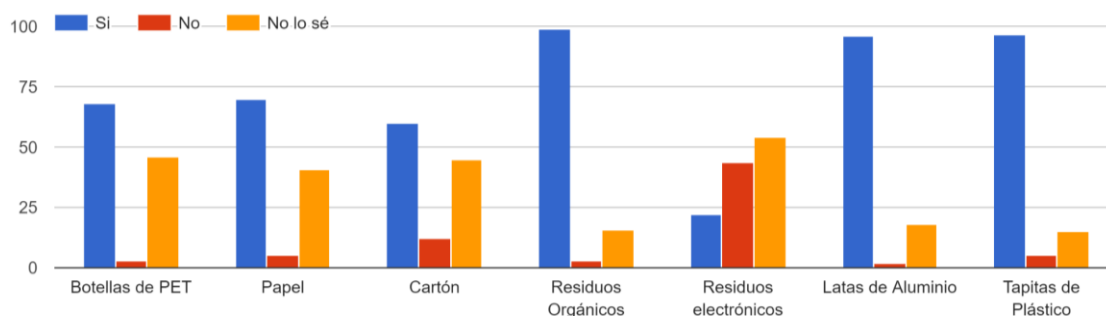


Figura 8.7. Residuos que se separan a través del Programa Institucional “Cero Residuos”

Por último, menos del 25 % de los encuestados respondió que en la universidad se recuperaban los residuos electrónicos como parte de Cero Residuos.

Respecto a los residuos que se depositan en cada contenedor, se obtuvieron respuestas diversas para los diferentes tipos de residuos que se colocaron como opciones. En el caso de las mascarillas desechables (cubre bocas), la mayoría de los encuestados (50 %) respondió que estos deben depositarse en el contenedor de color negro que corresponde a los residuos inorgánicos, para las botellas de bebidas, poco más del 30 % de los encuestados eligió el contenedor rojo (correspondiente a los plásticos) para depositarlas, sin embargo, otro 30 % respondió que no sabía en qué contenedor debían depositarse, lo que indica que la capacitación sobre como separar los residuos debe fortalecerse.

Para las latas de refresco, el 50 % de los encuestados respondió que el contenedor adecuado para la disposición era el de color gris (correspondiente a la categoría de aluminio), en el caso de los restos de comida, más del 60 % de los encuestados indicó que el contenedor adecuado era el de color verde (correspondiente a la categoría de orgánicos).

Por último, para otros tipos de residuos inorgánicos no reciclables como las cajas de pizza, contenedores de unicel y popotes, los encuestados respondieron en más del 40 % que desconocían el contenedor en el que se debían colocar este tipo de residuos. Esto resulta de gran interés ya que las cajas de pizza actualmente son un tipo de residuo que se genera en gran cantidad y del que no se puede controlar su adecuada gestión, además de que ha dificultado el proceso de compostaje de los residuos de poda y jardín ya que las cajas suelen ser abandonadas en las tolvas (contenedores dispuestos para el acopio de residuos de poda y jardín), contaminando así los residuos orgánicos. Esto sugiere que la capacitación debe ir enfocada no solo en los tipos de residuos que se recuperan efectivamente por parte del programa, sino también en aquellos que no son recuperados pero que pueden entorpecer la valorización si no se depositan en los contenedores adecuados.

Lo anterior se confirma con la respuesta a la pregunta ***“¿Crees que en el Campus se utilizan de forma correcta los contenedores de separación de residuos?”***, en la que el 63.8 % de los encuestados respondió que no, lo que indica que la comunidad estudiantil ha notado que el programa no se lleva a cabo de manera eficiente.

Respecto a las siguientes fases de la gestión de residuos después de la separación, más del 50 % de los encuestados respondió que los residuos generados en la UABC se valorizan a través del reciclaje, el reúso o el compostaje, también se eligieron opciones como ***“el camión de la basura los recoge y se los lleva”*** y ***“los lleva el personal de mantenimiento a un contenedor en la calle”*** con 25.9 % y 12.1 %, respectivamente (Figura 8.8).



Figura 8.8. Conocimiento de las fases siguientes a la separación de residuos

Respecto a cómo se percibe la limpieza del campus, más del 70 % de los encuestados respondió que se sentía satisfecho con el orden y la limpieza que hay actualmente.

Para la pregunta **“¿Hay en el campus carteles que recuerden la importancia de separar los residuos?”**, más del 50 % de los encuestados respondió que **“No”** (Figura 8.9), lo que indica que se requieren implementar campañas de difusión y sensibilización que le recuerden constantemente a la comunidad universitaria la importancia de separar sus residuos, así como de ser más conscientes en cuanto a sus hábitos de consumo y decisiones de compra, ej. Promoviendo utilizar los contenedores y termos reutilizables, entre otros.

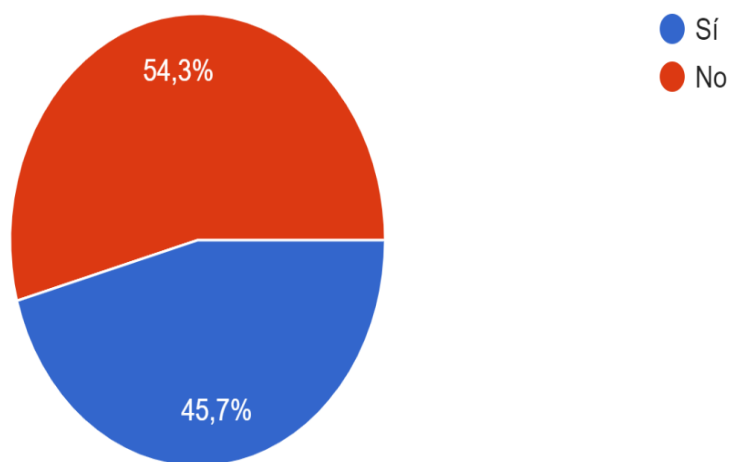


Figura 8.9. Difusión de la separación de residuos

Respecto a la pregunta **“¿en qué área del campus consideras que se generan más residuos?”**, el 60.3 % de los encuestados respondió que en las áreas comunes (jardines, estacionamientos, cafeterías, entre otros), seguido de la cafetería y los salones con 23.3 % y 16.4 %, respectivamente (Figura 8.10).

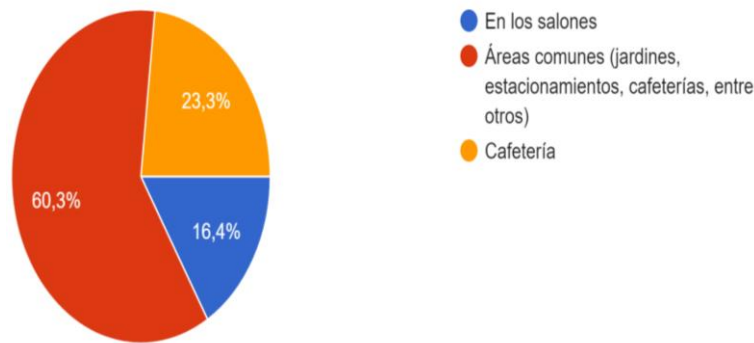


Figura 8.10. Zona en la que se percibe una mayor generación de residuos en la universidad

Esto se sustenta con los resultados obtenidos en los estudios de generación y caracterización de residuos sólidos en el campus Mexicali, en el que se mostró que gran parte de los residuos generados provenían de los espacios en los que se suele juntar una mayor cantidad de la comunidad universitaria para actividades de recreación (Alvarez Zeferino et al., 2023) y también coincide con el hecho de que los contenedores que se encuentran en espacio abiertos sean los que más se utilicen y en los que mayor cantidad de residuos se depositen.

Por último, en la encuesta se preguntó a los estudiantes si tenían alguna sugerencia para mejorar la separación de residuos en la UABC, de los 116 encuestados, 29 agregaron una sugerencia, entre las que más se repiten poner más indicaciones para realizar una correcta separación de residuos, colocar los contenedores en zonas visibles y de fácil acceso para la comunidad universitaria, mejorar las leyendas de los contenedores en las que se indica que tipo de residuos se deposita en cada contenedor y cómo disponerlos adecuadamente, ofrecer más capacitaciones (de manera semestral) sobre qué es, cómo funciona el programa y en qué beneficia a la universidad y a la comunidad en general tener un programa de separación de residuos.

ANEXO C. PREGUNTAS INCLUIDAS EN EL CUESTIONARIO DE DIFUSIÓN MASIVA

Como parte del desarrollo de estrategias que impulsen, promuevan y mejoren el Programa Institucional “Cero Residuos”,

1. Selecciona la Unidad Académica a la que perteneces

- Facultad de Idiomas
- Facultad de Ingeniería
- Facultad de Arquitectura y Diseño
- Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa
- Facultad de Derecho
- Facultad de Deportes
- Instituto de Ingeniería
- Facultad de Ciencias Sociales y Políticas
- Ciencias de la Salud
- Facultad de Medicina
- Facultad de Enfermería
- Facultad de Odontología
- Facultad de Ciencias Administrativas
- Facultad de Ciencias Humanas
- Facultad de Artes
- Instituto de Ciencias Agrícolas
- Instituto de Ciencias Veterinarias
- Unidad Ciudad Morelos
- Escuela de Ingeniería y Negocios Unidad Guadalupe Victoria

2. ¿Conoces el programa institucional “Cero Residuos” y cuáles son sus objetivos?

- Si
- No

3. ¿Has recibido alguna capacitación sobre el Programa Institucional “Cero Residuos”?

- Si
- No

4. ¿Utilizas los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” para depositar tus residuos?

- Siempre
- A veces
- Frecuentemente
- Nunca

5. ¿Cuál de las siguientes sería una razón por la que no utilizas o no utilizarías los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos”?

- Está muy lejos de mi salón
- Es difícil de entender cómo se separan los residuos
- No sabía que había contenedores específicos para la separación
- Las leyendas de lo que se puede depositar en cada contenedor son demasiado largas
- No hay imágenes que ilustran los tipos de residuos que se separan

6. De manera general, ¿consideras que los contenedores del Programa Institucional “Cero Residuos” se utilizan de manera adecuada en las instalaciones de la UABC?

- Si
- No

7. Indica los residuos que se separan dentro de la UABC a través del programa “Cero Residuos”

	Si	No	No lo sé
Botellas de PET			
Papel			
Cartón			
Residuos orgánicos			
Residuos electrónicos			
Latas de aluminio			
Tapitas de plástico			

8. ¿Sabes qué pasa con los residuos que se generan en la UABC?

- Los lleva el personal de mantenimiento a un contenedor en la calle
- Una Organización No Gubernamental (ONG) los recoge
- El camión de la basura los recoge y se los lleva
- Se valorizan (reciclan, reúsan, se utilizan para hacer composta, entre otras)

9. ¿Hay en el campus señalizaciones que te recuerden la importancia de separar los residuos?

- Si
- No
- No lo sé

10. ¿En qué zona del campus consideras que se generan más residuos?

- En los salones

- Áreas comunes (jardines, estacionamientos, cafeterías, entre otros)
- Cafetería

11. ¿Consideras que el programa de manejo de residuos es eficaz en la universidad?

- Muy eficaz
- Eficaz
- Poco eficaz
- Nada eficaz

12. ¿Cómo evalúas el nivel de información disponible sobre el programa para los estudiantes?

- Muy suficiente
- Suficiente
- Insuficiente
- Muy insuficiente

13. ¿Qué medios crees que serían más efectivos para mejorar la difusión del programa?

- Redes sociales
- Correo electrónico
- Capacitaciones presenciales
- Carteles

14. ¿Consideras que la universidad está haciendo lo suficiente para promover la conciencia sobre la correcta separación de residuos?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

15. ¿Crees que los contenedores de residuos están ubicados en lugares estratégicos y convenientes en el campus?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

16. Si tienes alguna, danos una sugerencia para mejorar la separación de residuos en la UABC

