



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



**POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL CO₂e POR EL MANEJO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN LA RANCHERÍA
GUINEO SEGUNDA SECCIÓN DEL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIATURA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTAN:

INGRID PÉREZ BALBUENA
LEONARDO MAYO VALIER

BAJO LA DIRECCIÓN DE:
MISA. ELIZABETH MAGAÑA VILLEGAS

EN CODIRECCIÓN DE:
DR. JOSÉ RAMÓN LAINES CANEPA

VILLAHERMOSA, TABASCO. OCTUBRE 2024

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 31 del mes de julio del año 2024, los que suscriben **Leonardo Mayo Valier** e **Ingrid Pérez Balbuena** alumnos del Programa de **Ingeniería Ambiental** con número de matrícula **192G24059** y **192G24091** adscritos a la **División Académica de Ciencias Biológicas** de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del título de **Licenciatura en Ingeniería Ambiental** y titulada **“Potencial de mitigación del CO_{2e} por el manejo de los residuos sólidos urbanos valorizables en la ranchería Guineo segunda sección del municipio de Centro, Tabasco”** dirigida por la **MISA. Elizabeth Magaña Villegas** y **Dr. José Ramón Laines Canepa**.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente

Villahermosa, Tabasco a 31 de julio 2024.

Leonardo Mayo Valier

Ingrid Pérez Balbuena

Nombre y Firma de los Tesistas



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2024
**Felipe Carrillo
PUERTO**
MANEJO DEL PRESBITAJADO,
MANIFIESTO Y SUCESOS
DEL HAYÁN
CONJUNTO DE
MÉXICO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN

Villahermosa, Tab., a 02 de Agosto de 2024

ASUNTO: Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
PRESENTE**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a los **CC. INGRID PÉREZ BALBUENA y LEONARDO MAYO VALIER** egresados de la Lic. en **ING. AMBIENTAL** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis denominado: **"POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL CO_{2e} POR EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN LA RANCHERÍA GUINEO SEGUNDA SECCIÓN DEL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

A T E N T A M E N T E


DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica
C.c.p.- Interesado



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2024
**Felipe Carrillo
PUERTO**
PRESIDENTE DEL INSTITUTO MEXICANO
DE INVESTIGACIONES Y DEVENIO
DE LOS PAÍSES
CONSEJO DE
MEXICO

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

AGOSTO 02 DE 2024

**C. INGRID PÉREZ BALBUENA
C. LEONARDO MAYO VALIER
PAS. DE LA LIC. EN ING. AMBIENTAL
PRESENTE**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis denominado: **"POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL CO₂e POR EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN LA RANCHERÍA GUINEO SEGUNDA SECCIÓN DEL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO"**, asesorado por la M.I.S.A. Elizabeth Magaña Villegas y Dr. José Ramón Laines Canepa, sobre el cual sustentarán su Examen Profesional, cuyo jurado está integrado por el Dr. Raúl German Bautista Margulis, MCA. José Aurelio Sosa Olivier, M.I.S.A. Elizabeth Magaña Villegas, Dra. Liliana Pampillón González y M.I.A. Jesús Manuel Carrera Velueta.

**ATENTAMENTE
ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE**

**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**

**U.J.A.T.
DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



C.c.p.- Expediente del Alumno.
Archivo.

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRONQUE A BOSQUES DE SALOYA
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401, e-mail: direccion.dacbiol@ujat.mx

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

www.ujat.mx



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



2024
**Felipe Carrillo
PUERTO**
RENOVIADO DE PULCRITUDIN, REPLICANDO Y DEFENDIENDO SU PAIS
GOBIERNO DE MEXICO

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
DIRECCIÓN**

31 de julio de 2024

**C. Ingrid Pérez Balbuena
C. Leonardo Mayo Valier
Pasantes de la Lic. en Ingeniería Ambiental.
PRESENTE**

En cumplimiento de los lineamientos de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, se implementó la revisión del trabajo recepcional (**Tesis**), a través de la plataforma Turnitin iThenticate para evitar el plagio e incrementar la calidad en los procesos académicos y de investigación en esta División Académica. Esta revisión se realizó en correspondencia con el Código de Ética de la Universidad y el Código Institucional de Ética para la Investigación.

Por este conducto, hago de su conocimiento las observaciones, el índice de similitud y el reporte de originalidad obtenido a través de la revisión en la plataforma iThenticate de su documento de tesis "**Potencial de mitigación del CO_{2e} por el manejo de los residuos sólidos urbanos valorizables en la ranchería Guineo Segunda Sección del municipio de Centro, Tabasco**"

OBSERVACIONES:

Se excluyó citas, bibliografía y se limitó el tamaño de coincidencias a 15 palabras.

RESULTADO DE SIMILITUD	7 %
	15354 palabras, 37 coincidencias y 21 fuentes

Finalmente, se le solicita a los **C. Ingrid Pérez Balbuena** y **C. Leonardo Mayo Valier**, integrar en la versión final del trabajo recepcional (Tesis), este oficio y el informe de originalidad con el porcentaje de similitud de Turnitin iThenticate.

Sin otro particular al cual referirme, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"

**DR. ARTURO GARRIDO MORA
DIRECTOR**



C.c.p. MISA. Elizabeth Magaña Villegas. Director de tesis
C.c.p. Dr. José Ramón Laines Canepa. Codirector de tesis
C.c.p. Archivo

KM. 0.5 CARR. VILLAHERMOSA-CÁRDENAS ENTRÓNQUE A BOSQUES DE SALOYA
Tel. (993) 358-1500 Ext. 6400 y 6401, e-mail: direccion.dacbiol@ujat.mx

Usar papel reciclado economiza energía, evita contaminación y despilfarro de agua y ayuda a conservar los bosques

www.ujat.mx

Potencial de mitigación del CO2e por el manejo de los residuos sólidos urbanos valorizables en la ranchería Guineo Segunda Sección del municipio de Centro, Tabasco

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%

ÍNDICE DE SIMILITUD

FUENTES PRIMARIAS

1	assets.zyrosite.com Internet	162 palabras — 1%
2	1library.co Internet	127 palabras — 1%
3	www.scribd.com Internet	127 palabras — 1%
4	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Internet	84 palabras — 1%
5	www.gob.mx Internet	73 palabras — 1%
6	repositorio.utc.edu.ec Internet	42 palabras — < 1%
7	pt.scribd.com Internet	41 palabras — < 1%
8	docplayer.es Internet	38 palabras — < 1%
9	qroo.gob.mx Internet	34 palabras — < 1%

10	vlex.com.mx Internet	23 palabras — < 1%
11	riaa.uaem.mx Internet	21 palabras — < 1%
12	repositorio.uisek.edu.ec Internet	20 palabras — < 1%
13	ri.ues.edu.sv Internet	20 palabras — < 1%
14	www.researchgate.net Internet	18 palabras — < 1%
15	hdl.handle.net Internet	17 palabras — < 1%
16	tgrajales.net Internet	17 palabras — < 1%
17	apps1.semarnat.gob.mx:8443 Internet	16 palabras — < 1%
18	dspace.casagrande.edu.ec:8080 Internet	16 palabras — < 1%
19	es.scribd.com Internet	16 palabras — < 1%
20	risisbi.uqroo.mx Internet	16 palabras — < 1%
21	www.actualidadambiental.pe Internet	16 palabras — < 1%

EXCLUIR CITAS

ACTIVADO

EXCLUIR FUENTES

DESACTIVADO

EXCLUIR BIBLIOGRAFÍA

ACTIVADO

EXCLUIR COINCIDENCIAS < 15 PALABRAS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 15 de agosto 2024.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORES en la producción, creación y realización de la obra denominada “Potencial de mitigación del CO₂ por el manejo de los residuos sólidos urbanos valorizables en la ranchería Guineo segunda sección del municipio de Centro, Tabasco” Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Leonardo Mayo Valier



Ingrid Pérez Balbuena



MISA. Elizabeth Magaña Villegas

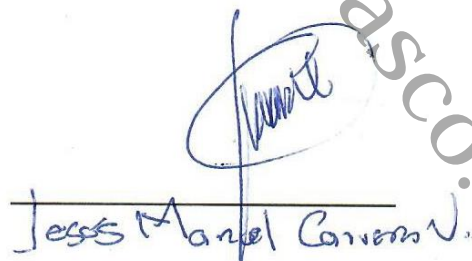


Dr. José Ramón Laines Canepa

TESTIGOS



JOSÉ AURELIO SOSA OLIVERA



Jess Manuel Carreras

AGRADECIMIENTOS

Ingrid:

Mi principal agradecimiento a Dios, por ser mi ayudador y proveedor en todo tiempo, sin el nada hubiese sido posible.

A mi papá y mamá, Juan y Lau porque siempre me apoyaron y me impulsaron para poder seguir adelante, siempre estuvieron allí para mí brindándome su apoyo incondicional.

A mis hermanos, Yos, Brillit y Jeffrey, por siempre creer en mí, aun cuando yo no lo hacía y siempre estar para apoyarme.

A mí esposo Miller, por siempre darme palabras de ánimo, y estar presente en todo momento.

A mí asesora de Tesis La Mtra. Elizabeth y Compañero Leo, por su apoyo y amistad durante estos años.

Leonardo:

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Armando y Araceli, por el apoyo incondicional que me brindaron. También agradezco a mi abuela Helda y a mi tío Maximino por prestarme su casa, lo que hizo posible la realización de este trabajo de tesis. A la comunidad de Guineo Segunda Sección, gracias por permitirnos recolectar sus residuos y por asistir al taller de concientización. Al director Juanerge, de la escuela primaria Nicanor González, agradezco por permitirnos impartir la sesión educativa en su institución.

Mi sincero agradecimiento también a la MISA Elizabeth y al Dr. José Ramón, quienes fueron nuestros asesores de tesis y nos brindaron su apoyo. A los sinodales MCA José Aurelio, MIA Jesús Manuel, Dr. Raúl Germán y la Dra. Liliana, gracias por su valioso aporte. Por último, pero no menos importante, agradezco a mi compañera de tesis, Ingrid, por su colaboración y esfuerzo compartido en este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	III
RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES	7
2.1 Normas Mexicanas aplicables para el diagnóstico de la generación de los RSU .	7
2.2 Método para el cálculo del potencial de mitigación.....	15
2.3 Los residuos sólidos urbanos y su impacto en las emisiones de GEI	16
2.4 Potencial de mitigación de CO _{2e}	17
3 OBJETIVOS	20
3.1 Objetivo general.....	20
3.2 Objetivos específicos	20
4 MÉTODO	21
4.1 Área de estudio.....	21
4.2 Diagnóstico de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos.....	22
4.2.1 Generación per cápita.....	22
4.2.2 Cuantificación de subproductos	29
4.3 Cálculo del potencial de mitigación	30
4.3.1 Recopilación de los insumos y supuesto.....	31
4.3.2 Cálculo de las emisiones de la línea base	34
4.3.3 Determinación de las emisiones del escenario de mitigación.....	34
4.3.4 Obtención del potencial de mitigación.....	35
4.3.5 Obtención del potencial de mitigación a través de la reducción de los RSU	35
4.4 Propuesta del programa para sensibilizar a la población sobre la importancia de los RSU y los GEI.....	36
4.4.1 Investigación y planificación	36
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
5.1 Diagnóstico de los RSU en la ranchería Guineo segunda sección.....	39
5.2 Potencial de mitigación: diferentes escenarios.....	44
5.3 Percepción ambiental respecto a los RSU.....	50
5.4 Impacto del programa de sensibilización.....	55
6 CONCLUSIÓN	57

7	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	58
8	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tabla de variable.	2
Tabla 2.	Normas Mexicanas para el diagnóstico de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos.	7
Tabla 3.	Tamaño de la muestra "n".	8
Tabla 4.	Subproductos.	12
Tabla 5.	Valores de los insumos de FRedn	32
Tabla 6.	Insumos para el cálculo del potencial de mitigación de los materiales.	33
Tabla 7.	Parametros calculados a partir de muestra aceptada.	41
Tabla 8.	Fracción de RSU	43
Tabla 9.	Potencial de mitigación en el 2030, para cada RSU valorizable en la ranchería Guineo segunda sección.	46
Tabla 10.	Emisiones potencialmente evitadas de cada material en la ranchería guineo segunda sección.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pasos para el cálculo del potencial de mitigación.	15
Figura 2.	Representación visual que muestra las emisiones de la línea base y del escenario de mitigación.	16
Figura 3.	Ranchería Guineo 2da. Sección, Centro, Tabasco.	21
Figura 4.	Premuestra de la ranchería Guineo segunda sección. fuente: Google earth, 2023	22
Figura 5.	visita a las casas habitación y entrega de bolsa de polietileno	23
Figura 6.	Lugar en donde se llevó el procedimiento de las normas mexicanas.	24
Figura 7.	Recolección de los RSU en la ranchería Guineo segunda sección.	25
Figura 8.	Entrega de nueva bolsa y etiquetación de las bolsas.	26
Figura 9.	Medición de bolsas con RSU.	27
Figura 10.	Ingreso de datos y ejecución de los cálculos en Excel.	28
Figura 11.	Pila de RSU.	29
Figura 12.	Separación de los subproductos.	29
Figura 13.	Pesaje de cada bolsa de subproducto.	30
Figura 14.	Taller de sensibilización en la ranchería Guineo segunda sección.	37
Figura 15.	Sesión educativa en la escuela primaria Nicanor González Mendoza.	38
Figura 16.	Promedio GPC de cada casa-habitación en la ranchería Guineo segunda sección.	39
Figura 17.	Promedio de la GPC de cada día en la ranchería Guineo 2da sección.	42
Figura 18.	Pantalla principal de POMI.	44

Figura 19. Pantalla de resultados correspondiente a vidrio (Opción “VIDRIO”).....	45
Figura 20. Pantalla de la estimación total del potencial de mitigación (Opción “M”)	45
Figura 21. Primer escenario del potencial de mitigación de la ranchería Guineo segunda sección.....	47
Figura 22. Segundo escenario del potencial de mitigación de la ranchería Guineo segunda sección.	48
Figura 23. Emisiones potencialmente evitadas por la reducción de RSU en la ranchería Guineo segunda sección.	49
Figura 24a. Principales problemas en la ranchería Guineo segunda sección.	50
Figura 25. Comportamiento de los estímulos ambientales.....	52
Figura 26. Frecuencia de edad de los jefes de familia	52
Figura 27. Relación del sexo de los jefes de familia.....	52
Figura 28. Porcentaje de Personas que reúsan las bolsas, el papel y otros productos.	53
Figura 29. Proporción de personas que utilizan bolsas propias al hacer su despensa.	53
Figura 30. Proporción de las personas que no mezclan los RSU en orgánico e inorgánicos.	54
Figura 31. Porcentaje de las personas que dejan las RSU fuera de su casa.	54
Figura 32a. Constancia otorgada por la AMICA por la organización e impartición del taller de sensibilización en la ranchería Guineo segunda sección.	55
Figura 33b. Constancia otorgada por la AMICA por la organización e impartición la sesión educativa en la escuela primaria Nicanor González Mendoza ubicada en la ranchería Guineo segunda sección.	56

RESUMEN

El cambio climático es el problema ambiental más grave en el mundo, siendo las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero la principal causante, por lo que es necesario disminuirlas. El propósito de esta investigación fue trabajar en la comunidad de Guineo segunda sección, Centro, Tabasco, para obtener el potencial de mitigación de los GEI debido al manejo de RSU. El estudio se realizó usando la metodología “AMS.III.AJ. Recuperación y reciclaje de materiales a partir de residuos sólidos” adaptada por el INECC en la que se obtuvieron datos de actividad de la comunidad como la generación per cápita y cuantificación de subproductos usando las normas mexicanas NMX-AA-061-1985 y NMX-AA-022-1985 respectivamente e información oficial de crecimiento poblacional dada por el INEGI. De igual manera se obtuvieron datos de percepción para establecer escenarios de mitigación. Con base a lo anterior, se observó que el 20% de la comunidad está dispuesta a colaborar con el reciclaje y reducción de los RSU. Por lo que se estableció la necesidad de un programa de sensibilización que consistió en un taller con adultos de la comunidad y una sesión educativa con niños de primaria. Los principales resultados fueron, el potencial de mitigación para el año 2030 a través del reciclaje, en el escenario más ambicioso fue de 26,247.91 kgCO_{2e} y a través de la reducción fue de 18,650.85 kgCO_{2e}.

ABSTRACT

Climate change is the most serious environmental problem in the world, with anthropogenic greenhouse gas emissions being the main cause, so it is necessary to reduce them. The aim of the research was to work with the community of Guineo Segunda section, Centro, Tabasco, to obtain the GHG mitigation potential due to the management of MSW. The study was carried out using the “AMS.III.AJ. Recovery and recycling of materials from solid waste” adapted by the INECC, from which activity data of the community, such as per capita generation and quantification of byproducts using the Mexican standards NMX-AA-061-1985 and NMX-AA-022-1985 respectively, and official population growth information provided by the INEGI were obtained. Similarly, perception data were obtained to establish mitigation scenarios. Based on the above, it was observed that 20% of the community is willing to collaborate with the recycling and reduction of MSW. Therefore, the need for an awareness program was established, which consisted of a workshop with adults from the community and an educational session with elementary school children. The main results were, the mitigation potential for the year 2030 through recycling, in the most ambitious scenario it was 26,247.91 kgCO_{2e} and through reduction it was 18,650.85 kgCO_{2e}.

Tabla 1. Tabla de variable.

Variable	Significado	Unidad
$CA_n^{MX,m}$	Cantidad de material cuya producción se evita en México mediante el aumento del reciclaje en el año n.	kg material producido en México
EB_n^m	Emisiones de la línea base, donde n representa el año y m representa el material.	kgCO _{2e}
EM_n	Emisiones del escenario de mitigación, donde n representa el año.	kgCO _{2e}
M_n	Potencial de mitigación, donde n representa el año.	kgCO _{2e}
$PM_{m,n}$	Incremento de la tasa de reciclaje, donde n representa el año y m representa el material.	%
$p_m^{inicial}$	Porcentaje inicial de reciclaje, m representa el material.	%
B^m	Factor de corrección cuando el vidrio no fue producido en México.	kg material producido en México/ kg material reciclado
$CA_{m,n}$	Cantidad de material reciclado, donde n representa el año y m representa el material.	kg material reciclado
CC_n	Consumo específico de gas natural para la producción de material.	Gj / kg material producido en México
CE_n	Consumo específico de electricidad para la producción del material virgen por material.	kWh/ kg material producido en México
Cr	Crecimiento poblacional de la comunidad.	%
FE^d	Factor de emisión de GEI del diésel consumido en la planta de reciclaje.	kgCO _{2e} / L diésel
$FE_{red,n}$	Factor de emisión del sistema eléctrico nacional.	kgCO _{2e} /kWh
L^m	Factor de ajuste neto a bruto para cubrir la degradación de la calidad del material y la pérdida de material en el proceso de producción del producto final que usa el material reciclado.	kg material reciclado útil México/ kg material reciclado
Q_n	Cantidad total de RSU generados por el estado, donde n representa el año.	kg RSU
Q_{n-1}	Cantidad total de residuos generada por el estado o municipio en el año anterior al n,	kg RSU

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se considera un asunto de acción colectiva de impacto global. En la actualidad, es el principal problema ambiental que ha provocado impactos severos en gran parte del mundo, destacando el derretimiento de masas de hielo o el aumento del mar (UNAM, 2021). Existen otros impactos menos visibles, pero igualmente catastróficos como la escasez de agua y la incertidumbre en el suministro de alimentos (Rueda, 2019). Es un fenómeno mayormente desencadenado por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera (National geographic, 2023).

Los GEI son aquellos que propician el aumento de temperatura de la superficie terrestre, en donde capta y libera radiación de ciertas longitudes de onda en el rango del espectro de radiación infrarroja, que corresponde a la emisión de calor o radiación térmica, que proviene de la superficie terrestre, de la atmósfera y de las nubes. Las principales emisiones consideradas como GEI son el bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Por otro parte, el efecto invernadero se produce de forma intrínseca a la naturaleza y ayuda a que la Tierra mantenga su temperatura promedio¹ (INECC, 2018). Por lo tanto, las emisiones generadas en un sitio (comunidad, estado, región o país), tiene un impacto en su entorno (México ante el cambio climático, 2021).

Es urgente que los países realicen acciones que disminuyan las emisiones de GEI. En este sentido, la mitigación implica aplicar estrategias que buscan su disminución, ya sea reduciendo sus fuentes de emisión o incrementando la capacidad de los sumideros de carbono (México ante el cambio climático, 2021).

Los países reconocen cada vez más la importancia de enfrentar los desafíos ambientales a nivel global, es por eso, que han establecido protocolos internacionales para proteger el ambiente. México, comprometido con la sostenibilidad, ha participado activamente en la implementación de acuerdos internacionales, como, por ejemplo, el protocolo de Montreal que este ha sido efectuado para que la capa de ozono pueda ser protegida, en el país, se ha logrado un cierto porcentaje de eliminación de sustancias como, hidrofluorocarbonos (HFC) y clorofluorocarbonos (CFC), que deterioran la capa de ozono y equivale a un 99% (SEMARNAT, 2020a).

Otro tratado es el acuerdo de Paris que se firmó en el 2015, el cual fue ratificado por el senado de la república en septiembre de 2016. Dicho acuerdo establece la obligación para los países firmantes de llevar a cabo la descarbonización de sus

¹ Sin el efecto invernadero, la tierra tuviera una temperatura menor a -18 °C (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2018)

economías y de conservar el aumento de la temperatura global a un máximo de 2 °C, y preferiblemente inferior a 1.5 °C (SEMARNAT, 2021).

Para el cumplimiento de sus compromisos de disminución de CO₂, México utiliza como herramienta la educación ambiental, asumiendo la meta de reducir un 35% sus emisiones de GEI para el año 2030, en comparación con una línea base de 2020 (SEMARNAT, 2022). Además, si se cuenta con el apoyo y financiamiento internacional, se podría incrementar esta reducción hasta un 36% (SEMARNAT, 2021). De igual manera, y con respecto al carbono negro, el objetivo es lograr una disminución del 51% en la cantidad de emisiones para el año 2030 (SEMARNAT, 2017), que en el año 2019 se totalizó 65,582 toneladas (INECC, 2021).

La mayoría de las medidas destinadas a reducir las emisiones de GEI también tienen un efecto positivo en la disminución de contaminantes del aire, lo que implica beneficios adicionales en la salud de las personas (SEMARNAT, 2020a). Ya que sabemos que la mala calidad del aire reduce la esperanza de vida, a través de la exposición prolongada a partículas finas aumenta la mortalidad por enfermedades cardiopulmonares y cáncer de pulmón. Además, disminuye la función pulmonar en niños y adultos, causando bronquitis asmática (INECC, 2019).

El instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC, 2020) analizó acciones de mitigación, propuestas por los estados, para sumarlas a la contribución nacional determinada (CND). Sin embargo, se carecía de la cuantificación o potencial de reducción de dichas emisiones, haciendo imposible sumarlas a la CND. Por lo que, el INECC promueve en los estados la estimación del potencial de mitigación de GEI mediante metodologías estandarizadas acordes con la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático (CMNUCC), para 12 estrategias entre las que se consideran el manejo de los residuos.

De acuerdo con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI), las emisiones de GEI en el país han ascendido a 736.6 millones de toneladas de CO₂ equivalente (MtCO₂e) en el año 2019, en la cual el sector de residuos representa el 7% (INECC, 2021).

El sector energía es responsable de la mayoría de las emisiones en México, contribuyendo con un 64% del total, según los resultados preliminares del INEGYCEI. Con base a esto, los ciudadanos podemos contribuir en el ahorro de energía a través del reciclaje, ya que el reciclaje de residuos sólidos urbanos (RSU) reduce el gasto de energía requerida para su producción y consecuentemente se mitigan las emisiones de GEI (INECC, 2021), además se produce menos residuos.

Los principales RSU valorizables son el plástico, vidrio, aluminio, acero, papel y cartón. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018), México produce cerca de 103 Mt de residuos por día, de estos se recolectan un 84% y aproximadamente de un 78% se destina a sitios de disposición final. De los cuales 12% es vidrio y se debe al costo reducido que los

recicladores pagan por el material (Informador, 2018). El plástico es el residuo más generado en México con una producción de alrededor de 8 Mt al año y tan solo se recicla el 32% (El economista, 2019).

Mientras que, al reciclar cada tonelada de papel o cartón, se contribuye a preservar 18 árboles, evitando su tala (Línea Verde, 2023). En el contexto mexicano, la producción anual de papel alcanza casi 22 Mt, de las cuales más del 80% se somete a reciclaje, el restante 20% se obtiene directamente de la tala de árboles. Además de este beneficio ambiental, el reciclaje de papel resulta en un ahorro de más del 30% de energía en comparación con la fabricación de papel completamente nuevo (Contacto, 2022).

Respecto al acero, México se ubica en el lugar 15 a nivel mundial en su producción y es uno de los principales recicladores de acero, donde, el 38% de la producción de acero proviene del reciclaje (CANACERO, s.f.). Por otro lado, en el año 2013 el país logró obtener el 97% de latas de aluminio, pero tan solo el 50% fue sometido al reciclaje (El financiero, 2013). Por último, el 74% del reciclaje de residuo lo generan los centros informales, en tanto que los centros formales solo tienen 16% del mercado (Sustain Luum, 2021).

En el estado de Tabasco existe una herramienta clave de gestión para mejorar la calidad del aire 2018-2027 (ProAire) (SERNAPAM *et al.*, s.f.). Consiste en recopilar y evaluar información sobre las fuentes de emisión y su impacto, establece medidas a corto, mediano y largo plazo para evitar y revertir el deterioro de la calidad del aire en una región o entidad específica. El ProAire cuenta con diversas estrategias para el gobierno, una de las cuales se denomina "Desarrollo del Plan Integral de Comunicación de la Calidad del Aire". Su propósito es informar a la población acerca de temas sobre calidad del aire y los riesgos potenciales para la salud. Dentro de esta estrategia, se contemplan diversas acciones, una de las cuales implica la ejecución de una campaña de concientización destinada a prevenir la quema de RSU. Esta iniciativa tiene como objetivo desalentar y persuadir a la población que vive en áreas rurales, suburbanas y urbanas para que eviten quemar residuos afuera de su casa-habitación, destacando los efectos perjudiciales que esto tiene en la salud y el ambiente, así como la importancia de cumplir con la normativa vigente que prohíbe esta práctica (SERNAPAM *et al.*, s.f.). La entidad encargada de llevar a cabo esta campaña sería la Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) y se llevaría a cabo en el período comprendido entre 2019 y 2027. Sin embargo, en 2018 con el cambio de gobierno, también hubo cambios en la estructura administrativa y desapareció la SERNAPAM siendo absorbida por la secretaria de bienestar, sustentabilidad y cambio climático. Esta reestructuración provocó que algunas de las estrategias planteadas en el ProAire no se realizaran.

Al respecto, en la ranchería Guineo 2da. Sección no se han visto reflejados las estrategias para la mejora de la calidad del aire, en particular las estrategias de

control de emisiones debido al manejo de los residuos, prueba de ello es que de acuerdo con el INEGI (2020) uno de los principales problemas de contaminación en la comunidad es el mal manejo de los RSU que son depositados en terrenos al aire libre o acumulados en el río y no existe evidencia del hábito del reciclaje. Lo anterior, provee un área de oportunidad grande en la comunidad para establecer acciones orientadas al cuidado del ambiente.

La presente investigación tiene como finalidad estudiar el potencial de mitigación de GEI debido al reciclaje y reducción de los RSU. Para ello, se realizó un diagnóstico, con base en un muestreo, de la generación de los RSU en la ranchería Guineo segunda sección, utilizando dos normas, la norma mexicana NMX-AA-022-1985 y la norma mexicana NMX-AA-061-1985 para obtener la generación per cápita (GPC) y las fracciones de los subproductos. Posteriormente, se estimó el potencial de mitigación debido a la valorización de RSU en la comunidad al 2030 mediante la metodología que promueve el INECC considerando varios escenarios. Se analizaron tres escenarios del potencial de mitigación, dos de ellos es a través del reciclaje y uno a través de la reducción de los RSU. Las propuestas de la meta de reciclaje se obtuvieron de un estudio de percepción, considerando un escenario factible y otro más ambicioso que requeriría trabajar exhaustivamente con la comunidad para obtener un potencial de mitigación para el año 2030 de 26,247.91 kgCO_{2e}.

Los resultados se utilizaron para proponer un programa de sensibilización en la comunidad de Guineo segunda sección sobre la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los RSU y su impacto en el cambio climático. Se realizaron talleres de sensibilización acerca de la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los RSU y su impacto en el cambio climático en la comunidad, con jefes de familias y con estudiantes de la escuela primaria "Nicanor González-Mendoza".

2. ANTECEDENTES

En este apartado se presentan las normas y métodos que se requirieron para desarrollar el diagnóstico de la generación de los RSU y para el potencial de mitigación. Se abordan estudios que se han realizado en México sobre los impactos ambientales y los esfuerzos por promover la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático en nuestro país. Además, se presentan conceptos que van relacionado con la cuantificación del potencial de mitigación y sobre los RSU.

2.1 Normas Mexicanas aplicables para el diagnóstico de la generación de los RSU

Existen normas mexicanas que permite conocer la generación per cápita de los RSU, la selección de los subproductos y el método del cuarteo (*Tabla 1*).

Tabla 2. Normas Mexicanas para el diagnóstico de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos.

Norma Mexicana	Objetivo el campo de aplicación
NMX-AA-061-1985	Esta Norma Mexicana establece un procedimiento para calcular la producción de residuos sólidos municipales mediante un proceso de muestreo estadístico aleatorio. En términos de aplicación de esta norma, los residuos sólidos municipales se dividen en dos categorías: los residuos domésticos (que se generan en casas-habitación) y los no domésticos (que se originan fuera de las casas-habitación).
NMX-AA-022-1985	Esta Norma Mexicana define el procedimiento y los criterios para elegir y cuantificar los subproductos presentes en los residuos sólidos municipales.
NMX-AA-015-1985	Esta Norma Mexicana explica el procedimiento del método del cuarteo para los RSU.

A continuación se hace una descripción detallada de las normas que se presentaron en la *Tabla 1*:

Norma Mexicana 061 (NMX-AA-061-1985).

La norma detalla el procedimiento para calcular la generación promedio de RSU por habitante, expresada en kg/hab-día. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- La selección de riesgo " α ": se selecciona un porcentaje de riesgo, posteriormente, se conoce el tamaño de la muestra "n" (*Tabla 2*).

Tabla 3. Tamaño de la muestra "n".

Riesgo (α)	Tamaño de la muestra (n)
0.05	115
0.10	80
0.20	50

- Identificar y ubicar en un mapa reciente el área de interés, posteriormente contar y enumerar en orden progresivo los elementos del universo de trabajo, para conocer su tamaño.
- Localizar los componentes de la muestra preliminar dentro del conjunto de casas objetivo. Se marcan las casas con el número aleatorio en un lugar claramente visible
- Visitar las casas seleccionadas como muestra preliminar del universo de trabajo, para conocer la disposición a colaborar. Se entregan las bolsas de polietileno a los habitantes que acepten colaborar.
- Realizar una segunda visita a las casas-habitación seleccionadas para recolectar las bolsas con los residuos generados del día anterior. Esta acción se denomina limpieza y sirve para garantizar que los residuos generados después de este procedimiento correspondan a un día en particular. Al realizar la acción de limpieza se entrega una bolsa adicional para la acumulación de los residuos generados en el transcurso de las siguientes 24 horas.
- Desde el segundo hasta el séptimo día del periodo de muestreo, se recolectan las bolsas con los residuos producidos el día anterior. Continuamente se proporciona una nueva bolsa para guardar los residuos que fueron generados durante otras 24 horas. En las bolsas, se anota el número aleatorio correspondiente, con el propósito de identificar los elementos de la muestra preliminar. En el octavo día solamente se recogen las bolsas que contienen los residuos generados el día anterior.
- Cada día después de recolectar los residuos del día anterior, se pesa cada bolsa, registrando el valor en una base de datos.
- La ecuación 1 permite calcular el valor de la generación per cápita de RSU proporcionado a la fecha que fueron generados.

$$GPC = \frac{\text{Peso de los RSU}}{\text{Número de habitantes}} \quad \text{Ecuación 1}$$

- De los siete datos que se obtuvieron cada día de las casa-habitación, durante el periodo de muestreo; se calcula el promedio de generación de residuos per-cápita. De acuerdo con lo anterior, se obtiene una serie de "n" valores promedio, uno por cada casa-habitación incluida en la premuestra.

Evaluación de los datos:

- Se ordena la información obtenida previamente de la siguiente manera:

$$X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots X_i \leq \dots X_{n-1} \leq X_n$$

Donde, X = Promedio de cada casa-habitación, de los 7 valores diarios de la generación de residuos per-cápita, obtenidos durante el período de muestreo.

- Detección y análisis de rechazo de observaciones sospechosas
Se aplica el criterio de Dixon, que se realiza de la siguiente manera:

Calcular el valor del estadístico (r), para las siguientes situaciones:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j} \text{ Ecuación 2}$$

cuando se sospecha del elemento máximo de la premuestra

$$r = \frac{X_j - X_l}{X_i - X_l} \text{ Ecuación 3}$$

cuando se sospecha del elemento mínimo de la premuestra

Donde,

n = Número de observaciones o elemento mayor.

l = El elemento menor.

i = n - (j-l).

j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

Se determina el estadístico permisible ($r_{1-\alpha/2}$) basado en el nivel de confianza y el tamaño de la muestra (Ver tabla A1 del anexo). Luego, se compara este valor con el estadístico (r) para decidir si se rechaza o acepta la observación sospechosa, siguiendo el siguiente criterio:

Si $r > r_{1-\alpha/2}$ Se rechaza la observación sospechosa.

Si $r < r_{1-\alpha/2}$ Se acepta la observación sospechosa.

Tras aceptar o descartar las observaciones sospechosas, es necesario llevar a cabo un análisis estadístico de los "n" valores promedio obtenidos. Este análisis permitirá determinar la generación diaria per cápita promedio por casa-habitación y calcular la desviación estándar de estos valores con respecto a la media.

A través de la desviación estándar de la premuestra y utilizando la distribución "t" de Student, se verifica el tamaño de la premuestra, calculando el tamaño real de la muestra (ver *Tabla A2* de anexo).

El cálculo del tamaño efectivo de la muestra se lleva a cabo utilizando la siguiente fórmula:

$$n_1 = \left(\frac{ts}{E} \right)^2 \text{ Ecuación 4}$$

Donde:

n_1 = Tamaño real de la muestra.

E = Nivel de prevención deseada= Error muestral en (EE) por (Z), donde Z es el valor crítico de la tabla de distribución normal estándar que depende del nivel de confianza.

s = Desviación estándar de la premuestra.

t = Percentil de la distribución "t" de Student, correspondiente al nivel de confianza definido por el riesgo empleado en el muestreo.

Si el tamaño de la muestra (n_1) es mayor que el tamaño de la premuestra (n); se debe obtener (n_2) observaciones faltantes de la misma zona de estudio que las (n_1) observaciones de la premuestra, para cumplir con la confiabilidad deseada para el muestreo. Se requiere un nuevo análisis estadístico que considere tanto a los (n_1) elementos de la premuestra, como a los (n_2) elementos faltantes para la muestra.

Si $n = n_1$; entonces $n_2 = 0$.

Si el tamaño de la muestra (n_1) es igual al tamaño de la premuestra (n), no se necesitan elementos adicionales (n_2) para considerar válida la muestra. Por ello se acepta el análisis estadístico realizado en el punto anterior.

Si $n_1 < n$, entonces $n_2 < 0$.

- **Análisis de confiabilidad**

El análisis de confiabilidad determina si los estadísticos de la muestra representan adecuadamente los parámetros del conjunto total. Se realiza una prueba de hipótesis para comparar la media muestral (X) con la media poblacional (M). Si la media muestral difiere significativamente de la poblacional (M), se rechaza la hipótesis nula y se sugiere realizar otro muestreo. Si no hay diferencia significativa, se acepta que los estadísticos de la muestra son representativos del conjunto total. (ver *Tabla A3* de anexo).

La hipótesis nula, es que la media muestral no difiere de la media poblacional.

$$H_0: (X) = M$$

La hipótesis alternativa es lo contrario de la hipótesis nula, es decir:

$$H_1: (X) < M$$

Donde,

(X)= Generación de residuo per cápita muestral

M = generación de residuo per cápita poblacional

La decisión de aceptar o rechazar la hipótesis nula se basa en comparar el valor t calculado con el valor t crítico de la distribución t de Student (*Ecuación 5*). Si el valor t calculado es mayor que el valor t crítico, se rechaza la hipótesis nula; si es menor, se acepta. Si se acepta la hipótesis nula, los estadísticos de la muestra son representativos del conjunto total. Si se acepta la hipótesis alternativa, se debe realizar otro muestreo, ya que los estadísticos de la muestra no representan adecuadamente el conjunto total.

$$\text{Percentil del muestreo: } t = \frac{E}{s/n} \text{ Ecuación 5}$$

Norma Mexicana 022 (NMX-AA-022-1985).

Para conocer la selección y cuantificación de los subproductos, se requiere seguir las siguientes instrucciones de la norma:

- Con la obtención de la muestra de la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 y se toma como mínimo 50 kg de RSU.
- Se distingue los subproductos (*Tabla 3*), posteriormente se colocan en las bolsas de polietileno.

Tabla 4. Subproductos.

Subproductos		Subproductos	
Cartón		Cuero	
Papel		Madera	
Cartón encerado		Sanitarios	
Fibras sintéticas		Pañal desechable	
Hule		Medicamentos caducos	
Material ferroso (Latas de hojalata)		Pinturas y Solventes	
Material no ferroso		Aceites y Fluidos automotores	
Vidrio de color		Baterías y Pilas	
Vidrio transparente		Punzo cortantes	
Plástico	PET (1)	Insecticidas/Herbicidas	
	PEAD (2)	Focos y Lámparas	
	PVC (3)	Electrodomésticos	
	PEBD (4)	Electrónicos	
	Polipropileno (5)	Cableado y Conexión	
	Poliestireno (6)	Papel aluminio	
	Poliuretano	Cubre bocas	
	Otros (7)	Residuos líquidos	
Plástico rígido y película		Residuos animales (Animales muertos)	
Alimentarios (Grasas)		Algodón (Ropa/Textiles)	
Alimentarios (Vegetales)		Trapo	
Hueso		Material de construcción	
Jardín / Hojarasca		Residuos finos	

- Una vez que los subproductos han sido categorizados, se pesa cada bolsa, utilizando una balanza, y el peso correspondiente de cada subproducto se registra en una hoja de control.

El cálculo del peso de cada subproducto se realiza de la siguiente manera:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

G₁ = Peso del subproducto considerado, en kg; descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 kg).

La suma de los diversos porcentajes debe ser al menos el 98% del peso total de la muestra (G). Si este no es el caso, es necesario realizar nuevamente la evaluación.

Norma Mexicana 015 (NMX-AA-015-1985).

Esta norma describe los pasos del método del cuarteo:

- Como primer paso se debe tener el equipo de protección personal que se requiere para la realización del método.
- Se utiliza las bolsas de polietileno que contienen los RSU obtenidos de acuerdo con la NOM-AA-61-1985. En ningún caso se emplean más de 250 bolsas para este proceso. El contenido de estas bolsas se vierte para crear una pila en una superficie plana de aproximadamente 4 m x 4 m, que esté cubierta y bajo techo, como, por ejemplo, en un área de cemento pulido o una superficie similar.
- Se mezclan los RSU en un montón. Luego, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales, etiquetadas como A, B, C y D. Después, se eliminan las partes opuestas, es decir, A y C o B y D. Este proceso se repite hasta que queden al menos 50 kg de RSU, los cuales se utilizan para distinguir los subproductos de acuerdo con las pautas establecidas en la NOM-AA-22-1985.
- Si la generación de RSU es inferior a 50 kg, no se llevará a cabo el procedimiento de cuarteo conforme a lo establecido en esta norma.

2.2 Método para el cálculo del potencial de mitigación

La estimación del potencial de mitigación se realiza mediante la metodología adaptada por el INECC, de la metodología “AMS.III.AJ Recuperación y reciclaje de residuos sólidos” (del Libro de metodologías de Mecanismo de Desarrollo Limpio publicado por CMNUCC en 2019) la cual consiste en cinco pasos. Los primeros cuatro pasos corresponden a la cuantificación del potencial de mitigación descritos en la *Figura 1*.

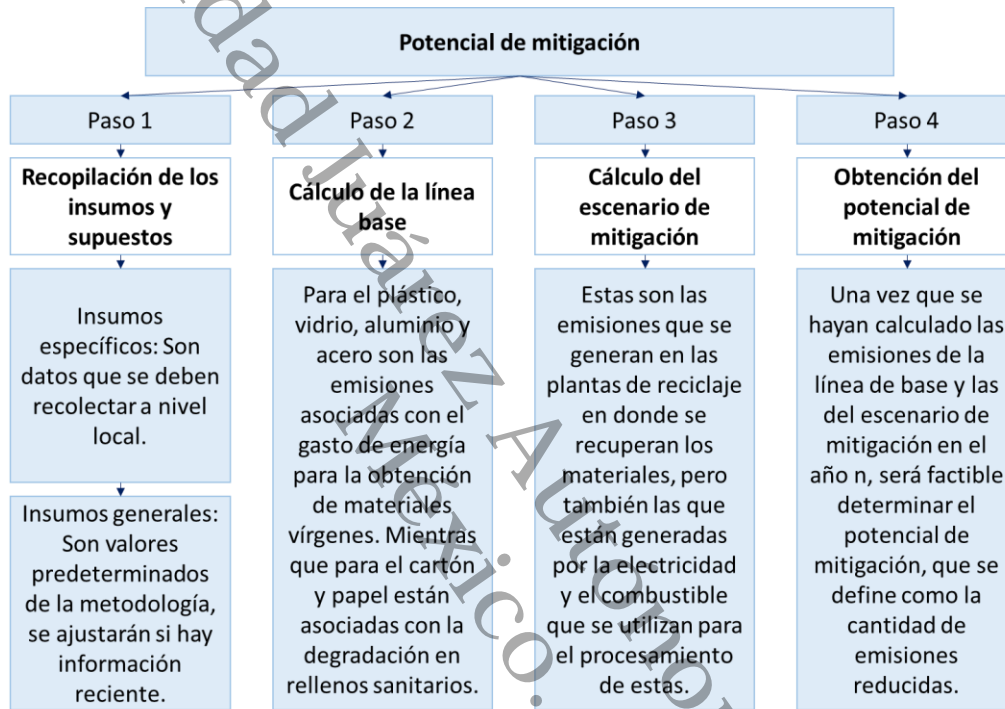


Figura 1. Pasos para el cálculo del potencial de mitigación.

La metodología AMS.III.AJ. Recuperación y reciclaje de materiales a partir de residuos sólidos, se limita a calcular la posible reducción de emisiones GEI debida a los ahorros de energía de los materiales producidos en México, y no se incluye los ahorros relacionados con materiales producidos en otros países. En la línea base, se considera las emisiones asociadas con un mayor consumo de energía que resulta de la extracción y procesamiento de materiales nuevos para plástico, vidrio, aluminio y acero. En el caso del papel y cartón, que son biodegradables, se tomó en cuenta la disposición y descomposición en un vertedero como parte de su línea de base (*Figura 2*) (CMNUCC, 2019).



Figura 2. Representación visual que muestra las emisiones de la línea base y del escenario de mitigación.
Fuente: INECC, 2022.

2.3 Los residuos sólidos urbanos y su impacto en las emisiones de GEI

Conforme lo establecido por la Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos (LGPGIR), los RSU son aquellos que se originan en las casas habitación, producto de la eliminación de los materiales utilizados en las actividades cotidianas, de los cuales están los residuos inorgánicos que son el plástico, el vidrio, aluminio y el acero, también están los residuos orgánicos que son el papel y cartón, también se incluyen los residuos generados en cualquier otro tipo de establecimiento o espacio público que presenten características similares a los residuos domiciliarios, así como los que se producen durante el proceso de limpieza de espacios y vías públicas, siempre y cuando estos no sean clasificados como otros tipos de residuos en cumplimiento con lo estipulado por la ley (Diario Oficial de la Federación, 2023).

De acuerdo con la LGPGIR, la definición de residuo engloba todo tipo de:

Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la Ley. (Diario Oficial de la Federación, 2023)

Conforme al artículo 134, fracción III de la LGEEPA, indica que es importante implementar medidas para reducir la generación de residuos sólidos municipales e industriales, fomentar su reutilización y reciclaje, y regular su gestión y disposición final de forma eficiente (Diario Oficial de la Federación, 2024). En este sentido, reciclar 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. (Diario Oficial de la Federación, 2023)

El manejo de los RSU ha sido un tema de preocupación en las últimas décadas, por lo que ha provocado que en México, en el estado de Tabasco, en particular en la UJAT, no es la excepción, por lo que se han realizado diagnóstico sobre estos temas.

Pérez (2012) implementó un plan de Educación Ambiental en la escuela Primaria José Morgas García en la colonia Gil y Sáenz. Su estudio mostró que la generación de residuos inadecuados estaba afectando la salud de los estudiantes; a través de diversas estrategias, logró reducir la generación de residuos en 84.69 kg, pero enfatizó la necesidad de mantener el programa de manera permanente. López (2011) realizó un diagnóstico en la ranchería Medellín y Pigua 3ra Sección en el municipio de Centro, Tabasco, que incluyó propuestas para mejorar la gestión de residuos, como la creación de un centro de acopio de reciclaje y la implementación de contenedores para la recolección de residuos en la comunidad. León (2010) desarrolló un programa de gestión de residuos sólidos en la comunidad de Cucuyulapa, municipio de Cunduacán, Tabasco, su estudio reveló que la mayoría de los residuos eran plásticos (65%) y que la gestión de residuos en la comunidad era deficiente, aunque la población mostraba disposición para mejorarla. Arcia (2009) llevó a cabo un diagnóstico de residuos sólidos en la Reserva Ecológica Cascada de Reforma, municipio de Balancán, Tabasco, su objetivo fue obtener información sobre la gestión de residuos en el área y desarrollar propuestas para una gestión más eficiente, se encontró que se podía aprovechar el 81.55% de los residuos generados en este lugar. Pérez (2006) realizó una estimación preliminar de los residuos sólidos en Villa Tamulté de las Sábanas, Centro, Tabasco, determinando una generación per cápita de 0.381 kg/hab-día, observó que los martes, sábados y domingos se generaban cantidades moderadamente altas de residuos debido a las actividades realizadas en esos días.

2.4 Potencial de mitigación de CO_{2e}

De acuerdo con el artículo 3, fracción IV de la Ley General del Cambio Climático (LGCC, 2022), se establece una concordancia con la definición proporcionada por el panel intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC), donde define el cambio climático como la alteración de las condiciones climáticas atribuido tanto directa como indirectamente a las actividades antropogénicas, afectando la composición atmosférica y amplificando la variabilidad natural del clima a lo largo del tiempo.

El cambio climático es causado principalmente por actividades antropogénicas que provocan grandes cantidades de emisiones de GEI, por lo que es importante realizar continuamente la estimación de estas. El cálculo de las emisiones se realiza mediante la *Ecuación 7*.

$$\text{Emisión} = \text{Factor de Emisión} * \text{Factor de actividad} \quad \text{Ecuación 7}$$

El factor de emisión es un valor representativo que logra involucrar los contaminantes que son emitidos a la atmósfera con las actividades que se realizan. Es decir, es la masa del contaminante liberado en la actividad expresada por unidades de peso, volumen, duración, distancia entre otras (CFE, 2016).

Debido al impacto nocivo de las emisiones de GEI en la atmósfera que potencian el cambio climático, se ha creado el término "potencial de mitigación" con el propósito de evaluar cuánto se podría reducir de las emisiones de GEI mediante la implementación de una estrategia (escenario de mitigación), en relación con los niveles de emisiones de referencia (emisiones base), determinado en kilogramos de bióxido carbono equivalente (IPCC, 2007).

Como se mencionó anteriormente, el cambio climático es un problema que genera impactos severos, es por eso, que en varias partes del mundo se han realizados estudios. Por ejemplo, Espinosa *et al.* (2018) hicieron estudios en dos ciudades de Colombia, en Villavicencio y Cali, en donde abordaron la relación entre el cambio climático y la promoción de la movilidad sostenible, en este caso, el uso de transporte no motorizado como la bicicleta en entornos urbanos. Las medidas que evaluaron fueron la construcción de ciclovías y bicarriles. La estimación de indicadores relacionados con la persuasión de viajes y la disminución de emisiones de CO₂ debidas a medidas de promoción del uso de la bicicleta es una forma valiosa de cuantificar los beneficios de la movilidad sostenible. Los resultados fueron que se pueden reducir 92 gCO₂/viaje y se pueden implementar hasta 810 gCO₂/viaje, pero esto va a depender del tamaño de la ciudad.

Cárdenas *et al.* (2021) realizaron un estudio en el Estado de México, en el cual, calcularon las emisiones de GEI proveniente de la generación anual del biogás en los sitios de disposición final (SDF), la cantidad de biogás que se produce en un sistema de digestión anaeróbica de RSU aumenta a medida que aumenta la cantidad de materia orgánica biodegradable presente en esos residuos. Además, la cantidad de biogás también depende de su gestión y operación en los SDF, así como de la rapidez con la que los residuos se descomponen, en este estudio se muestrearon 15 rellenos sanitarios, de los cuales unos eran sitios controlados y otros no. Los datos calculados reflejaron que para el año 2017 la generación de biogás fue de 198,000 t, en el 2020 disminuyó aproximadamente 2.5% con respecto a 2017, mientras que, para el año 2030, se anticipa una reducción significativa del 57% en comparación con 2017 y finalmente, para el año 2050, se espera una disminución drástica del 94% en la generación de biogás en relación con 2017. Esta

disminución se debe a la tasa de generación de residuos y que los SDF están alcanzando su capacidad máxima. Con la disminución de depósitos de residuos en estos lugares, la producción de metano decrece gradualmente, ya que hay menos descomposición de los residuos que generes estos gases.

Diego *et al.* (2019) elaboraron un análisis energético para medir las emisiones de GEI en dos sistemas en los Valles Centrales de Oaxaca, México, donde se cultivan productos agrícolas, los dos tipos de sistemas son: el tradicional llamado "milpa" y otro altamente mecanizado, los resultados revelaron que las emisiones de GEI, en el sistema mecanizado emitió un aproximado de 2.9 veces más que la milpa, es decir, que la milpa es más amigable con el ambiente.

Mendoza *et al.* (2018) realizaron una investigación en México acerca de la construcción de nuevas carreteras, que no solo hacen que los viajes sean más rápidos y eficientes en términos de combustible, sino que también ayudan a disminuir la contaminación del aire y las emisiones de CO_{2e}. El estudio utilizó métodos confiables para cuantificar cuánto CO_{2e} se ahorra por cada kilómetro de carretera construida, la investigación evidencia que la construcción de libramientos carreteros en México ha tenido un efecto positivo en la disminución de las emisiones de GEI, estas estimaciones proporcionan una herramienta valiosa para evaluar los beneficios de los libramientos en la reducción de emisiones, lo cual puede ser de utilidad en la evaluación económica de futuros proyectos de carreteras libres.

Archundia *et al.* (2017) examinaron, a través de un estudio en el Estado de México, las emisiones de metano en un relleno sanitario y un vertedero a cielo abierto. Evaluaron las condiciones en ambos sitios. En el vertedero, la producción del metano aumenta durante temporada de lluvias, mientras que, en el relleno, es mayor durante la temporada seca debido a la recirculación de líquidos. No obstante, las emisiones superficiales de metano en el vertedero a cielo abierto son significativamente más bajas que en el relleno sanitario, lo cual constituye una amenaza significativa que demanda una pronta respuesta por parte de las autoridades.

En la entidad tabasqueña Martínez y Meraz (2023), realizaron un diagnóstico, que consistió en llevar a cabo un análisis para cuantificar las emisiones de GEI durante el período comprendido entre 2014 y 2020. El enfoque se centró concretamente en el sector de desechos, más preciso en el tratamiento de las aguas residuales domésticas en la región de Tabasco. Los resultados son preocupantes, ya que muestran un aumento en las emisiones de metano y óxido nitroso, dos GEI potentes. Es especialmente alarmante el aumento del 12% de las emisiones de óxido nitroso en 2020 respecto a 2014, debido a su potencial de calentamiento global, estos datos subrayan la importancia de tomar medidas efectivas para reducir las emisiones de GEI en el sector de tratamiento de aguas residuales en Tabasco. Esto puede incluir mejoras en la gestión de residuos, tecnologías más limpias y la implementación de prácticas más sostenibles.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Cuantificar el potencial de mitigación del CO₂ equivalente por el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos valorizables (plástico, vidrio, aluminio, acero, papel y cartón) en la ranchería Guineo segunda sección del municipio de Centro, Tabasco con el fin de favorecer el compromiso social de la comunidad con el ambiente.

3.2 Objetivos específicos

- I. Determinar la generación y composición de los Residuos Sólidos Urbanos en la ranchería Guineo Segunda Sección.
- II. Estimar el potencial de mitigación de los RSU valorizables (plástico, vidrio, aluminio, acero, papel y cartón).
- III. Proponer un programa de sensibilización a la población sobre la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los RSU y su impacto en el cambio climático.

4 MÉTODO

El presente capítulo describe la metodología realizada para la ejecución del proyecto. La metodología se realizó mediante trabajo de gabinete y de campo, la cual consistió en tres etapas:

- Diagnóstico de la generación de los RSU.
- Cálculo del potencial de mitigación.
- Propuesta del programa para sensibilizar a la población sobre la importancia de los RSU y los GEI.

A continuación, se describen las acciones realizadas en el desarrollo del proyecto, así como una descripción del área de estudio.

4.1 Área de estudio

La comunidad de Guineo 2da sección se encuentra en el municipio de Centro, Tabasco (*Figura 3*), tiene una población de 998 personas, de los cuales hay 536 mujeres y 462 hombres. Dispone con 266 viviendas habitadas (INEGI, 2020). La densidad poblacional es de 907.27 hab/km².

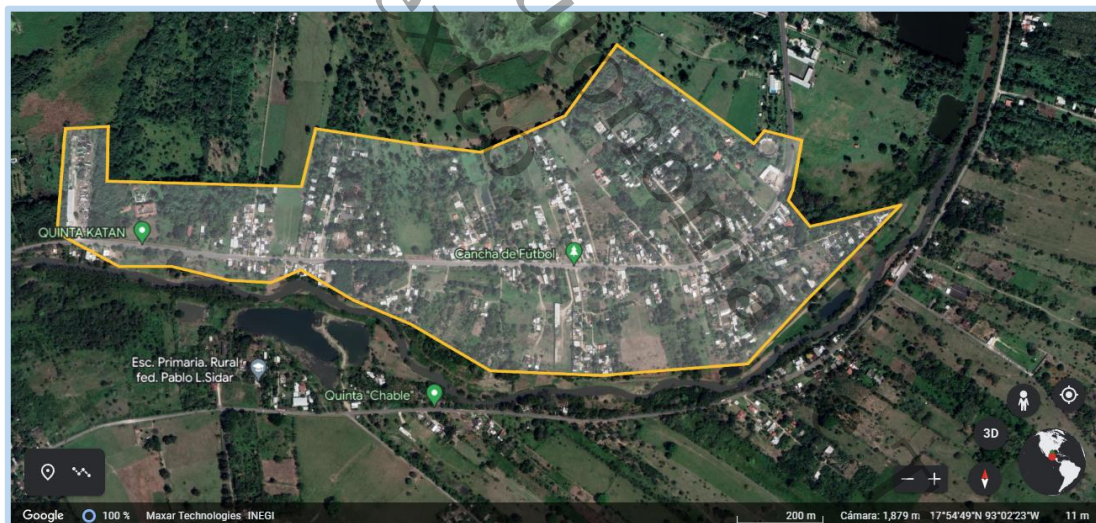


Figura 3. Ranchería Guineo 2da. Sección, Centro, Tabasco.

El río que pasa a un costado de la comunidad, es el río Mezcalapa que tiene una denominación local como el río “viejo Mezcalapa” fluye de oeste a este, sin embargo, enfrenta serios problemas de contaminación, esta subcuenca se ubica en el sureste mexicano, abarcando territorios de los estados de Chiapas y Tabasco, con una extensión de 1,281.8 km² (Álvarez & Medrano, 2020).

4.2 Diagnóstico de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos

4.2.1 Generación per cápita

Selección y ubicación de la muestra

Según lo que indica la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985 (*Tabla 1*), la selección del riesgo para el tamaño de la muestra de las 50 casas es de 20%, por lo tanto, el grado de confiabilidad es de 80%.

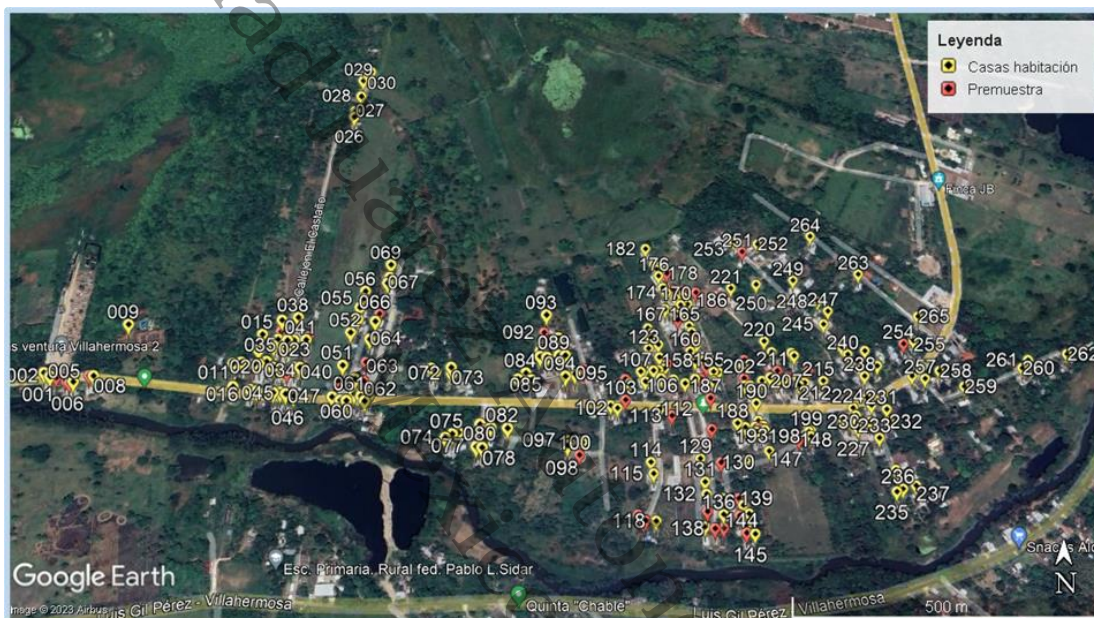


Figura 4. Muestra de la rancharía Guineo segunda sección. fuente: Google earth, 2023

Las casas-habitación para la muestra se eligieron aleatoriamente mediante el siguiente proceso. Primero se ubicaron en un mapa de Google® Earth todas las casas-habitación de la comunidad (*Figura 4*) y se les asignó un número del 1 al 266, donde 266 corresponde al total de casas en la rancharía Guineo segunda sección. Posteriormente, con la ayuda de la instrucción “aleatorio” de Excel, fueron obtenidos 50 números aleatorios diferentes entre 1 y 266.

Se identificaron físicamente las casas-habitación de la muestra, y se colocó una etiqueta adhesiva en donde se le puso el número aleatorio correspondiente.

Se visitó a cada casa-habitación de la muestra, para hablar con los jefes de familia y explicarle la razón del muestreo. En las casas-habitación que obtuvimos respuesta favorable se hizo entrega de una bolsa de polietileno, de lo contrario se sustituía por una casa-habitación adjunta para conseguir

los 50 puntos de muestreo. Simultáneamente se recolectaron todos sus residuos generados ese día para asegurar que los RSU acumulados correspondan, de acuerdo con la norma al día de limpieza (*Figura 5*).



Figura 5. visita a las casas habitación y entrega de bolsa de polietileno

Preparación de sitio

El lugar en donde se llevó a cabo todo el procedimiento para el diagnóstico de la generación cumplía con la condición de estar techado y se habilitó con una lona de 4m x 4m en un suelo de concreto en donde se irán revolviendo los RSU (*Figura 6*).



Figura 6. Lugar en donde se llevó el procedimiento de las normas mexicanas.

Recolección de RSU

La recolección de los RSU de cada casa-habitación de la muestra se hizo con el uso de un triciclo (*Figura 7*). La actividad de recolección comenzaba a las 10:00 h y concluía entre las 13:00-14 h, durante los 8 días del periodo de muestreo. Después de recoger los RSU de cada casa-habitación de la muestra, se les proporcionaba a los habitantes una nueva bolsa para que acumularan los RSU generados en las siguientes 24 horas. Cada bolsa recolectada se etiquetaba con el número correspondiente a la muestra (*Figura 8*).

Universidad



Figura 7. Recolección de los RSU en la rancharía Guineo segunda sección.



Figura 8. Entrega de nueva bolsa y etiquetación de las bolsas.

Estimación de la Generación per Cápita

Diariamente después de recolectar todas las bolsas con RSU de la muestra, se pesó cada bolsa (Figura 9), y se ingresaron a una base datos de Excel.



Figura 9. Medición de bolsas con RSU.

Con la Ecuación 1 se calculó el índice de generación de residuos por persona en kg/hab-día para cada día del muestreo (*Figura 10*). Se utilizó el software Microsoft® Excel para importar los datos de cada punto de muestreo y realizar los cálculos. Posteriormente, se calculó la GPC con el promedio de los índices de producción de residuos por persona de los siete días.



Figura 10. Ingreso de datos y ejecución de los cálculos en Excel.

Se realizó la evaluación de la muestra, organizando de menor a mayor la GPC de cada casa-habitación en el software Microsoft® Excel, donde se aplicó el criterio de Dixon (Ecuaciones 2 y 3) para verificar el tamaño de la muestra.

4.2.2 Cuantificación de subproductos

Debido a que la cantidad de RSU recolectados fue menor a 50 kg/día, no se aplicó el método del cuarteo descrito en la Norma Mexicana NMX-AA-015-1985 por lo que se procedió a sacar los RSU de cada bolsa y montarlos en la lona (Figura 11). Posteriormente, se separaron los RSU usando la clasificación de la Tabla 3 y se introdujeron en bolsas de polietileno (Figura 12).



Figura 11. Pila de RSU.



Figura 12. Separación de los subproductos.

Al separar e identificar los subproductos en bolsas de polietileno, se pesó cada bolsa y registró su cantidad en una base de datos (Figura 13). Mediante la ecuación 6 se calculó el porcentaje de cada subproducto. Es fundamental destacar que la suma total de todos los porcentajes obtenidos debe ser ≥ 98 %.



Figura 13. Pesaje de cada bolsa de subproducto.

4.3 Cálculo del potencial de mitigación

El cálculo del potencial se realizó con la metodología AMS.III.AJ que fue implementada como una interfaz en Excel. La herramienta digital obtenida se denominó "POMI" y fue desarrollado para obtener el potencial de mitigación para cualquier ciudad o Estado. A continuación, se mencionan las consideraciones que se usaron para obtener el potencial de mitigación de la comunidad Guineo segunda sección con la ayuda de POMI.

4.3.1 Recopilación de los insumos y supuesto

En el paso 1 se deben de recolectar los datos e información necesarios para estimar el potencial de mitigación. Estos insumos se clasifican en dos categorías:

Específicos

- Cantidad total de RSU generados en la ranchería Guineo segunda sección anualmente en el año n (Q_n) (Ecuación 8), el crecimiento poblacional (Cr) es de 0.70% que es el promedio anual de Tabasco (INEGI, s. f.).

$$Q_n = (1 + Cr) \cdot (Q_n - 1) \text{ Ecuación 8}$$

- Porcentaje inicial de reciclaje del material m , antes de la implementación de la acción (P_m^{inicial}), este valor se asignó como 0%, debido a que, en la comunidad no se tiene el hábito de valorización o aprovechamiento de sus residuos. Considerando que la generación de RSU es linealmente proporcional a la población, para el porcentaje meta del reciclaje del material (m) anualmente ($PM_{m,n}^{\text{final}}$), se consideraron dos escenarios basados en una encuesta que midió la disposición de las personas a colaborar en proyectos ambientales. El primer escenario considerado, altamente factible, utiliza como criterio al porcentaje de personas que “Si” están dispuestas a colaborar, lo que representa el 20%, mientras que en el segundo escenario, considerado medianamente factible, al 20% anterior se le agregó como criterio adicional un 50% del 36% de las personas que respondieron “tal vez”, resultando en un porcentaje meta de 38%. El $PM_{m,n}$, se calculó con la ecuación 9.

$$PM_{m,n} = PM_{m,n}^{\text{final}} - P_m^{\text{inicial}} \text{ Ecuación 9}$$

- Fracción del material m en los residuos generados en la comunidad Guineo 2da sección se considera que no cambia en el tiempo por lo que la fracción del material (m) en los residuos anualmente ($F_{m,n}$), equivale a los valores obtenidos a través de la cuantificación de subproductos.

Generales

- El consumo anual de electricidad total de la instalación de reciclaje (CE_n), el valor es de $0.0047 \frac{\text{kWh}}{\text{kg material entrante}}$ (Pressley et al., 2015).

- El consumo de combustible diésel en la instalación de reciclaje (CC_n), que corresponde a $0.0007 \frac{\text{L diésel}}{\text{kg material entrante}}$ (Pressley *et al.*, 2015).
- El factor de emisión del diésel consumido en la instalación de reciclaje (FE^d) su valor es de $2.6 \frac{\text{kgCO}_2e}{\text{L diésel}}$ (INECC, 2022).
- Factor de emisión del gas natural (FE^{GN}) el valor es de $57.75 \frac{\text{kgCO}_2e}{\text{Gj gas natural}}$ (INECC, 2022).
- FE_{red_n} : El factor de emisión de CO_2 equivalente (Tabla 4), del Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

Tabla 5. Valores de los insumos de FE_{red}

Año	Valores en $\frac{\text{kgCO}_2e}{\text{kWh}}$	Fuente
2022	0.435	CRE, 2023
2023	0.473	Sener, 2019
2024	0.464	
2025	0.460	
2026	0.456	
2027	0.451	
2028	0.446	
2029	0.439	
2030	0.433	

Fuente: INECC, 2022.

- En la estimación del potencial de mitigación, resultó crucial determinar la cantidad de RSU que fueron producidos en el país, así como comprender las demandas energéticas específicas de distintas plantas de reciclaje. Dado que estos valores varían en función del subproducto, se optó por emplear los datos propuestos por el INECC, los cuales se detallan en la *Tabla 5*.

Tabla 6. Insumos para el cálculo del potencial de mitigación de los materiales.

Insumos	Tipo RSU	Valores	Unidades
CE^m	PET	1.11	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg material produc Méx}}$
	HDPE	0.83	
	LDPE	1.67	
	PP	0.56	
	VIDRIO	0.26	
CC_P^m	PET, HDPE, LDPE	0.015	$\frac{\text{GJ}}{\text{kg material produc Méx}}$
	PP	0.0116	
B^m	PET, HDPE, LDP, PP	0.56	$\frac{\text{kg material produc Méx}}{\text{kg material produc reciclado útil Méx}}$
	VIDRIO	0.67	
	ALUMINIO	0.72	
	ACERO	0.68	
L^m	PET, HDPE, LDPE, PP	0.75	$\frac{\text{kg material reciclado útil Méx}}{\text{kg material reciclado}}$
	VIDRIO	0.88	
FE^m	ALUMINIO	8.4	$\frac{\text{kgCO}_2\text{e}}{\text{kg material produc Méx}}$
	ACERO	1.27	
	PAPEL Y CARTÓN	Sin colección de gas 3.76	
		Con colección de gas 1.7	
FCE^m	ALUMINIO	0.66	$\frac{\text{kWh}}{\text{kg material reciclado}}$
	ACERO	0.9	

Fuente: elaboración propia con datos del CMNUCC, 2019.

4.3.2 Cálculo de las emisiones de la línea base

Para iniciar el cálculo de la línea base se estimó CA_{mn} mediante la *ecuación 10* y $CA_n^{MX,m}$ con la ayuda de las *ecuaciones 11* y *12*. El cálculo de CA_{mn} se realizó para cada material. Para el cálculo de $CA_n^{MX,m}$ del vidrio y los plásticos se utilizó la *ecuación 11*, para el aluminio y el acero se utilizó la *ecuación 12* debido a que no hay degradación o pérdidas del material, por lo que, por ejemplo si se recicla 1 kg de aluminio puede suplir 1 kg de aluminio que es procedente de fuentes vírgenes. Para el papel y cartón no es necesario el cálculo de $CA_n^{MX,m}$.

$$CA_{m,n} = (Q_n) \cdot (F_{m,n}) \cdot (PM_{m,n}) \text{ Ecuación 10}$$

$$CA_n^{MX,m} = (CA_{m,n}) \cdot (L^m) \cdot (B^m) \text{ Ecuación 11}$$

$$CA_n^{MX,m} = (CA_{m,n}) \cdot (B^m) \text{ Ecuación 12}$$

La línea base se calculó diferente, dependiendo de los materiales. Para el plástico se utilizó la *Ecuación 13*, para el vidrio la *Ecuación 14*, para el aluminio y acero la *Ecuación 15* y para el papel y cartón se emplea la *Ecuación 16*.

$$EB_{m,n} = (CA_n^{MX,m}) \cdot [(CE_n) \cdot (FE_{red,n}) + (CC_n) \cdot (FE^{GN})] \text{ Ecuación 13}$$

$$EB_{m,n} = (CA_n^{MX,m}) \cdot (CE_n) \cdot (FE_{red,n}) \text{ Ecuación 14}$$

$$EB_{m,n} = (CA_n^{MX,m}) \cdot (FE^m) \text{ Ecuación 15}$$

$$EB_{m,n} = (CA_{m,n}) \cdot (FE^m) \text{ Ecuación 16}$$

La emisión total de la línea base, se obtuvo de la suma de las emisiones base de cada subproducto.

4.3.3 Determinación de las emisiones del escenario de mitigación.

Para el escenario de mitigación se requiere la obtención de las emisiones debido al uso de energía en una planta de reciclaje, el cual se realizó usando la *Ecuación 17*. Adicionalmente, para el caso del acero y el aluminio se estimaron las emisiones debidas a la fabricación de la parte reciclada de estos residuos (*Ecuación 18*).

La emisión total del escenario de mitigación se obtuvo de la suma de las emisiones obtenidas con las dos ecuaciones anteriores (*Ecuación 19*).

$$EM_n^{PlantaReciclaje} = (CA_{m,n}) \cdot [(CE_n) \cdot (F_{Red_n}) + (CC_n) \cdot (FE^d)] \quad \text{Ecuación 17}$$

$$EM_n^{ReciclajeMaterial} = [(CA_{aluminio,n}) \cdot (FCE^{aluminio}) + (CA_{acero,n}) \cdot (FCE^{acero})] \cdot (F_{Red_n}) \quad \text{Ecuación 18}$$

$$EM_n = EM_n^{PlantaReciclaje} + EM_n^{ReciclajeMaterial} \quad \text{Ecuación 19}$$

4.3.4 Obtención del potencial de mitigación

Después de haber calculado las emisiones de la línea base y del escenario de mitigación en el año n , se estimó el potencial de mitigación mediante la cuantificación de la cantidad de emisiones potencialmente reducidas (medidas en $kgCO_{2e}$) por la ejecución del reciclaje de materiales (*Ecuación 20*).

$$M_n = EB_n - EM_n \quad \text{Ecuación 20}$$

Cabe mencionar que el potencial de mitigación se estimó para los dos escenarios correspondientes del $PM_{m,n}^{final}$.

4.3.5 Obtención del potencial de mitigación a través de la reducción de los RSU

Durante el desarrollo de la investigación sobre el potencial de mitigación a través del reciclaje, particularmente en el recorrido para la estimación de la generación de RSU en la comunidad, se observó que un área de oportunidad, incluso más factible que el reciclaje, podría ser la reducción. En este sentido surgió la inquietud de calcular las emisiones potencialmente evitadas por reducir la cantidad generada de los RSU. Esta estimación resalta la importancia de considerar no solo el reciclaje como una vía para la mitigación, sino también la reducción de la generación de residuos como un enfoque estratégico complementario.

Considerando que el potencial de mitigación se obtiene de la diferencia de las emisiones de la línea base y las emisiones en el escenario de mitigación, siendo este último cero ya que no se está produciendo RSU y no se requiere reciclar o disponer. Para el caso de las emisiones de la línea base, se consideran los porcentajes de reducción, donde $PM_{m,n}$ es el porcentaje meta de reducción (*Ecuación 9*), la cantidad de material cuya producción se evita en México por no generar la cantidad de RSU actual para cada material (*Ecuaciones 10, 11 y 12*), y las emisiones potencialmente evitadas (*Ecuaciones 13, 14, 15, 16*).

4.4 Propuesta del programa para sensibilizar a la población sobre la importancia de los RSU y los GEI.

La propuesta fue desarrollada considerando las siguientes etapas:

4.4.1 Investigación y planificación

Se identificó la percepción que la población tiene sobre la problemática de los RSU en la comunidad mediante una encuesta en tres niveles. En el primer nivel se identificó la valoración que la población tiene sobre los problemas generales (ambiental, económico y social). En el segundo nivel, se centra únicamente en problemas ambientales para identificar la jerarquía de los mismo. Finalmente, se dirigió la atención de los encuestados hacia la problemática de los RSU. La percepción de la población sobre los RSU desempeña un papel crucial que posibilitó la formulación de estrategias fundamentales para el programa.

Adicionalmente, en la misma encuesta se establecieron preguntas para identificar los estímulos ambientales (responsabilidad ambiental, actitud y compromiso ambientales) para identificar las áreas de oportunidad para el programa de sensibilización.

Para los estímulos ambientales se diseñaron preguntas de manera categórica con cruces de validación para algunas preguntas, cada estímulo contiene siete preguntas.

Debido a que las respuestas se establecieron categóricamente para transformar la evaluación de cualitativa a una cuantitativa, las categorías de fueron transformadas a valores numéricos en una escala de 0 a 10, donde 0 corresponde a una nula adopción y 10 una adopción óptima.

4.4.2 Eventos y talleres

4.4.2.1 Taller de sensibilización con la comunidad.

Con el fin de que la comunidad conozca la importancia del reciclaje y la reducción de los RSU en relación con la mitigación de los GEI, se realizó un taller de sensibilización con las personas de la comunidad en donde se les mostró los resultados de la generación de los RSU, así como también del potencial de mitigación al año 2030 (*Figura 14*), los temas son los siguiente:

Tema 1: Importancia de reducir, reutilizar y reciclar los RSU.

Tema 2: El Cambio Climático y potencial de mitigación

Tema 3: Comunicación de resultados



Figura 14. Taller de sensibilización en la ranchería Guineo segunda sección.

4.4.2.2 Sesión educativa en la escuela primaria

Durante la visita a la escuela primaria Nicanor González Mendoza, se llevó a cabo una sesión educativa sobre la importancia del reciclaje dirigida a los niños de 1ro, 2do y 3er año. Durante esta actividad, asistieron 60 niños en donde se utilizó un juego de lotería para enseñar a los niños cómo clasificar adecuadamente los residuos y que a través de los RSU se pueden reciclar.



Figura 15. Sesión educativa en la escuela primaria Nicanor González Mendoza.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación en la rancharía Guineo segunda sección. Inicialmente se muestran los resultados obtenidos del diagnóstico de los RSU, seguidamente, se presenta el potencial de mitigación calculado desde el año 2023 al 2030.

5.1 Diagnóstico de los RSU en la rancharía Guineo segunda sección.

En la *figura 16* se observa el promedio de la generación per-cápita de cada una de las casas-habitación, organizado de menor a mayor, esto fue obtenido del diagnóstico realizado a las 50 casas, durante la semana del 15 al 21 de agosto de 2023.

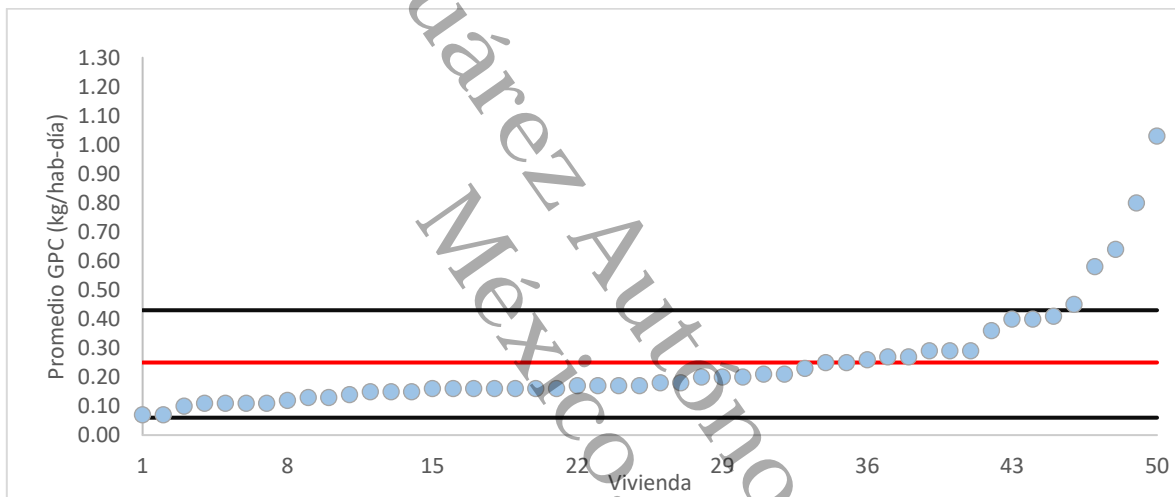


Figura 16. Promedio GPC de cada casa-habitación en la rancharía Guineo segunda sección.

De los datos que se muestran en la anterior grafica se definió la cola superior y la cola inferior, para hacer el análisis de descarte de observaciones sospechosa, a través del criterio de Dixon.

Cola inferior

$$X_1 = 0.07$$

$$X_2 = 0.07$$

$$X_3 = 0.10$$

$$X_4 = 0.11$$

$$X_5 = 0.11$$

Cola superior

$$X_{46} = 0.45$$

$$X_{47} = 0.58$$

$$X_{48} = 0.64$$

$$X_{49} = 0.80$$

$$X_{50} = 1.03$$

Los estadístico r son:

Cuando se sospecha del elemento máximo de la premuestra X_{50} (Ec.2)

$$r = 0.63$$

Cuando se sospecha del elemento mínimo de la premuestra X_1 (Ec. 3)

$$r = 0.11$$

Con base en la *Tabla A1* (ver anexos) y considerando como percentil máximo P_{95} , el valor del estadístico permisible (r_{22}) = 0.406, el valor se consideró tomando el máximo de 25 observaciones. Al comprobar el estadístico r con el estadístico r_{22} se observó que:

Cola superior

Para el valor de X_{50} : $0.63 > 0.406$ se rechazó

Para el valor de X_{49} : $0.51 > 0.406$ se rechazó

Para el valor de X_{48} : $0.36 < 0.406$ se acepto

Cola inferior

Para el valor X_1 : $0.11 < 0.406$ se acepto

A partir de los valores aceptados se calcularon los parámetros que se muestra en la *Tabla 6*.

Tabla 7. Parámetros calculados a partir de muestra aceptada.

Parámetros	Resultados (kg/hab-día)
Media (GPC)	0.22
Desviación estándar (S)	0.12
Varianza	0.01
Error estándar (EE)	0.02
Nivel de precisión (E)	0.03
Valor mínimo	0.07
Valor máximo	0.64

- Verificación del tamaño de la muestra

Utilizando la *ecuación 4* y considerando los parámetros $t = 1.68$ obtenido de la *Tabla A2* (ver anexo), un nivel de confianza de 95%, $n = 48$ y 47 grados de libertad (48-1) basándose en las dos observaciones rechazadas.

$n_1 = 44$

Debido a que, $n_1 < n$ se concluye que el tamaño de muestra inicial se acepta.

- Análisis de la confiabilidad

En el procedimiento estadístico se realizó una prueba de hipótesis en la cola izquierda para conocer si la muestra inicial es igual o no a la media poblacional, teniendo en cuenta el nivel de confianza del 95%. La distribución normal es $Z(0.96) = 1.75$, este valor se conoció a través de la *Tabla A3* (ver anexo), en este caso la media muestral es confiable a un 97.5% a la media poblacional, debido a que $t(0.975)$ de tabla es 2.012 y t calculada es 1.75, de manera que $1.75 < 2.012$, por lo que los estadísticos de la muestra son aceptados para utilizarlos como parámetros del universo del trabajo.

La generación promedio per cápita fue de 0.22 kg/hab-día considerando que, la media nacional del promedio per cápita es de 0.653 kg/hab-día y para el sureste es de 0.743 kg/hab-día para residuos domiciliarios (SEMARNAT, 2020b), la generación per cápita en la comunidad de Guineo segunda sección es muy baja debido, posiblemente a:

1. El aprovechamiento de los residuos orgánicos para el mantenimiento de áreas verdes en los hogares
2. La entrega incompleta de los residuos por parte de algunos elementos de la muestra
3. Horarios extensos de actividades cotidianas fuera de la comunidad de algunos elementos de la muestra

Es importante resaltar que Guineo segunda sección es una comunidad rural con servicios limitados en comercio, salud y educación por lo que podemos observar que su GPC también es menor que la de la colonia Centro del municipio de Jalpa de Méndez con 0.71 kg/hab-día (Laines *et al.*, 2023a).

Con base en la GPC obtenida se estima que la población de Guineo segunda sección genera 80.30 kg RSU/hab-año (Gn), este dato se utilizó para calcular el potencial de mitigación.

En la *Figura 17*, se muestran los promedios de la generación per cápita de cada día de la semana. El día en donde se obtuvo mayor cantidad RSU fue el miércoles 16 de agosto con 0.26 kg/hab-día. En contraposición el martes 15 de agosto fue el día con menor generación de RSU alcanzando 0.19 kg/hab-día.



Figura 17. Promedio de la GPC de cada día en la ranchería Guineo 2da sección.

En el proceso de separación de los RSU, se realizó la ponderación de los subproductos mencionados en la *Tabla 3*. El subproducto generado en mayor cantidad, al igual que en el Barrio San Luis, Jalpa de Méndez, es el residuo alimentario (vegetales) con un 13.39%, sin embargo, en Jalpa de Méndez la proporción es considerablemente mayor (26.75%) (Laines *et al.*, 2023b).

Para el cálculo del potencial de mitigación, es crucial utilizar los valores ponderados correspondientes a los subproductos enlistados en la *Tabla 7*. De acuerdo con dicho análisis, se determinó que el subproducto predominante en la comunidad de Guineo segunda sección es el PET, representando un 12.98%, mientras que el subproducto de polipropileno obtuvo el porcentaje más bajo, con 1.51%, en comparación con el Barrio San Luis, Jalpa de Méndez que obtuvo para el PET 2.32% y el polipropileno 0.83% (Laines *et al.*, 2023b).

Es relevante destacar que, en la cantidad total de RSU generados en la comunidad, no se identificó la presencia de residuos de acero, siendo el aluminio el único metal encontrado en el proceso de separación.

Tabla 8. Fracción de RSU

Subproductos	Fracción RSU (%)
VIDRIO	4.90%
PAPEL	8.26%
CARTÓN	9.70%
METAL	5.77%
PET	12.98%
PEAD	5.08%
PEBD	5.77%
PP	1.51%
Total RSU valorizables	53.97%

5.2 Potencial de mitigación: diferentes escenarios

La interfaz POMI muestra una barra de herramientas lateral que contiene el menú de 10 elementos. En la pantalla principal, la opción “GENERAL” permite al usuario ingresar datos generales de su lugar de interés (*Figura 18*), tales como: cantidad de RSU, crecimiento poblacional, porcentaje meta, la fracción de los RSU y especificar si en el relleno sanitario hay colección de biogás o no y si la planta de reciclaje consume energía.

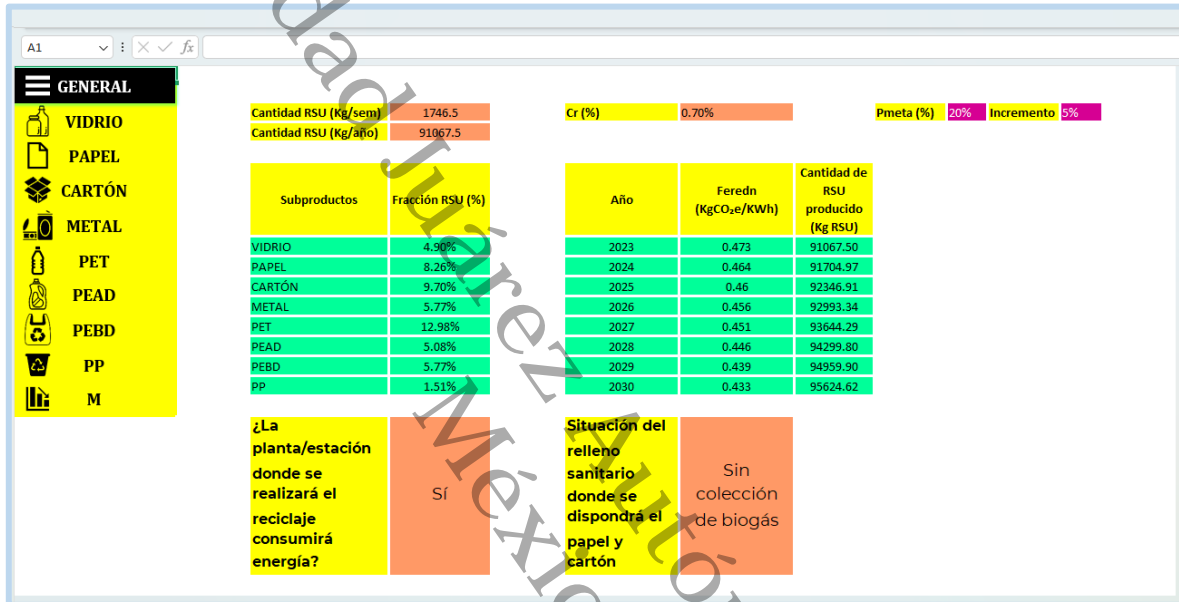


Figura 18. Pantalla principal de POMI

En las opciones, 2 al 9 del menú, se muestran los resultados de manera tabular para los diferentes RSU valorizables, en donde se refleja la línea base y el escenario de mitigación (*Figura 19*). En la última opción “M”, se visualiza gráficamente la estimación total del potencial de mitigación (*Figura 20*).

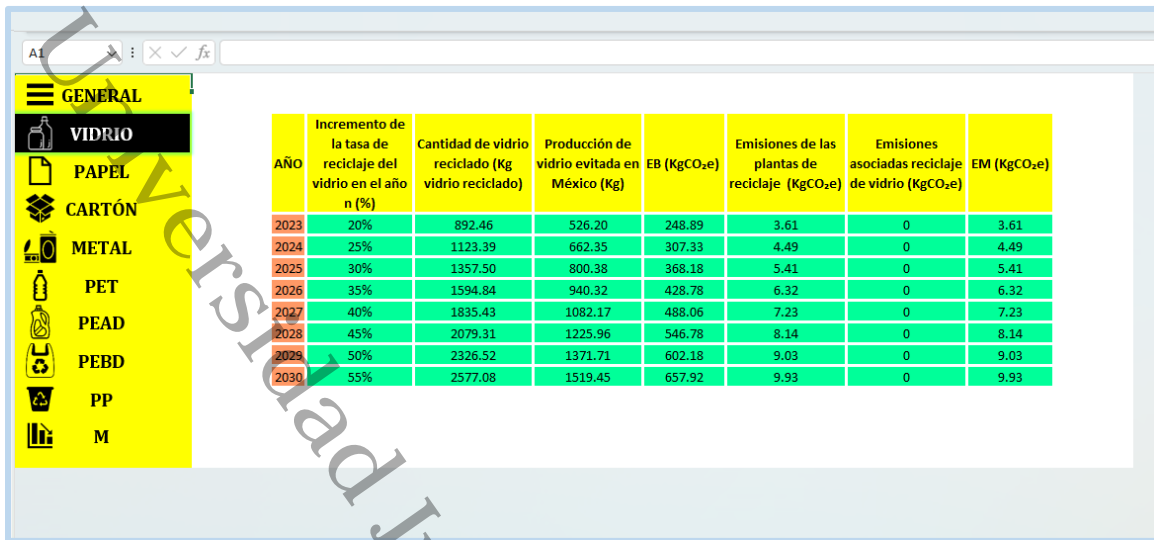


Figura 19. Pantalla de resultados correspondiente a vidrio (Opción "VIDRIO")

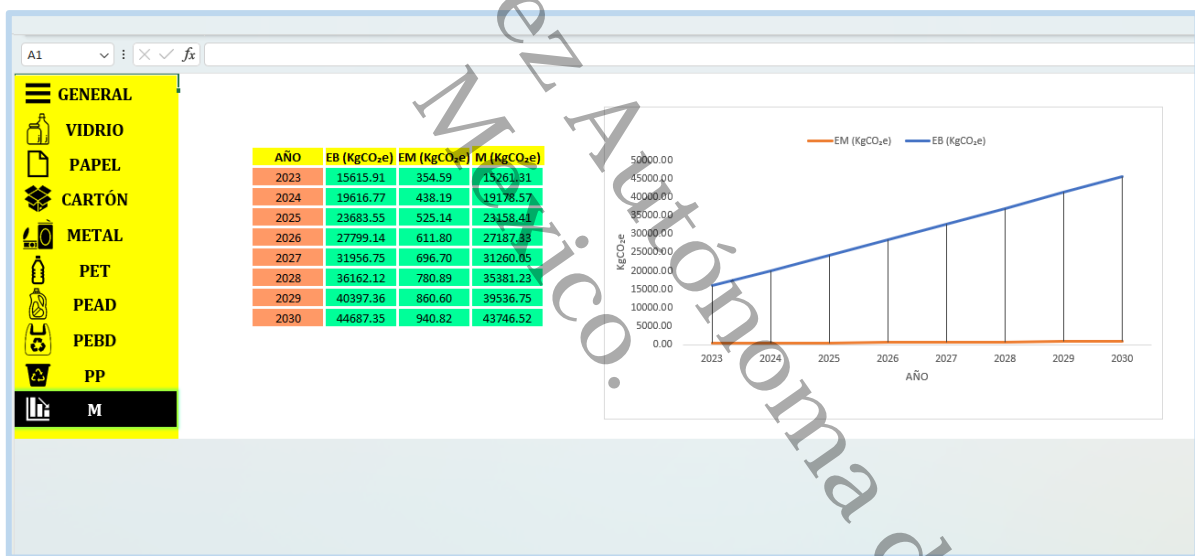


Figura 20. Pantalla de la estimación total del potencial de mitigación (Opción "M")

Potencial de mitigación para cada RSU valorizables

En la *Tabla 8*, se muestran los datos del potencial de mitigación del año 2030 para ambos escenarios donde se observa que el material que tiene mayor impacto a través del reciclaje es el cartón y como segundo lugar el papel, a pesar de no ser los productos que mayormente se desechan, esto se debe a que las emisiones del metano en un relleno sanitario sin sistemas de captura de gas son considerablemente relevantes (INECC, 2022).

Tabla 9. Potencial de mitigación en el 2030, para cada RSU valorizable en la ranchería Guineo segunda sección.

RSU valorizable	M ₂₀₃₀ (kgCO _{2e})	
	Escenario 1	Escenario 2
Vidrio	279.93	388.79
Papel	7056.41	9800.57
Cartón	8286.59	11509.15
Metal	28.76	39.94
PET	1656.91	2301.27
PEAD	589.69	819.02
PEBD	870.06	1208.41
PP	130.14	180.76

A continuación, se hace un desglose de cada escenario.

Potencial de mitigación para el primer escenario

En el primer escenario, teniendo como $PM_{m,n}^{final}$ el 20%, se obtiene un potencial de mitigación de 18,898.50 kgCO_{2e} para el año 2030 que se logra de un incremento de 776.66 kgCO_{2e} por año, aproximadamente (Figura 21). El potencial de mitigación para este escenario sería equivalente a las emisiones generadas por el funcionamiento continuo durante todo el año de 216 focos ahorradores.

En un estudio realizado por Laines *et al* (2023a) en la colonia Centro del municipio de Jalpa de Méndez, Tabasco se obtuvo un potencial de mitigación 45,540 kgCO_{2e}, con la misma meta de reciclaje, el doble de población y el 16.5 % de los residuos generados podrían ser valorizables, lo que sugiere que la comunidad de Guineo a pesar de no ser una población muy grande podría alcanzar valores similares a los de la colonia Centro del municipio de Jalpa de Méndez si se considera el escenario de $PM_{m,n}^{final}$ de 30 % y un incremento de 5 % anual. Lo que sugiere la importancia de trabajar con la comunidad.

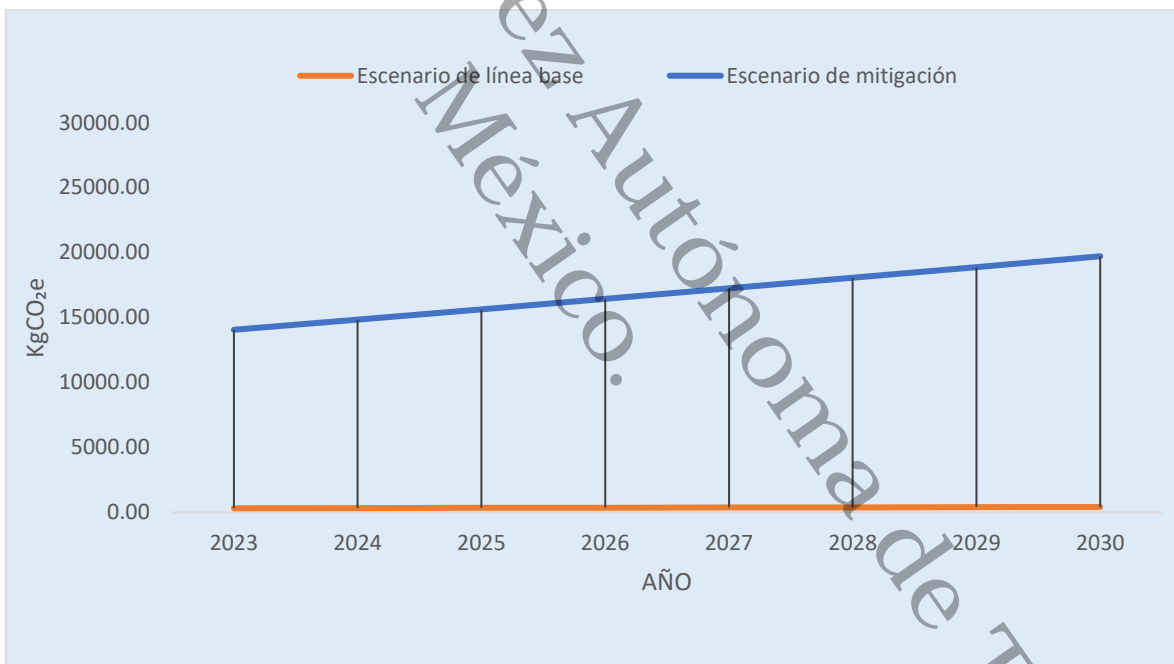


Figura 21. Primer escenario del potencial de mitigación de la ranchería Guineo segunda sección.

Potencial de mitigación para el segundo escenario

En el segundo escenario en donde el $PM_{m,n}^{final}$ es de 38%, se estima que el potencial de mitigación (M) para el año 2030 es de 26,247.91 kgCO_{2e} equivalente a las emisiones que generan 299 focos ahorradores encendidos continuamente durante un año (Figura 22).

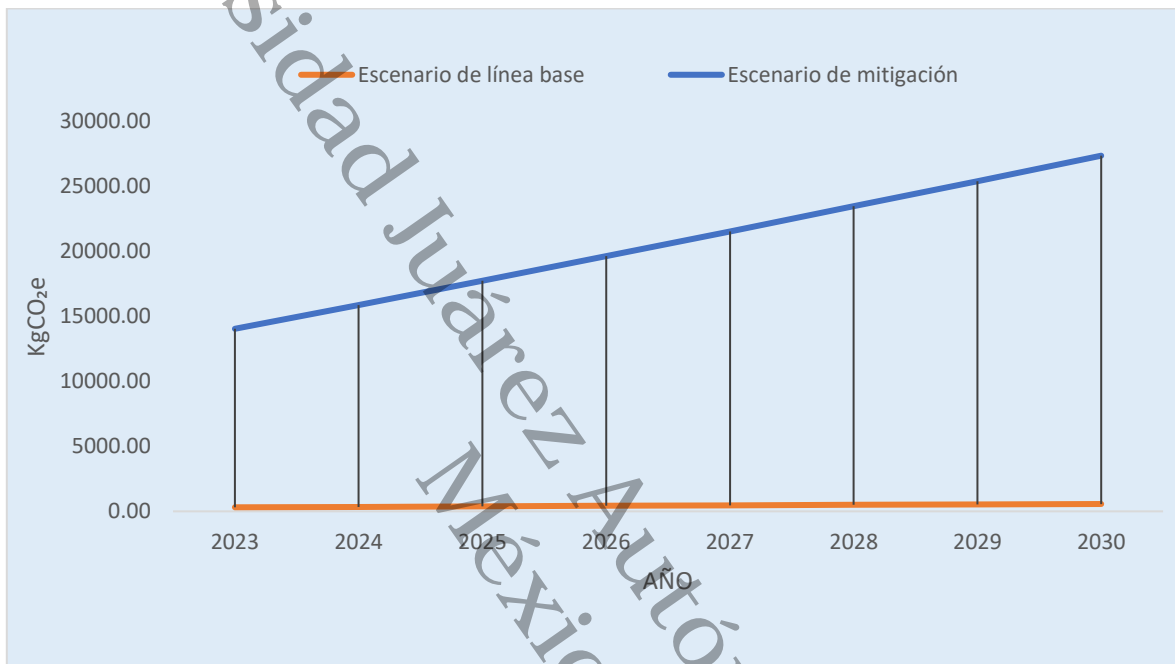


Figura 22. Segundo escenario del potencial de mitigación de la ranchería Guineo segunda sección.

Emisiones potencialmente evitadas por la reducción de los RSU

Las emisiones potencialmente evitadas con 20% de reducción son 18,650.85 kgCO_{2e} en el año 2030 (Figura 23) equivalente a las emisiones que generan 213 focos ahorradores prendidos sin interrupción durante un año. En la Tabla 9 se muestra que el cartón es el que más aportación tiene a las emisiones potencialmente evitadas con 6,138.21 kgCO_{2e}, seguido por el papel.

Tabla 10. Emisiones potencialmente evitadas de cada material en la ranchería guineo segunda sección.

Material	Emisiones potencialmente evitadas (kgCO _{2e})
Vidrio	54.74
Papel	5,226.97
Cartón	6,138.21
Metal	4,809.44
PET	1,235.76
PEAD	440.11
PEBD	648.23
PP	97.38

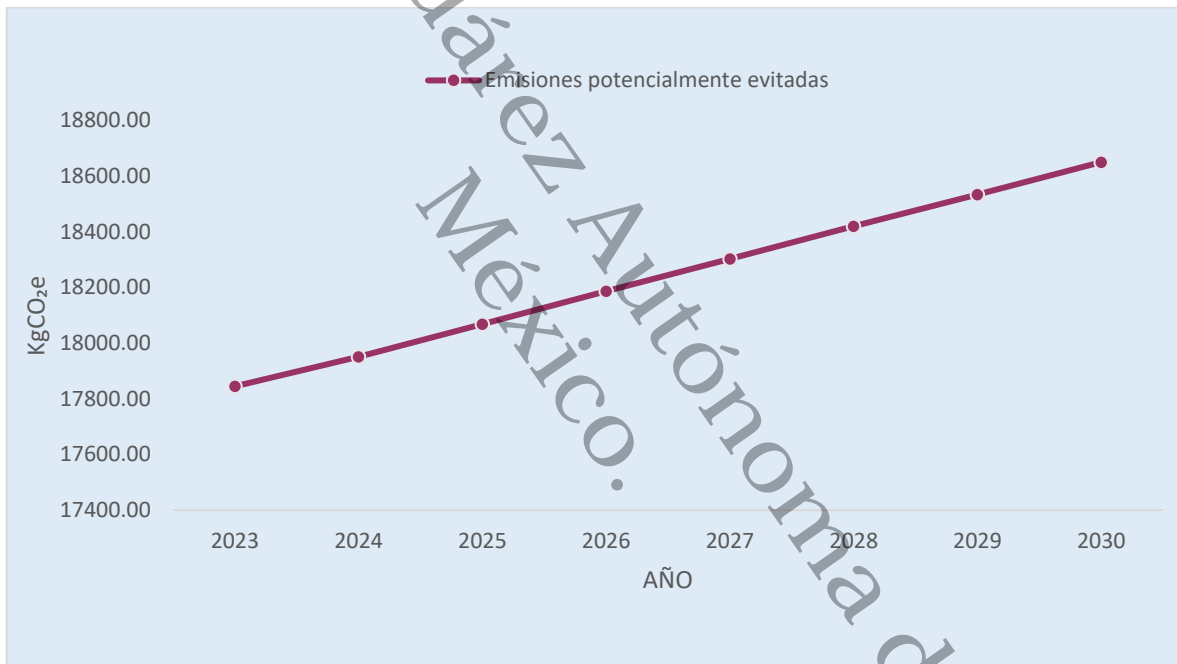


Figura 23. Emisiones potencialmente evitadas por la reducción de RSU en la ranchería Guineo segunda sección.

5.3 Percepción ambiental respecto a los RSU

Durante el recorrido en la comunidad y la plática con los jefes de familia, se observó que la mayoría no dispone adecuadamente sus RSU, siendo la quema o disposición en vertederos no controlados las principales costumbres.

A través de la encuesta, se pudo observar que los principales problemas detectados por la comunidad son, la contaminación con 22%, la inseguridad con 20% y la salud con 16% (Figura 24a). Sin embargo, identifican como principal problema de contaminación a los ríos y lagunas contaminadas con 34% y como segundo problema el suelo contaminado con 24%, es relevante destacar que ninguno de los encuestados señaló la contaminación del aire como un problema ambiental (Figura 24b). Aunque esta última puede ser menos evidente, su impacto en la salud es significativo. Por esta razón, la investigación se centra en el tema del aire atmosférico, buscando brindar mayor visibilidad a este asunto crucial.

En relación con los RSU, la comunidad de Guineo segunda sección expresa una preocupación significativa por el aspecto que estos generan, con un 54% y la acumulación de los RSU se atribuye a la falta de recolección, según el 26% de los encuestados. Únicamente el 12% considera que se trata de dinero no aprovechado. Esto sugiere que algunos habitantes de la comunidad reconocen el problema y ven en él una oportunidad de solución (Figura 24c).

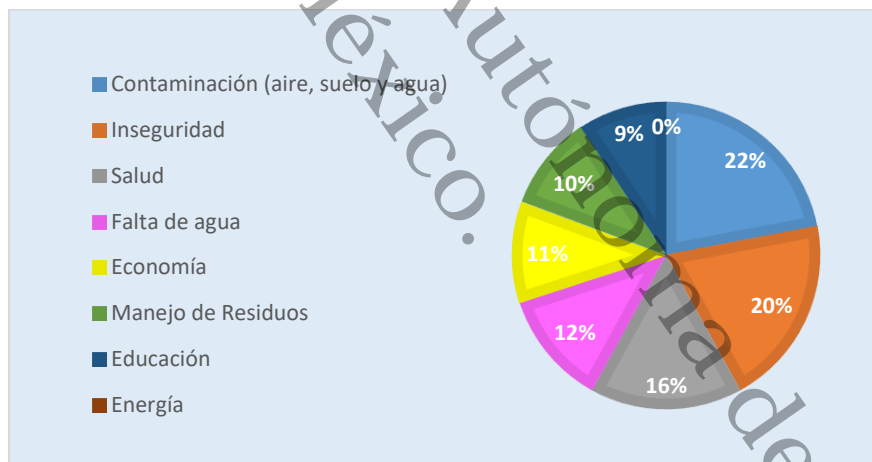


Figura 24a. Principales problemas en la ranchería Guineo segunda sección.

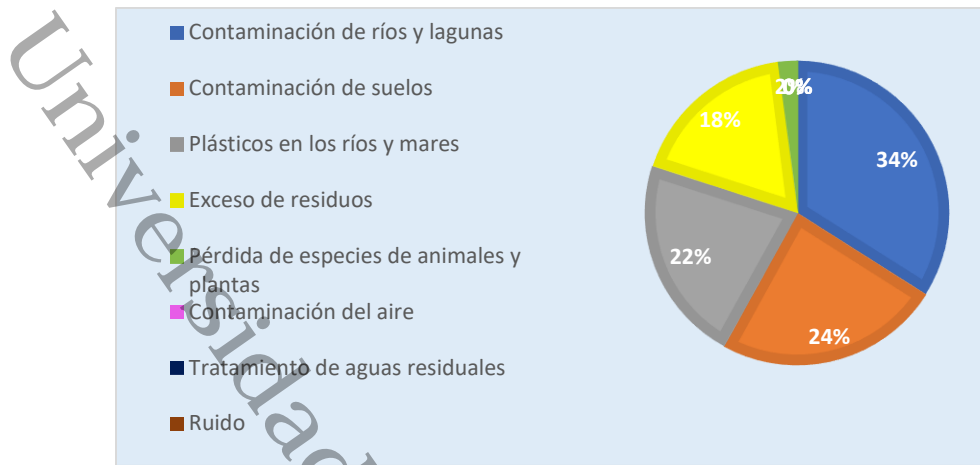


Figura 24b. Problema ambiental urgente en la ranchería Guineo segunda sección.

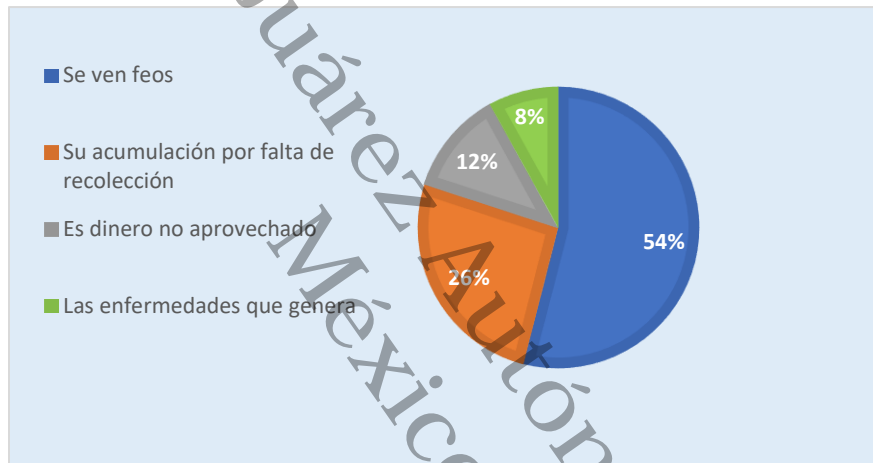


Figura 24c. Problema principal de los RSU en la ranchería Guineo segunda sección.

La *Figura 25* revela que el estímulo ambiental más alto es el de actitud ambiental, eso quiere decir que la mayoría de los encuestados tienen comportamientos relacionados con el cuidado del ambiente y actitudes hacia el cambio.

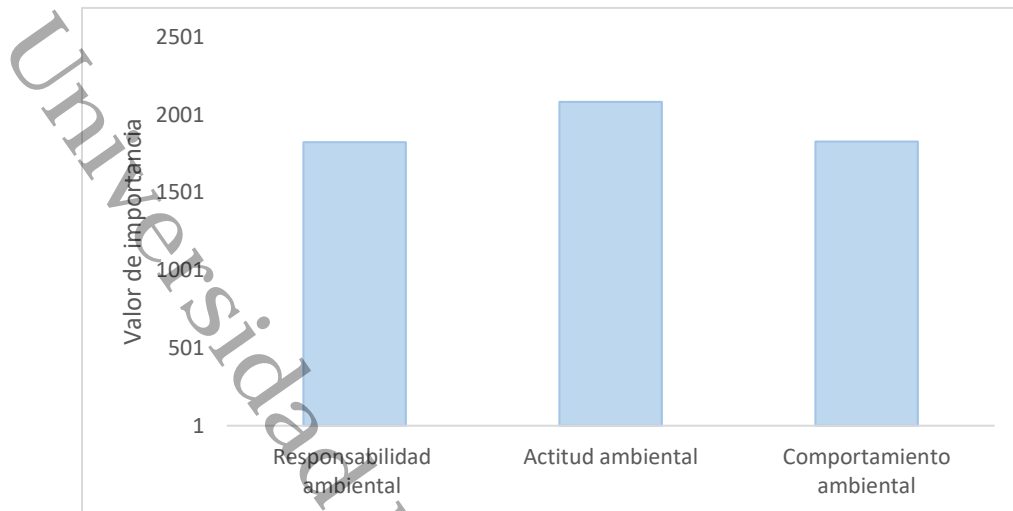


Figura 25. Comportamiento de los estímulos ambientales.

El estímulo de responsabilidad y comportamiento ambiental tienen valores muy parecidos, estos dos se refiere a la acción relacionada con la gestión de residuos y la participación en proyectos ambientales, reflexionar y abordar el tema del comportamiento ambiental y evitar la generación de residuos o impactos ambientales negativos.

Un factor que podría influir en la labor del proyecto es la edad. Dada la importancia de las características de la población. El 48% de los encuestados se encuentra en edades de 40 a 59 años y 36 % fueron adultos de la tercera edad (Figura 26). Dentro del grupo de la tercera edad manifestaron no estar dispuestos a hacer algo para reciclar los residuos. Por ejemplo, una señora comentó que no está dispuesta a colaborar en un proyecto para mantener limpia su comunidad o participar en proyectos de acopio y envío a reciclajes de los residuos que genera debido a que ella tiene un negocio de abarrotes que debe atender, otros mencionaron que ya están muy grandes para participar. Respecto al sexo, se obtuvo que el 59% de la población es del sexo masculino y el 41% femenino (Figura 27).

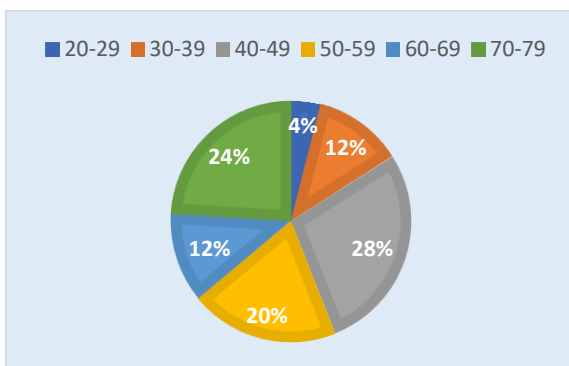


Figura 26. Frecuencia de edad de los jefes de familia

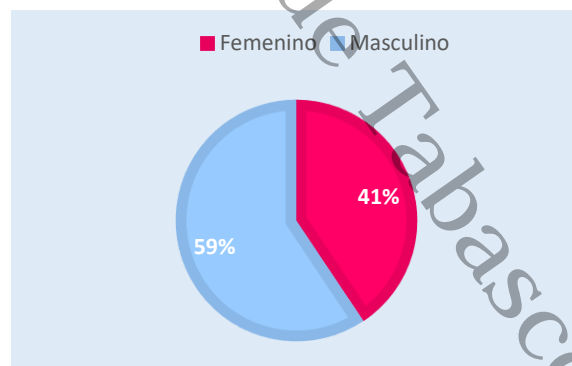


Figura 27. Relación del sexo de los jefes de familia

Como se mencionó anteriormente, la encuesta fue cualitativa y dentro de las categorías de respuestas de las preguntas para medir los estímulos ambientales, se tenía la opción “tal vez”, que representan un área de oportunidad, por lo que a través de un programa de sensibilización se podría conseguir la participación de la población en el proyecto. Es importante considerar que el “tal vez” se obtiene de un grupo de personas indecisas, sin embargo, también puede referirse a personas que no se atrevieron a dar un “No” por respuesta por lo que es un área de oportunidad que se debe trabajar, pero no necesariamente se conseguirá el 100% de colaboración.

En la encuesta se puede observar que la comunidad realiza pocas acciones para el cuidado del ambiente, tales como el reúso de las bolsas, el papel y otros productos que indicaron la mitad de los encuestados (Figura 28), el uso de bolsas propias al realizar la despensa con el 56% (Figura 29).



Figura 28. Porcentaje de Personas que reúsan las bolsas, el papel y otros productos.

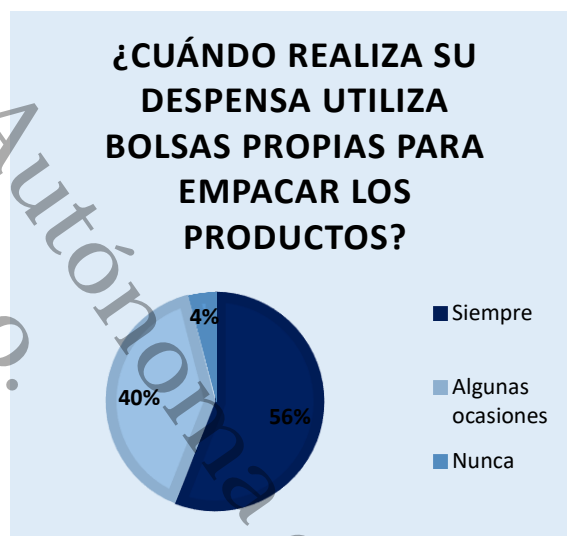


Figura 29. Proporción de personas que utilizan bolsas propias al hacer su despensa.

Es importantes destacar que el reglamento de la Ley para la Prevención y Gestión de Residuos en el estado de Tabasco (2019), específicamente en el Título Cuarto Bis, referente a la regulación de residuos plásticos de un solo uso, se establece en el artículo 100 ter la prohibición del uso de bolsas de plástico en tiendas de comercios o autoservicios, a menos que estas sean biodegradables. Lo anterior provocó que en las tiendas de autoservicio ya no se proporciona la bolsa de plástico dando la opción al consumidor de comprarla. Las personas al hacer su despensa no compran bolsas biodegradables, si no que llevan sus propias bolsas reutilizable, se asume que lo hacen por ahorros económicos.

En adición a lo anterior, el 52% separan los RSU en orgánicos e inorgánicos (Figura 30), por lo que realizan el manejo domiciliario de los RSU y al realizar esta acción es más fácil identificar los subproductos que se desean reciclar, además, el 58% de los encuestados no dejan los RSU afuera de su casa, por lo que evita la proliferación de vectores sanitarios o que la fauna nociva lo esparzan (Figura 31).

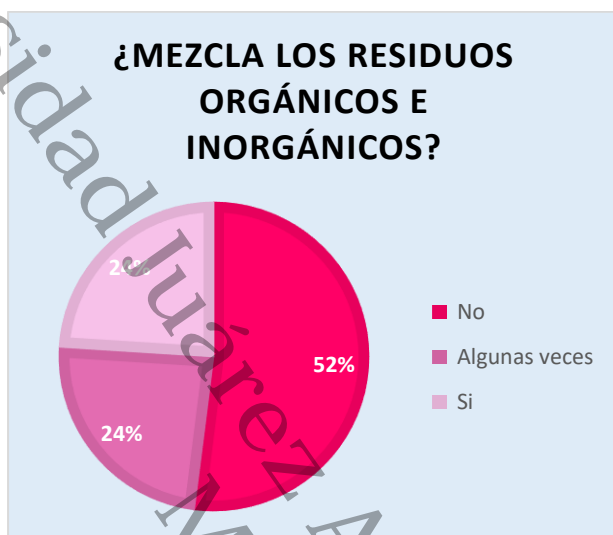


Figura 30. Proporción de las personas que no mezclan los RSU en orgánico e inorgánicos.



Figura 31. Porcentaje de las personas que dejan las RSU fuera de su casa.

5.4 Impacto del programa de sensibilización

Se sensibilizó a 30 habitantes en el taller, una vez abordados los temas durante el taller de sensibilización, los habitantes se comprometieron a adoptar prácticas de reciclaje y reutilización de sus RSU, tras tomar conciencia de los efectos causados por los GEI, también aprendieron a llamar "residuos" a lo que antes denominaban simplemente "basura". Esto les permitió comprender mejor que estos materiales pueden ser valorizados en lugar de ser simplemente desechados.

Con respecto a la sesión educativa, en la cual asistieron 60 niños, estos aprendieron que los RSU pueden someterse a procesos de reciclaje y descubrieron que, por ejemplo, el polipropileno puede transformarse en tablas u otros materiales útiles, además de conocer los nombres de tipos de RSU.

La Asociación Mexicana de Ingeniería, Ciencias y Gestión Ambiental (AMICA), otorgó los certificados por la organización e impartición del taller y la sesión educativa (Figura 32a y Figura 32b).



Figura 32a. Constancia otorgada por la AMICA por la organización e impartición del taller de sensibilización en la ranchería Guineo segunda sección.



Figura 33b. Constancia otorgada por la AMICA por la organización e impartición la sesión educativa en la escuela primaria Nicanor González Mendoza ubicada en la ranchería Guineo segunda sección.

6 CONCLUSIÓN

A partir de la generación per cápita de los RSU, se realizó la estimación del potencial de mitigación, a pesar de que la GPC en la ranchería Guineo segunda sección es pequeña en comparación con la media nacional, se observó que no solamente se puede mitigar los GEI a través del reciclaje, sino que también reduciendo la generación de RSU, esto debido a que el PET es el subproducto con mayor porcentaje de generación.

Aunque la reducción de los RSU se considera fundamental para mitigar los GEI, el reciclaje muestra un descenso aún mayor de estos gases, pero esto va a depender del porcentaje meta. Para que el porcentaje meta aumente se requiere que más personas estén dispuestas a realizar estas acciones, para eso es necesario seguir informando a la población a través de carteles que muestren la importancia de este tema.

A través de la sesión educativa, se espera que los niños coadyuven a implementar acciones de reducción de los RSU en sus casas o escuelas, para que ellos puedan colaborar en la mitigación de los GEI, y en un futuro puedan reciclar.

7 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Álvarez, A., & Medrano, O. R. (2020). Caracterización geomorfológica de la subcuenca río Mezcalapa, región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) en sureste de México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 80, 32-44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7774551>
- Arcia, J.C. (2009). *Diagnostico básico de los residuos sólidos generados en la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, del municipio de Balancán, Tabasco*. Tesis de licenciatura. UJAT DACBiol.
- Archundia, L. V. D., Delgado, O. B., Salas, M. D. C. M., & Berriel, M. D. C. H. (2017). *Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México*. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 18(2), 3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8340266>
- CANACERO. (s.f.). *Acero en cifras*. <https://www.canacero.org.mx/#start>
- Cárdenas, P. R., Piña, A. B., & Robles, F. (2021). Estimación del biogás generado en sitios de disposición final del Estado de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37, 27-38. <https://www.redalyc.org/journal/370/37072384034/html/>
- CFE. (2016). *Guía para determinar el factor de emisión de bióxido de carbono equivalente para el sistema eléctrico nacional*. <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/t/SPA00-63.pdf>
- CMNUCC. (2019). *AMS-III.AJ. Recovery and recycling of materials from solid wastes*. <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/LOWIXM9S6DVO7DGXB21DPVLE8N3VB9>
- Contacto. (16 de abril de 2022). *México recicla más de 17 toneladas de papel al año*. <https://revistacontacto.com.mx/mexico-recicla-mas-de-17-toneladas-de-papel-al-ano/>
- CRE. (2022). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2021*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/706809/aviso_fesen_2021.pdf
- CRE. (2023). *Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/806468/4_-_Aviso_FE_2022_1.pdf
- Diario Oficial de la Federación. (2023, mayo 8). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Ley General para la Prevención y Gestión

- Integral de los Residuos.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir.htm>
- Diario Oficial de la Federación. (2024, abril 1). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>
- Diego, F., Vega, J. R., Martínez, O., Pérez, N. M., & Ruiz, F. (2019). *Eficiencia energética y emisiones de gases de efecto invernadero en dos agroecosistemas en Oaxaca, México*. Ingeniería Agrícola, 9(2).
<https://ojs.edicionescervantes.com/index.php/IAgric/article/view/1101>
- Google Earth. (2024). Premuestra de la ranchería Guineo segunda sección.
<https://www.google.com/earth/>
- El economista. (30 de octubre del 2019). *Reciclaje en México*.
<https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Reciclaje-en-Mexico-20191030-0001.html>
- El Financiero. (4 de septiembre de 2013). *México recolecta latas y otros aprovechan*.
<https://www.elfinanciero.com.mx/archivo/mexico-recolecta-latas-y-otros-las-aprovechan/>
- Espinosa, M., Pacheco, J., & Franco, J. F. (2018). *Potencial de mitigación de proyectos de transporte activo: indicadores de atracción de viajes y emisiones CO2 en ciudades colombianas*. Dyna, 85(205), 302-309.
<https://www.redalyc.org/journal/496/49657889038/html/>
- INECC. (18 de mayo de 2018). *Gases y compuestos de efecto invernadero*.
<https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>
- INECC. (26 de febrero de 2019). *Estado de la calidad del aire en México*.
<https://www.gob.mx/inecc/es/articulos/estado-de-la-calidad-del-aire-en-mexico?idiom=es>
- INECC. (26 de febrero de 2020). *INECC y CCAC buscan reducir Contaminantes Climáticos de Vida Corta, mejorar la calidad del aire y disminuir el impacto del cambio climático*.
<https://www.gob.mx/inecc/articulos/inecc-y-ccac-buscan-reducir-contaminantes-climaticos-de-vida-corta-mejorar-la-calidad-del-aire-y-disminuir-el-impacto-del-cambio-climatico?idiom=es>
- INECC. (5 de octubre de 2021). *Presenta INECC el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990 – 2019*.
<https://www.gob.mx/inecc/articulos/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019-284532?state=published>

- INECC. (2022). *Modulo 4. Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos*. Cuaderno de trabajo para los participantes.
- INEGI. (2020). *México en cifras*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI.
<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=270040103#collapse-Resumen>
- INEGI. (s. f.). Tasa de crecimiento media anual de la población por entidad federativa, años censales de 2000, 2010 y 2020. Recuperado 19 de mayo de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion Poblacion 03 13b8bdfc-8744-4623-a652-03cb6901fd47>
- Informador. (2018). *Vidrio, el residuo rezagado en el reciclaje en México*. <https://www.informador.mx/economia/Vidrio-el-residuo-rezagado-en-el-reciclaje-en-Mexico--20191112-0016.html>
- IPCC. (2007). *Opciones de mitigación*. https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/es/mains4-3.html#:~:text=%5E%20El%20concepto%20de%20%E2%80%9Cpotencial%20de,de%20carbono%20Dequivalente%20evitadas%20o
- Laines, J.R., Magaña, E., Sosa, J. A., López, N., López, A., Cerino, K. I., Cerino, J. D. C. (2023a). *Potencial de mitigación por aprovechamiento de residuos sólidos urbanos valorizables*. En M. D. C. Ponce, J. R. Laines (Ed.), *Hacia ciudades cero residuos* (pp. 97-103). https://assets.zyrosite.com/YX42vRNrnjSZz0yp/memorias_congreso_dirsa-amica_2023-mjE5kK4pQxhP9GJB.pdf
- Laines, J. R., Sosa, J. A., López, N., López, A., Cerino, K. I., Cerino, J. D. C. (2023b). *Cuantificación de residuos sólidos urbanos en una ruta de la cabecera municipal de Jalpa de Méndez Tabasco*. En M. D. C. Ponce, J. R. Laines (Ed.), *Hacia ciudades cero residuos* (pp. 87-96). https://assets.zyrosite.com/YX42vRNrnjSZz0yp/memorias_congreso_dirsa-amica_2023-mjE5kK4pQxhP9GJB.pdf
- León, V. (2010). *Programa de gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el poblado de Cucuyulapa, Cunduacán, Tabasco*. Tesis de licenciatura. UJAT DACBiol.
- Ley General del Cambio Climático. (2022). Artículo 3. Fracción IV. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- Línea Verde. (2023, enero 11). Línea Verde Castrillón. <https://www.lineaverdecastrillon.es/lv/noticiasDestacadas.asp?noticia=37668>

- López, G. C. (2011). *Programa de gestión ambiental comunitario en la ranchería Medellín y Pigua 3ra sección del municipio del Centro, Tabasco*. Tesis de licenciatura. UJAT DACBiol.
- Martínez, J. M. A., & Meraz, E. D. A. (2023). *Estimación de gases de efecto invernadero generados por el tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas: caso de estudio Tabasco*. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 7(1), 19-28. <https://revistas.ujat.mx/index.php/JEEOS/article/view/5478>
- Mendoza, J. F., Orantes, H., & Marcos, O. A. (2018). *Estimación de la reducción de emisiones de co2 debido a la construcción de libramientos carreteros. publicación técnica*, (511). <https://trid.trb.org/view/1512290>
- México ante el cambio climático. (2021). *Alternativa ante el cambio climático*. <https://cambioclimatico.gob.mx/alternativas-frente-al-cambio-climatico/#:~:text=La%20mitigaci%C3%B3n%20consiste%20en%20la,de%20los%20sumideros%20de%20carbono>.
- National geographic. (2023, febrero 28). *¿Qué son los gases de efecto invernadero y cuáles son sus efectos?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>
- Norma mexicana NMX-AA-15-1985. *Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Muestreo - Método de cuarteo*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-015-1985.pdf>
- Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. *Protección al ambiente – Contaminación de suelo – Residuos sólidos municipales – Selección y cuantificación de subproductos*. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>
- Norma Mexicana NMX-AA-061-1985. *Protección al ambiente – Contaminación de suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de la generación*. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO3433.pdf>
- Pérez, D.S. (2012). *Programa Piloto de Educación Ambiental para el Manejo Adecuado de los Residuos Sólidos Generados en la Escuela Primaria José Morgas García*. Tesis de Licenciatura. UJAT DACBiol.
- Pérez, M. H. (2006). *Estimación Preliminar de la Generación de Residuos en la Villa Tamulté de las Sabanas, Centro Tabasco*. Tesis de licenciatura. UJAT DACBiol.

- Pressley, P. N., Levis, J. W., Damgaard, A., Barlaz, M. A., & DeCarolis, J. F. (2015). *Analysis of material recovery facilities for use in life-cycle assessment*. *Waste Management*, 35, 307-317. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X14004346>
- Reglamento de la ley para la prevención y gestión integral de los residuos del estado de Tabasco. (2019). Artículo 100 ter. <https://tabasco.gob.mx/leyes/descargar/1/1010>
- Rueda, J. C. (2019). ¿Aún estamos a tiempo para el 1.5°C? Voces y Visiones sobre el Reporte Especial del IPCC. PINCC. <https://www.pincc.unam.mx/publicaciones/aun-estamos-a-tiempo-para-el-1-5c-voces-y-visiones-sobre-el-reporte-especial-del-ipcc/>
- SEMARNAT. (21 de noviembre de 2017). *¿Qué es el carbono negro?*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/que-es-el-carbono-negro-134747>
- SEMARNAT. (18 de marzo de 2018). *La mayor parte de los residuos son reutilizables y reciclables si se separan*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/la-mayor-parte-de-los-residuos-son-reutilizables-y-reciclables-si-se-separan?idiom=es>
- SEMARNAT. (28 de enero de 2020a). *Día mundial por la reducción de las emisiones de CO₂*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/dia-mundial-por-la-reduccion-de-las-emisiones-de-co2-233219>
- SEMARNAT. (17 de junio de 2020b). *Presenta Semarnat el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos 2020*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/presenta-semarnat-el-diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-residuos-2020>
- SEMARNAT. (22 de octubre del 2021). *Programa de prueba del sistema de comercio de emisiones*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/programa-de-prueba-del-sistema-de-comercio-de-emisiones-179414>
- SEMARNAT. (15 de noviembre del 2022). *Gobierno de México aumenta su compromiso de reducción de emisiones de CO₂e durante la COP27*. <https://www.gob.mx/semarnat/prensa/gobierno-de-mexico-aumenta-su-compromiso-de-reduccion-de-emisiones-de-co2e-durante-la-cop27?idiom=es>
- SERNAPAM, SEMARNAT, & INECC. (s.f.). *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Tabasco (2018-2027)*. Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio

Climático. https://tabasco.gob.mx/sites/default/files/users/sbstabasco/22_Pro_Aire_Tabasco.pdf

Sustain Luum. (2021). *La industria circular del aluminio*. [Archivo PDF]. https://sustainluum.com/wp-content/uploads/2021/02/Industria-Circular-del-Aluminio_15_02_IAL.pdf

UNAM. (25 de enero de 2021). *Cambio climático, principal problema ambiental en el siglo XXI... y en el XXII*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_063.html

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

8 ANEXOS

Tabla A1. Criterio para rechazo de observaciones distintas.

ESTADISTICO	No. DE OBSERVACIONES	PERCENTILES MAXIMOS						
		0.7	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995
r1	3	0.584	0.781	0.886	0.941	0.976	0.998	0.994
	4	0.471	0.560	0.579	0.765	0.846	0.889	0.926
	5	0.373	0.451	0.557	0.642	0.729	0.780	0.821
	6	0.318	0.386	0.482	0.550	0.644	0.698	0.740
	7	0.261	0.344	0.434	0.507	0.586	0.637	0.680
r11	8	0.318	0.385	0.479	0.554	0.631	0.683	0.725
	9	0.288	0.352	0.441	0.512	0.587	0.635	0.677
	10	0.265	0.325	0.409	0.477	0.651	0.597	0.639
r21	11	0.391	0.442	0.517	0.576	0.638	0.679	0.713
	12	0.370	0.419	0.490	0.546	0.605	0.642	0.675
	13	0.351	0.399	0.457	0.521	0.578	0.615	0.649
r22	14	0.370	0.421	0.492	0.546	0.602	0.641	0.674
	15	0.353	0.402	0.472	0.525	0.579	0.616	0.647
	16	0.333	0.386	0.454	0.507	0.559	0.595	0.624
	17	0.325	0.373	0.438	0.490	0.542	0.577	0.605
	18	0.314	0.361	0.424	0.475	0.527	0.561	0.589
	19	0.304	0.350	0.412	0.462	0.514	0.547	0.575
	20	0.295	0.340	0.401	0.450	0.502	0.535	0.562
	21	0.287	0.331	0.391	0.440	0.491	0.524	0.551
	22	0.280	0.323	0.382	0.430	0.481	0.514	0.541
		23	0.274	0.316	0.374	0.421	0.472	0.505
	24	0.268	0.310	0.367	0.413	0.454	0.497	0.524
	25	0.262	0.304	0.360	0.406	0.457	0.489	0.516

Fuente: NMX-AA-061-1985.

Tabla A2. Percentiles de la distribución "t"

Grados de Libertad	t.60	t.70	t.80	t.90	t.95	t.975	t.993	t.995
1	0.325	0.727	1.376	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.289	0.617	1.061	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925
3	0.277	0.584	0.978	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.271	0.569	0.941	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.267	0.559	0.92	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
r 6	0.265	0.553	0.906	1.44	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.263	0.549	0.896	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.262	0.546	0.889	1.397	1.86	2.306	2.896	3.355
9	0.261	0.543	0.883	1.383	1.833	2.262	2.821	3.25
10	0.26	0.542	0.879	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
r 11	0.26	0.54	0.876	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.259	0.539	0.873	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.259	0.538	0.87	1.35	1.771	2.16	2.65	3.012
14	0.258	0.537	0.868	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.258	0.536	0.866	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
r 16	0.258	0.535	0.865	1.337	1.745	2.12	2.583	2.921
17	0.257	0.534	0.863	1.333	1.74	2.11	2.567	2.898
18	0.257	0.534	0.862	1.33	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.257	0.533	0.861	0.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.257	0.533	0.86	0.325	1.725	2.086	2.528	2.845
r 21	0.257	0.532	0.859	1.323	1.721	2.08	2.518	2.831
22	0.256	0.532	0.858	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.256	0.532	0.858	1.319	1.714	2.069	2.5	2.807
24	0.256	0.531	0.857	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.256	0.531	0.856	1.316	1.708	2.06	2.485	2.787
r 26	0.256	0.531	0.856	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.256	0.531	0.855	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.256	0.53	0.855	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.256	0.53	0.854	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.256	0.53	0.854	1.31	1.697	2.042	2.457	2.75
r 40	0.255	0.529	0.851	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.254	0.527	0.848	1.296	1.671	2	2.39	2.66
120	0.254	0.526	0.845	1.289	1.658	1.98	2.358	2.617
∞	0.253	0.524	0.842	1.282	1.645	1.96	2.326	2.576

Fuente: NMX-AA-061-1985.

Tabla A3. DISTRIBUCION NORMAL ACUMULATIVA-VALORES DE Z_p $p = 1-\alpha/2$

P	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	--	-2.33	-2.05	-1.88	-1.75	-1.64	-1.55	-1.48	-1.41	-1.34
0.1	-1.28	-1.23	-1.18	-1.13	-1.08	-1.04	-0.99	-0.95	-0.92	-0.88
0.2	-0.84	-0.81	-0.77	-0.74	-0.71	-0.67	-0.64	-0.61	-0.58	-0.55
0.3	-0.52	-0.50	-0.47	-0.44	-0.41	-0.39	-0.36	-0.33	-0.31	-0.28
0.4	-0.25	-0.23	-0.20	-0.18	-0.15	-0.13	-0.10	-0.08	-0.50	-0.03
0.5	0.00	-0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20	0.23
0.6	0.25	0.28	0.31	0.33	0.36	0.39	0.41	0.44	0.47	0.50
0.7	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	0.77	0.81
0.8	0.84	0.88	0.92	0.95	0.99	1.04	1.08	1.13	1.18	1.23
0.9	1.28	1.34	1.41	1.48	1.55	1.64	1.75	1.88	2.05	2.33

Fuente: NMX-AA-061-1985.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	POTENCIAL DE MITIGACIÓN DEL CO _{2e} POR EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS VALORIZABLES EN LA RANCHERÍA GUINEO SEGUNDA SECCIÓN DEL MUNICIPIO DE CENTRO, TABASCO
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	INGRID PÉREZ BALBUENA LEONARDO MAYO VALIER
ORCID:	https://orcid.org/0009-0008-1753-8620 https://orcid.org/0009-0003-7791-3908
Resumen de la Tesis:	<p>El cambio climático es el problema ambiental más grave en el mundo, siendo las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero la principal causante, por lo que es necesario disminuirlas. El propósito de esta investigación fue trabajar en la comunidad de Guineo segunda sección, Centro, Tabasco, para obtener el potencial de mitigación de los GEI debido al manejo de RSU. El estudio se realizó usando la metodología "AMS.III.AJ. Recuperación y reciclaje de materiales a partir de residuos sólidos" adaptada por el INECC en la que se obtuvieron datos de actividad de la comunidad como la generación per cápita y cuantificación de subproductos usando las normas mexicanas NMX-AA-061-1985 y NMX-AA-022-1985 respectivamente e información oficial de crecimiento poblacional dada por el INEGI. De igual manera se obtuvieron datos de percepción para establecer escenarios de mitigación. Con base a lo anterior, se observó que el 20% de la comunidad está dispuesta a colaborar con el reciclaje y reducción de los RSU. Por lo que se estableció la necesidad de un programa de sensibilización que consistió en un taller con adultos de la comunidad y</p>

	<p>una sesión educativa con niños de primaria. Los principales resultados fueron, el potencial de mitigación para el año 2030 a través del reciclaje, en el escenario más ambicioso fue de 26,247.91 kgCO_{2e} y a través de la reducción fue de 18,650.85 kgCO_{2e}.</p>
<p>Palabras claves de la Tesis:</p>	<p>Cambio climático, mitigación, CO_{2e}, RSU, GEI.</p>
<p>Referencias citadas:</p>	<p>Álvarez, A., & Medrano, O. R. (2020). Caracterización geomorfológica de la subcuenca río Mezcalapa, región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH-30) en sureste de México. <i>Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes</i>, 80, 32-44. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7774551</p> <p>Arcia, J.C. (2009). <i>Diagnostico básico de los residuos sólidos generados en la Reserva Ecológica Cascadas de Reforma, del municipio de Balancán, Tabasco</i>. Tesis de licenciatura. UJAT DACBiol.</p> <p>Archundia, L. V. D., Delgado, O. B., Salas, M. D. C. M., & Berriel, M. D. C. H. (2017). <i>Emisión de gases de efecto invernadero en dos sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos en México</i>. <i>Ingeniería, investigación y tecnología</i>, 18(2), 3. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8340266</p> <p>CANACERO. (s.f.). <i>Acero en cifras</i>. https://www.canacero.org.mx/#start</p> <p>Cárdenas, P. R., Piña, A. B., & Robles, F. (2021). Estimación del biogás generado en sitios de disposición final del Estado de México. <i>Revista internacional de contaminación ambiental</i>, 37, 27-38. https://www.redalyc.org/journal/370/37072384034/html/</p>