



**Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA
INSTALACIÓN DE UN PROCESO DE ACOPIO Y
RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN LA BUAP”**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de:

Licenciatura en Ingeniería Ambiental

Presenta:

JOSÉ ANTONIO GARCÍA GÓMEZ

Director de Tesis:

M.C. ANTONIO HERRERA BONILLA

Asesor Externo:

M.I.Q. MARTÍN HERNÁNDEZ VALDEZ

Puebla, Pue. 2022



BUAP

Oficio No. FIQ/AC/064/2021
Asunto: Registro de Tema de Tesis

C. JOSÉ ANTONIO GARCÍA GÓMEZ
PASANTE DE LA LICENCIATURA EN
INGENIERÍA AMBIENTAL
P R E S E N T E:

Por medio del presente me permito informarle, de la aprobación del Registro de Tema de Tesis de la Licenciatura en Ingeniería Ambiental cuyo título es el siguiente:

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UN PROCESO DE ACOPIO Y
RECICLAJE DE PLÁSTICOS EN LA BUAP”**

Con el siguiente contenido:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1	ANTECEDENTES
CAPÍTULO 2	METODOLOGÍA
CAPÍTULO 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA

Director de Tesis: M.I. Antonio Herrera Bonilla

Lo cual me permito comunicarle para su conocimiento y fines consiguientes aclarando que la vigencia de este tema será **UNICAMENTE POR UN AÑO**.

Atentamente
“Pensar Bien, Para Vivir Mejor”
H. Puebla de Z., a 26 de febrero de 2021

Dra. Valeria Jordana González Coronel
Secretaria Académica



C.c.p. Director de Tesis: M.I. Antonio Herrera Bonilla.
C.c.p. Archivo.

Facultad
de Ingeniería
Química

Av. San Claudio s/n, Col. San
Manuel, Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue. C.P. 72570
01 (222) 229 55 00
Ext. 7250 y 7251

Contenido

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	9
1.1 TÍTULO	9
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	26
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	27
2.1 OBJETIVOS.....	27
2.1.1 OBJETIVO GENERAL.....	27
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
2.2 HIPÓTESIS.....	27
2.3 MARCO TEÓRICO	28
2.3.1 RECICLAJE DE PLÁSTICO	28
2.4 INVESTIGACIONES Y DATOS	44
2.5 ELEMENTOS DEL MARCO CONTEXTUAL	45
2.6 MARCO METODOLÓGICO	46
2.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
2.8 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
2.9 POBLACIÓN.....	48
2.10 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	49
2.11 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	51
2.12 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS	51
2.13 OTROS FACTORES DE LA METODOLOGÍA OPERATIVA	52
2.13.1 TIEMPO ESTIMADO	52
2.13.2 COSTOS DE INSTALACIÓN.....	53
2.13.3 ESTACIONES.....	53
2.13.4 BENEFICIOS ADQUIRIDOS	54
2.13.5 INTEGRACIÓN Y APORTE SOCIAL.....	55
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
3.1 INNOVANDO PARA CUIDAR EL FUTURO	66

CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	75
ANÁLISIS FODA.....	75
PLAN OPERATIVO PARA INSTALACIÓN DEL PROGRAMA “INNOVANDO PARA CUIDAR EL FUTURO” EN TODAS LAS FACULTADES DE LA BUAP ..	76
i. OBJETIVOS DE APLICACIÓN	76
ii. BENEFICIOS INMEDIATOS	76
iii. PASOS POR COORDINAR	76
iv. EVALUACIÓN.....	78
v. PROYECTO	78
vi. A FUTURO.....	78
ANÁLISIS ESTRATÉGICO MATRIZ FODA PEST	79
ANÁLISIS INTERNO	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de plásticos reciclables.....	29
Tabla 2. Población Universitaria BUAP.....	56
Tabla 3. Generación Per Cápita de Residuos Plásticos.....	57
Tabla 4. Generación Total de Residuos Plásticos Universitarios.....	59
Tabla 5. Precio del Material Plástico Generado.....	60
Tabla 6. Huella de Carbono de la Producción y Generación de Plásticos.....	62
Tabla 7. Costos de Contenedores/Estación.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Envases y empaques que se reciclan en casa.....	11
Figura 2. Envases y empaques que se limpian antes de desecharlos.....	12
Figura 3. Medios en los que se desechan los productos plásticos.....	13
Figura 4. Principales limitaciones para reciclar.....	14
Figura 5. Preferencia en recoger los residuos reciclables.....	15
Figura 6. Encargados de la separación de residuos en casa.....	16
Figura 7. Recibió información sobre cómo reciclar.....	17
Figura 8. Recibió información sobre cómo reciclar CDMX-Puebla.....	18
Figura 9-10. Medio en que se desechan los productos plásticos.....	19
Figura 11. Envases y empaques que se pueden reciclar (CDMX – Puebla).....	20
Figura 12. Envases y empaques que se pueden reciclar (Mujeres – Hombres).....	21
Figura 13-14. Envases y empaques que se reciclan en casa.....	22

Figura 15-16. Envases y empaques que se limpian en casa antes de reciclarse...	23
Figura 17. Tipo de reciclaje por aplicación de material.....	31
Figura 18. Proceso de reciclaje de plástico.....	32
Figura 19. Cadena de Valor de Portter.....	33
Figura 20. Escenario de Sistema de Cambio.....	36
Figura 21. Generación Per Cápita de residuos en México.....	39
Figura 22. Generación Per Cápita por región México.....	40
Figura 23. Clasificación porcentual de residuos en México.....	42
Figura 24. Impacto de efecto invernadero en diferentes opciones de tratamiento de residuos.....	45
Figura 25. Estación Resi-Recicla.....	54
Figura 26. Población Universitaria.....	56
Figura 27. Generación Per Cápita Residuos Plástico.....	58
Figura 28. Porcentaje de Generación por Material.....	58
Figura 29. Generación Total Universitaria de Residuos Plásticos.....	60
Figura 30. Huella de Carbono por material producido.....	63
Figura 31. Huella de Carbono Universitaria por Productos Plásticos.....	64
Figura 32. Reducción de Huella de Carbono por reciclaje de material reciclado...64	64
Figura 33. Comparación Factor de Emisión de Gasolina y Huella de Carbono	65
Figura 34. Comparación Ahorro de Energía por Reciclaje de Plástico.....	65
Figura 35. Objetivos de la Agenda Ecológica de la ONU 2030.....	68
Figura 36. Tipos de contenedores.....	69

INTRODUCCIÓN

El buen manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) determina una parte fundamental en el desarrollo sustentable de cualquier comunidad. La falta de conocimiento en el tema, en conjunto con el desinterés ha generado una ventana de oportunidad para la integración en la aplicación e instalación de programas de reciclaje de plástico en la comunidad universitaria de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, que ayude a combatir y reducir la generación de Residuos Sólidos Urbanos que terminan en los rellenos sanitarios y vertederos de la ciudad.

Considerando grandes cantidades de material susceptible de valoración que pudiera ser aprovechado y reinsertado en el proceso productivo como parte de una economía circular, representando grandes beneficios económicos, sociales y ambientales que a su vez pueden transformarse en la implementación de un nuevo estilo de vida universitario más consciente y sustentable, donde el aprovechamiento de los recursos y su buena disposición final es parte de la vida cotidiana dentro y fuera de la institución.

En este trabajo de investigación se presenta un análisis de factibilidad para la instalación de un proceso de reciclaje de plásticos en la BUAP. Se evalúan y comparan diferentes datos recolectados en el país con respecto a la generación de residuos urbanos, la cantidad de plásticos y cómo es el manejo de estos dentro de la familia tradicional mexicana, evaluando los precios de mercado junto con la cantidad de residuos plásticos generados por la población universitaria y el impacto que esta generación representa para el medio ambiente.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1 TÍTULO

Análisis de Factibilidad para la Instalación de un Proceso de Acopio y Reciclaje de Plásticos en la BUAP

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Innovando para Cuidar el Futuro inició como un proyecto que buscaba concientizar a la población sobre la importancia del uso de los plásticos en la vida diaria de las industrias y las personas. De igual forma introduce el concepto de la economía circular como una forma efectiva y concreta de explicar y aplicar un buen manejo de residuos, aprovechando los materiales reciclables en especial el poliestireno expandido. Ahora se ha convertido en un programa aplicable en cualquier tipo de institución, fomentando y educando a los usuarios en un buen manejo de residuos y cuidado del medio ambiente.

El plástico es un importante material, omnipresente en nuestra economía y nuestra vida cotidiana; tiene funciones múltiples que ayudan a resolver diversos problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad.(Comisión Europea Secretaría General, 2018). Es imposible eliminar el plástico de nuestro estilo de vida por muchas razones, por transporte, hermeticidad, higiene, etc. Sin embargo, es real que existe un problema en la generación y mal manejo de los residuos sólidos, que a nivel sociedad se han convertido en una problemática ambiental muy importante la cual debe ser tratada inmediatamente.

La Benemérita Universidad Autónoma de Puebla presenta una gran oportunidad de lanzar el programa como proyecto piloto, ya que el interés por crear acciones que impacten positivamente en la sociedad y la constante innovación y vanguardia que la posiciona como una de las mejores universidades del país presenta un foco de interés en temas de cuidado y mejoras en los estilos de vida que dañan al medio

ambiente y a la sociedad. De esta forma, con un constante trabajo de concientización se adopta el concepto de economía circular como un cambio necesario de los procesos económicos y sociales de los productos con los que estamos en contacto día a día, como son los plásticos de un solo uso. Por lo tanto, se busca dignificar el valor de la vida útil de estos productos reincorporándolos en una cadena de recuperación de material, los cuales serán tratados para ser reinsertados en alguna parte de los procesos de producción, generando valor económico y social al reducir materia prima y la cantidad de desechos sólidos que no son recuperados, es decir material basura.

La producción y el consumo de bienes y servicios generan inevitablemente algún tipo de residuos. Éstos pueden ser sólidos (ya sea de naturaleza orgánica o inorgánica), líquidos (que incluyen a los que se vierten disueltos como parte de las aguas residuales) y los que escapan en forma de gases. Todos ellos, en función de su composición, tasa de generación y manejo pueden tener efectos muy diversos en la población y el ambiente. En algunos casos, sus efectos pueden ser graves, sobre todo cuando involucran compuestos tóxicos que se manejan de manera inadecuada o se vierten de manera accidental.

La importancia del tema de la generación y manejo de los residuos no involucra sólo los efectos ambientales y de salud pública derivados de su generación y manejo. También está implícito, desde otro ángulo, el uso racional y eficiente de los recursos naturales. La gestión integral de los residuos, además de procurar reducir su generación y conseguir su adecuada disposición final, también puede dar como resultado colateral la reducción, tanto de la extracción de recursos (evitando su agotamiento), como de energía y agua que se utilizan para producirlos, así como la disminución de los costos en los procesos y la emisión de gases de efecto invernadero. Todo ello se acompaña de importantes beneficios económicos, sociales y ambientales.

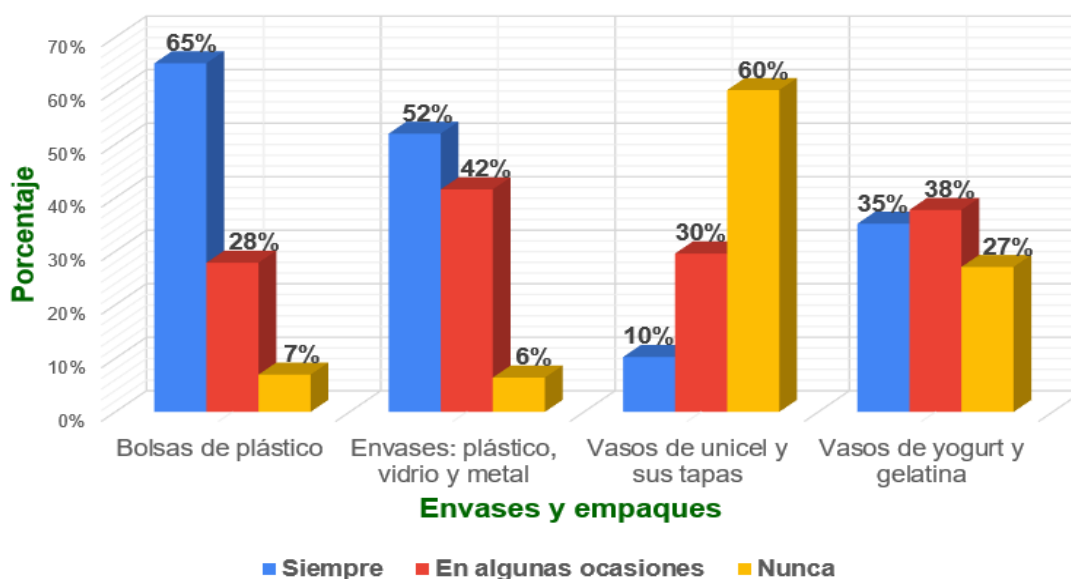
De igual forma, el mal manejo de residuos sólidos urbanos cada vez se vuelve menos sostenible, debido a un incremento poblacional y a una generación per cápita

desmedida, por lo que cada vez las instituciones públicas y privadas presentan mayores problemas en el área de contaminación ambiental y salud poblacional. Dentro de los temas más controversiales con un mal manejo de residuos está la mala planificación y la falta de programas que optimicen una separación y buen manejo de residuos, lo que conlleva a una desinformación y falta de conocimientos básicos sobre las posibilidades de tener una sociedad más sustentable y tener impactos mínimos con el medio ambiente.

Como parte de los antecedentes, Resirene realizó una encuesta sobre el uso y la forma en la que se desechan diferentes tipos de plásticos en las familias tradicionales mexicanas. La encuesta se aplicó en el mes de enero del 2021 a 1277 personas de diferentes partes de la República Mexicana, las cuales presentan hombres y mujeres en edades desde los 18 años a más de 52 años. Se analizaron y compararon diferentes aspectos sobre la disposición y reciclaje de plásticos, así como sus conocimientos básicos sobre el tema de acuerdo con las respuestas dadas en la encuesta. Análisis que se presenta de la siguiente manera:

Figura 1

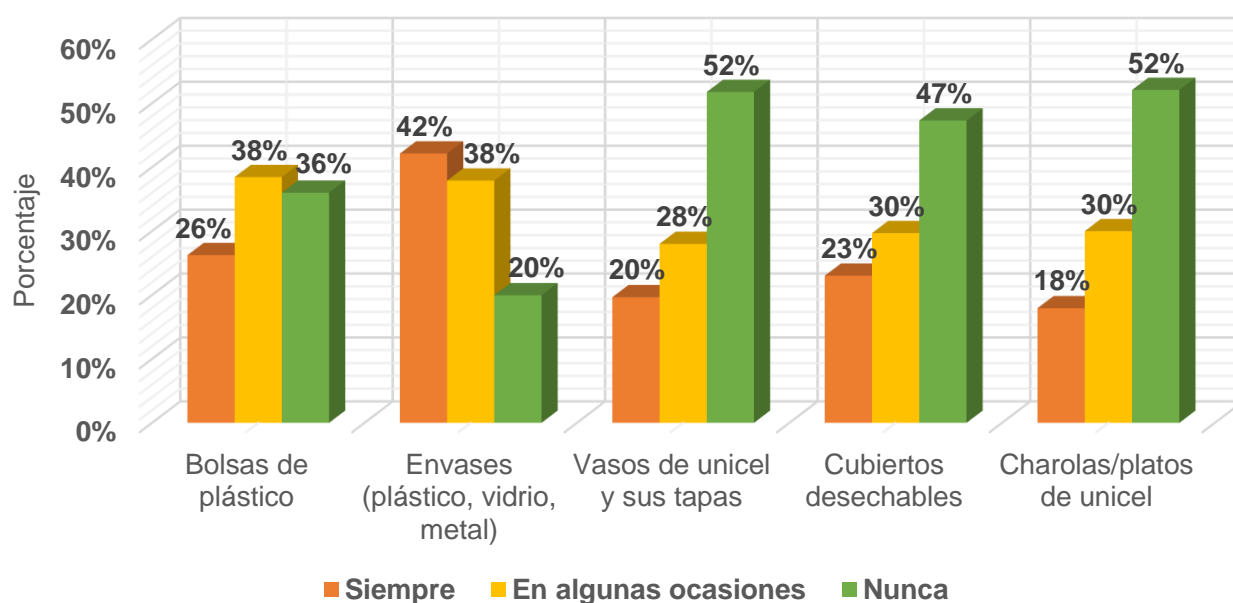
Envases y empaques que se reciclan en casa (Resirene S.A. de C.V., 2021)



Como se muestra en la Figura 1, lo que más se recicla en casa son las bolsas de plástico y envases de plástico, vidrio y metal. En algunas ocasiones vasos de yogurt y gelatina. Lo que menos se recicla en casa son los vasos de unicel y sus tapas.

Figura 2

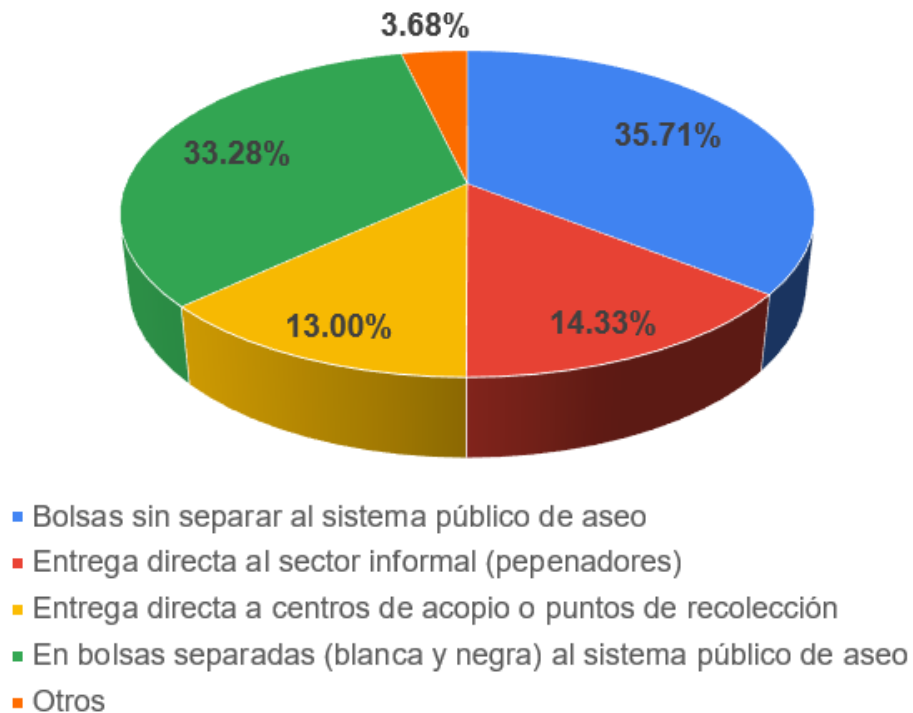
Envases y empaques que se limpian antes de desecharlos (Resirene S.A. de C.V., 2021)



En la Figura 2, se puede observar que los envases y empaques que más se limpian antes de ser desechados son envases de plástico, vidrio y metal. En algunas ocasiones las bolsas de plástico. Por su parte los vasos de unicel y sus tapas, cubiertos desechables y charolas/platos de unicel no se limpian a ser desechados, lo que representa un factor negativo en el proceso de reciclaje de estos materiales.

Figura 3

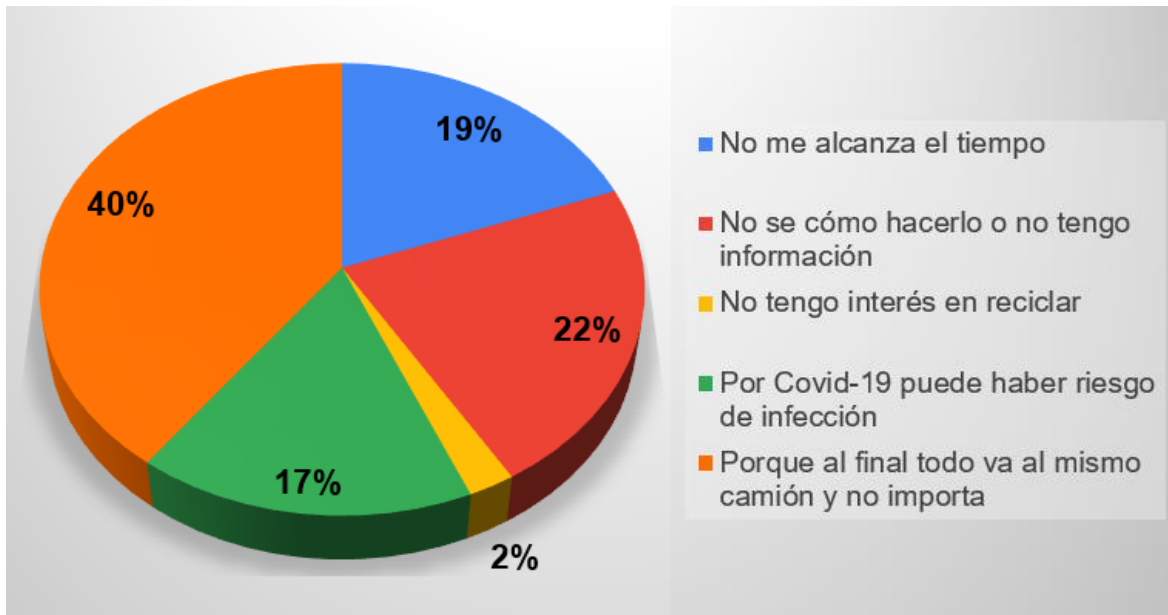
Medios en los que se desechan los productos plásticos (Resirene S.A. de C.V., 2021)



La mayoría de las personas encuestadas desechan sus productos plásticos mediante "Bolsas sin separar al sistema público de aseo" (35.71%) y en "Bolsas separadas blanca y negra al sistema público de aseo" (33.28%), como se muestra en la Figura 3. Esto depende de la forma en la que se recolectan los residuos sólidos urbanos en los diferentes estados, ya que es muy variada e independiente, incluso entre municipios, lo que nos da un indicador sobre el manejo de los residuos en nuestro país y la ventana de oportunidad que presenta esta falta de valorización de materiales reciclables.

Figura 4

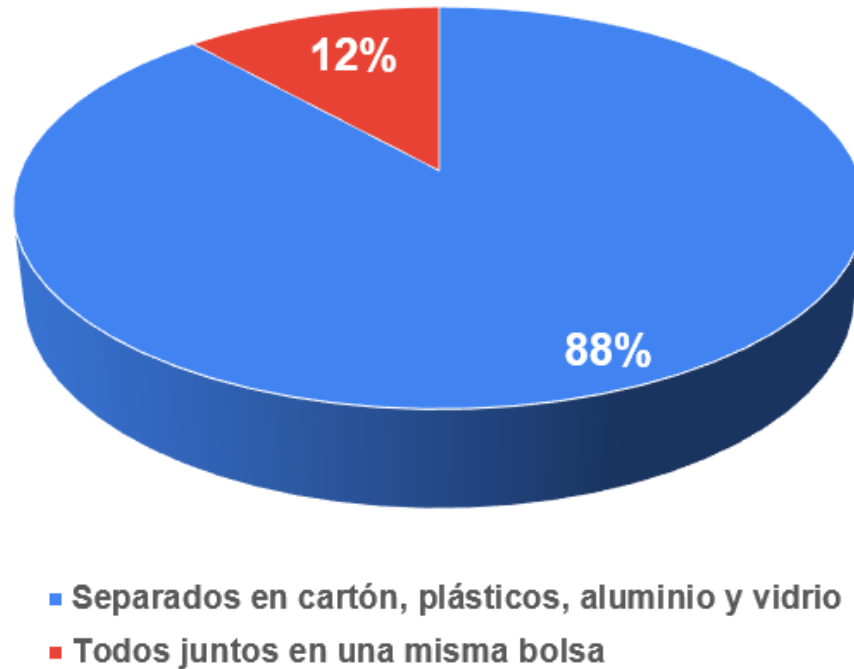
Principales limitaciones para reciclar (Resirene S.A. de C.V., 2021)



Como se muestra en la Figura 4, entre las limitaciones para poder reciclar, los encuestados no lo hacen "Porque al final todo va al mismo camión y no importa" (40%), seguido por la desinformación y "No saben cómo hacerlo" (22%), mientras que solo el 2% de los encuestados votó que la razón es que "No tengo interés en reciclar". Respuestas que representan una realidad que se vive en el país, donde la población no participa en diferentes actividades en favor del medio ambiente ya que no creen o no confían en las instituciones públicas y su gestión, lo que representa grandes impedimentos en la concientización y valorización de materiales reciclables.

Figura 5

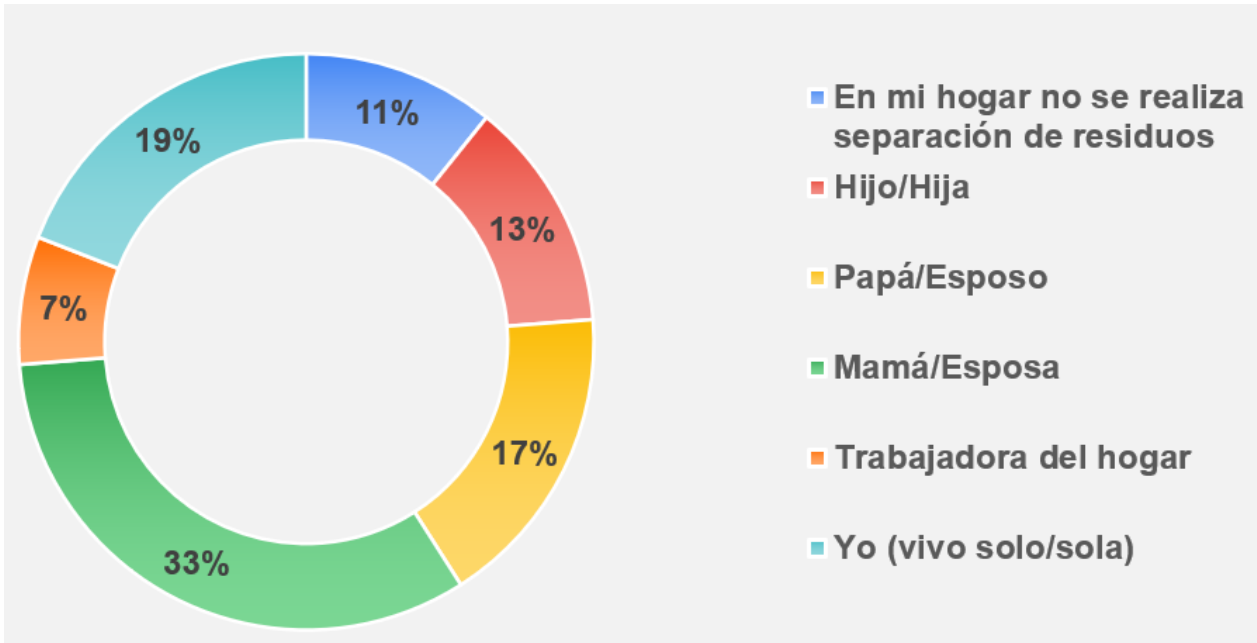
Preferencia en recoger los residuos reciclables (Resirene S.A. de C.V., 2021)



A diferencia de la gráfica anterior donde se analiza la forma en la que actualmente la gente participa en la separación de material valorizable, en la Figura 5 se observa que la mayoría de los encuestados con 88% de las respuestas preferirían que el reciclaje se recoja de forma separada en cartón, plásticos, aluminio y vidrio. Mientras que el 12% de los encuestados prefiere que el reciclaje se recoja todo junto en una misma bolsa. Sin embargo estos contrastes nos indican que la población en general si está dispuesta a reciclar y hacer una correcta separación de los residuos si se recogen de forma separada.

Figura 6

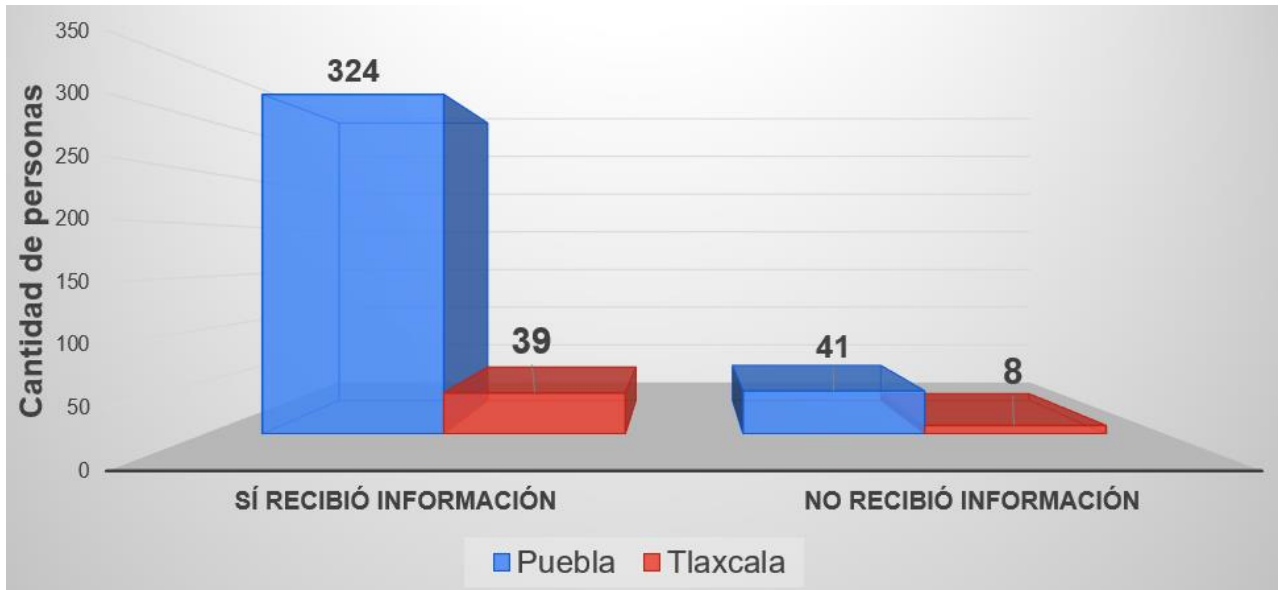
Encargados de la separación de residuos en casa (Resirene S.A. de C.V., 2021)



De acuerdo con la Figura 6, los encargados de la separación de residuos en casa son en su mayoría la "Mamá/Esposa" (33%), seguido por el mismo encuestado "Yo (vivo solo/sola)" con 19% y el "Papá/Esposo" (17%), mientras que el sector joven del hogar, "Hijo/Hija" no se involucran en su mayoría en esta tarea de separación de residuos en el hogar con 13% de las respuestas de los encuestados. Lo que resalta la importancia de reforzar la cultura del reciclaje y el buen manejo de residuos con las generaciones jóvenes sin quitar la integración del resto de la población.

Figura 7

Recibió información sobre cómo reciclar (Resirene S.A. de C.V., 2021)



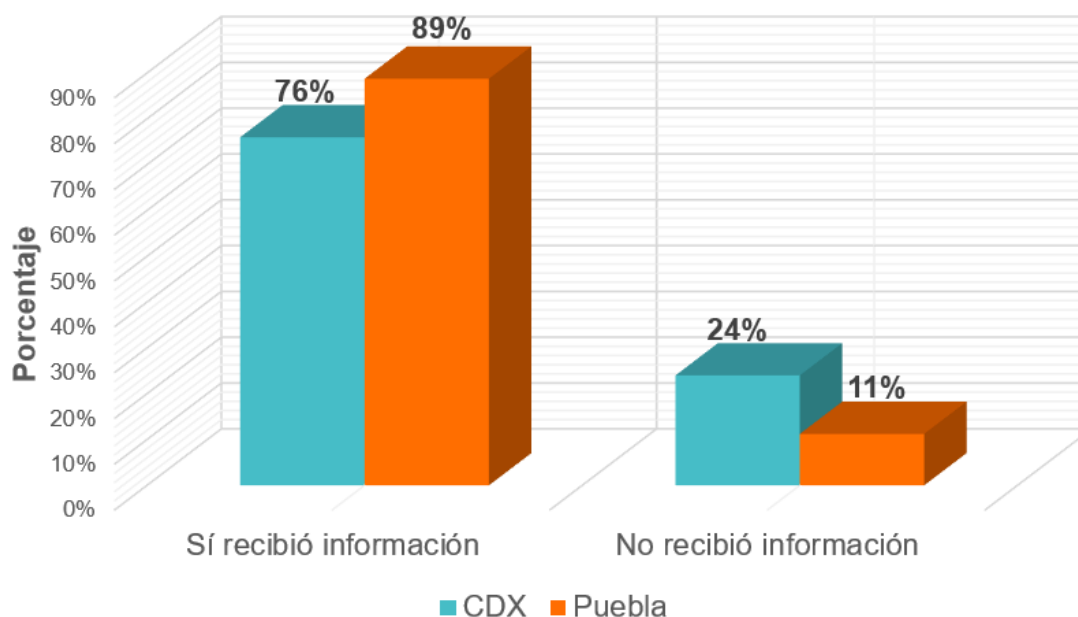
De acuerdo con las respuestas de los encuestados, de 364 personas encuestadas que residen en Puebla, 324 sí han recibido información sobre cómo reciclar, mientras que 41 personas no han recibido información sobre cómo reciclar, lo que representa el 89 y 11% de los encuestados que residen en Puebla respectivamente. Por su parte de los encuestados que residen en Tlaxcala, 39 de ellos si han recibido información sobre cómo reciclar y 8 personas no lo han hecho. Lo que representa el 83 y el 17% de los encuestados que residen en Tlaxcala respectivamente.

Tomando en cuenta los porcentajes de las respuestas dadas, es muy similar la educación ambiental en tema de reciclaje que presentan ambas entidades y que representa un gran porcentaje, lo que resalta la problemática de la falta de interés para involucrarse al buen manejo de residuos.

De igual forma se analizaron las entidades con más encuestados a manera de hacer una comparación y contrastar las respuestas dadas por ambos, por su parte “Puebla” presentó un total de 365 personas encuestadas, y la “CDMX” presentó un total de 250 personas encuestadas, que para fines de este trabajo de investigación es conveniente, ya que el proyecto desarrollado en temas de residuos se centra en dichas entidades federativas. Se presenta la información analizada de la siguiente manera:

Figura 8

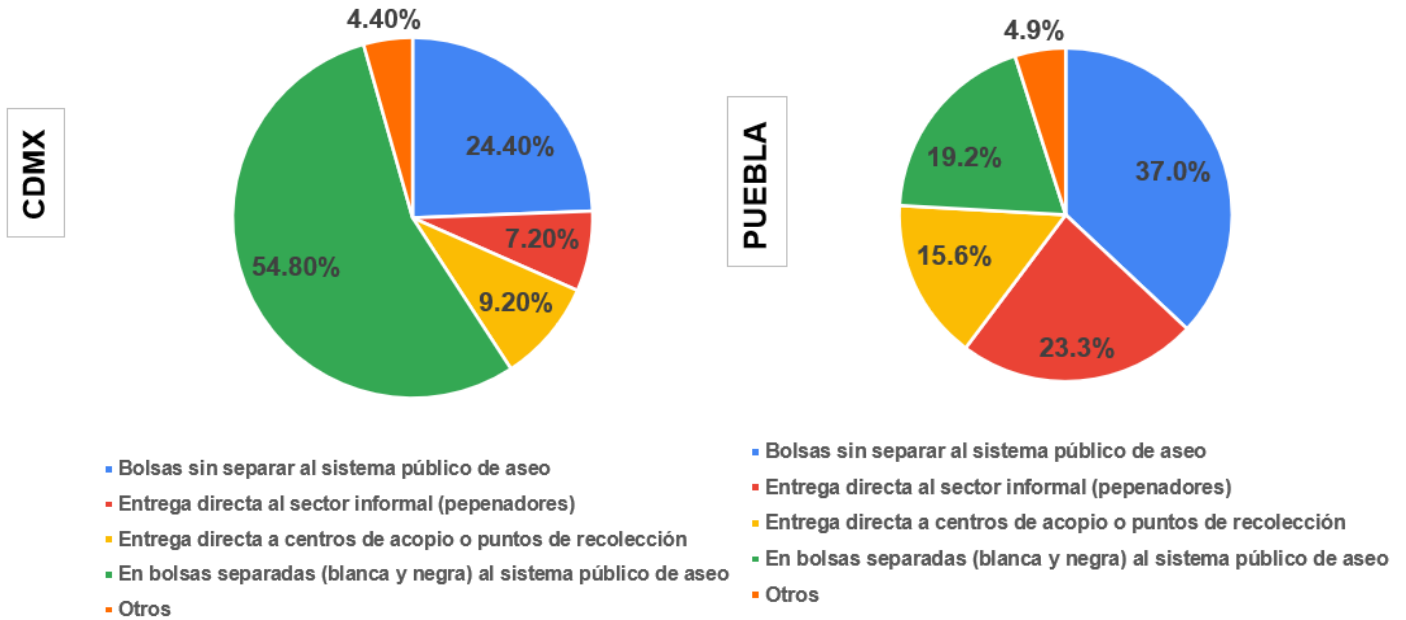
Recibió información sobre cómo reciclar CDMX-Puebla (Resirene S.A. de C.V., 2021)



Mostrado en la figura 8, en comparativa de ambas entidades, en Puebla se ha recibido más información sobre cómo reciclar que en la CDMX de acuerdo con los porcentajes de las encuestas, lo que nos presenta un indicador sobre la situación actual de la educación ambiental en ambas entidades y la ventana de oportunidad que esto presenta.

Figura 9-10

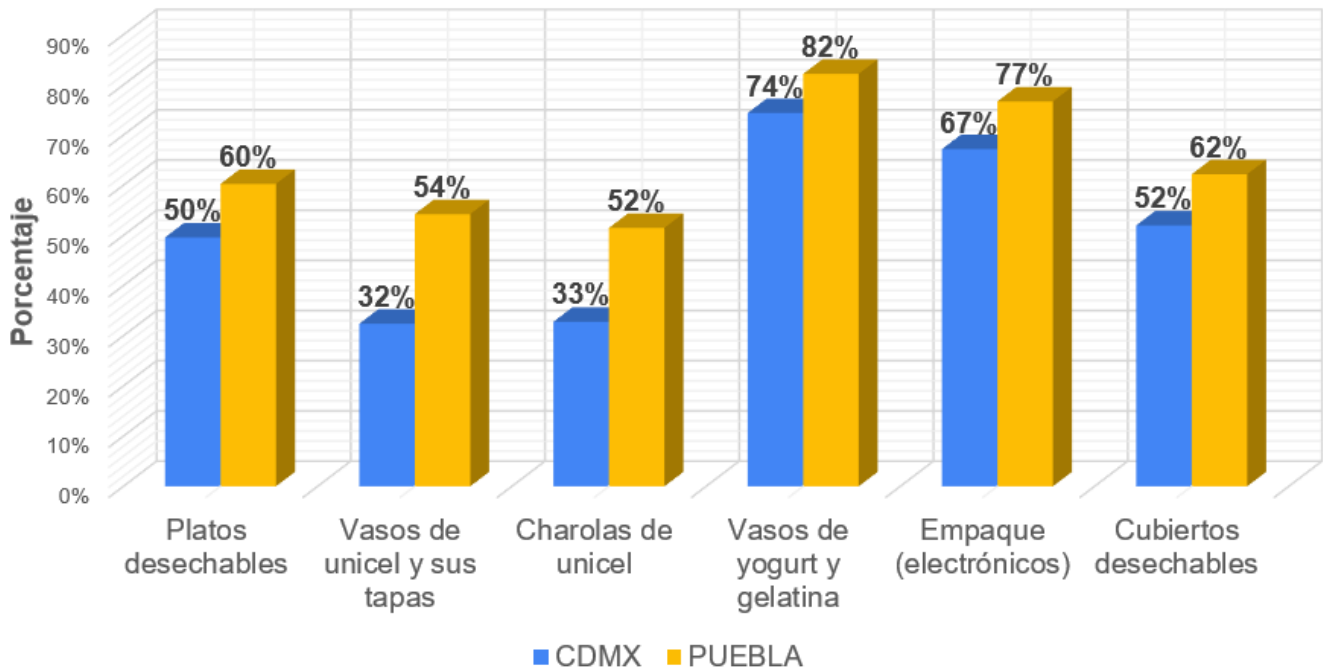
Medio en que se desechan los productos plásticos (Resirene S.A. de C.V., 2021)



Representado en las Figuras 9-10, en la CDMX la mayoría de los encuestados con un 57% separan sus residuos para ser desechados en bolsas blancas y negras, muestra que el 24% desecha sus residuos sin separar directamente al sistema público de aseo. Por su parte en Puebla la mayoría de las personas con un 37% no hacen separación de residuos y se desechan directamente al sistema público de aseo, y un gran porcentaje de 23.3% de las personas, entregan directamente sus desechos plásticos al sector informal (pepenadores). Lo que ayuda a la valorización del material y que puedan ser llevados a un centro de acopio para ser transformados en nuevos materiales, ayudando a la economía local creando ingresos para los pepenadores y reduciendo el impacto ambiental que representaría el desechos directamente con el resto de los residuos.

Figura 11

Envases y empaques que se pueden reciclar (CDMX – Puebla) (Resirene S.A. de C.V., 2021)

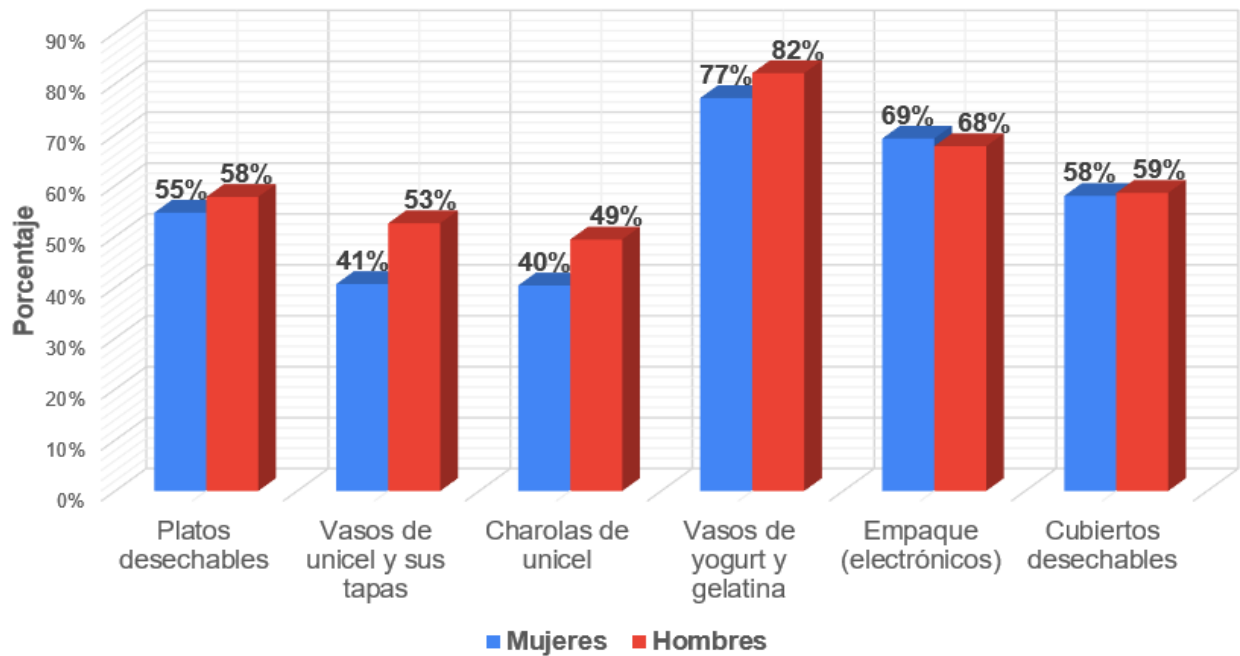


En esta comparativa sobre el conocimiento de los encuestados de la CDMX y Puebla sobre los diferentes productos que se pueden reciclar, en general presentan porcentajes muy similares, como se muestra en la Figura 11. Sin embargo en Puebla más personas tienen conocimiento sobre el reciclaje de una mayor variedad de materiales susceptibles de valoración, como las charolas de unigel, los platos desechables y los vasos de unigel junto con sus tapas, que son materiales que no se reciclan tan fácilmente e incluso muchos centros de acopio ni siquiera los reciben.

Así mismo, se realizó la comparación entre los conocimientos sobre los materiales que se pueden reciclar entre mujeres y hombres, los cuales presentaron 364 mujeres encuestadas y 251 hombres residentes de la CDMX y Puebla.

Figura 12

Envases y empaques que se pueden reciclar (Mujeres – Hombres) (Resirene S.A. de C.V., 2021)

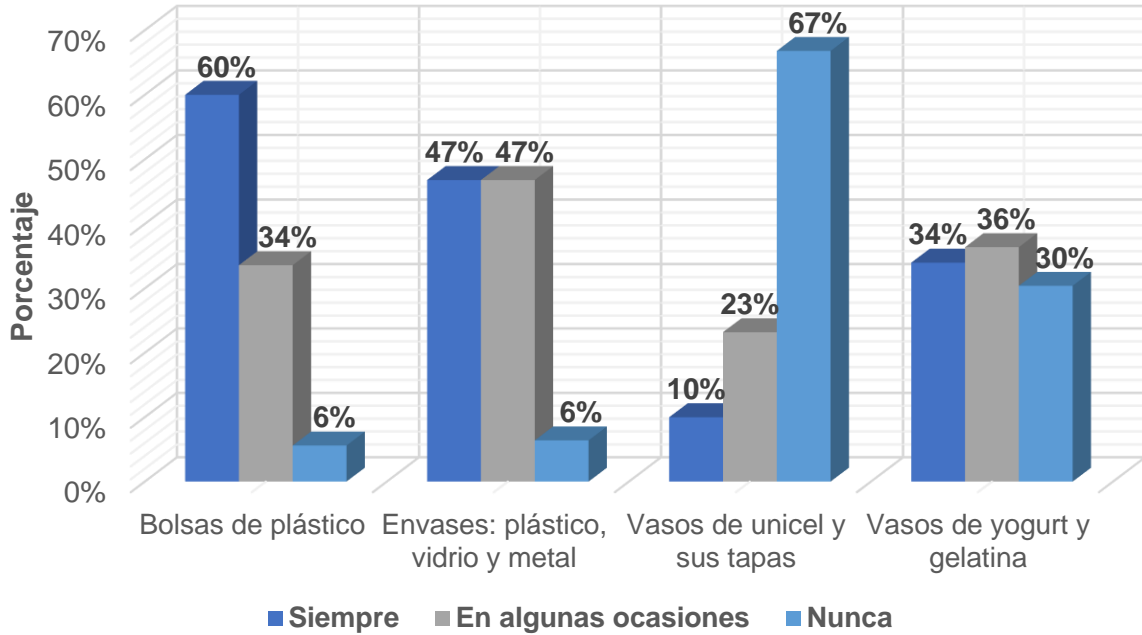


Como se muestra en la Figura 12, y de manera general los porcentajes en las respuestas de los encuestados muestra mucha similitud, variando ligeramente en que los hombres tienen mayor conocimiento sobre una mayor variedad de productos que pueden reciclarse, sobre todo en productos susceptibles de valoración que no son comunes que se acepten y reciclen en centros de acopio, como lo son; platos desechables, vasos de unicef con sus tapas y charolas de unicef. Sin embargo, de manera general en estos mismos productos sólo la mitad de los encuestados tenían conocimiento de que estos materiales pueden reciclarse, lo que indica una ventana de oportunidad en la concientización y educación ambiental sobre el reciclaje y aprovechamiento de estos materiales.

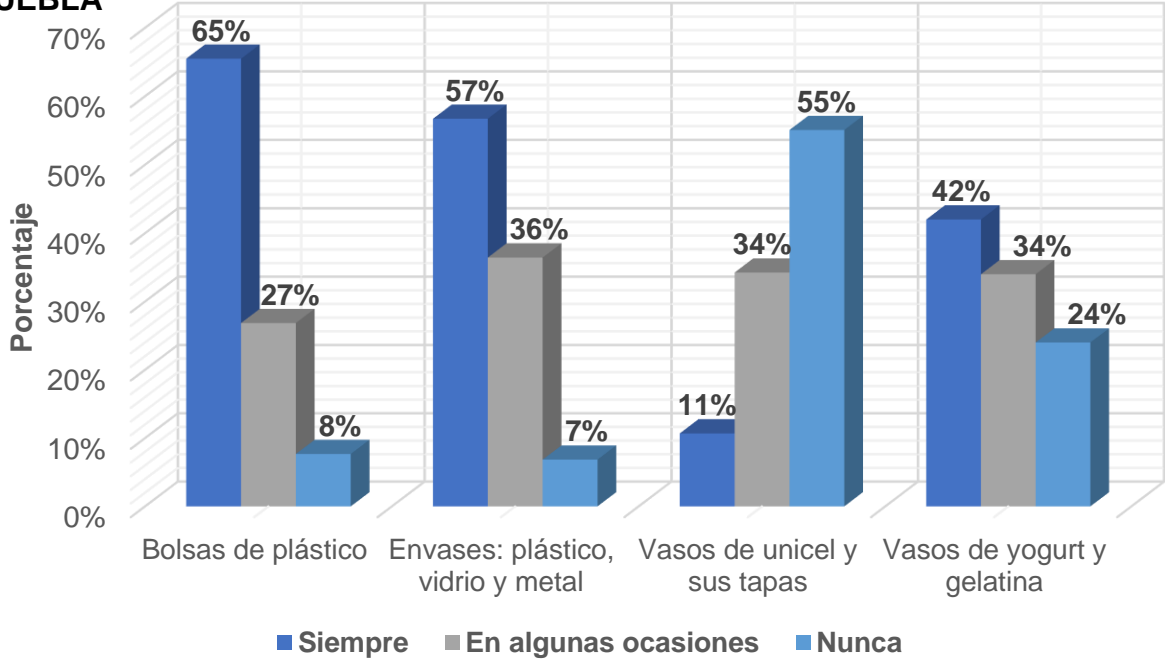
Figura 13-14

Envases y empaques que se reciclan en casa (Resirene S.A. de C.V., 2021)

CDMX



PUEBLA

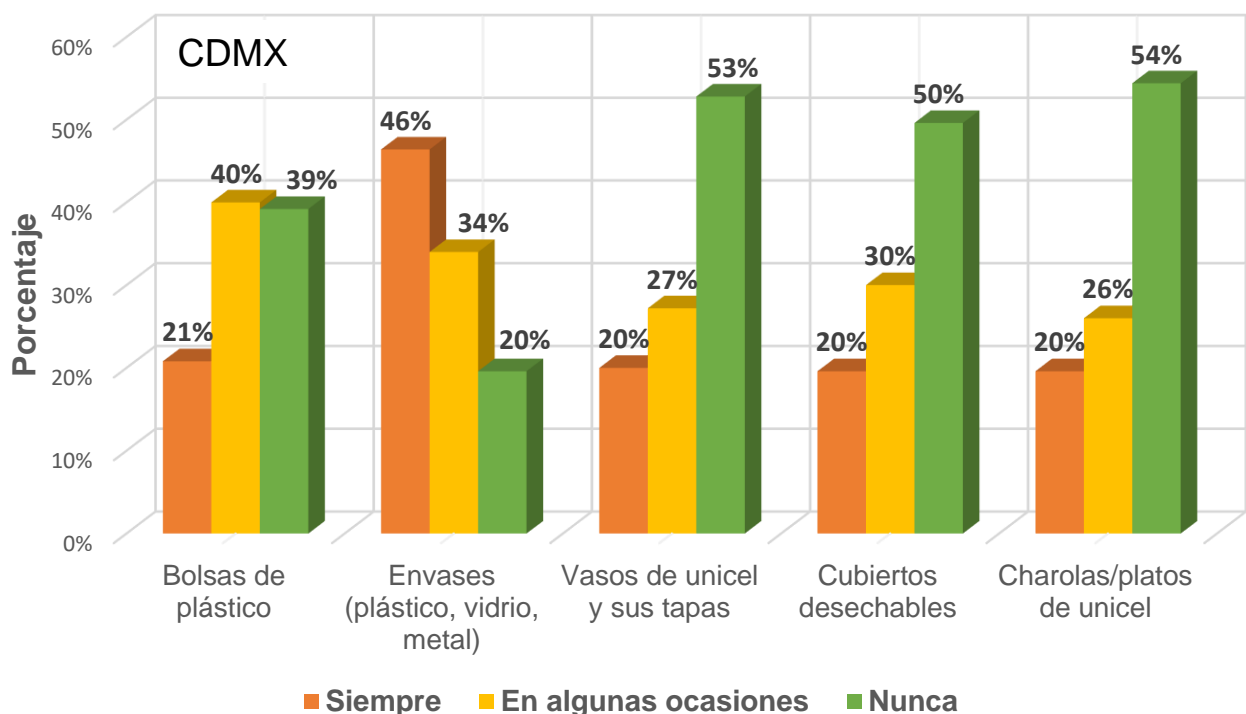


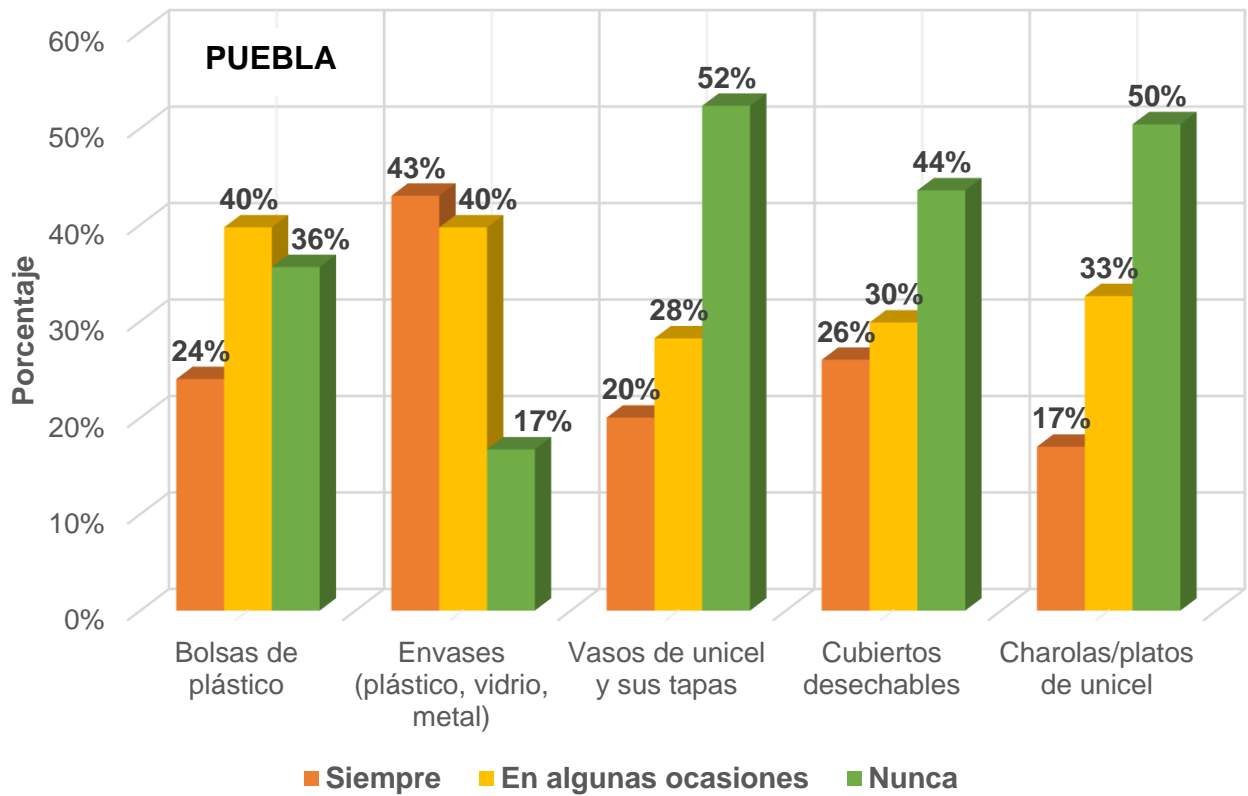
De manera general en comparación con la CDMX, en Puebla se recicla más variedad de material, sin embargo, ambos presentan porcentajes bajos de reciclaje en materiales susceptibles de valoración como vasos de unicel y sus tapas. Lo cual puede deberse a la falta de conocimiento sobre los procesos de reciclaje de estos materiales y la falta de centros de acopio para los mismos. Como se muestra en las Figuras 13-14.

De igual forma cabe mencionar que de acuerdo con las respuestas dadas por los encuestados las bolsas de plástico son los materiales que más reciclan en casa, sin embargo, existe una diferencia entre reciclar y reutilizar, lo que para fines de este análisis puede interpretarse en que la mayoría de las personas reutilizan las bolsas de plástico para diversos fines, sin embargo es difícil que se tenga conocimiento sobre el reciclaje de estas para convertirlas en nuevos materiales.

Figura 15-16

Envases y empaques que se limpian en casa antes de reciclarse (Resirene S.A. de C.V., 2021)





En las Figuras 15-16, se presentan porcentajes de reciclaje muy similares en ambas entidades, sin embargo, eso nos recalca la generalidad que vivimos en el país con la falta de limpieza a los envases y empaques antes de desecharlos, lo que entorpece y en algunos casos inhabilita la posibilidad de aprovechar estos materiales para su reciclaje y aprovechamiento, principalmente en envases desechables como los vasos de unicel con sus tapas, cubiertos desechables y charolas/platos de unicel.

Con la encuesta aplicada y su posterior análisis se pueden tener diferentes conclusiones, de manera general y con base a las respuestas de los encuestados, es evidente que se necesitan programas de concientización y educación ambiental

en el tema de residuos para aprovechar de manera óptima el material reciclable, lo que impactaría de manera benéfica en las economías locales y reduciría de manera notable la contaminación ambiental. De igual forma y aunque muchas personas están al tanto de la forma en la que pueden separar sus residuos no lo hacen por falta de interés o por incredulidad en los procesos para hacer una recuperación del material, pensando que al final se juntará con el resto de los residuos y no llevarán un proceso de aprovechamiento. Por lo tanto, es conveniente la aplicación de programas en donde se involucre a la población a participar en las etapas del proceso de reciclaje de plástico empezando con el acopio y almacenamiento, trabajando en conjunto asegurando que los materiales van a aprovecharse y tratarse correctamente.

Todas estas conclusiones generan ventanas de oportunidad para integrar en los diferentes sectores de la sociedad programas que ayuden a la recuperación de materiales susceptibles de valoración, cómo las bolsas de plástico, platos y charolas de unicel, cubiertos desechables y vasos de unicel con sus tapas. Ya que son materiales los cuales son difíciles de reciclar por los procesos que se necesitan para convertirlos en nuevos materiales, por lo que muchos centros de reciclaje no los consideran para recuperarlos, lo que genera que el sector informal de recolección como lo son los pepenadores, tampoco lo recolecten. Así que al concientizar sobre el impacto y la importancia que puede tener económica y ambientalmente la recuperación y reciclaje de estos materiales, podrían instalarse e incorporarse centros de acopio y almacenamiento de estos materiales los cuales en conjunto con la industria del plástico trabajen para su integración en los procesos productivos.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El reciclaje se convierte en una herramienta esencial en la sostenibilidad de una comunidad, ya que es la forma de optimizar los recursos y reducir la generación de basura que a nivel mundial se encuentra al límite, sobrellenando los rellenos sanitarios y colapsando los vertederos a cielo abierto.

De esta manera el reciclaje juega un papel fundamental en la economía circular, que rompe los paradigmas de la linealidad donde un producto solo se produce, se usa y se desecha. Ahora, de una manera involucrada y armoniosa, el ciclo de vida de un producto buscará siempre regresar a sus orígenes e involucrarse nuevamente en un proceso de producción, reduciendo notablemente la generación de desechos.(SEMANART, 2016)

El plan de manejo de residuos sólidos y reciclaje de plásticos de un solo uso dentro de las instalaciones de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla se transformará, comenzando con Ciudad Universitaria que es el centro educativo que más población concentra entre estudiantes, docentes, personal administrativo y trabajadores.

Se pueden mejorar e incorporar dichos programas siendo redituables a la institución, con beneficio ambiental, social, y económico.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la factibilidad para instalar un sistema de acopio y reciclaje de plásticos en la BUAP.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un proceso de acopio donde se involucre a la población estudiantil de la BUAP y se logre recolectar y reciclar plásticos de un solo uso, principalmente el poliestireno.
- Implementar un concepto de economía circular como parte de un nuevo estilo de vida que debemos adoptar como sociedad universitaria, resaltando la importancia de la etapa del reciclaje, y fomentando la responsabilidad social y el trabajo integral para el éxito del proyecto.
- Desarrollar el análisis de factibilidad del proceso mediante un estudio estadístico de datos de generación per cápita, de residuos plásticos, precios de mercado y costos de la operación.

2.2 HIPÓTESIS

- El programa “*Innovando Para Cuidar El Futuro*” es económica y ambientalmente viable para una incorporación de la economía circular y reciclaje de residuos plásticos en la BUAP.
- Se puede utilizar el programa de “*Innovando Para Cuidar El Futuro*” para implementar un cambio en la mentalidad de la población universitaria en la BUAP, de que la solución a la contaminación por “plásticos de un solo uso”

es el buen manejo de los residuos sólidos incorporando el hábito de reciclar y separar los residuos correctamente.

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 RECICLAJE DE PLÁSTICO

2.3.1.1 DEFINICIÓN

Según el Diagnóstico Básico Gestión de los Residuos 2020, de SEMARNAT, “el reciclado es la transformación de los residuos a través de distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando así su disposición final siempre y cuando esta restitución favorezca un ahorro de energía y materias primas sin perjuicio para la salud, los ecosistemas o sus elementos”(SEMARNAT, 2020)

De esta manera el reciclaje de plástico podemos definirlo como el proceso completo de tratamiento para recuperar y valorizar el material plástico, evitando que sea desechado al final de su vida útil.

2.3.1.2 MATERIALES RECICLABLES

Un material se define como; una sustancia, compuesto o mezcla de ellos que se usa como insumo y es un componente de productos de consumo, de envases, empaques, embalajes y los residuos que estos generan (SEMARNAT, 2020).

Existen muchos materiales que son reciclables, entre ellos metales, papel, cartón, hules, etc. Para fines de este trabajo nos enfocaremos en los plásticos reciclables, los cuales serán presentados a continuación:

Tabla1.

Tipos de plásticos reciclables

NOMBRE	ABREVIATURA	EJEMPLOS
Polietileno de baja densidad	PEBD	Manteles, envases de crema y shampoo, bolsas para basura, etc.
Polietileno de alta densidad	PEAD	Bolsas de mercado, implementos de aseo, etc.
Polietileno tereftalato	PET	Botellas de agua y refresco, envases de aceite, etc.
Polipropileno	PP	Mamilas, tapas de botella, vasos no desechables, tupperware, etc.
Poliestireno expandido	EPS	Platos, vasos y cubiertos desechables, embalajes y construcción, etc.
Poliestireno	PS	Cajas de CD's, cajas de medicamentos, envases de yogurt, helado y mantequilla.

Para fines de este trabajo de investigación el EPS y PS serán englobados en un solo material "PS"

2.3.1.3 TIPOS DE RECICLAJE

Existen diferentes tipos de reciclaje, y en la medida que se le va tomando más interés a este movimiento verde y cuidado del medio ambiente, van surgiendo nuevas propuestas y tecnologías para el reciclaje del plástico. En dos grandes rubros, suponiendo que la mayoría de los plásticos no se degradan de manera natural debido a sus propiedades y no son diseñados para ser compostables, foto

degradados o solubles en agua, podríamos decir que el reciclaje de plástico se divide en cuatro tipos:

- El **reciclaje primario** se refiere al reciclaje "en planta" de material de desecho controlado. Este proceso garantiza **simplicidad y bajo costo**, sin embargo, se trata del **reciclaje de residuos limpios** de un solo tipo, que no se han contaminado.
- El **reciclaje mecánico** (o **reciclaje secundario**). En este enfoque, **el plástico se separa de sus contaminantes** y se puede reprocesar fácilmente mediante extrusión convencional. El reciclaje mecánico incluye la clasificación y separación de los desechos, la reducción de tamaño y la filtración en estado fundido. **El plástico no se altera durante el proceso**. La principal desventaja de este tipo de reciclaje es el **deterioro** de las propiedades del producto en cada ciclo.
- El **reciclaje químico** o de materia prima (**reciclaje terciario**) se refiere al proceso de **despolimerización total** de la cadena hasta los monómeros, o la despolimerización parcial a oligómeros y otras sustancias químicas. **Los monómeros posteriormente pueden polimerizarse para regenerar el polímero original**.
- La **recuperación de energía** (**reciclaje cuaternario**) se refiere a la recuperación del contenido energético del plástico. **La incineración es actualmente la forma más efectiva** de reducir el volumen de materiales orgánicos, pero este método ha sido ampliamente criticado por ser ecológicamente inaceptable, debido al riesgo para la salud de las sustancias tóxicas que se transmiten por el aire, p. ej. dioxinas (en el caso de polímeros que contienen cloro).

El reciclaje químico es un poco más complejo, lo que busca es romper las moléculas de los polímeros que forman los materiales plásticos y de esta manera lograr regresarlos a moléculas menos complejas que sean más manejables para utilizarse

como materia prima en la cadena de producción para la elaboración de nuevos materiales.

Según el estudio de la fundación Ellen MacArthur “Breaking the Plastic Wave”, no hay evidencia de que este tipo de tecnología funcione a gran escala para resolver una problemática mundial de tal magnitud, porque hasta esta fecha no se han demostrado procesos a escala comercial, sin embargo de igual forma exhorta a las instituciones gubernamentales y empresariales a optar por la investigación y la inversión en nuevas tecnologías para reducir la cantidad de residuos plásticos no recuperados los cuales afectan gravemente a los ecosistemas y el medio ambiente.

En la Figura 17, tomada del estudio “Breaking the Plastic Wave” nos presenta la comparación de la tolerancia a la materia prima para el reciclado mecánico frente a la pirólisis (conversión química en ausencia de oxígeno). La conversión química amplía la tolerancia a la materia prima, y es importante analizar esas propiedades antes de decidir qué tipo de tratamiento para el reciclaje debe aplicarse con respecto a los objetivos deseados. (Foundation, 2020)

Figura 17

Tipo de reciclaje por aplicación de material (Foundation, 2020)

		Value of plastic						
		High						Low
		PET	HDPE	PP	LDPE + LLDPE	PVC	PS	Multi-layers
Clean/sorted waste	Mechanical recycling	✓	✓	✓	(✓)	✗	✗	✗
	Pyrolysis	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Contaminated waste	Mechanical recycling	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✗	✗	✗
	Pyrolysis	✗	✓	✓	✓	✗	(✓)	(✓)

✓ Technically feasible
(✓) Feasible under some circumstances
✗ Technically not feasible

Mechanical recycling includes both open- and closed-loop recycling capabilities. Contamination is defined as contamination by other waste (i.e., organics) or inks, additives, and mixed polymers. Mechanical recycling of LDPE/LLDPE is mostly open-loop recycling.

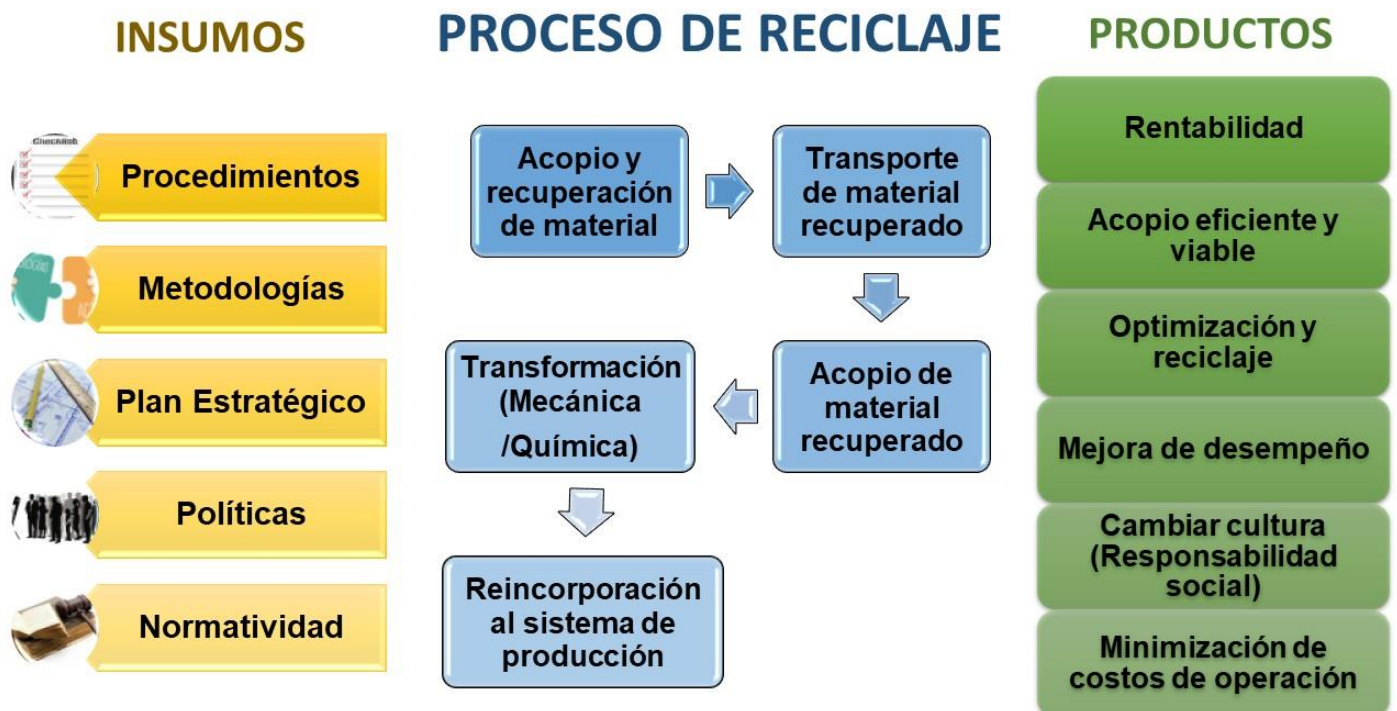
De igual forma se presenta la comparación de ambos tratamientos, si el material se trabajara limpio y separado, o si estuviera sucio y contaminado, y que tan factible sería cada tratamiento en estas condiciones.

2.3.1.4 PROCESOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO

El reciclaje del plástico ya sea químico o mecánico, se puede expresar en un proceso sencillo que determina el éxito en la recuperación de material, como se muestra en la Figura 18.

Figura 18

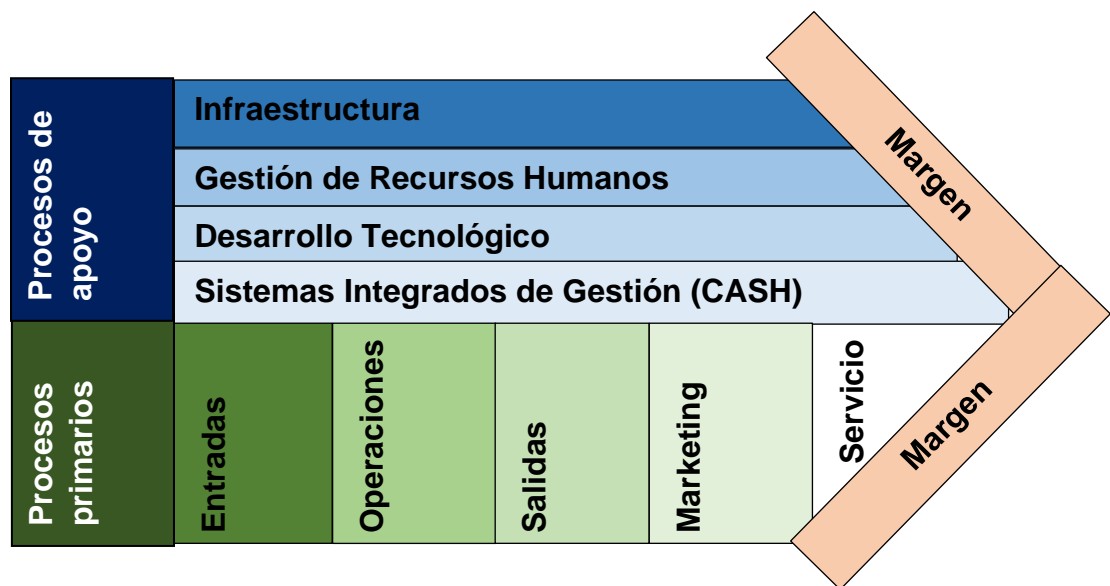
Proceso de reciclaje de plástico (Elaboración propia)



Este proceso viene acompañado de la legislación que determina la forma y los recursos necesarios que se utilizan en cada sector de una población para la recuperación de los materiales, de igual forma dependiendo del tipo de centro de acopio, ya sea específico para recuperación de material aprovechable o plantas de tratamiento y rellenos sanitarios que realizan en sus funciones cierta separación de material, pueden variar los procesos, ya que muchas veces el material no viene separado y la recolección se hace en conjunto con los Residuos Sólidos Urbanos.

Figura 19

Cadena de Valor de Porter (Elaboración propia)



En la Figura 19 se representa la importancia de los procesos de gestión (procesos de apoyo) para optimizar los procesos de la cadena de valor.

2.3.1.5 PAPEL QUE DESEMPEÑA DENTRO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

De acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos, de la SEMARNAT publicada en mayo del 2020; la economía del reciclaje no es economía circular. La economía circular se caracteriza por ser restaurativa y regenerativa como fin, y se trata de que, en todo momento, los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximo, así como que se distinga entre ciclos técnicos y biológicos. Ya que la economía circular se basa en tres principios:

- 1) Preservar y mejorar el capital natural, a través del control de las reservas finitas y equilibrio en los flujos de recursos renovables.
- 2) Optimizar el rendimiento de los recursos, a través de la distribución de productos, componentes y materias habilitados todo el tiempo para su máxima utilidad, en ciclos técnicos como biológicos.
- 3) Promocionar la eficacia de los sistemas, a través de la detección y eliminación del diseño de los factores externos negativos.(SEMARNAT, 2020)

De esta manera el reciclaje solo comprende un eslabón de la cadena de economía circular, que representa un modelo económico que busca la reestructuración social, económica y política en el uso, consumo y manejo de materia y residuos, beneficiando a la sociedad en una buena gestión de los recursos, mejorando la economía y previniendo la contaminación del medio ambiente. Por lo tanto, el reciclaje es parte fundamental de la economía circular, disminuyendo la extracción de materia prima, contribuyendo a la reducción del daño ambiental y pérdida de recursos naturales.

2.3.2 ESTRATEGIAS APLICADAS ACTUALMENTE EN EUROPA Y ASIA

Europa es pionera en la cultura del reciclaje, e incorporan en sus procesos productivos la implementación de la economía circular como parte del desarrollo sostenible que necesitamos adoptar como sociedad. Existen muchas iniciativas y proyectos tanto de índole gubernamental como en el sector privado, algunas de las asociaciones y programas más relacionados a estas estrategias son:

- Una estrategia europea para el plástico en una economía circular, publicada en el 2016, donde la Unión Europea (UE) se comprometía a seguir una estrategia en la que se aborden los retos que plantean los plásticos a lo largo de toda la cadena de valor y teniendo en cuenta la totalidad de su ciclo de vida, centrándose en la producción y utilización de los plásticos trabajando en pro de garantizar que en 2030 todos los envases de plástico sean reciclables, aproximadamente unos 25,8 millones de toneladas de residuos de plástico que se generan en Europa anualmente. (Comisión Europea Secretaría General, 2018)
- Fundación Ellen MacArthur, busca la incorporación de la economía circular como un modelo económico adoptado por los gobiernos a nivel mundial, reduciendo importantemente de esta manera la cantidad de contaminación generada por RSU, gases de efecto invernadero y pérdidas de recursos naturales. Así mismo, “Breaking the Plastic Wave” presenta un Sistema de Cambio de Escenario (System Change Scenario), como se muestra en la Figura 20, donde menciona las actividades primordiales en toda la cadena de producción y consumo que deben adaptarse para poder mejorar la situación ambiental del año 2020 al 2040 para poder preservar la mayoría de las especies del planeta y poder reducir la contaminación un 80% a nivel mundial. (Foundation, 2020)

Figura 20

Escenario de Sistema de Cambio (Fundation, 2020)



- Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, ONU. Lanza un llamado para que todos los sectores de la sociedad se movilicen en favor de una década de acción en tres niveles: **acción a nivel mundial** para garantizar un mayor liderazgo, más recursos y soluciones más inteligentes con respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible; **acción a nivel local** que incluya las transiciones necesarias en las políticas, los presupuestos, las instituciones y los marcos reguladores de los gobiernos, las ciudades y las autoridades locales; y **acción por parte de las personas**, incluidos la juventud, la sociedad civil, los medios de comunicación, el sector privado, los sindicatos, los círculos académicos y otras partes interesadas, para generar un movimiento imparable que impulse las transformaciones necesarias. (Parra Cortés, 2018)

2.3.3 ESTRATEGIAS APLICADAS ACTUALMENTE EN MÉXICO

En México existen varias estrategias aplicadas especialmente a nivel empresarial e industrial, sin embargo, no existe una regulación política. Más bien promueven estrategias e invitan a la sociedad a tomar plan de acción en temas relacionados con el cuidado de los recursos y del medio ambiente y la reducción de la contaminación en suelos y aguas nacionales y por gases de efecto invernadero.

En el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos publicado por la SEMARNAT en mayo del 2020, menciona la situación actual en el país con lo que respecta a un manejo adecuado de los residuos sólidos, mencionando las plantas de tratamiento de materiales y rellenos sanitarios que hay en el país, la forma en la que se hace la recolección y la cantidad estimada de material que se recolecta en toda la entidad federativa. De igual forma y con adecuaciones a algunos puntos de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, exhorta a la sociedad a insertarse en un modelo de economía circular y promueve el uso de nuevas tecnologías para procesos de reciclaje e incorporación del material en las cadenas productivas. (SEMARNAT, 2020)

Así mismo, el sector privado promueve la economía circular, tal es el caso del programa “Botella a botella” de la empresa PETSTAR, o la campaña de reciclaje “Hagamos esto Juntos” de la multinacional Coca-Cola, que buscan cumplir con sus objetivos de recuperar y reciclar el 100% de sus envases vendidos para el 2030, recolectando en forma de reciclaje la misma cantidad de material que producen.

De igual forma, el programa “Innovando para Cuidar el Futuro” creado por Resirene S.A. de C.V. tiene la finalidad de crear conciencia sobre un buen manejo de los residuos sólidos urbanos y la importancia de incorporar un estilo de vida que nos introduzca a una economía circular, beneficiando a las economías locales y ayude a la sociedad a tener un estilo de vida más sustentable.

2.3.4 RECICLAJE DE POLIESTIRENO

Por sus características de termoplástico inerte y no tóxico con estabilidad dimensional y bajo costo, el EPS o unicel como mejor se le conoce en el país, ofrece una combinación de resistencia, ligereza, durabilidad, baja conductividad térmica y resistencia a la humedad, alta absorción acústica y a la corrosión, que lo hace un material muy demandado en las industrias de la construcción, del embalaje y de alimentos.

Sin embargo, debido a sus características no solo presenta una tasa de degradación mínima, por lo que es altamente acumulativo y contaminante en la disposición final de los residuos sólidos, cuerpos de agua y suelo de nuestro país, sino que es uno de los residuos susceptibles de aprovechamiento ya que es difícil asegurar un reciclado mecánico, por lo que una solución viable es su transformación química para la recuperación de la materia prima, sin embargo a nivel mundial no se ha probado una manera eficiente a gran escala para tratar este problema de contaminación por poliestireno.

De igual forma en México, Tecnologías Renueva presentó el Plan Nacional de Manejo de Residuos de Poliestireno Expandido (EPS), único en su tipo en América Latina y que intenta valorizar el residuo. “Que busca el trabajo colectivo entre el gobierno, la industria y la sociedad, englobando a los diferentes eslabones de la cadena de valor, desde los productores de resina virgen, hasta los nuevos productores de material reciclado, ya que se puede facilitar el reciclaje de ese producto en las diferentes regiones del país.” Donde menciona que, de la extracción total del petróleo, solo el 4% se destina exclusivamente para la fabricación de plásticos y solo el 0.1% es de EPS. (Dart de México et al., 2018)

2.3.5 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

A. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

En México, el manejo de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) está legislado por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) dentro de la cual se menciona en el Artículo 2, que el manejo de los Residuos Sólidos es propio de cada municipio y entidad federativa, por lo que no hay una ley federal que regule propiamente la metodología de recolección, acopio, recuperación, tratamiento y disposición final de los residuos. De esta manera se presenta un área de oportunidad para que el sector privado, junto con las dependencias gubernamentales municipales y estatales propongan y realicen un plan estratégico de manejo de residuos, enfatizando la recuperación del material valorizable por medio del reciclaje.

B. GENERACIÓN DE RESIDUOS PER CÁPITA

La generación per cápita es un indicador que se utiliza para estimar la cantidad de residuos producidos en las localidades, para dimensionar las instalaciones o equipos necesarios para su recolección, aprovechamiento o disposición final.(SEMARNAT, 2020)

En la Figura 21, que se publicó en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos en el 2020 por SEMARNAT, a nivel nacional se generan en promedio 0.944 kg de RSU por habitante por día.

Figura 21

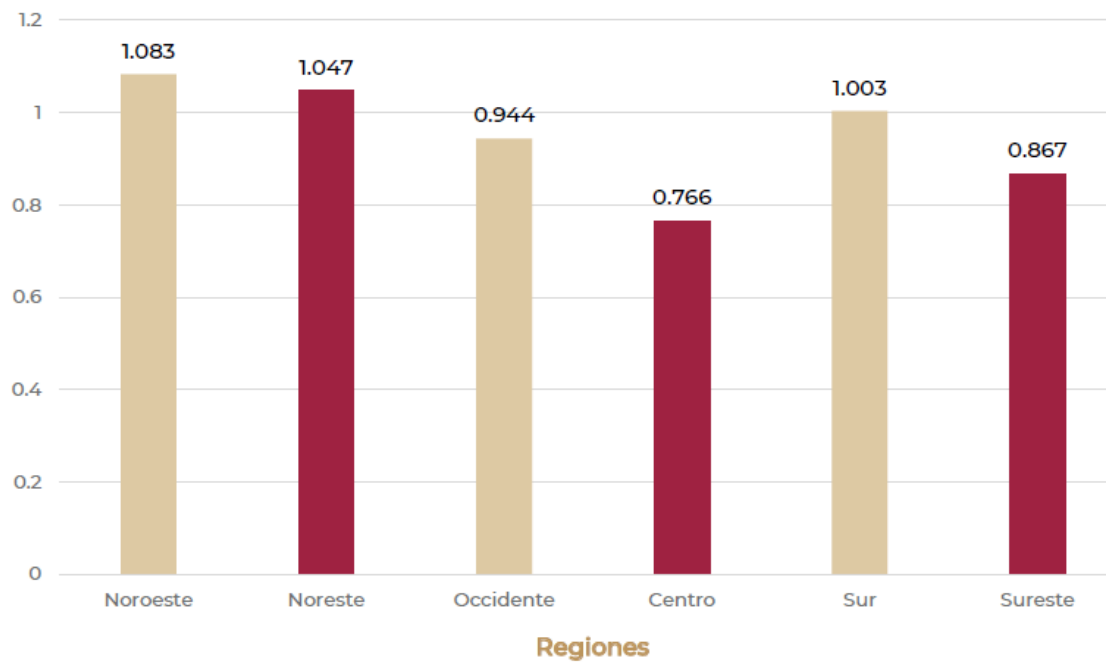
Generación Per Cápita de residuos en México (SEMARNAT, 2020)

PROMEDIO DE GENERACIÓN PER CÁPITA	kg/hab/día
De origen domiciliario	0.653
De origen no domiciliario	0.291
Total	0.944

De igual forma la generación de residuos por habitante por día, varían en cantidad dependiendo de la ubicación dentro del país, ya que influyen diferentes factores como costumbres propias de la zona, hábitos alimenticios, productos de consumo diario, entre otras cosas. De este modo, el programa de “Innovando para Cuidar el Futuro” propuesto por Resirene actualmente se limita a trabajar en la zona centro del país, que incluye las entidades de Puebla, Tlaxcala y CDMX. En donde la generación de residuos promedio se presenta de la siguiente manera.

Figura 22

Generación Per Cápita por región México (SEMARNAT, 2020)



En la Figura 22, gráfico elaborado por la SEMARNAT, se puede observar que la generación per cápita por región en la zona centro que representa la región con menos generación de residuos sólidos es de 0.766 kg/hab/día. Para fines de este trabajo y tomando en cuenta diferentes aspectos de entorno, incluyendo la región donde se ubica la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, y la cantidad de tiempo que pasa en la universidad un estudiante promedio, se estima que la

generación per cápita de residuos dentro de las Instalaciones de Ciudad Universitaria de la BUAP es aproximadamente de 0.500 kg/hab/día. Y es el promedio que tomaremos en este trabajo para realizar otras estimaciones y metas a cumplir en la recolección de material recuperable.

C. PLAN ACTUAL DE MANEJO DE RSU

En el Artículo 10 de la LGPGIR, se menciona la jurisdicción del manejo integral de los residuos, por lo que su manejo recae de forma estatal y municipal. Tomando en cuenta este aspecto, la BUAP reporta la generación de sus residuos a nivel municipal y estatal en Puebla. De esta manera y con la independencia como institución autónoma, puede hacer uso de diferentes herramientas y recursos para optimizar y disminuir la generación de residuos no aprovechables dentro de la institución; aplicando programas de manejos de RSU, campañas de reciclaje de equipos y material electrónico, campañas de concientización y reciclaje de material recuperable, etc.

Actualmente la institución trabaja el manejo de material reciclaje con la empresa Green Carson, encargada de la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos. Sin embargo, ante la situación nacional que vivimos en temas de contaminación y educación ambiental, es necesario aplicar y reforzar los programas y campañas de capacitación y concientización en temas de residuos sólidos en nuestra sociedad, y sobre todo en instituciones de gran aporte educativo y formativo como la BUAP.

D. RECUPERACIÓN DE MATERIAL RECICLABLE

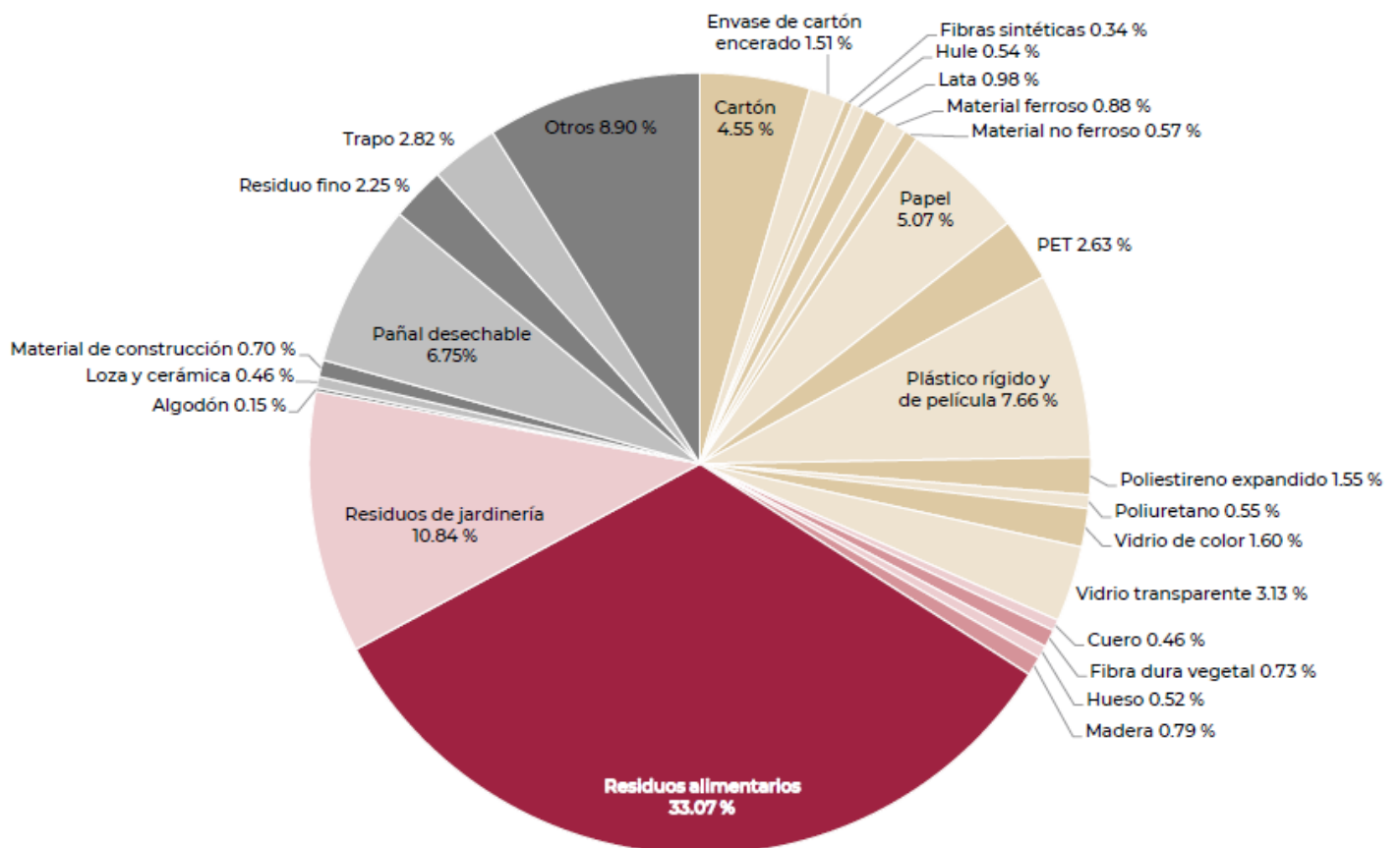
La recuperación es la acción de recoger residuos para transportarlos o trasladarlos a otras áreas o instalaciones para su manejo integral. (SEMARNAT, 2020)

Es importante enfatizar la importancia de educar a la sociedad en temas de separación de residuos, incrementando de esta manera la eficiencia en los procesos de reciclaje de material recuperable, que empieza en el acopio del material.

En México, el material reciclable tiene diferentes porcentajes de recolección, debido a los diferentes usos que se le da a cada material después de su transformación como materia prima, o si se utiliza de alguna otra manera cambiando el giro del propósito principal al que fue creado dicho material. Según SEMARNAT en los datos recolectados en 2018 y presentados en la Figura 23, los porcentajes de composición de los residuos, donde se encuentra el material reciclable son los siguientes:

Figura 23

Clasificación porcentual de residuos en México (SEMARNAT, 2020)



Cabe mencionar que estos datos no cuentan con las estimaciones de material recuperado por la pepena en nuestro país, ya que, aun siendo legal, no es una actividad registrada, en donde se calcula, según la misma institución;

“No hay cifras oficiales sobre la cantidad de residuos que se recuperan para reciclaje mediante la pepena ni sobre la cantidad de personas o familias que realizan esta actividad. En los Programas de Prevención y Gestión Integral de Residuos (PPGIR) se menciona que el fenómeno de la pepena se realiza prácticamente en todos los Sitios de Disposición Final (SDF) y en los sistemas de recolección de residuos.” (SEMARNAT, 2020)

2.3.6 CONCIENCIA AMBIENTAL ESTUDIANTIL

La concientización ambiental a nivel nacional ha ido mejorando en el transcurso de los últimos años, sin embargo, hace falta mejorar mucho a nivel mundial ante el gran reto al que nos enfrentamos en temas de contaminación en suelo y agua, así como en la emisión de gases de efecto invernadero, tal y como se menciona en “Breaking the Plastic Wave”, publicado por la fundación Ellen MacArthur en julio, 2020.

Esta generación, se enfrenta al momento del cambio, donde es posible aún reducir las prácticas de consumo irresponsable y transformarlas en una gestión de uso y deshecho responsable, en donde se encamina y adopta una economía circular como parte de todos los procesos productivos y como un estilo de vida. A nivel estudiantil en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, se forman no sólo profesionistas que luchan y busquen resolver este tipo de problemas de índole social y ambiental, si no la adherencia de la empatía ante situaciones de sustentabilidad y desarrollo dentro de la sociedad.

De esta manera, los estudiantes, especialmente los universitarios, tienen la responsabilidad social de estudiar, cuidar y promover la concientización ambiental en el entorno donde se desarrollen, aportando desde la acción más mínima, hasta

cambios y revoluciones ambientales que ayuden en la preservación del planeta para la sostenibilidad de las generaciones futuras.

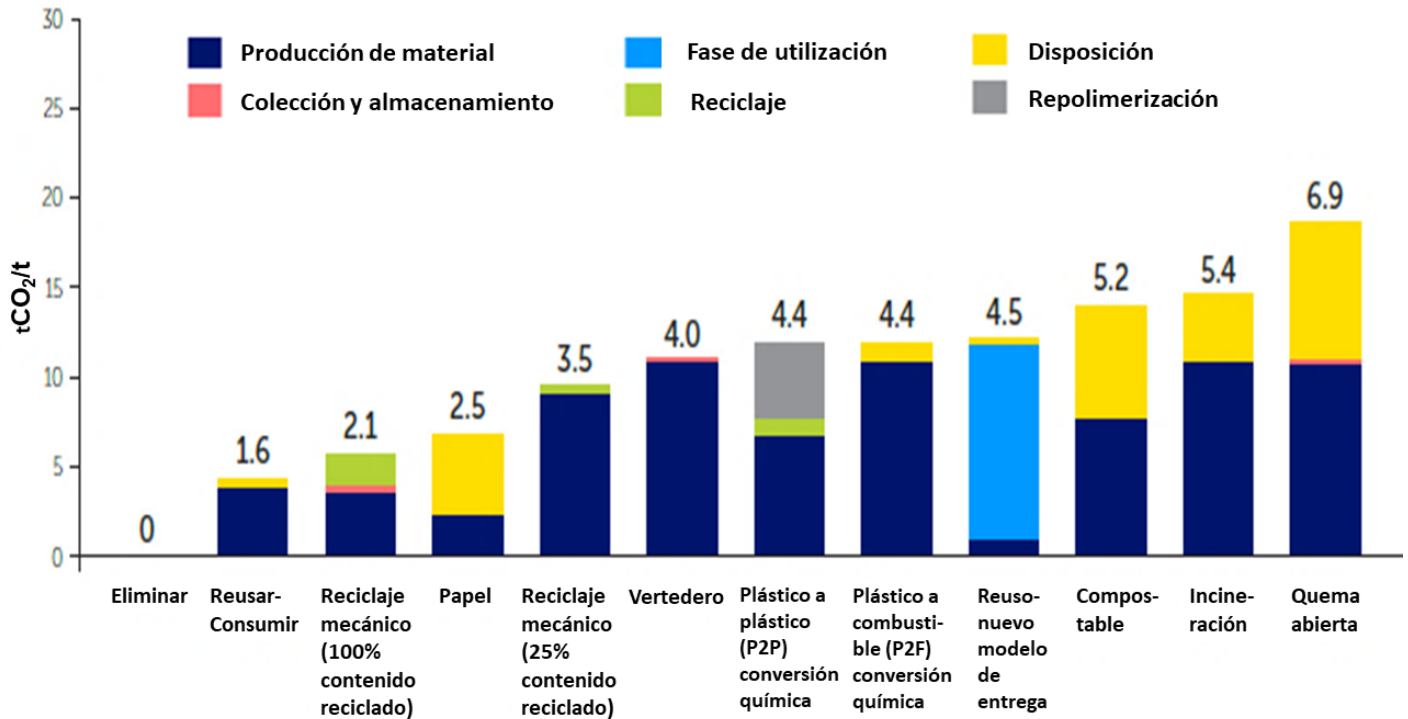
2.4 INVESTIGACIONES Y DATOS

La problemática de los plásticos a nivel mundial radica grandemente en el consumo desmedido y en un mal manejo de los RSU. Además, a nivel mundial, se promueven y declaran leyes que no solucionan el problema, sino que se contamina más de diferentes maneras. Entre ellas encontramos las leyes de prohibición de plásticos de un solo uso, ya que, en su mayoría a nivel mundial, y en nuestro país, no son leyes estandarizadas que regulen o modifiquen la composición de estos, por lo que sólo afecta a la economía de la industria plástica y millones de empleos que tienen relación con ella.

Por su parte también existen los materiales compostables o sustituyentes, que surgen como opciones de consumo ante las problemáticas de contaminación de los plásticos, sin embargo para que realmente sean una solución benéfica deben tomarse en cuenta diferentes aspectos, entre ellos; las condiciones sociales y económicas de la zona, estudios de ciclos de vida, el impacto de sus huellas de carbono y huellas hídricas en sus procesos productivos, así como su gestión, manejo y disposición final luego de su uso, ya que de no ser tratados adecuadamente, podrían tener el mismo impacto negativo en la contaminación de los suelos y aguas nacionales e internacionales, como se muestra en la siguiente gráfica (Figura 24) de “Breaking the Plastic Wave”, donde se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero de 1 tonelada métrica de utilidad plástica, en diferentes opciones de tratamiento, viendo que tienen impactos de efecto invernadero muy diferentes.

Figura 24

Impacto de efecto invernadero en diferentes opciones de tratamiento de residuos
(Fundation, 2020)



2.5 ELEMENTOS DEL MARCO CONTEXTUAL

- Plan de manejo de residuos en BUAP
- Programa de reciclaje en CU incluyendo poliestireno expandido
- Integración en el programa y sentido de pertenencia
- Vinculación de negocios sostenibles y universidad
- Programa adaptable a cualquier tipo de institución

2.6 MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con María Dávila y Alexander Vásquez de la Universidad Naval de la Secretaría de Marina en México, el marco metodológico es “la explicación del plan o estrategia general concebida para llevar a cabo la investigación; es la forma de investigar que se considera apropiada al tipo de preguntas formuladas, al tipo de hipótesis, a los objetivos que se persiguen y al tipo de método que se intenta seguir” (Dávila & Vásquez, 2018). De esta forma, la metodología de la investigación en este proyecto de tesis va a explicar la estrategia utilizada para la recopilación y presentación de la información investigada, con la intención de dar respuesta a la hipótesis planteada al principio de este trabajo de investigación.

Sin embargo, en este trabajo de investigación existen dos metodologías; la metodología técnica/informativa, y la metodología operacional. Debido a la contingencia sanitaria actual causada por el virus *SARS-CoV-2*, causante de la pandemia del COVID-19, no es posible llegar a hacer una implementación del programa y hacer una comparación y recolección de datos, por lo que la forma de aplicar las técnicas apropiadas entra en la metodología operacional que se puede aplicar a futuro, garantizando el éxito y cumplimiento de los objetivos y desarrollo del programa.

2.7 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que el objetivo de este análisis de factibilidad es el diseño del plan operativo de manera que su desarrollo y aplicación sea eficiente y viable (ambiental, técnica y económicamente), en materia de reciclaje de plástico de un solo uso, especialmente del poliestireno, así como introducir el concepto de economía circular como parte fundamental de nuestra adaptación a un nuevo estilo de vida más sustentable para adoptar por todas las facultades de la BUAP en un trabajo integral, se va a recurrir a un diseño no experimental que se aplicará de manera transversal, ya que se va a proponer el plan operativo, tomando en cuenta que en la visión de

este programa está la incorporación y trabajo en conjunto de todas las facultades de la BUAP en un futuro. Considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico suficiente con el que se pueden determinar los alcances y objetivos deseados, describiendo a detalle la forma en la que se planifica y opera la recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos en México a nivel federal y en Puebla a nivel estatal y municipal. Del mismo modo como base de generación de residuos sólidos dentro de las instalaciones de Ciudad Universitaria se tomarán los datos de la Coordinación General de Desarrollo Sustentable de la BUAP y datos obtenidos con la aplicación de este programa en otras instituciones.

Así mismo María Dávila y Alexander Vásquez en Metodología de la Investigación. *Revelación de Información y Valor de las Empresas En América Latina*. Definen el diseño de investigación no experimental, como “el diseño que se trabaja en las ciencias sociales; con base a eventos que ya sucedieron o se dieron en la realidad sin manipulación o intervención del investigador, por lo general con una visión retrospectiva conocida también como expos-facto; en este tipo de estudios las variables independientes acontecen sin que se tenga control sobre ellas”, Y el tipo de diseño transversal como “datos obtenidos en un momento específico; delimitados por cortes de tiempo, cuando miden variables de manera individual y reportan mediciones son descriptivos, Al describir relaciones entre variables y establecer procesos de causalidad entre variables son correlacionales/causales” (Dávila & Vásquez, 2018).

2.8 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo será diseñado bajo el planteamiento metodológico del enfoque cualitativo ya que es la mejor forma de abordar este trabajo de investigación con respecto al cumplimiento de los objetivos planteados, puesto que se adapta a las características y necesidades de la investigación.

En su libro *Manual de Metodología*, del Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, Kaufmann señala que “Los investigadores cualitativos postulan que la realidad es subjetiva e intersubjetiva, y ellos mismos, en tanto actores sociales intervinientes, contribuyen a producir y reproducir el contexto de interacción que desean investigar” (Kaufmann, 2005). En otras palabras, este trabajo de investigación adopta el carácter cualitativo, ya que busca la interdisciplinariedad y la interacción social adoptando los objetivos propios de este programa de reciclaje para su éxito y correcta realización.

De igual forma, se planteará un enfoque cuantitativo al momento del análisis de los datos existentes y de la aplicación del programa en un futuro, con el fin de poder conocer la situación real y actual que vive la población de la BUAP, y poder tomar acción en los temas de concientización.

Citando nuevamente a Kaufmann en su *Manual de Metodología*, “en las investigaciones cualitativas, suele darse en forma simultánea y puede dar lugar a la reformulación de otras etapas del diseño” (Kaufmann, 2005). Lo que refiere, que a diferencia de una investigación cuantitativa, en una investigación cualitativa, a la que hace referencia este proyecto de tesis, no es necesario esperar a que la etapa de recolección de datos haya finalizado, ya que la intención de este tipo de investigación va muy acorde para lograr los objetivos deseados, permitiendo profundizar en el análisis de datos dando soporte a las justificaciones de factibilidad de este trabajo de investigación.

2.9 POBLACIÓN

Se refiere al conjunto de las personas, seres o cosas que están involucrados en el objeto de estudio. Cabe mencionar que dentro de los datos a analizar se toman en cuenta la generación per cápita de residuos sólidos municipales en México y el consumo de poliestireno a nivel nacional, ya que de esta manera se puede entender la situación y la problemática a la que va dirigida esta investigación.

De igual forma, este análisis de factibilidad para la incorporación de un programa de reciclaje en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla va dirigido a la población universitaria. De esta manera se logra integrar el programa asegurando el éxito de los objetivos.

De acuerdo con los datos publicados en el Anuario Estadístico 2019-2020, actualmente la BUAP cuenta aproximadamente con:

- 77,000 estudiantes de nivel licenciatura
- 4,200 docentes y trabajadores
- 24 facultades

El tiempo que comprende el trabajo de investigación es de mayo del 2020, a mayo 2021. Sin embargo, se espera que, para una futura aplicación del programa, pueda realizarse la implementación (instalación e inauguración) en el transcurso de un año; y la implantación verificando y monitoreando los resultados, (indicadores) en el transcurso de 2 a 3 años luego de su implementación.

2.10 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para Arias, una técnica de recolección de datos es, “el procedimiento o forma particular de obtener datos o información” (Fidias G. Arias, 2012). Así mismo, las técnicas de recolección de datos son mecanismos e instrumentos que se utilizan para reunir y medir información de forma organizada y con un objetivo específico. Usualmente se usan en investigación científica y empresarial, estadística y marketing, según Fernández y Castellanos en “Técnicas e instrumentos para recolección de datos”. (Fernández & Castellanos, 2019). De esta manera, la recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos. En el caso de este trabajo

de investigación, al ser de enfoque técnico, utilizaremos el análisis de documentos y registros.

Esta técnica consiste en examinar los datos presentes en documentos ya existentes, como bases de datos, actas, informes, registros de asistencia, etc.

Por lo tanto, lo más importante para este método es la habilidad para encontrar, seleccionar y analizar la información disponible (Fernández & Castellanos, 2019).

Es necesario tener en cuenta que la información recopilada puede dar información inexacta o incompleta. Por este motivo, debe ser analizada en relación con otros datos para que pueda ser útil a la investigación.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación se van a consultar las estadísticas ya existentes en la generación y tipo de residuos que se recolectan dentro de la universidad, datos que publica el Departamento de Desarrollo Sustentable de la BUAP.

De igual forma se utilizará la técnica de diccionario de datos como técnica principal, aunque de igual forma el diccionario de datos se apoya en el diagrama de flujo del sistema a analizar para una mejor comprensión y profundidad en el tema de estudio, proporcionando información adicional.

Un diccionario de datos es una lista de todos los elementos incluido en el conjunto de los diagramas de flujo de datos que describen un sistema. Los elementos principales en un sistema, estudiados en las secciones anteriores, son el flujo de datos, el almacenamiento de datos y los procesos. El diccionario de datos almacena detalles y descripciones de estos elementos. Dichas técnicas serán utilizadas como apoyo para un buen análisis del contexto en el que se desarrolla el trabajo de investigación, asegurando que en su futura aplicación el programa propuesto pueda cumplir con excelentes estándares de manejo y calidad en todas las partes del proceso.

2.11 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Un instrumento de recolección de datos es en principio:

“Cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.”(Fidias G. Arias, 2012). En este sentido los datos recolectados se obtendrán de diferentes fuentes y tipos de recursos, ya que se busca contextualizar una problemática general y canalizarla con un propósito que sería la creación y aplicación del programa que se propone para la recuperación y reciclaje de plásticos dentro de la universidad. Para ello, sobre todo en la parte de investigación, los recursos son ilimitados, haciendo uso principal de archivos, diagnósticos, trabajos de investigación, tesis, legislaciones estatales y federales, entre otros, obtenidos de diferentes instrumentos como el internet y bibliotecas digitales, así como de manera física en libros y compendios de leyes.

2.12 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

De acuerdo con Arias en las técnicas de procesamiento de datos, “se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan: clasificación, registro, tabulación y codificación si fuere el caso. En lo referente al análisis, se definirán las técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales), que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados.”(Fidias G. Arias, 2012). Estas técnicas ayudan en un proyecto de investigación a procesar correctamente los datos obtenidos de las investigaciones, para un posterior análisis y aprovechamiento correcto del conocimiento adquirido. De esta manera se puede evaluar correctamente la situación a la que se enfrenta el programa y poder así cumplir los objetivos propuestos.

Para este trabajo de investigación propone la estadística descriptiva, que según Dávila y Vásquez , “es aquella cuyos resultados y análisis no van más allá de ser un conjunto de datos y con base a ellos, hacer conclusiones.”(Dávila & Vásquez,

2018). Cabe recalcar que para fines de este análisis de factibilidad no es posible procesar los datos experimentales, ya que por temas de logística en este análisis solamente se propone el escenario ideal y la forma de llegar al éxito de este programa, por lo que solo se hará de manera descriptiva, esperando su aplicación futura.

Para llevar a cabo el registro de los datos recuperados se propone utilizar la plataforma Microsoft Office Excel 10.0 para Windows, de esta forma poder registrar de una manera ordenada y descriptiva los datos obtenidos en la investigación.

De esta manera se pretende calcular una predicción sobre la generación de residuos recuperables en los próximos años y la cantidad de material que se puede recolectar con la aplicación del programa propuesto.

2.13 OTROS FACTORES DE LA METODOLOGÍA OPERATIVA

2.13.1 TIEMPO ESTIMADO

La incorporación del programa, como ya se mencionó anteriormente, involucra varios factores y sigue ciertos pasos para la incorporación. Sin embargo, se espera que una vez hecho el acercamiento y presentado el programa a las instituciones interesadas la instalación y lanzamiento del programa no pase de tres meses. Ya que la idea principal es dar movilidad, concientizar y recuperar material aprovechable.

Este tiempo involucra meramente desde los primeros acercamientos con las instituciones, hasta la instalación de los contenedores y centros de acopio, que finaliza con la inauguración y plática informativa en la institución. Teniendo en cuenta que la instalación del programa se realizará de forma paulatina, ya que por cuestiones económicas y organizacionales es muy complicado realizar la instalación y demostrar su funcionamiento, a nivel institucional en un solo movimiento.

2.13.2 COSTOS DE INSTALACIÓN

Los costos aproximados se estimarán tomando como base de comparación las estaciones de reciclado previamente instaladas y operativas en otras instituciones, de igual forma se tomará como facultad piloto la instalación de las estaciones de Resi-Recicla instaladas en la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la BUAP. Cabe mencionar que los precios de los contenedores, así como sus estampados no corresponden a la administración de Resirene o la BUAP, ya que se utilizan proveedores externos para realizar dichos trabajos, por lo que los precios pueden variar en el momento que se facturen los pedidos.

2.13.3 ESTACIONES

Las estaciones serán ubicadas de forma que puedan estandarizarse de manera institucional, con el objetivo de que no importe si la población estudiantil está en su facultad perteneciente u otra de paso siempre encuentre y sepa de qué manera desechar sus residuos de la forma correcta.

Así mismo las estaciones propuestas tendrán como base las estaciones previamente instaladas en distintas instituciones para la incorporación del programa y de la facultad piloto de Ciencias Químicas (FCQ) de la BUAP, lo que responde a un número aproximado de población estudiantil, garantizando el buen funcionamiento y aprovechamiento de las estaciones en fin de su objetivo principal. Recolectar y separar los residuos sólidos aprovechables de la población de la BUAP, reduciendo la cantidad de basura generada per cápita.

Figura 25

Estación Resi-Recicla (Resirene S.A. de C.V., 2020)



2.13.4 BENEFICIOS ADQUIRIDOS

- Cultura sólida del manejo adecuado de residuos, su reciclaje y la visión de Economía Circular y eficiencia de los procesos en los estudiantes de la BUAP y futuros impulsores de esta educación en su comunidad y centros de trabajo.
- Prestigio a la BUAP, por la integración de buenas prácticas en el manejo de residuos sólidos urbanos, así como por la concientización y adaptación de un estilo de vida sustentable y ecológicamente comprometido en toda la comunidad universitaria, integrando la economía circular como base del proyecto.
- Retribución a la facultad con material reciclable transformado en utilidades.
- Reducción de la huella de carbono a nivel institucional.

- Reducción de Residuos Sólidos Urbanos, gracias a la recuperación de material recuperable (Aproximadamente 2 toneladas diarias en Ciudad Universitaria, BUAP)
- Incorporación a la economía circular como institución.
- Aplicación de puntos importantes en manejo de residuos sólidos para solicitar certificaciones ambientales como institución. (Bajo Impacto Ambiental, De la Cuna a la Cuna, P+L, ISO 14001, etc.)

2.13.5 INTEGRACIÓN Y APOORTE SOCIAL

Este programa busca no solo el acopio de material recuperable, sino una verdadera integración social entre la población propia de la institución, así como con el trabajo en conjunto con Resirene. Ante este reto tan grande al que nos enfrentamos como sociedad por la contaminación por los plásticos y deterioro del medio ambiente, es importante el trabajo colectivo, donde cada una de las partes interesadas busque cumplir y aportar su granito de arena.

Esta integración en conjunto con la población estudiantil, en este caso, abarca desde los estudiantes, personal administrativo, docentes, personal de limpieza, departamento de seguridad, visitantes, y los responsables del programa por parte de Resirene. Asegurando un acompañamiento constante y una capacitación eficiente a toda la comunidad para poder realizar este acopio y separación correctamente, acercándonos de esta manera a los objetivos del programa impactando positivamente con resultados reales a nuestro planeta y nuestra sociedad.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información recopilada principalmente en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos (SEMARNAT, 2020), el Manejo Integral de los Residuos Universitarios de la BUAP (DIDESU, 2013) y el Diagnóstico de la Industria del Plástico en México publicado por la UNAM (Mora & Hernández, 2013), se pudieron estimar, calcular y relacionar entre sí los siguientes resultados:

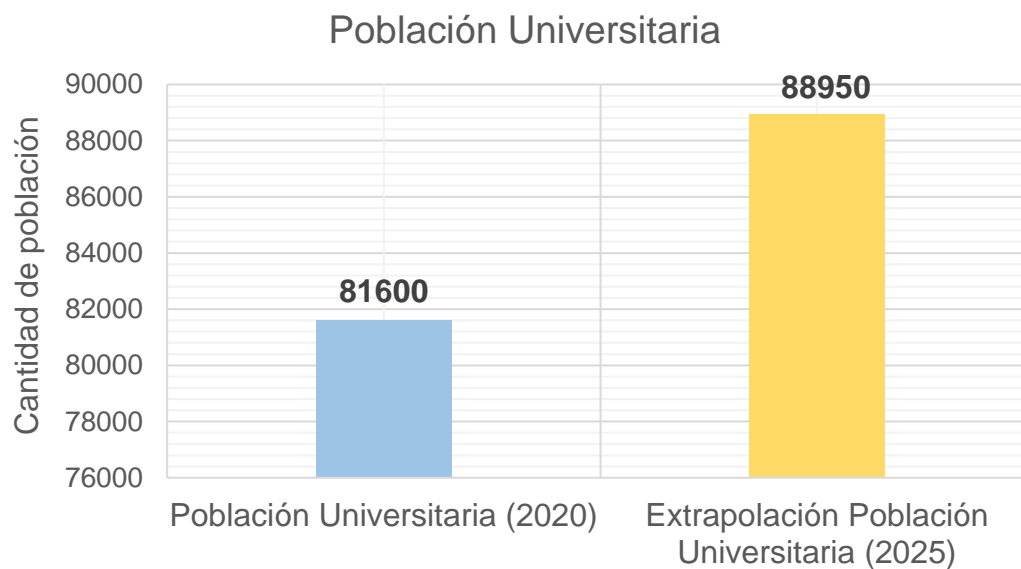
Tabla 2

Población Universitaria BUAP (Elaboración propia)

Población Universitaria (2020)	Extrapolación Población Universitaria (2025)
81,600	88,950

Figura 26

Población Universitaria (Elaboración propia)



Según los datos del Anuario Estadístico Institucional 2019-2020 (General et al., 2020) publicado por la BUAP en el presente año, la población universitaria actual es de 81,600 personas, incluyendo estudiantes, personal docente y administrativo, personal de limpieza, etc. De igual forma en el Anuario publicado se presenta que la Taza de Crecimiento Anual de la población estudiantil, aunque es variado, presenta un incremento promedio del 9%. Por lo que haciendo la extrapolación con los datos actuales se estima que para el año 2025 la población universitaria será de 88,950 personas.

Tabla 3

Generación Per Cápita de Residuos Plásticos (Elaboración propia)

Tipo de Material	Datos Generación Per Cápita MIRU (Kg/hab/día)	Porcentaje de Generación Per Cápita (%)
Total de Residuos Sólidos	0.18	
PET	0.029	16
PEAD (HDPE)	0.025	14
PP	0.040	22
PS	0.021	12
PEBD	0.027	15

De acuerdo a los datos publicados por la Coordinación General de Desarrollo Sustentable en el MIRU BUAP (DIDESU, 2013) y corroborado con los datos publicados en el Diagnóstico de la Industria del Plástico en México publicado por la UNAM (Mora & Hernández, 2013). En México se generan 63 kg/hab/año de residuos plásticos, lo que equivale a 0.1726 kg/hab/día, dónde en el MIRU BUAP se presenta como 0.18 kg/hab/día en promedio.

De igual forma se presentan los porcentajes de tipo de plásticos generados en México de acuerdo con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos publicado por SEMARNAT en el 2020 y el Diagnóstico de la Industria del Plástico en México publicado por la UNAM, como se muestra en la Tabla 3.

Figura 27

Generación Per Cápita Residuos Plástico (Elaboración propia)

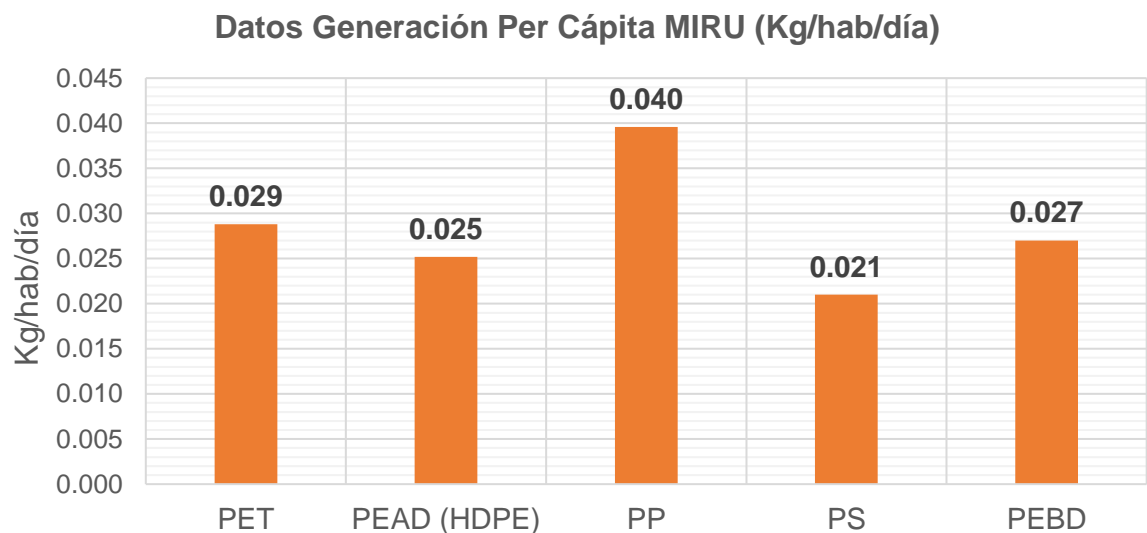


Figura 28

Porcentaje de Generación por Material (Elaboración propia)

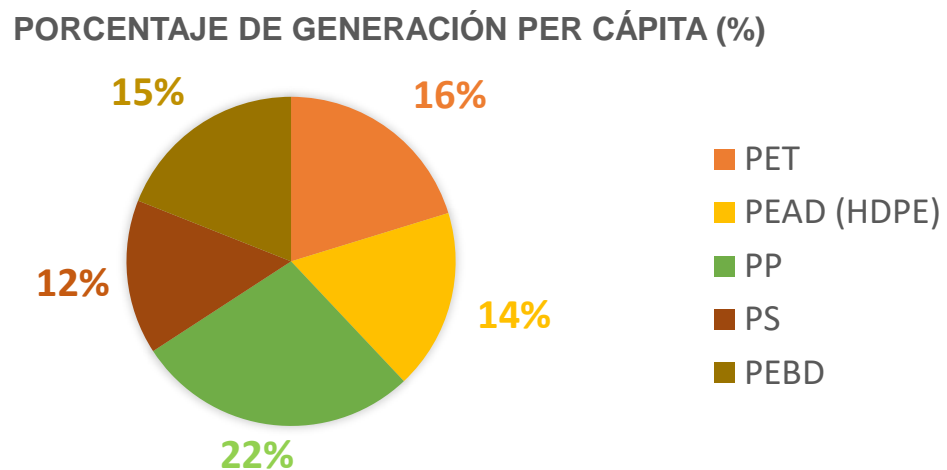


Tabla 4

Generación Total de Residuos Plásticos Universitarios (Elaboración propia)

Tipo de Material	Generación total universitaria 2020 (Kg/día)	Generación total universitaria 2025 (Kg/día)
Total de Residuos Sólidos	14,688	16,010
PET	2,350	2,562
PEAD (HDPE)	2,056	2,241
PP	3,231	3,522
PS	1,710	1,865
PEBD	2,203	2,401

Tomando en cuenta los datos de Generación Per Cápita de Residuos Plásticos y la Población Universitaria de la BUAP presentados anteriormente, se pudo estimar en tema de residuos plásticos, la Generación Total Universitaria en el 2020 y la estimación de la Generación Total Universitaria para el 2025. Lo cual representa para el año 2020 una cantidad de 14,688 kg/día y en el 2025 la cantidad de 16,010 kg/día, teniendo un aumento proporcional al aumento poblacional de acuerdo con la Taza de Crecimiento Poblacional Universitario.

Así mismo y con fines de interés en este trabajo de investigación, tomando una importancia especial en el reciclaje del poliestireno de esta Generación Total Universitaria, lo que representa en el año 2020: 1,710 kg/día. Y para el año 2025: 1,865 kg/día de PS.

Figura 29

Generación Total Universitaria de Residuos Plásticos (Elaboración propia)

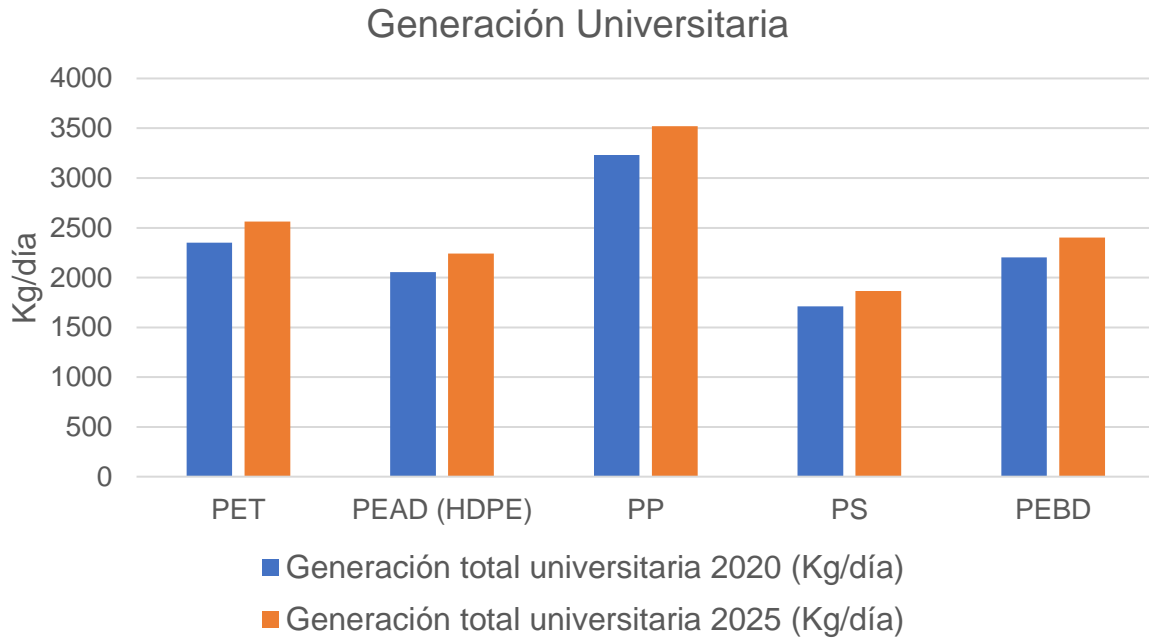


Tabla 5

Precio del Material Plástico Generado (Elaboración propia)

Tipo de Material	Precio de Mercado por kg (\$ MX)	Precio total de Material / día (\$ MX)
PET	\$ 6.00	\$ 14,100
PEAD (HDPE)	\$ 4.00	\$ 8,225
PP	\$ 8.00	\$ 25,851
PS	\$ 1.00	\$ 1,710
PEBD	\$ 4.00	\$ 8,813
Total/día		\$ 58,700
Total/mes		\$ 1,174,000

Tomando en cuenta los precios de mercado de los plásticos por diferentes medios y recicladoras del país, como “Logistic Distribution & Plastics S de RL de CV” y “Acoplásticos.Org”, se pudo recopilar información sobre el estimado del precio de compra de estos diferentes materiales plásticos. Lo que a su vez ayudó al cálculo del precio de la generación universitaria de residuos plásticos por día en la BUAP.

De esta manera y tomando en cuenta los diferentes tipos de plástico de generación más común por la población universitaria tenemos que el precio del material recolectado por día es de \$58,699.00 (pesos mexicanos), tomando en cuenta los precios de mercado actuales en el país. Lo que equivale a \$1,174,00.00 (pesos mexicanos) al mes.

Por su parte y con especial interés este trabajo de investigación, el poliestireno (PS) y el poliestireno expandido (EPS) de acuerdo con los datos de generación universitaria y precios de mercado del material reciclado, diariamente se genera en la BUAP el equivalente de \$1,710.00 (pesos mexicanos), lo que equivale al mes la cantidad de \$34,200.00 (pesos mexicanos), tomando en cuenta una semana laboral de 5 días, ya que representa los días de actividad normal en la universidad. Al año representaría la cantidad de \$307,800.00 (pesos mexicanos).

Tabla 6

Huella de Carbono de la Producción y Generación de Plásticos (Elaboración propia)

Tipo de Aplicación	Huella de Carbono por material (kg CO2/kg)	Huella de Carbono 2020 (kg CO2/día)	Huella de Carbono 2025 (kg CO2/día)
PET	2.54	5,964	6,501
PEAD (HDPE)	1.48	3,039	3,313
PP	1.34	4,340	4,730
PS	2.74	4,019	4,380
PEBD	1.48	3,254	3,547
Total / día		20,620	22,470

Por su parte, la generación de residuos plásticos no solo podría tener un impacto económico y social benéfico para la comunidad universitaria de la BUAP, de igual forma el reciclaje como parte de la cadena de valor de la economía circular busca la reinserción de material en el proceso productivo de nuevos materiales, lo que ayuda a la reducción de la Huella de Carbono generada por la producción de materiales plásticos para diferente uso, como los que se presentan en la Tabla 6.

Se recopilaron datos de la Huella de Carbono en kg de CO₂ por cada kg de material producido. De acuerdo con (Lee et al., 2009) Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile, con (Iván et al., 2017) en su investigación “Evaluación Ambiental del proceso de elaboración de bolsas plásticas en Colombia utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida” y de (ANIQ, 2018) con su “Análisis de Ciclo de Vida de Envases”, lo que dio paso a poder presentar el análisis de los siguientes resultados que tomando en cuenta la generación total de residuos plásticos en la BUAP, y el impacto ambiental que representa la producción de ese material generado por la población universitaria.

Por su parte la producción de plástico utilizando material reciclaje en su proceso productivo, en promedio se reduce el impacto en la Huella de Carbono en un 33% de kg CO₂/kg de material. De esta manera se estima que para el 2025 por cada kilogramo consumido por la población estudiantil de la BUAP, de plástico que se fabrica, podría reducirse de **22,470** a **15,055** kg CO₂/día.

Lo que representa una reducción de 7.4 toneladas de CO₂/día en el impacto de la generación de Huella de Carbono de la Población Universitaria de la BUAP.

Figura 30

Huella de Carbono por material producido (Elaboración propia)

Huella de Carbono por material (kg CO₂/kg)

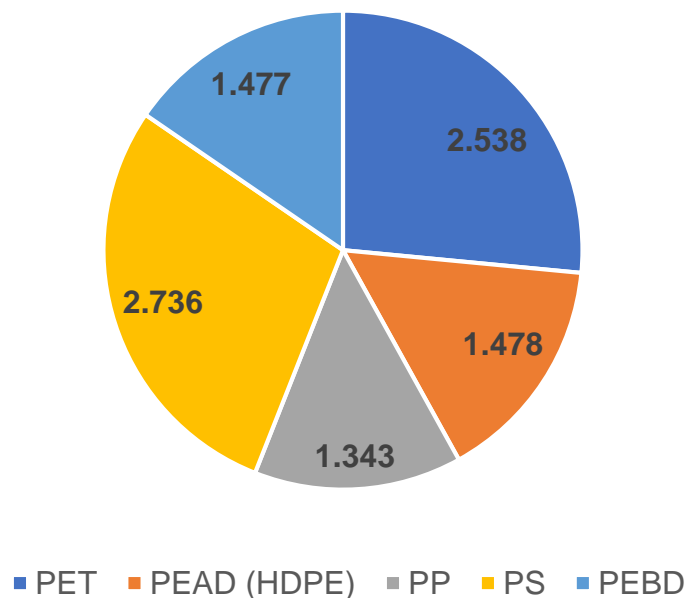


Figura 31

Huella de Carbono Universitaria por Productos Plásticos (Elaboración propia)

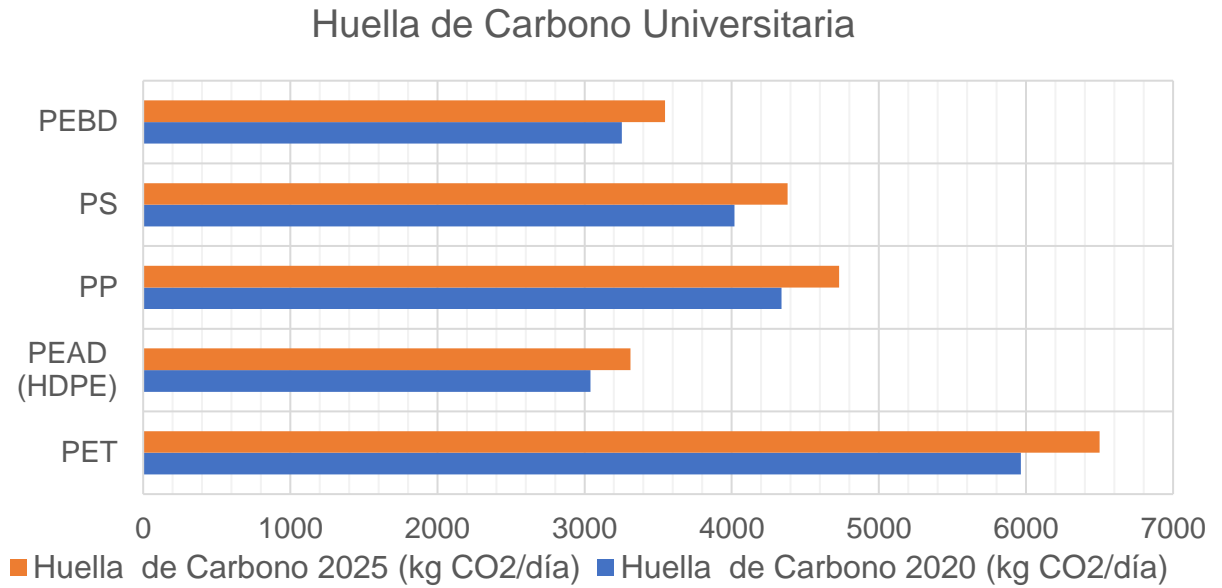


Figura 32

Reducción de Huella de Carbono por reciclaje de material reciclado (Elaboración propia)

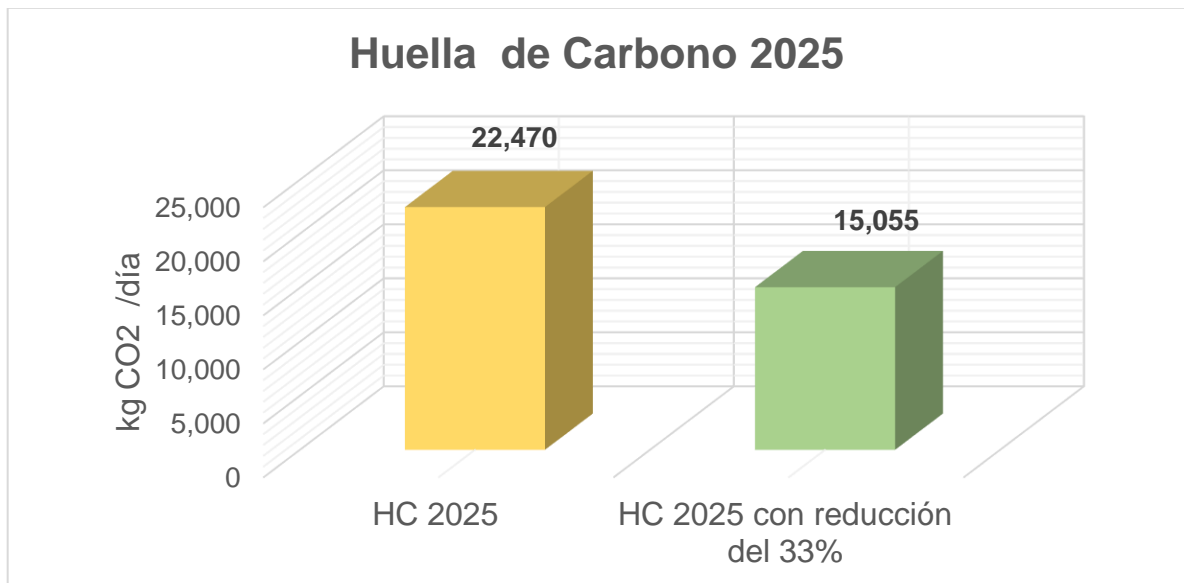


Figura 33

Comparación Factor de Emisión de Gasolina y Huella de Carbono (Elaboración propia, información tomada de eltiempo.es y revistaturbo.com)

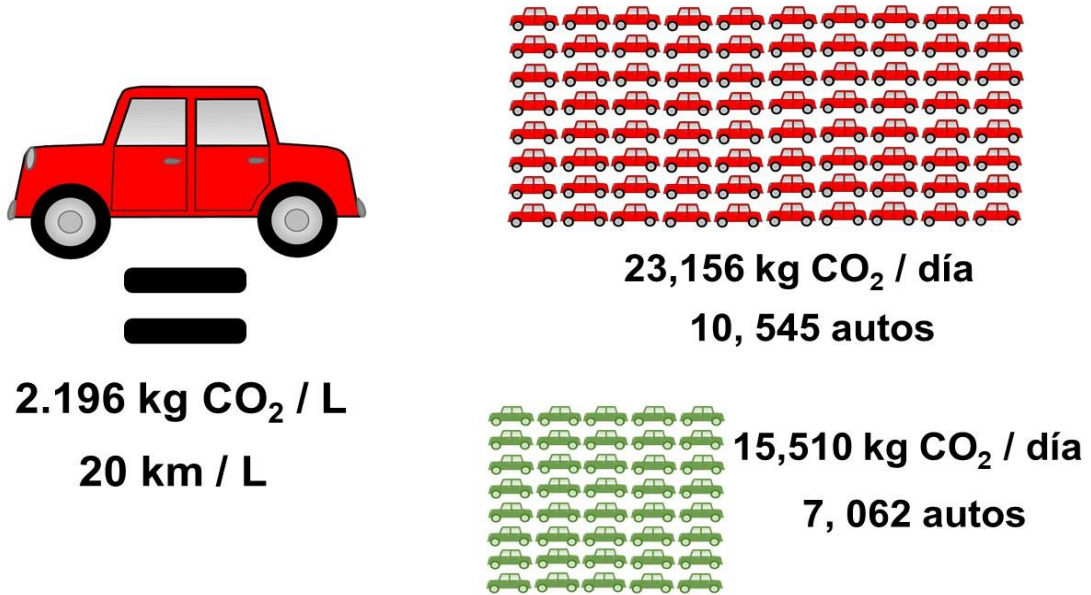
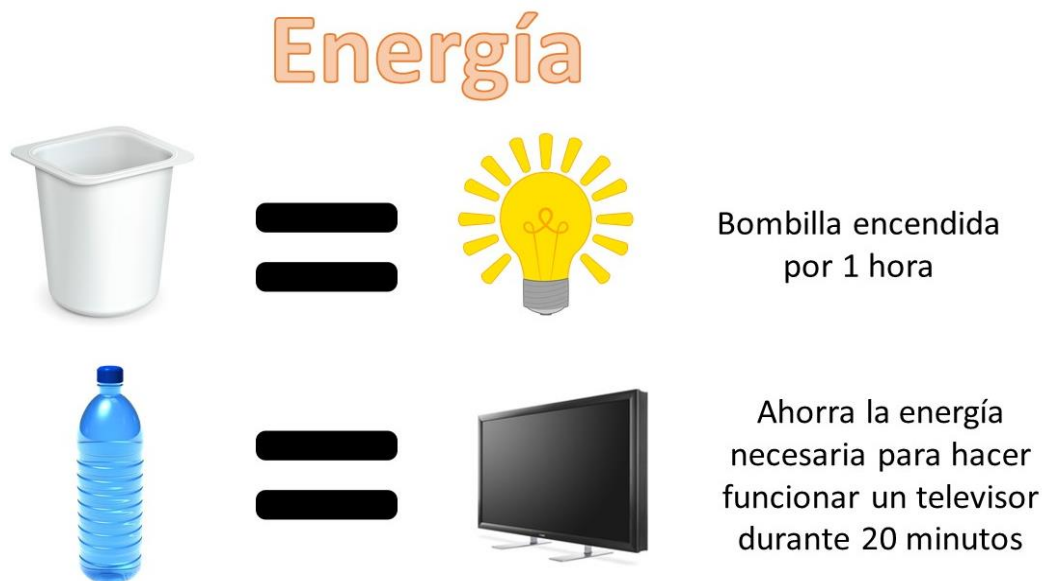


Figura 34

Comparación Ahorro de Energía por Reciclaje de Plástico (Elaboración propia, información tomada de Stop Basura por Alex Pascual)



3.1 INNOVANDO PARA CUIDAR EL FUTURO

3.1.1 HISTORIA

Este programa nace en el 2018 como una iniciativa de RESIRENE para poder concientizar al personal de la empresa, así como a la población local sobre la importancia de darle un segundo ciclo de vida a los residuos que pueden reciclarse. Este tipo de economía se conoce como Economía Circular. Se espera mostrar a los públicos meta, el valor y la importancia del plástico, cómo usarlo y desecharlo de manera adecuada.

3.1.2 OBJETIVOS DEL PROGRAMA

Objetivo Principal:

Crear un impacto positivo en la comunidad con acciones que aporten y apoyen al crecimiento de infraestructura, crear un cambio en el entorno y reducir la contaminación al medio ambiente y los efectos del cambio climático.

Objetivos específicos:

- Concientizar a las comunidades involucradas sobre el buen uso y manejo de los plásticos, en especial del poliestireno.
- Incentivar a la sociedad a conocer y ser partícipe de la economía circular, con pequeñas e importantes acciones como reciclar y separar sus residuos sólidos.
- Impactar benéficamente a la sociedad con la aplicación de este programa, extendiéndose no solo a escuelas y empresas, sino a todos los sectores de la sociedad que busquen crear un cambio positivo para el medio ambiente e incorporarse en la economía circular, recuperando e integrando el poliestireno a los procesos productivos de Resirene.

- Lograr en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla concretar el programa de forma conjunta e integral con todas las facultades que la conforman, para ser la universidad piloto y punto de referencia para un cambio en nuestro manejo de residuos a nivel estatal y nacional, invitando con los resultados obtenidos a muchas otras instituciones a integrarse al programa.

3.1.3 PASOS PARA INSTALAR EL PROGRAMA

- Contactar a la Institución y/o Facultad
- Presentación del proyecto
- Planeación de integración (coordinadores, voluntariado, asociaciones estudiantiles)
- Propuesta de contenedores a utilizar
- Pláticas y/o conferencias informativas
- Visita a la planta
- Instalación de contenedores
- Monitoreo y coordinación con recolección y transporte
- Investigación de mercado en la facultad (mejora continua)
- Monitoreo de reducción en la generación de basura de la facultad

3.1.4 IMPACTO SOCIAL ECONÓMICO Y AMBIENTAL

El impacto que busca tener este programa es inconmensurable, sin embargo es importante mencionar las formas en las que las comunidades se benefician al aplicarlo.

A nivel social y en resumen, no sólo las comunidades y partes interesadas se adhieren a los esfuerzos mundiales e iniciativas públicas y privadas que buscan cumplir los objetivos de la Agenda Ecológica de la Organización de las Naciones Unidas para el 2030, en donde se busca reducir la pobreza con la creación de nuevos empleos en trabajos de acopio, recolección, transporte y transformación de

material recuperable. También la reducción a nivel municipal a la exposición de sustancias químicas originadas por la acumulación de residuos y un mal manejo de estos, los cuales serías notablemente reducidos por la concientización y aplicación de una separación correcta de residuos recuperables como parte de la integración dentro de la economía circular. De igual forma que se reduciría el impacto ambiental, gracias a la reducción de gases de efecto invernadero por la reducción de RSU por un manejo eficiente de material recuperable, así como la disminución de residuos plásticos que terminan filtrándose en los cuerpos de agua y suelos nacionales, entre otras cosas.

Figura 35

Objetivos de la Agenda Ecológica de la ONU 2030 (Foundation, 2020)



3.1.5 Costos de estaciones Resi-Recicla por unidad académica

Se tomó como facultad piloto la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la BUAP, siendo esta la primera facultad en incorporarse al programa “Innovando para Cuidar al Futuro”. De aquí podemos estimar los costos por facultad. Suponiendo una población estudiantil de dos mil alumnos, que es la población estudiantil de la FCQ, se instalaron los siguientes contenedores:

Figura 36

Tipos de contenedores (Resirene S.A. de C.V., 2020)



Tabla 7

Costos de Contenedores/Estación (Resirene S.A. de C.V., 2020)

TIPO DE CONTENEDOR/ ESTACIÓN	COSTO APROXIMADO POR UNIDAD (\$/MX)	CANTIDAD	COSTO TOTAL (\$/MX)
B	\$ 27,300.00	2	\$ 54,600.00
D (Estación con 3 contenedores)	\$ 13,072.00	1	\$ 13,073.00
Tapitas	\$ 1,400.00	3	\$ 4,200.00
Papel y cartón	\$ 1,400.00	3	\$ 4,200.00
TOTAL			\$ 76,073.00

De esta manera tomando en cuenta las 23 facultades que componen la universidad se estima aproximadamente un costo de instalación de las estaciones de \$1,749,700.00 (pesos mexicanos), la cual por cuestiones de logística no podrá realizarse todas al mismo tiempo, sino que la instalación se propone hacer de manera paulatina empezando en puntos clave de gran interacción estudiantil y la facilidad y apertura para poder incorporar el programa, siendo ejemplo de sostenibilidad para las demás facultades que se irán incorporando al programa paulatinamente.

Comparando los costos de instalación con los costos de mercado del material generado por la población estudiantil, en la Tabla 5. Precio del Material Plástico Generado, contemplando todos los tipos de plásticos generados en la BUAP, en un mes podrían recuperarse \$1,174,00.00 (pesos mexicanos), tomando en cuenta la generación total de residuos de toda la población universitaria. Por su parte si sólo tomamos en cuenta la recuperación del poliestireno en el transcurso de un año con la generación total universitaria se estarían recuperando \$307,800.00 (pesos mexicanos), lo cual cubriría los costos de instalación de las estaciones de acopio de material recuperado en menos de dos años tomando en cuenta todos los tipos de plástico generado y en aproximadamente cinco años sólo considerando el poliestireno consumido por la población estudiantil.

De esta manera el costo de inversión de las estaciones de acopio como parte del proceso de incorporación de material en un proceso productivo se cubriría con el flujo de material a precio de mercado y el tiempo que siga trabajando el programa como una parte integral del estilo de vida universitaria en la gestión de los residuos generaría ganancias para cada unidad académica de la institución.

CONCLUSIONES

- El programa descrito para la implementación de un proceso de acopio y reciclaje de plásticos en la BUAP es económica, social y ambientalmente factible, con un tiempo de amortización de menos de dos años para la instalación de contenedores Resi-Recicla en la BUAP para el almacenamiento y recuperación de plásticos reciclables, dónde el resto de vida útil de las estaciones representaría una ganancia neta para las unidades académicas de la institución.
- La incorporación de nuevas herramientas de gestión y tecnologías para el manejo óptimo de los residuos sólidos es necesario para un desarrollo sostenible y un aprovechamiento correcto de los recursos que aún existen en nuestro planeta. Por lo tanto, se diseñó un proceso de acopio donde se involucre a la población estudiantil de la BUAP y se logre recolectar y reciclar plásticos de un solo uso, principalmente el poliestireno.
- Derivado de este estudio, es posible la implementación de un concepto de economía circular como parte de un nuevo estilo de vida que debemos adoptar como sociedad universitaria, resaltando la importancia de la etapa del reciclaje, y fomentando la responsabilidad social y el trabajo integral para el éxito del proyecto, de acuerdo con los procedimientos marcados en la metodología operativa y la relación de trabajo en conjunto de la BUAP con Empresas Sostenibles. La incorporación de este programa a la vida diaria universitaria ayudaría a crear una cultura y habituar a la población estudiantil a reciclar todo material que pueda recuperarse para ser reinsertado en un proceso productivo en la creación de nuevos materiales como parte de una economía circular.

- Como resultado de este análisis de factibilidad se obtiene el desarrollo del proceso mediante un estudio estadístico de datos de generación per cápita, de residuos plásticos, precios de mercado y costos de la operación, demostrando el impacto ambiental ocasionado por la producción y generación de residuos plásticos post consumo y su reducción de aproximadamente un 33%, representando 7.4 toneladas de CO₂/día en el impacto de la generación de Huella de Carbono de la Población Universitaria de la BUAP.

BIBLIOGRAFÍA

- ANIQ. (2018). *Análisis de Ciclo de Vida de envases de PEAD*.
<https://aniq.org.mx/eventos/2016/Foro Cipres/docs/6 Análisis de Ciclo de Vida PEAD - CADIS.pdf>
- Comisión Europea Secretaría General. (2018). Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social Europeo y al comité de las regiones. Una estrategia europea para el plástico en una economía circular. *EU Law and Publications*, 20. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:2df5d1d2-fac7-11e7-b8f5-01aa75ed71a1.0023.02/DOC_1&format=PDF
- Dart de México, Marcos & Marcos, & Rennueva. (2018). *Plan Nacional de Manejo de Residuos de EPS*. 4.
<https://cuentamedelunicel.files.wordpress.com/2018/07/resumen-plan-nacional-de-manejo-de-residuos-de-eps-unicel-mecc81xico-2018.pdf>
- Dávila, M. A. T., & Vásquez, A. G. (2018). Metodología de la investigación. *Revelación de Información y Valor de Las Empresas En América Latina*, 29–52. <https://doi.org/10.2307/j.ctv8xnhbn.6>
- DIDESU. (2013). Manejo Integral de los Residuos Universitarios. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Fernández, M., & Castellanos, J. (2019). *Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos*. 1–5. <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/%0Ahttps://www.youtube.com/watch?v=1gM3QPRTbFQ>
- Fidias G. Arias. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6a ed.). Editorial Episteme.
- Fundation, E. M. (2020). *Breaking the Plastic Wave*. https://www.pewtrusts.org/-/media/assets/2020/07/breakingtheplasticwave_report.pdf
- General, S., Docencia, V. De, General, T., General, C., Administrativo, C. G., &

- General, A. (2020). *Anuario Estadístico Institucional 2019-2020*.
- Iván, H., Peláez, C., León, J., & Agudelo, B. (2017). *Evaluación ambiental del proceso de elaboración de bolsas plásticas en Colombia utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida*. 13(24), 9–18.
- Kaufmann, B. Y. K. (2005). *Manual de metodología. Construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología* (Issue March). CLACSO, Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales.
- Lee, J., Pereira, G., Sánchez Matteucci, A., & Barson, A. (2009). Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y Otros Productos Plásticos en Chile. *Carbon Reduction Institute*, 55. www.noco2.com.au
- Mora, R. R., & Hernández. (2013). *Diagnóstico de la Industria del Plástico en México*.
- Parra Cortés, R. (2018). La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible. In *Revista de Derecho Ambiental* (Issue 10). <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.52077>
- Resirene S.A. de C.V. (2020). *Manual de adaptabilidad Innovando para cuidar el futuro* (pp. 148–162).
- Resirene S.A. de C.V. (2021). *Consulta a Generadores de Residuos Sólidos Urbanos*.
- SEMARNAT. (2016). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 429*. <http://www.semarnat.gob.mx>
- SEMARNAT. (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos. *Lucart Estudio S.A. de C.V.*, 274. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

ANEXOS

ANÁLISIS FODA

FORTALEZAS

- Conocimiento en los procesos de reciclaje y producción de plásticos
- Conocimientos en procesos de transporte y almacenamiento de material recuperable
- Conocimientos normativos sobre manejo de residuos en el país
- Vínculo profesional entre Resirene y la BUAP
- Existe la formación para presentar un plan de negocio

OPORTUNIDADES

- Gran impacto del movimiento verde en la actualidad
- Existe buena conciencia ecológica en gran parte de la población universitaria
- Existe gran cantidad de material recuperable que se genera diariamente
- Creación de un sistema donde se aplique la economía circular
- Condiciones ideales para aplicar un programa piloto a nivel institucional
- Económicamente redituable para las facultades

DEBILIDADES

- Se necesita gran cantidad de material recuperable para re inserción en procesos productivos
- Costos iniciales pueden variar

AMENAZAS

- Existe una empresa que tiene la concesión de residuos sólidos en la BUAP
- Puede malinterpretarse la intención de la instalación del programa
- Financiamiento inicial para la instalación de los contenedores
- Mala aceptación del programa propuesto

PLAN OPERATIVO PARA INSTALACIÓN DEL PROGRAMA “INNOVANDO PARA CUIDAR EL FUTURO” EN TODAS LAS FACULTADES DE LA BUAP

i. OBJETIVOS DE APLICACIÓN

Accesar directamente al material reciclado sin tener que separarlo de la basura, minimizando costos de operación.

Obtener material reciclado limpio y separado adecuadamente.

ii. BENEFICIOS INMEDIATOS

Prestigio a la BUAP y a Resirene, por la integración de buenas prácticas en el manejo de residuos sólidos urbanos, así como por la concientización y adaptación de un estilo de vida sustentable y ecológicamente comprometido en toda la comunidad universitaria, integrando la economía circular como base del proyecto.

Retribución a la facultad con material reciclable transformado en utilidades.

iii. PASOS POR COORDINAR

- Contactar a la facultad
- Presentación del proyecto
- Planeación de integración (coordinadores, voluntariado, asociaciones estudiantiles)
- Propuesta de contenedores a utilizar
- Pláticas y/o conferencias informativas
- Visita a la planta
- Instalación de contenedores
- Monitoreo y coordinación con recolección y transporte
- Investigación de mercado en la facultad (mejora continua)

- Integración del Jardín botánico de la BUAP al proyecto para recolección de residuos orgánicos y su aprovechamiento en la elaboración de composta
- Monitoreo de reducción en la generación de basura de la facultad

MAPA CIUDAD UNIVERSITARIA BUAP



Localizador: Centros Clave de Instalación de Estaciones Resi-Recicla

iv. EVALUACIÓN

- Indicadores
- Procesos
- Insumos (Materia prima)
- Incentivos (retribuir a los participantes, voluntarios)

v. PROYECTO

- Identificar prioridades
- Identificar facultades piloto y centros clave de concentración de estudiantes
- Optimizar recolección, transporte y transformación del material reciclado

vi. A FUTURO

- Creación de una razón social, colaboradora de Resirene que realice el acopio y transformación de material en materia prima, que pueda ser utilizada inmediata y directamente en los procesos de producción de la planta, minimizando costos en materia prima, electricidad, agua, huella de carbono, cumpliendo con porcentaje de materia prima reciclada en producto final, etc.
- Certificaciones ambientales (De la cuna a la cuna, ISO 14001: Gestión Ambiental, P+L, AENOR: entidad líder en certificación de sistemas de gestión, productos y servicios, y responsable del desarrollo y difusión de las normas UNE.)

ANÁLISIS ESTRATÉGICO MATRÍZ FODA PEST

ANÁLISIS DEL ENTORNO		POLÍTICO	ECONÓMICO	SOCIAL	TECNOLÓGICO	ECOLÓGICO	LEGISLATIVO
OPORTUNIDADES	AMENAZAS						
Mejoras en procesos de producción	Disminución en ventas de materia prima	Leyes de prohibición de uso de plásticos de un solo uso	Afectaciones en empleos y empresas productoras y distribuidoras de productos plásticos	Desinformación y falta de estandarización	Nuevos materiales biodegradables y compostables	Aumento de contaminación por sustitución de plástico por otros materiales más contaminantes	NOM-161-SEMARNAT-2011. Clasificación de residuos de manejo especial. Planes de manejo
Mejoras en los planes de manejo de residuos institucionales				Unificación y trabajo en conjunto	Motiva a la creación de nuevas estrategias y tecnologías	Cuidado y protección del medio ambiente gracias a una buena gestión integral de los residuos	LGPGIR
Concientización y establecimiento de una estrategia eficiente para un buen manejo de residuos sólidos		Manejo de residuos sólidos	Valor de material recuperado	Concientización en un buen manejo de los residuos sólidos			NADF-024-AMBT-2013. Separación, clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de material
Certificaciones ambientales	Rechazo por parte de la sociedad a un cambio del estilo de vida	Ley economía circular	Introducción de la economía circular como parte fundamental del desarrollo económico de las instituciones	Certificaciones ambientales: ISO 14001, P+L, Cradle to cradle, Bajo impacto ambiental	Creación de nuevas tecnologías para transformación de residuos en nuevos materiales y materias primas		LEGEEPA, Art. 17, Art.2- Manuales de economía circular

ANÁLISIS ESTRATÉGICO MATRÍZ FODA PEST							
ANÁLISIS DEL ENTORNO		POLÍTICO	ECONÓMICO	SOCIAL	TECNOLÓGICO	ECOLÓGICO	LEGISLATIVO
OPORTUNIDADES	AMENAZAS						
						<p>NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.</p>	

ANÁLISIS INTERNO	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
Aprovechar el movimiento verde global	Monitoreo de contenedores de acopio, que trabajen correctamente y su recolección
Innovador	Se necesitan cantidades considerables de material para ser económicamente viable para la institución
Integral	Se necesita la integración y participación de toda la comunidad institucional
Ayuda a reducir notablemente la cantidad de material que va a los rellenos sanitarios y vertederos	
Beneficia económicamente a las instituciones	
Prestigio en buenas prácticas de manejo de RSU	
Satisface una necesidad	

DISEÑO DE ESTRATEGIAS

FODA	1	2	3	4
Aprovechar el movimiento verde global	Adaptar en el proyecto los objetivos de la Agenda 2030, Desarrollo Sostenible	Medir el impacto positivo del proyecto en el medio ambiente	Realizar propaganda masiva invitando a la comunidad estudiantil a integrarse al proyecto	Publicar resultados del avance y beneficios del proyecto bimestralmente
Innovador	Identificar áreas de oportunidad por un mal manejo de residuos en las instituciones de interés	Investigar sobre las estrategias utilizadas en otros países para recuperación de poliestireno	Adoptar tecnologías y métodos que ayuden al reciclaje del poliestireno	
Integral	Identificar partes interesadas que puedan trabajar en conjunto para la realización del proyecto	Promover y definir el grupo de voluntarios que apoyarán en el desarrollo y monitoreo del proyecto	Mantener a toda la comunidad universitaria en constante información y participación en el proyecto	
Ayuda a reducir notablemente la cantidad de material que va a los rellenos sanitarios y vertederos	Realizar plan estratégico para recuperación, colecta y transporte de material reciclable	Ponerlo en práctica	Medir cantidad de material recuperado y reducirlo a la cantidad de basura generada antes de la recuperación	
Beneficia económicamente a las instituciones	Implementar correctamente el proyecto de acopio	Cuantificar cantidad de material reciclado		

DISEÑO DE ESTRATEGIAS

FODA	1	2	3	4
Prestigio en buenas prácticas de manejo de RSU	Implementar el programa de Innovando para Cuidar el Futuro en la institución	Revisar y aplicar para obtención de certificaciones ambientales		
Satisface una necesidad	Crear conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente	Reducir la cantidad de RSU por reciclaje de material recuperable		
Monitoreo de contenedores de acopio, que trabajen correctamente y su recolección	Buena instalación de contenedores	Verificar que el separo de residuos se haga correctamente depositando cada material en su lugar	Monitoreo constante por parte de los voluntarios checando los contenedores se encuentren en buen estado y trabajando correctamente	Avisar a transportista cuando estén llenos los contenedores
Se necesitan cantidades considerables de material para ser económicamente viable para la institución	Promover el programa en la unidad académica interesada para crear interés y conciencia en la población estudiantil	Informar y capacitar a los alumnos sobre la importancia de la economía circular y el trabajo en conjunto para lograrlo		

