

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO

**ESTUDIO DE GENERACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS DOMICILIARIOS (RSD) EN LA
CABECERA MUNICIPAL DE CHIAPILLA,
CHIAPAS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTA:
CLAUDIA PATRICIA HERNÁNDEZ
RODRÍGUEZ**

**DIRECTOR:
DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS**

**CODIRECTOR:
DR. JUAN ANTONIO ARAIZA AGUILAR**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

ABRIL 2024





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
Fecha: 17 de Abril de 2024

C. Claudia Patricia Hernández Rodríguez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Estudio de generación y caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) en la cabecera

Municipal de Chiapilla, Chiapas.

En la modalidad de: Informe Técnico.

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar

Dr. Juan Antonio Araiza Aguilar

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Firmas:

[Firma]
[Firma]
[Firma]

Ccp. Expediente



Agradecimiento

Agradezco primeramente a toda mi familia, padres y hermanos, que siempre estuvieron conmigo brindando su gran apoyo incondicional para lograr y cumplir otra meta más en mi vida académica. Puesto que con sus cariños y atención me han impulsado para seguir siempre adelante y no desistir. También por el soporte material y económico en poder seguir en la línea central de los estudios y nunca abandonarlo a pesar de las adversidades.

Agradezco a mis asesores: Dr. Hugo Alejandro Nájera Aguilar, Dr. José Manuel Gómez Ramos y en especial al Dr. Juan Antonio Araiza Aguilar, que estuvieron conmigo a la par, para que este trabajo se llevara a cabo y culminarlo, por sus paciencia, dedicación, palabras, correcciones, guía y consejos, también fueron mis docentes que transmitieron sus conocimientos necesarios durante mi camino universitario.

Agradezco también ante mano al presidente de la cabecera Municipal de Chiapilla Chiapas, por el gran apoyo brindado durante la realización y seguimiento del proyecto realizado, al Ing. Valdemar Flores López, y por supuesto, también a la participación de todas las personas de este municipio de Chiapila que participaron en este estudio de generación y caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), que sin su participación no se hubiera logrado realizar este trabajo.

A mi madrina, a la Lic. Margarita Penagos Contreras, quien me abrió sus puertas de su casa para dame cobijo, apoyo, techo, alimento, protección y su gran confianza que deposito en mí para realizar y cumplir mis metas, a quien me considero como parte de su familia, gracias por todo su amor y cariño.

A mi gordito, Darinel Domínguez Hernández, que llegaste justamente en el momento que nunca me imagine, que siempre creíste y que pusiste tu fe en mí, diciéndome que lo lograría, que con tus palabras, paciencia y ánimos me impulsabas poco a poco, y ahí estuviste siempre para motivarme día a día, me ayudaste hasta donde te era posible, he incluso hasta más que eso. Muchas gracias mi amor por todo, te amo, te amo infinitamente My Gordito.

A mis compañeros de generación, que durante este recorrido se volvieron parte de mi familia, mis amigos, cómplices y hermanos: Teresa Paulina Ramírez Velázquez, José Francisco Medina Pérez, Rosa Isabel Flores Duque, Claudia Karina Gómez Galdámez y Maritza Monserrat Rodríguez Yoqui, que fueron pocos, pero los más sincero y necesario durante este tiempo y etapa de mi formación académica. Gracias por las horas y días compartidas, los trabajos, la ayuda, los equipos en los proyectos que nos hicieron ganar muchas veces y las historias vividas.

Dedicatoria

En primer lugar, a mi adorable, preciosa y amorosa madre que Dios me dio en esta vida, María Nely Rodríguez Pérez, por tu cariño, paciencia, apoyo, consejos y por, sobre todo, la gran confianza que depositaste en mí y el valor para seguir adelante. ¡Que nunca me vayas a faltar!

Y como no acordarte de ti insuperable, trabajadora, luchona, bella hermana Maricely Hernández Rodríguez, por darme el apoyo incondicional quién eres el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional y de este logro que no es solo mío, también es el tuyo, y sobre todo, la gran confianza que depositaste en mí, en ti veo un espejo a en la cual me quiero reflejar por tus virtudes infinitas, tu gran corazón, por tus ejemplos a seguir adelante, por tu valentía, por el gran corazón que tienes y me llevan a admirarte cada día más. Dios, gracias por concederme a la mejor hermana del mundo.

A mi querido padre, Rocelino Hernández Rodríguez, por tu gran apoyo, forjarme para ser la persona quien soy, y que este logro que hoy comparto contigo te lleno de orgullo como yo lo estoy sintiendo.

A mis hermanos José Luis Hernández Rodríguez, Pablo Uriel Hernández Rodríguez, quienes son parte de mi vida, por el gran apoyo de estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, quienes son las personas que me han ofrecido su amor, calidez y apoyo de esta familia a la cual amo con toda mi vida

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Antecedente.....	8
1.2 Planteamiento del problema.....	10
1.3 Justificación.....	12
II. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos generales:.....	14
2.2 Objetivos específicos:.....	15
III. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Concepto y clasificación de los Residuos sólidos.....	15
3.1.1 Clasificación según su origen.....	16
3.1.2 Clasificación según su composición.....	18
3.1.3 Clasificación de los residuos.....	19
3.1.4 Generación total anual per cápita de la caracterización de los residuos sólidos en México....	20
3.2 Tipo de contaminación ambiental.....	21
3.3 Manejo de los residuo.....	27
3.3.1 Gestión integral de los residuos.....	27
3.3.2 Vehículos para la recolección de los residuos sólidos.....	28
3.3.3 Disposición final y Características de los rellenos sanitarios.....	30
3.4 Marco legal.....	32
3.4.1 Normas mexicanas.....	34
3.4.2 Descripción de las características del sitio de disposición final.....	35
IV. METODOLOGIA.....	37
4.1 Descripción del área de estudio.....	37

4.2	Recolección de muestras de los residuos solidos	53
4.3	Obtención de la tasa de generación per cápita de los residuos solidos	53
4.3.1	Materiales y equipo.....	53
4.3.2	Procedimiento de campo	53
4.3.3	Evaluación de resultados.....	56
4.4	Desarrollo del método de cuarteo	57
4.4.1	Materiales y equipo.....	57
4.4.2	Procedimiento en campo	57
4.5	Determinación del peso volumétrico.....	58
4.5.1	Materiales y equipo.....	58
4.5.2	Procedimiento en campo	59
4.5.3	Tratamiento de la información.....	60
4.6	Determinación de la composición de residuos sólidos	61
4.6.1	Materiales y equipo.....	61
4.6.2	Procedimiento de campo.	62
4.6.3	Categorías aprovechables	64
V.	RESULTADOS.....	66
5.1	Selección de muestras.....	66
5.2	Generación per cápita domiciliaria	66
5.3	Peso volumétrico.....	68
5.4	Cuantificación de subproductos.....	69
5.5	Generación per cápita	72
VI.	CONCLUSIONES	72
VII.	REFERENCIAS.....	74
VIII.	ANEXOS.....	79

8.1	Análisis de generación per cápita.....	80
8.2	Análisis de pesos volumétricos.....	84
8.3	Análisis de cuantificación de subproductos	85
8.4	Análisis estadístico	88
8.4.1	Obtención de datos de la población y muestra	88
8.4.1	Numeración en orden progresivo de los datos y orden en forma creciente	90
8.4.1	Rechazo de observaciones sospechosas con el criterio de Dixon.....	92
8.4.2	Análisis de los valores estadísticos.....	96
8.4.3	Determinación del tamaño real de la muestra	97
8.4.4	Análisis de confiabilidad	98

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	Principales características de un relleno sanitario.....	30
Tabla 2.	Tipos de rellenos sanitarios.....	32
Tabla 3.	Tamaño de muestra según niveles de confianza.....	54
Tabla 4.	Componente de las fracciones de los RSU	65
Tabla 5.	Promedio de generación en la cabecera Municipal. De Chiapilla, Chiapilla.....	67
Tabla 6.	Promedio de peso volumétrico en el área de estudio.....	68
Tabla 7.	Composición de los residuos sólidos domésticos de Chiapilla, Chiapas.....	69
Tabla 8.	Generación de residuos de fuentes generadora.....	72
Tabla 9.	Generación promedio de las 86 muestras en la cabecera municipal.....	89
Tabla 10.	Cálculo de “r” permisibles.....	94
Tabla 11.	Determinación de estadísticos del estudio.....	96
Tabla 12.	Tamaño real de la muestra.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caracterización de los residuos en México.....	21
Figura 2. Contaminación del suelo.....	23
Figura 3. Contaminación del agua.....	24
Figura 4. Contaminación del aire.....	26
Figura 5. Porcentaje de participación de vehículos de recolección, según su tipo, nivel estado.....	29
Figura 6. Ubicación del SDF.....	36
Figura 7. Ubicación del espacio de trabajo dentro del SDF.....	37
Figura 8. Mapa del municipio de Chiapilla en el Estado de Chiapas.....	45
Figura 9. Municipio de Chiapilla Chiapas actualmente.....	46
Figura 10. Mapa de las localidades circunvecinos de Chiapilla.....	47
Figura 11. Mapa de relieve.....	48
Figura 12. Mapa del clima del municipio de Chiapilla.....	49
Figura 13. Mapa de la Geología (clase de roca) en el Municipio de Chiapilla.....	50
Figura 14. Mapa de tipos de suelos dominantes.....	51
Figura 15. Mapa del uso de suelo y vegetación.....	52
Figura 16. Entrega de bolsas en el estudio.....	56
Figura 17. Cuarteo de residuos sólidos urbanos.....	58
Figura 18. Determinación del peso volumétrico.....	60
Figura 19. Selección de subproductos.....	64
Figura 20. Fracciones de los RSU generados en Chiapilla, Chiapas.....	71

I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTE

Durante las últimas dos décadas del siglo XX y las primeras décadas del siglo XXI, los problemas ambientales han sido reconocidos y se han convertido en una prioridad en casi todos los países del mundo. Se necesita con urgencia una relación sostenible entre la superpoblación, la cultura de consumo y la demanda irracional de recursos naturales (Galvis, 2016). El crecimiento y concentración en México demandará diversos insumos para su sostenimiento como agua, energía y materiales, así como la adecuada disposición de desechos vertidos al agua, aire y suelo, donde el vertido inadecuado de residuos sólidos altera la calidad de estos tres recursos, así como su impacto en la salud humana y de los ecosistemas (Calva & Rojas, 2014).

En América Latina y el Caribe, el impacto ambiental negativo ocasionado por el inadecuado manejo de los residuos sólidos municipales (como anteriormente se conocía) especiales y peligrosos, se manifiesta en el siguiente orden decreciente de riesgo: sitios de disposición final, sitios de almacenamiento temporal, estaciones de transferencia, plantas de tratamiento y recuperación, y finalmente, en el proceso de recolección y transporte (Acuario, Rossin, Teixeira, & Zepeda, 1997). Hoy en día, se conocen como Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que son los desechos comunes de los hogares, escuelas, oficinas, comercios, bares, barrido de calles y otros similares.

Dentro de esos residuos se encuentran diferentes tipos, clasificados de acuerdo con su estado (líquido, sólido, gaseoso), origen (residencial, comercial, industrial); manejo (peligrosos e inertes) y, por último, a su composición (orgánicos e inorgánicos) (Álvarez, 2021). El crecimiento poblacional, la globalización y la creciente cultura consumista han venido presionando la demanda de recursos naturales y el aumento en la generación de residuos sólidos, derivando en un alto riesgo para el ambiente y la salud pública e imponiendo un gran reto desde la perspectiva de la gestión ambiental (Sánchez, 2018).

La población desconoce el manejo adecuado de los residuos sólidos, y muchas veces existe el desinterés de la autoridad local frente a esta problemática, afectando significativamente al mejoramiento del proceso integral que afrontan entre otros aspectos y las municipalidades son las encargadas del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos, y la gestión municipal hoy en día tiene un reto muy grande

para poder dar la atención debida a toda la población, respecto del manejo de los residuos sólidos domiciliarios, que se producen diariamente (Bartra & Delgado, 2020).

Actualmente en todos los municipios del Estado de Chiapas, el manejo de los RSU se ha llevado a cabo sin apego a la Normatividad existente en la materia lo que ha ocasionado daños al ambiente y a la salud de los habitantes (Pérez & Peña, 2009). Los estudios de caracterización pueden resultar muy útiles para diseñar algunas estrategias de manejo porque permiten distinguir material susceptible a ser reciclado en los sistemas urbanos (Alvarado, Nájera, H, Gonzáles, & Palacios, 2009).

Dentro de los 124 municipios que conforma la entidad del estado de Chiapas, se han realizado y publicado estudio de generación o diagnósticos de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD), como es en caso de (Mayer, 2012), (Pérez & Peña, 2009), (Alfaro, 2016), (Hernández, y otros, 2016) y (Sánchez, 2018), en diversos municipios y ejidos como Jiquipilas, ejido nuevo volcán Chichonal, municipio de Juárez, Suchiapa, Salvador Urbina, municipio de Ángel Albino Corzo, entre otros, siendo que el manejo de residuos sólidos involucra aspectos que van desde su generación, manejo, tratamiento y disposición final con el fin de minimizar el impacto hacia el medio ambiente.

Rumbo a este sentido va enfocado este presente trabajo dando resultados de un estudio de generación y cuantificación de subproductos de los RSD, elaborado en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, tomando solamente la parte domiciliarias, generados en casas habitación, y que con las normas mexicanas se aplican las metodologías para determinar la generación y la caracterización de los residuos, de igual manera su estimación.

De tal forma, este estudio se direcciona de la obtención de información cuantitativa y cualitativa de la cantidad y características de los RSD generados, utilizando métodos estadísticos de muestreo y analíticos que se encuentran en las normas mexicanas, para así poder determinar las tasas de generación per cápita, peso volumétrico, porcentajes de los componentes aprovechables, con el fin de sustentar deducciones, aprender a manejar y aprovechar adecuadamente los residuos que se produce, dejar de verla como se percibe y verla como residuos que son objetos y que se pueden transformar en otro bien, con valor económico, teniendo los ajustes necesarios para desarrollar alternativas de solución en el manejo y disposición final de estos, dando el mejoramiento o implementación de futiros programas, recolecciones y tratamiento de los residuos en cada uno de los municipios de todo el mundo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, el rápido crecimiento de la población mundial y la mejora de los hábitos de consumo inciden en gran medida en la generación de los residuos que se pretenden desechar por parte de sus productores o poseedores, y pueden derivarse de procesos de producción, transformación, uso, consumo o limpieza en actividades domésticas, comerciales y de servicios en los centros urbanos.

Los residuos generan problemas en la sociedad, que viene aconteciendo todo aquello que los seres humanos producen, utilizan y consumen, este problema se presenta cada día debido a la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo han incrementado la cantidad de residuos que se genera día tras día, cuando se produce un mal tratamiento inadecuado de los residuos (quemados a cielo abierto, disposición en tiradero o vertedero inadecuados, el mal manejo ineficiente por parte de las instituciones encargadas de realizarlo, o mala construcción de los SDF, entre otras) dan efecto desagradables como la contaminación del medio ambiente, problemas de la salud, conflictos sociales, económicos y políticos, así como también, la acumulación de los residuos se convierte en una casa de cría para vectores de enfermedades tales como moscas, zancudos, roedores y otros agentes de enfermedades infecciosas que se desarrollan en los mantos acuíferos contaminados y otras fuentes de agua potable.

La recolección y eliminación de los residuos es un problema serio que nos afecta a todos, en la zona rurales (municipios, colonia, etc.) donde a veces se carece de educación ambiental, la poca conciencia ambiental de la población, la baja capacidad de inversión del país en general para el manejo de los residuos, el crecimiento de una cultura orientada al consumo, una falta de educación formal sobre el tema y un marco normativo ineficiente y desactualizado hace esto aún más difícil la tarea de recolección, entre otras.

Los estudios de generación de residuos tienen un enfoque de transversalización de la sustentabilidad y el desarrollo económico y social, que al generar información con datos que describan la realidad sobre la generación y composición de los residuos es muy importante, y que a partir de la medición del fenómeno y discusión de los resultados contribuya en la formación y diseño de políticas públicas encaminadas a lograr una ciudad más limpia y sustentable (Aguilar, Jiménez, López, & Matadamas, 2012).

Así como también los estudios de caracterización de los residuos son un conjunto de acciones con base en una metodología para recolectar los datos que permitan determinar las cantidades de residuos sólidos, su composición u propiedades en una localidad y tiempo determinado, asimismo para determinar

el cumplimiento de los programas nacionales y estatales de gestión y la implementación de mejoras de los diseños de sistemas de gestión y tratamiento de los residuos sólidos de una población a partir de la determinación de generación, composición y densidad (Ruiz, 2013).

La caracterización de la composición de los RSD permite determinar la cantidad de residuos, que al conocer esta caracterización se puede establecer el mercado de reciclaje y el potencial energético, además es la mayor parte de estos RSD son homogéneas en generación per cápita comparadas con otras fuentes que son fluctuantes según el rubo (hoteles, industrias o mercados), esto se presenta como un problema político y tecnológico, debido a la falta de decisión para establecer el relleno sanitario en el lugar apropiado, contemplando con un marco legal proporcionado por las entidades involucradas, se requiere de estudio consistentes para tener en claro los conceptos de generación per cápita y caracterización de residuos, siendo que esta manera se podrá desarrollar proyectos destinados a corregir las ineficiencias en el manejo y DF de los residuos sólidos, con el objetivo de que a mediano plazo y a largo plazo se pueda establecer programas educativos ambientales (Quillos, Escalante, Sánchez, Quevedo, & De la Cruz, 2018).

Los escasos de reporte sobre estudio de generación de los residuos, la falta de capacitación por parte de las personas encargada de la gestión, el no hacer las separación adecuada, falta de información, es a partir de las problemáticas y las necesidades de poder comenzar obtener los datos necesarios de generación per cápita y la tasa de generación de los residuos sólidos y así poder generar diagnósticos específicas para cada uno de sus necesidades que conlleven en cada municipio (Roja & Amézquita, 2019).

Como podemos observar, son muchas cosas que debemos de tomar en cuenta para darle una buena importancia a los estudios de RSD y cuáles son las necesidades de conocer los datos de la tasa de generación, las cantidades de los residuos y la generación per cápita, que al recopilar estos datos reales y actualizados que se obtiene de los estudios, permite que los municipios tengan la confiabilidad de saber y poder diseñar infraestructuras nuevas, evaluar los volúmenes a depositar a través de un relleno sanitario (RS) junto con el correcto manejo de residuos permitiendo que se reduzca la cantidad de residuos que se acumulan en los rellenos sanitarios e incrementando la vida útil de RS y saber cuál es el número de camiones recolectores de residuos adecuados. Además, permite que se haga una gestión más controlada de los residuos que es un gran beneficio para el medio ambiente.

Según la Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2021), se debe seguir una jerarquía para minimizar la generación de los residuos, que es el primer paso. Por lo tanto, la

reutilización, la recolección a través del reciclaje, el tratamiento, la eliminación y la separación de lo orgánico e inorgánico, son acciones posteriores a tomar.

Chiapilla es uno de los 124 municipios que conforman el estado mexicano de Chiapas. La localidad cuenta con un SDF intermunicipal, de la cual comparte con otras tres comunidades (Acala, San Lucas y Totolapa) y la vida del sitio de disposición final disminuya aún más.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los residuos generados durante las actividades realizadas en los municipios y sus alrededores, más el crecimiento de la población y su disposición se han convertido en un problema global y regional como se ha venido mencionando con anterioridad.

La disposición de los residuos, muchas veces ocasionan problemas sociales y ambientales que necesitan ser atendidos en esta sociedad de consumo. Una de estas direcciones es ver el problema de los residuos no como un problema de vertedero o incineración, sino como un recurso económico y una oportunidad para recuperar un recurso valioso que contribuye al desarrollo sostenible.

México genera aproximadamente 102,895.00 toneladas de RSU, de las cuales se recolecta 83.93% y se disponen en SDF 78.54%, reciclando únicamente el 9.63% de los residuos generados (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017). También los Residuos Peligrosos (RP) y los Residuos de Manejo Especial (RME), que, al ser eliminada inadecuadamente estos residuos, ocasionan múltiples impactos peligrosos en los ecosistemas.

Se estima que la generación de residuos per cápita calculada total en el estado es de 0.944 kg/hab/día y la generación total en el país se estima en 120,128 t/día. Asimismo, a nivel nacional se estiman 38,351 t/día de residuos aprovechables mediante el reciclaje o la recuperación de energía; 56,427 t/día de residuos orgánicos que pueden ser tratados mediante compostaje o biodigestión; y 26,779 t/día de otros residuos, que posiblemente no sean aprovechables. Indican datos relevantes que deben ser considerados por los gobiernos federal, estatales y municipales para desarrollar las políticas públicas para su gestión adecuada (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales , 2020).

De acuerdo a la actividad económica y las clasificaciones de Residuos Sólidos, se deben analizar e identificar qué tipo de residuo se genera más para proceder de la manera correcta y eficiente en el manejo de la misma. Esto es importante porque cada tipo de residuo tiene características diferentes, al igual que su proceso de tratamiento y manejo.

La problemática que plantean los residuos sólidos, como consecuencia e impacto en la contaminación ambiental y el agotamiento de los recursos naturales, ocasiona que sea necesario buscar caminos de medidas de gestión adecuadas desde una perspectiva social, ambiental y económica. La relación entre la salud pública y el almacenamiento, recolección y disposición inadecuados de los desechos sólidos se evidencia en la proliferación de roedores, moscas y otros patógenos que se reproducen en la acumulación de los residuos.

Estos residuos deben gestionarse adecuadamente para minimizar el impacto negativo que pueden tener en las comunidades y su entorno. Sin embargo, la recolección y eliminación de estos desechos no ha escapado a los desafíos de la complejidad, la calidad, la biodiversidad, la reducción de los vertederos y el aumento de las regulaciones ambientales destinadas a proteger a los ciudadanos, las floras y faunas de los daños de la contaminación.

Los estudios de generación y caracterización de los residuos sirven para formular propuestas dirigida a las autoridades que conforman a los municipios, encaminada a mejorar el manejo los residuos sólidos, hacer propuestas de diseños de contenedores según su tipo de residuos, trípticos, vallas publicitarias, vehículos recolectores y equipo de protección personal (Romero & Vásquez, J, 2022). Y de forma planificada, ordenada y asequible para tomadores de decisiones y gestores ambientales que responden al desarrollo económico y social (Urbina & Zuñiga, 2016).

Por lo tanto, es de suma importancia el saber y tener el conocimiento de la generación y composición de los RSD para la buena gestión de los residuos, y con todo lo que mencionan los autores, a encontrar ciertas soluciones para reducir y utilizar los residuos de forma adecuada para una viabilidad de opciones de tratamientos y disposición final, formas para reciclar, con líneas de condiciones locales que determinen los requerimientos de equipos y personas.

Conocer la composición de los residuos sólidos es fundamental para planificar cualquier tipo de estrategia nacionales para el manejo de residuos; sin embargo, es complejo obtener datos de buena calidad

y consistentes, también los RSD tienden a una mayor diversidad de componentes y materiales, así como a un aumento en la producción per cápita diaria de los residuos (Hernández et al., 2016).

Con este punto de vista del autor, los estudios de generación en materia de los residuos, son herramienta estimable para la planificación, determinar el índice de generación per cápita y sus respectivas composiciones porcentuales de los materiales que tiene los residuos, y así poder reducir los impactos negativos ambientales por el mal manejo inadecuados de los residuos sólidos, que conjunto conlleva a las actividades para tener la participación activa de los gobiernos municipales, quienes son ellos los encargados y dominio de especificar el mejor manejo de los residuos.

Cabe mencionar que el municipio cuenta con un relleno sanitario de tipo C (50 y menor de 100 de recolección de RSU ton/día) e intermunicipal, con convenio de administración por temporadas con cuatro municipios: Chiapilla, Acala, Totolapa y San Lucas. Este relleno se construyó en marzo del 2015 proyectando a 12 años, quiere decir que hasta el año 2027 tiene su vida útil, por lo consiguiente nos queda 3 años más para que esto llegue a su alcance de consumación. Está autorizada por la SEMAHN y no está asociado con ninguna otra dependencia. Un proceso educativo para educar e ilustrar al público sobre la importancia de la participación ciudadana para reducir, reutilizar y reciclar de forma racional. Este tema afecta a todas las comunidades a las que tiene acceso a este Sitio.

Por ello, el objetivo del presente trabajo es proporcionar datos actuales sobre la caracterización de los RSD en la cabecera municipal de Chiapilla Chiapas, dados que son necesarios estos datos porque se carece de información, surgiendo como una herramienta para trabajos de planificación urbana, analizando el comportamiento de la población de acuerdo a su calidad desde el punto de vista de los residuos que se generan y a los problemas que implican en el mal manejo de los residuos y acumulación del mismo en el SDF y que podría alargar más su vida útil de lo que está establecido.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GENERALES:

- Realizar el estudio de generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, con la aplicación de las normas técnicas en materia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Recolectar muestras de residuos sólidos en las casas habitación en un periodo de una semana en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas.
- Encontrar la tasa de generación per cápita de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Chiapilla Chiapas, de acuerdo a la NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación, que establece para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de casas habitación.
- Cuantificar los subproductos de los residuos sólidos domiciliarios que se genera en la cabecera municipal de Chiapilla Chiapas, de acuerdo a la NMX-AA-15-1985 Muestreo – Método de cuarteo que establece el método de cuarteo de los residuos de características homogéneas junto con la NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos, que establece la selección y cuantificación de subproducto.
- Obtener el peso volumétrico de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de Chiapilla Chiapas, de acuerdo a la NMX-AA-19-1985 Determinación del peso volumétrico “in situ”, que establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de “cuarteo”.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Debido al enfoque central que tiene este trabajo de los residuos sólidos, es muy importante tener en claro el concepto que tiene de los residuos, a continuación, se describen.

En el artículo 3° en la fracción XXXII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) los residuos los define como:

Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (LGEEPA, 2022).

En el artículo 3° en la fracción XXIX de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) lo define como:

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 esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven (LGPGIR, 2021).

Otra definición de los residuos es que son desechos que se clasifican por ser orgánicos y/o inorgánicos, son producto de las actividades de los procesos de elaboración, variación o utilización de bienes y servicios (Macedo, 2022). Los residuos sólidos se clasifican también según por su origen, su composición y su clasificación de residuos, de las cuales se mencionarán a continuación.

3.1.1 Clasificación según su origen

A continuación, se definen los residuos sólidos que se clasifican por las actividades según su origen como lo menciona (Sánchez, 2018):

- **Domiciliares:** Residuo que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar.

El autor (Macedo, 2022) menciona que estos residuos domiciliarios son residuos de actividad doméstica, que están divididas principalmente en orgánico (resto de comida, hojas secas, cascara de frutas o verduras, etc.) e inorgánicos (botellas de plásticos, vidrios, papel y cartón, etc.).

- **Comercial:** Son residuos generados en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado.

Estos residuos son generados en los establecimientos de bienes y servicios (restaurantes, supermercados, tiendas, bares, banco, centro de espectáculos, oficinas, entre otros), y que los tipos de residuos que se generan son restos de comidas, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, madera,

vidrios, latas, metales, fierro, no fierro, muebles, electrodomésticos, colchones, aceites, productos de limpieza, etc. (Rentarías & Zeballos, 2014).

- Residuos agropecuarios: Incluye los residuos tanto de la producción de vegetales y frutas como los de la cría de ganado. No dependen de la municipalidad y, en ocasiones, llegan a constituir verdaderos problemas ambientales.

Estos residuos proceden de actividad agrícolas como el abono, siembra, riego, cosecha, etc. Así como el cuidado y alimentación de animales para el consumo humano bajo un proceso sanitario, estos residuos tienen un alto valor económico, ya que son materiales orgánicos, la cual puede ser explotada para obtener materia útil reduciendo la fuente de contaminación en el suelo y agua (Macedo, 2022).

- Agrícolas: Son aquellos generados por la crianza de animales y la producción, cosecha y segado de cultivos y árboles, que no se utilizan para fertilizar los suelos (Sánchez, 2018).
- Industriales: Son residuos generados en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipo e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación.

Residuos generados por las actividades de las diversas ramas industriales (manufacturera, minera, química, energética, pesquera, artes gráficas, mecánicas, textil, etc.), que su tipo de residuos es de papel, cartón, plásticos, textil, cuero, madera, aserrín, vidrio, latas, pinturas, lacas, tamices, grasas, hierro, metales, residuos tóxicos y peligrosos, etc. (Rentarías & Zeballos, 2014).

- Construcción o demolición: Son aquellos que resultan de la construcción, remodelación y reparación de edificios o de la demolición de pavimentos, casas, edificios comerciales y otras estructuras.

Son todos los residuos que se generan a partir de las actividades de construcción y demolición de edificios e infraestructuras, entre estos residuos constan: bloques, piedras, maderas, entre otros (Romero & Vásquez, J, 2022).

3.1.2 Clasificación según su composición

De igual manera, los residuos sólidos se clasifican según su composición como lo menciona (López, 2018), estos son:

- **Residuos Orgánicos:** Son el conjunto de desechos provenientes de vegetales o animales o sus subproductos. Forman parte de más de la mitad de nuestros desperdicios y tienen la particularidad de poder desintegrarse o descomponerse: son biodegradables.

Estos residuos son de origen biológicos (vegetal o animal), que se descomponen naturalmente, generando gases (dióxido de carbono y metano, entre otros) y lixiviados en los lugares de tratamiento y DF (Carrasco, 2019).

- **Residuos Inorgánicos:** Son aquellos residuos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados, pilas, etc.

Estos residuos inorgánicos son de origen mineral o producidos industrialmente que no se degradan con facilidad, la cual pueden ser aprovechados mediante procesos de reciclaje (Carrasco, 2019).

- **Los Reciclables:** Por sus características en composición aún son aptos para elaborar otros productos o refabricar los mismos, ejemplos de estos se tiene el plástico, vidrio, metales. El papel y el cartón (ambos residuos de tipo orgánico), se pueden reclasificar dentro de la categoría de residuos inorgánicos de tipo reciclables, para facilitar su acopio y evitar su contaminación por contacto con los residuos orgánicos.

El reciclaje pretende convertir de los materiales que componen los residuos en materiales reusable en los procesos productivos, estos tienen la ventaja de reducir el volumen de materiales que requieren ser recolectados, transportados y dispuestos en sitio adecuados (SEMARNAT, 2016).

- **Los No Reciclables:** Residuos que por sus características o porque se encuentran contaminados no son aptos para un proceso de transformación industrial que garantice su uso para fabricar nuevos productos.

Los residuos no reciclables son materiales que resulta muy difícil de reciclar debido a su composición, la falta de tecnología adecuada, la baja demanda o escasez de recursos financieros,

muchos de estos residuos pertenecen a los residuos peligrosos, que se almacena en depósitos controlados ya que es muy difícil de aprovecharlos para otros usos.

3.1.3 Clasificación de los residuos

Dentro de los residuos podemos encontrar también su clasificación de los residuos en:

- Residuos Sólidos urbanos (RSU): Los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por esta Ley como residuos de otra índole (LGPGIR, 2021).
- Residuos de Manejo Especial (RME): Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos. (LGPGIR, 2021).

Se clasifican según en esta misma ley en el artículo 19 en:

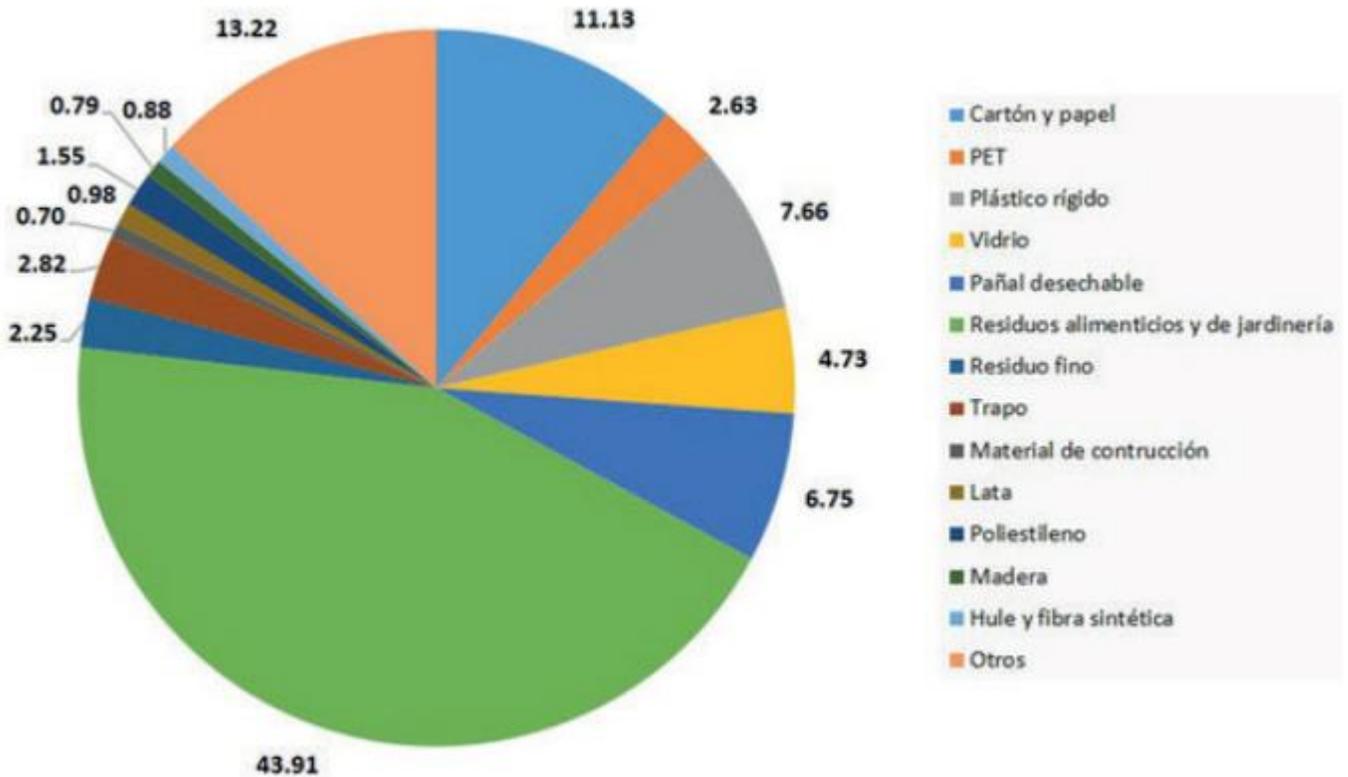
- a) residuos de las rocas o de los productos de su descomposición;
- b) residuos de servicios de salud, con excepción de los biológico-infecciosos;
- c) residuos generados por las actividades pesqueras, agrícolas, silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de insumos;
- d) residuos de los servicios de transporte generados en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias, aduanas;
- e) lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales;
- f) residuos de tiendas departamentales o centros comerciales; g) residuos de la construcción, mantenimiento y demolición;

- h) residuos tecnológicos provenientes de la industria de la informática, electrónica, vehículos automotores, y
 - i) otros que determine la SEMARNAT y entidades federativas.
- Residuos Peligrosos (RP): Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio, de conformidad con lo que se establece en la Ley (LGPGIR, 2021).

3.1.4 Generación total anual per cápita de la caracterización de los residuos sólidos en México

La generación total anual per cápita de los residuos orgánicos en México es de 327.3 millones de toneladas, de los cuales, solo el 7% es aprovechada por medio de actividades como digestión anaeróbica y compostaje industrial.(De Anda, García, Peña, Seminario, & Nieto, 2021) muestran la generación total anual per cápita de la caracterización de los residuos sólidos en México en la figura 1.

Figura 1. Caracterización de los residuos en México.



Recuperado de: Recursos Naturales y Sociedad, 2021 con base en (SEMARNAT, 2020).

3.2 TIPO DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Dentro de la amplia gama de temas que guardan relación con la problemática ambiental y que en los últimos años ha tomado fuerza en los programas de protección del medio ambiente a nivel mundial se encuentra la gestión de los residuos sólidos. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad y su meta básica es administrar los residuos de tal forma que sean compatibles con el medio ambiente y la salud pública. (Orosio, 2018) menciona que todos estos residuos generan una gran contaminación ambiental, en específico a los recursos naturales como:

Contaminación del suelo

El suelo ha sido utilizado para depositar los residuos sólidos, incluyendo aquellos que han sido removidos del aire y tierra. En los últimos años, la mayor parte de los esfuerzos en la protección ambiental se han bocado a limpiar el aire y el agua, así como evitar que se sigan contaminando, esto porque su relación con los problemas a la salud de la población es más directa.

Sin embargo, no se deben descuidar los aspectos de contaminación del suelo, ya que estos amenazan no solo a los usos futuros del suelo mismo, sino a la calidad del aire circundante, al agua superficial y al agua subterránea, ya que los contaminantes en la superficie de la tierra se transportan hacia el aire, como las bacterias o virus que se propagan en el aire en los tiraderos a cielo abierto.

Figura 2. Contaminación del suelo.



Recuperado de: (FAO, 2019).

Un suelo contaminado es aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos. Al mismo tiempo se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que originan modificaciones importantes en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figura 2).

El grado de contaminación de un suelo no puede ser estimado exclusivamente a partir de los valores totales de los contaminantes frente a determinados valores guía, sino que se hace necesario considerar la biodisponibilidad, movilidad y persistencia.

Es por ello que el suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida, es vulnerable, de difícil y larga recuperación y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso no renovable, la cual la degradación creciente del suelo va perdiendo sus materiales y que sean irre recuperables del mismo (Silva & Correa, 2009).

Contaminación del agua.

La contaminación del agua es debido al inadecuado uso y manejo que los diversos sectores hacen de estos recursos. Fundamentalmente se agrupan para el caso del diagnóstico en tres: son agropecuario, la agrícola, social e industrial.

Los principales contaminantes son: materia orgánica, nutrientes (nitrógeno y fósforo) y microorganismos (coliformes totales y coliformes fecales), pero hay otros como los metales y los derivados de hidrocarburos, que se presentan en áreas con actividad industrial.

Figura 3. Contaminación del agua.



Recuperado de: (Grupo America, 2019).

La mayor parte de la contaminación se origina en los usos urbano, industrial y agrícola, sin dejar de lado el impacto de la contaminación natural del agua, que afecta principalmente a las aguas subterráneas próximas a las costas debido a la intrusión salina, la cual normalmente es provocada por la extracción excesiva de agua para consumo humano. Señala que, a lo largo de la historia, la calidad del agua potable ha sido factor determinante del bienestar humano. Las enfermedades propagadas por agua “potable”

contaminadas con materia fecal, diezmaron a la población de ciudades enteras y el agua contaminada es una seria amenaza para la salud humana y para la supervivencia de la vida en el planeta (Figura 3).

La problemática de la contaminación del agua a causa de los residuos sólidos que al almacenarse proviene el escurrimiento de los líquidos (lixiviados). El cromo, el plomo y el cianuro son residuos peligrosos que se encuentran en los lixiviados, que al escaparse estos residuos del sitio de confinamiento pueden alcanzar cauces de arroyos, ríos, represas, lagunas y mantos freáticos, esto ocasiona la degradación ambiental de una amplia zona, que ha impactado adyacentemente en arroyos y también afecta la producción frutal en huertas que eran regadas con agua del arroyo (Bernache, 2012).

Contaminación del aire.

Se entiende por contaminación del aire a la presencia en la atmósfera de sustancias en una cantidad que implique molestias o riesgo para la salud de las personas y de los demás seres vivos, vienen de cualquier naturaleza. El nombre de la contaminación atmosférica se aplica por lo general a las alteraciones que tienen efectos perniciosos en los seres vivos y los elementos materiales, y no a otras alteraciones inocuas.

La contaminación del aire es la presencia en la atmósfera de sustancias no deseables en concentraciones, tiempo y circunstancia tales que pueden afectar significadamente al confort, salud y bienestar de las personas o al uso y disfrutes de sus propiedades. Los principales contaminantes relacionados con la calidad del aire son el bióxido de azufre (SO₂), el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), las partículas suspendidas, compuestos orgánicos volátiles.

Figura 4. Contaminación del aire.



Recuperado de: (OEFA, 2017)

Los contaminantes primarios son los que se emiten directamente a la atmósfera como el dióxido de azufre SO_2 , que daña directamente la vegetación y es irritante para los pulmones. Los contaminantes secundarios son aquellos que se forman mediante procesos químicos atmosféricos que actúan sobre los contaminantes primarios o sobre especies no contaminantes en la atmósfera. Ambos contaminantes, primarios y secundarios pueden depositarse en la superficie de la tierra por precipitación.

La contaminación del aire incluye elementos de origen natural y emisiones resultantes de actividades humanas, entre los contaminantes gaseoso se encuentran el ozono, los óxidos de azufre y de nitrógeno, el monóxido de carbono, el dióxido de carbono y diversos compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos, siendo estos que la calidad del aire sea menos, esto persiste un riesgo importante para la salud humana (Figura 4), debido a las partículas suspendidas en el aire y el ozono, estas partículas suspendidas en el aire forma una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo de su origen (Arellano, Parada, & Jara, 2023).

3.3 MANEJO DE LOS RESIDUO

La gestión adecuada de residuos sólidos es un tema que ha cobrado vital importancia en el mundo actual a nivel global, principalmente por la búsqueda continua de entornos sostenibles que permitan un desarrollo socioeconómico equitativo, viable y soportable que involucre al medio ambiente y a la sociedad. A nivel mundial se han desarrollado todo tipo de iniciativas ambientales en pro de un mundo más llevadero para las generaciones presentes y futuras, y a nivel de los distintos estados se han establecido regulaciones que contribuyen significativamente en el cambio que se requiere lograr.

3.3.1 Gestión integral de los residuos

En la Política para la gestión Integral de Residuos se establecen unos principios básicos, unos objetivos y unas estrategias con el objetivo fundamental de impedir o minimizar de manera eficiente los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad y/o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico. La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) incluye varias etapas jerárquicamente definidas: reducción en el origen, aprovechamiento y valorización de materiales orgánicos e inorgánicos, tratamiento y transformación para reducir volumen y peligrosidad y disposición final controlada.

En coherencia con la GIRS y análisis sistemático en las partes interesadas se encargan de formular y aplicar el marco normativo y jurídico que debe sustentar política, administrativa y financieramente, la jerarquía para la gestión de los residuos sólidos, que integra, en su orden, la reducción en la generación, su aprovechamiento y valorización, el tratamiento y la disposición final (Marmolejo, 2013)

Se introduce un instrumento de desarrollo del sector, denominado “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)”, mediante el cual establece como objeto de garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.

Para una buena gestión integral de los residuos, la prevención de su generación debe ser lo principal. Existen sitios donde no se han podido evitar la generación de residuos, la recolección del mismo resulta descontrolada, por ello, la recolección, es el inicio de los sistemas para la gestión integral de los residuos. La cobertura de recolección nacional es de 83.87%, es decir, 0.06% menor al índice de cobertura calculado en el DBGIR 2012, que fue de 83.93%. Lo cual significa que 19,377 t/día de residuos no son recolectados (SEMARNAT, 2020).

En la LGPGIR, artículo V, fracción XVII 2021 el **manejo integral** la define como:

Las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social

En el artículo 5º, Fracción V de la LGPGIR define la **disposición final** como:

Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos.

En artículo 5º, fracción XVI de la LGPGIR los **lixiviados** la define como:

Líquido que se forma por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos y que contiene en forma disuelta o en suspensión, sustancias que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositan los residuos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua, provocando su deterioro y representar un riesgo potencial a la salud humana y de los demás organismos vivos.

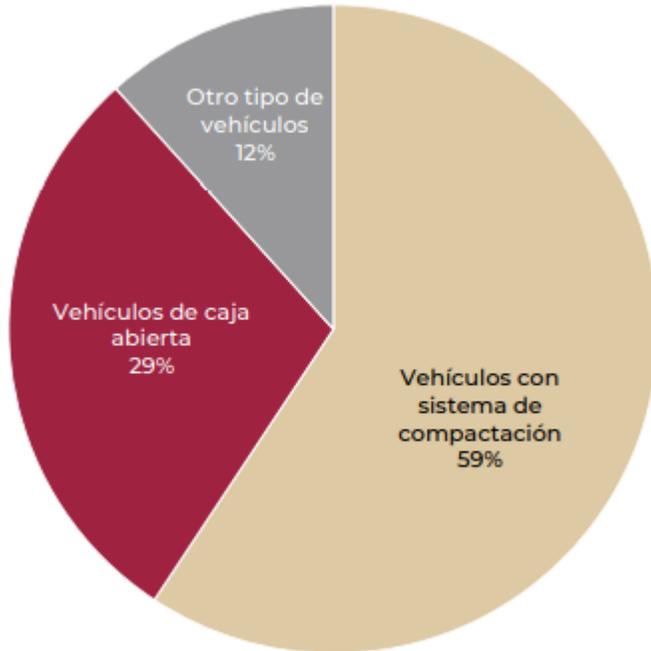
3.3.2 Vehículos para la recolección de los residuos sólidos

De los 2457 municipios que tiene el país, solo 2233 cuentan con servicio de recolección y disposición final, 117 con recolección, disposición final y tratamiento de RSU, 102 municipios aun no cuentan con servicios de recolección de RSU (Rosario, 2016).

A nivel nacional se utilizan 16,615 vehículos para la recolección, de los cuales 9,852 (59.30%) son vehículos con compactación; 4,821 (29.02%) son vehículos de caja abierta sin compactación; y 1,942 (11.69%), son vehículos de otro tipo (Figura 5). Para llevar a cabo el transporte de los RS existe una clasificación del tipo de vehículos que se utilizan para la recolección. (SEMARNAT, 2020).

- **Vehículos con caja abierta:** Estos camiones incluyen caja abierta, camión de volteo, camioneta de redilas y camioneta de volteo.
- **Vehículos con compactador:** Estos camiones incluyen cilindro con compactador, compactador con separación, con carga lateral, carga delantera, carga trasera, mini compactador de carga lateral, octagonal con compactador y otro (con compactador).
- **Otro tipo de vehículos:** Estos otros tipos de vehículos incluyen sin compactador, barredoras, camioneta de carga, grúas, camión con separación para basura, remolque, contenedor móvil y contenedor hidráulico.

Figura 5. Porcentaje de participación de vehículos de recolección, según su tipo, nivel estado.



Fuente: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, con datos del CNGMD 2017.

3.3.3 Disposición final y Características de los rellenos sanitarios

El manejo integral de los residuos es la parte técnica de la gestión integral que incluye todos los aspectos relacionados con los RSU y RME, desde la generación, almacenamiento, barrido, recolección, traslado, tratamiento, aprovechamiento de los materiales y disposición final.

La disposición final es la última etapa del ciclo de vida de los RSU y RME. Se define como la acción de depositar permanentemente los residuos en sitios e instalaciones, cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas. Las prácticas tradicionales sin control han dado lugar a la aparición de tiraderos a cielo abierto, que constituyen un foco de contaminación ambiental y riesgo para la salud de la población.

El relleno sanitario es una obra de infraestructura que, siguiendo los requisitos que marca la norma oficial mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial (Tabla 1). Aplica métodos de ingeniería para evitar la contaminación del suelo, agua y aire que provoca la basura.

Tabla 1. Principales características de un relleno sanitario.

Método	Descripción general	Riesgos ambientales y medidas para su prevención
	<p>Consiste en la disposición final de los RSU y RME generados en la localidad, de tal forma que no cause perjuicio al ambiente ni peligros a la salud y seguridad pública.</p> <p>Los residuos se colocan en capas compactadas, cubiertas con tierra, utilizando maquinaria pesada para la distribución,</p>	<ul style="list-style-type: none">• La degradación biológica de los residuos depende del grado de compactación, composición, humedad, temperatura, y de ella se obtienen gases (biogás) y lixiviados.• Se requiere dar tratamiento a los lixiviados generados, ya sea a través de lagunas de evaporación o de su recirculación a las celdas

<p>Relleno sanitario</p>	<p>homogeneización y compactación.</p> <p>Antes de la colocación de los residuos, el suelo se prepara para prevenir la infiltración de líquidos lixiviados provenientes de la descomposición de los residuos, utilizando materiales naturales o sintéticos. Al mismo tiempo se construyen obras de control y monitoreo, como pozos de venteo y quemadores para el biogás o colectores para captar los lixiviados. Esta infraestructura se utiliza cuando se prevén ingresos de más de 10 toneladas de residuos al día</p>	<p>del relleno sanitario, ya que se considera que tienen alto poder contaminante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es posible aprovechar el biogás generado y así evitar su liberación como contaminante atmosférico. • Para disminuir la presencia de aves, roedores e insectos se prevé un recubrimiento diario de los residuos depositados. • Para evitar daños al ambiente, se requiere del monitoreo de lixiviados y biogás durante la operación y 25 años después de la clausura del sitio.
---------------------------------	---	--

Fuente: Guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNATR-2003. Adaptado de: Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México. GTZ. Alternativas de rellenos sanitarios. Guía de toma de decisión. Noviembre de 2002.

De acuerdo con la **NOM-083-SEMARNAT-2003**, los rellenos sanitarios se categorizan de según la cantidad de RSU y RME que reciben diariamente, tanto de domicilios, comercios e industrias (no peligrosos), como de los servicios de limpieza de calles y lugares públicos (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de rellenos sanitarios.

TIPO	TONALEJE RECIBIDO TON/DIA	COMPACTACION INICIAL DE LOS RESIDUOS KG/M3
A	Mayor a 100	Mayor de 700
B	50 hasta 100	Mayor de 600
C	10 y menos de 50	Mayor de 500
D	Menor a 10	Mayor de 400

Fuente: Elaboración de acuerdo a la (SEMARNAT, 2003).

También hay que señalar que la mayoría de los sitios de disposición final no cumplen con las condiciones para evitar la contaminación los suelos, los acuíferos y el aire por el efecto de los lixiviados y el biogás generado por la descomposición de la basura, asimismo pueden ocasionar gases que pueden tener importantes impactos sobre el medio ambiente y la salud de la población.

3.4 MARCO LEGAL

Existen en México legislación mexicana y normatividad ambiental que establecen a nivel federal, estatal y municipal quienes son los responsables de la gestión integral de los RS, desde su recolección, almacenamiento, distribución, tratamiento y disposición final.

La legislación federal en acorde a:

Constitución Política de los Estados Unidos mexicanos (CPEUM, 2021):

Art. 115. establece la prestación de servicios públicos por parte del municipio.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente:

Art. 134. Prevención y control de la contaminación del suelo por residuos.

Art. 135. Ordenación urbana, servicio de limpia y sitios de disposición final.

Art. 137. Autorización del funcionamiento de sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Art. 138. Acuerdos para mejorar e implantar sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Art. 139. Contaminación por lixiviados.

Art. 141 Biodegradación de RSU.

Ley General para la prevención y Gestión Integral de los Residuos:

Reglamenta las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en lo que se refiere a la protección al ambiente, en materia de prevención y gestión de los residuos, y establece bases para: principios de valorización, responsabilidad compartida, manejo integral, criterios de gestión integral, mecanismos de coordinación entre entidades, mercado de subproductos, participación de la sociedad, creación de sistemas de información referentes a gestión de RSU y RME, prevención de la contaminación de sitios, fortalecimiento de la innovación tecnológica, establecimiento de medidas de control y seguridad, entre otras.

NOM-083-SEMARNAT-2003:

Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Legislación estatal:

Ley Estatal de Prevención y Gestión Integral de Residuos:

Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.

Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente:

Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.

Reglamento de la Ley Estatal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente:

Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.

Legislación municipal:

Bando Municipal:

Por lo general, los bandos municipales consideran una pequeña fracción referente al servicio de limpia, ya sea en los capítulos de Ecología o Servicios Públicos.

Reglamento del Servicio de Limpia Municipal:

Puede o no existir dentro de la entidad en cuestión.

Ordenamientos municipales:

Pueden o no existir dentro de la entidad en cuestión.

3.4.1 Normas mexicanas

Estas Normas mexicanas (NMX) tienen el objetivo de estandarizar los procedimientos relacionados con los estudios de caracterización de los residuos sólidos, que por lo general se solicitan como parte de los proyectos de ingeniería. No son de observancia obligatoria:

NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación.

La presente Norma Mexicana establece para determinar la generación per cápita de los residuos sólidos provenientes de casas habitación como en otro tipo de fuentes. Dentro de la norma se parte de un muestreo estadístico aleatorio, utilizando un muestreo descrito en el método de cuarteo (NMX-AA-15-1985).

NMX-AA-15-1985 Muestreo – Método de cuarteo.

La presente Norma Mexicana se referente a la forma de realizar un muestreo para residuos sólidos municipales, establece el método de cuarteo para las diferentes determinaciones de campo. El objetivo es contar con residuos de características homogéneas.

NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos.

La presente Norma Mexicana establece la selección y cuantificación de subproducto, para la obtención de la muestra se extrae como se establece en la Norma Mexicana NMX-AA-15-1985 que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas.

NMX-AA-19-1985 Determinación del peso volumétrico “in situ”:

La presente Norma Mexicana establece un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo", para efectuar esta determinación se requieren cuando menos dos personas.

En la presente investigación se utilizará un tipo de investigación mixta (cuantitativo y cualitativo), de acuerdo a Sampieri (Hernández S. R., 2014), se define un enfoque cualitativo cuando se utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación generando datos cualitativos que son evidencia o información simbólica verbal, audiovisual o en forma de texto e imágenes. Enfoque cuantitativo se utilizará para la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teoría.

3.4.2 Descripción de las características del sitio de disposición final

El SDF será el lugar donde se realizarán las actividades de cateterización de los RSD. La cual se ubica en el sur del Municipio de Chiapilla, a 4.2 km de la cabecera municipal de Totolapa. Se llega a él a través de

la carretera no. 101 Acala-Totolapa, tramo Totolapa-Acala, de donde se toma unos 200 m de terracería que conduce al sitio (Figura 6 y 7). Partiendo de la cabecera municipal de Chiapilla, se llega al sitio a través de la carretera no. 101, tramo Chiapilla-Totolapa, recorriendo una distancia de 5.6 km, hasta el entronque con la terracería que conduce al sitio (Araiza, y otros, 2022).

Figura 6. Ubicación del SDF.



Recuperado de: (Araiza, y otros, 2022).

Figura 7. Ubicación del espacio de trabajo dentro del SDF.



Fuente: propia

IV. METODOLOGIA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipal de Chiapilla es uno de los 124 municipios que conforman el estado mexicano de Chiapas (figura 8), se encuentra ubicado en la entidad Chiapaneca, con clave geoestadística 07028 la cual pertenece a la región IV de los llanos. El nombre del municipio significa "la pequeña Chiapa". La zona arqueológica y monumentos históricos del municipio se encuentra el templo de San Pedro Mártir, construido en 1852 además con tres campanas del siglo XVI. Que existen 210 personas hablante de lengua indígena el dialecto es Tzotzil y Tzeltal quienes la práctica con una cultura popular de artesanía que se elaboran en el municipio artículos de carpintería, cerámica, tejido de palma e ixtle. En la gastronomía los platillos tradicionales del municipio son: el mole de guajolote, cochito horneado y chipilín con bolitas.

La división política del municipio comprende con sus respectivas localidades como: la cabecera municipal de Chiapilla, Lázaro Cárdenas, Doctor Manuel Velazco Suarez (conocido como “El Zapote”), El Carmen y Juan Espinoza; dentro de las cuales en la cabecera municipal cuenta con sus respectivos barrios como son: Moleros, Cruz Misión, Fátima, Centro, Hidalgo, San Pedro, Guadalupe y 16 de septiembre.

El municipio tiene una distribución territorial de 51.4 kilómetros cuadrados de superficie (representa el 0.1 % del territorio estatal). Se encuentra a una altura promedio de 530 metros sobre el nivel del mar. De acuerdo del conteo poblacional del INEGI, el número total de personas que viven en el municipio de Chiapilla es de 6 156 habitantes (representa el 0.1 % de la población estatal), de los cuales el 50.5% representa el sexo masculino y el 49.5% representa el sexo femenino, con una densidad de población de 119.8 hab/km³.

Existe 101 hombres por cada 100 mujeres; la mitad de la población tiene 28 años o menos dando que es la edad media y una razón de dependencia existe 53 personas en edad de dependencia por cada 100 en edad productiva. De todas sus localidades, tres de ellas son con mayor población: Chiapilla con 4329 habitantes ocupando el primer lugar, Lázaro Cárdenas de 984 habitantes y Doctor Manuel Velazco Suarez de 493 habitantes (INEGI, 2020).

Su ubicación geográfica se encuentra en sus coordenadas y altitud de: entre los paralelos 16°30' y 16°37' de latitud norte; los meridianos 92°40' y 92°48' de longitud oeste; altitud entre 300 y 800 m (Figura 9). Debido a la posición territorial que tiene, colinda con el municipio de San Lucas al norte, con Totolapa al sur, San Cristóbal de las Casas al este, finalmente colinda con el municipio de Acala al oeste (figura 8).

Hidrología: El municipio de Chiapilla pertenece a la región hidrológica administrativa RHA XI Frontera Sur, que es río Grijalva Usumacinta (100%), la cuenca Río Grijalva – Tuxtla Gutiérrez (100%) cubre una superficie aproximada del 23% del territorio total del estado de Chiapas (CONAGUA, 2023), su subcuenca de R. Alto Grijalva (100%) y sus respectivas afluentes corrientes de agua perennes: Grijalva, río El Salado: sus agua se originan de las aportaciones del manantial del mismo nombre, escurren en cauce bien definido que siguen un rumbo Suroeste, tiene un recorrido total aproximadamente de 14.000 metros, 2,500 metros aproximadamente debajo de su origen, se internan en terrenos del municipio de Totolapa, 9,500 metros aproximadamente se internan en terrenos del municipio de Chiapilla y 2.000 metros

aproximadamente más abajo, afluye por la margen izquierda al río Frío, el cual forma parte de la cuenca del río Grijalva (DOF, 1984); Chatemo; El Cangrejo y río El Frío. El Ceibo y el Camarón son arroyos de caudal permanentes; en tanto el arroyo Nandaché únicamente posee caudal en época de lluvia.

Fisiografía: Su provincia del municipio de Chiapilla es la Sierra de Chiapas y Guatemala (100%), se ubica dentro de las subprovincias que es discontinuidad fisiográfica que se reconoce como Depresión Central de Chiapas que sostiene al 84.68% y altos de Chiapas con un sostenimiento de 15.32%. Sus sistemas de topografías son de Valle de laderas tendidas con lomerío que ocupa un 83.71% que dentro de este valle está asentado la zona urbana que pertenece la cabecera municipal de Chiapilla, una sierra alta de laderas tendidas ocupando un 15.32% del territorio que se puede apreciar en la parte lateral del noreste hasta el sur del municipio y sierra alta de declive escarpado con un 0,97% ubicado en la parte noroeste (figura 11). La forma de relieve con menor pendiente están al Sur constituidos por valles de laderas tendidas con lomeríos. La porción de terrenos con menor pendiente está a lo largo del sureste.

Geología: En la extensión regional del municipio de Chiapilla presenta rocas sedimentarias (figura 13) la cual en la mayoría de esto está presente en esta región, por lo cual el asentamiento urbano se encuentra dentro de esta clase de roca, las rocas sedimentarias se forman por la precipitación y acumulación de materia mineral de una solución o por la compactación de restos vegetales y/o animales que se consolidan en rocas duras. los sedimentos son depositados, una capa sobre la otra, en la superficie de la litósfera a temperaturas y presiones relativamente bajas y pueden estar integrados por fragmentos de roca preexistentes de diferentes tamaños, minerales resistentes, restos de organismos y productos de reacciones químicas o de evaporación., al noreste se encuentra una falla o fractura que esta no afecta a la comunidad.

La erosión en la región del los Altos de Chiapas, en la porción centro-sur donde pertenece el Municipio de Chiapilla, la intensa deforestación persiste y dado que aquí las rocas ígneas extrusivas en ocasiones se encuentran poco consolidadas, al momento de carecer de cubierta vegetal y con las pendientes de hasta 10° y un drenaje paralelo, favorece el desarrollo de la erosión hídrica laminar. Al existir pequeñas áreas de rocas extrusiva, es por esto que tanto el drenaje y el relieve varían según la litología y en este caso predominan los sistemas montañosos estructural disolucional y erosional (SGM, 2016).

Clima: En la mayor parte de la región predomina el clima cálido subhúmedo con un régimen de lluvias marcado y con precipitaciones en verano. Es una de las regiones con menor precipitación en la entidad. En la parte de la sierra alta y la meseta con lomeríos se presenta mayor humedad y precipitación a

diferencia de los valles, donde la precipitación es menor y por lo tanto presentan menos humedad. La temperatura media anual en la mayor parte del territorio de la región esta de los 22°C – 28° C, con un rango de precipitación de 900 mm – 1 500 mm, la cual, su clima es:

- Cálida subhúmeda con lluvias en verano, de humedad media que pertenece un 81.38% del municipio, donde se puede apreciar que dentro de este rango de clima está asentado la zona urbana y,
- En la parte suroeste marca un clima cálido subhúmedo con lluvia en verano, menos húmedo con un 18.62% del resto de Chiapilla (figura 12). Las precipitaciones oscilan en promedio entre los 800 a 1,200 mm anualmente.

Específicamente durante los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va predominando desde los 18°C a 21°C de la región. En este mismo periodo, la temperatura máxima promedio oscila de los 21°C y hasta los 34.5°C, predominando los 33°C a 34.5°C de la región, la precipitación pluvial en estos meses oscila de los 900 mm a 1,400 mm.

En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va predominando de 12°C a 15°C y la máxima promedio va de los 18°C a 33°C, predominando de los 30°C a 33°C de la región. La precipitación pluvial durante este periodo va de los 25 mm a los 150 mm.

Edafología: La edafología en esta región es muy importante por la geología, ya que el suelo es un recurso no renovable cuyos procesos de formación se toma cientos de años, por otra parte, es fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, además es el fundamento del sistema alimentario porque en nuestros suelos son la base de la agricultura y el medio en el que crecen casi todas las plantas productoras de alimento.

En el municipio de Chiapilla cuenta con un 89.20 por ciento del territorio total del suelo que lo ocupa la agricultura, donde la zona urbana está creciendo sobre este terreno con un 3.11 por ciento ocupa la zona urbana, su vegetación es pastizal inducido esta debajo del municipio perteneciente a 5.46 por ciento ubicando en el mapa por la parte suroeste y una vegetación selva de 1.10 por ciento que se encuentra en la parte noroeste dentro del mapa (figura 15)

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geográfica (INEGI) en el municipio de Chiapilla se identificaron seis tipos de suelos (figura 14) de los cuales la zona urbana está creciendo sobre roca sedimentaria del Paleógeno, en valle de laderas tendidas con lomerío; sobre áreas donde

originalmente había suelos denominados Leptosol, Phaeozem y Luvisol., y en el informe de la situación del medio ambiente en México (SEMARNAT, 2009) nos menciona cuales son las características de cada tipo de suelo que a continuación se van a mencionar:

- **Phaeozem:** Los Phaeozem (del griego *phaios*, oscuro y del ruso *zemlja*, tierra) se forman sobre material no consolidado, se encuentran en climas templados y húmedos con vegetación natural de pastos altos o bosques. Son suelos oscuros y ricos en materia orgánica, lo que les confiere un alto potencial agrícola; sin embargo, las sequías periódicas y la erosión eólica e hídrica son sus principales limitantes. Se utilizan intensamente para la producción de granos (soya, trigo y cebada, por ejemplo) y hortalizas, y como zonas de agostadero cuando están cubiertos por pastos. Este tipo de suelo es la dominante del municipio que ocupa el 50.20% equivalente a 25.80 km² de su territorio aproximadamente, donde la zona urbana toma un poquito en la spartes laterales al suroeste.
- **Luvisol:** Los luvisol (del latín *luere*, lavar) son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados, tales como las terrazas aluviales o los depósitos glaciales, eólicos, aluviales y coluviales, son muy comunes en climas templados y fríos o cálidos húmedos con estacionalidad de lluvia y sequía, se encuentran dentro de los suelos más fértiles, por lo que su uso agrícola es muy elevado y cubre, por lo general, la producción de granos pequeños, forrajes y caña de azúcar. Este tipo de suelo pertenece a un 15.58% equivalente a 8.1 km² de su territorio aproximadamente que se presenta toda en la parte de las orillas oeste del municipio.
- **Leptosol:** Los Leptosol (del griego *leptos*, delgado), también conocidos en otras clasificaciones como Litosoles y Redzinas, son suelos muy delgados, pedregosos y poco desarrollados que pueden contener una gran cantidad de material calcáreo. Son los suelos de más amplia distribución a nivel mundial, estos suelos se encuentran en todos los tipos climáticos (secos, templados, húmedos), y son particularmente comunes en las zonas montañosas y en regiones altamente erosionadas, su potencial agrícola está limitado por su poca profundidad y alta pedregosidad, lo que los hace difíciles de trabajar. Aunado a ello, el calcio que contienen puede inmovilizar los nutrientes minerales, por lo que es preferible mantenerlos con la vegetación original, o bien, utilizar técnicas agrícolas apropiadas para estas condiciones, los Leptosoles tienen una capa superficial rica en materia orgánica que les confiere un mayor potencial de aprovechamiento agrícola. Este tipo de suelo pertenece a un 25.04% equivalente a 12.87 km² de su territorio aproximadamente, en este

suelo se hace presenta la zona urbana, donde casi todo el municipio está el asentamiento humano del municipio.

- **Vertisol:** Los Vertisoles (del latín *vertere*, invertir) son suelos de climas semiáridos a subhúmedos y de tipo mediterráneo, con marcada estacionalidad de sequía y lluvias, la vegetación natural que se desarrolla en ellos incluye sabanas, pastizales, matorrales y bosques maderables, se pueden encontrar en los lechos lacustres, en las riberas de los ríos o en sitios con inundaciones periódicas, se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas, esta propiedad hace que aunque son muy fértiles, también sean difíciles de trabajar debido a su dureza durante el estiaje y a que son muy pegajosos en las lluvias. Este tipo de suelo se encuentra al sureste del territorio del mapa del municipio y pertenece a un 4.03% equivalente a 2.07 km² de su territorio aproximadamente.
- **Fluvisol:** Los Fluvisol (del latino *fluvius*, río), estos suelos están desarrollados sobre depósitos aluviales, al cual se encuentran en cumbres y en laderas abruptas como los Regosoles y son suelos de derivados de aluviones recientes, contiene menos del 18% de arcilla y más del 65% de arena, el material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino, se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos, aparecen sobre todos los continentes y cualquier zona climática. Este tipo de suelo es uno que contiene baja presencia en el municipio con un 3.86% existiendo un 1.98 km² de su territorio total y se presenta a las orillas de los límites del territorio del municipio al suroeste.
- **Regosol:** Los Regosoles (del griego *reghos*, manto) son suelos muy jóvenes que se desarrollan sobre material no consolidado, de colores claros y pobres en materia orgánica, se encuentran en todos los climas, con excepción de zonas de permafrost, y en todas las elevaciones, aunque son particularmente comunes en las regiones áridas, semiáridas (incluyendo los trópicos secos) y montañosas, muchas veces se asocian con los Leptosoles y con afloramientos de roca o tepetate, dentro de esta categoría se encuentra los Regosoles éutricos y calcáricos que se caracterizan por tener una capa conocida como ócrica, que cuando se retira la vegetación, se vuelve dura y costrosa lo que impide la penetración del agua hacia el subsuelo y dificulta el establecimiento de las plantas, esta combinación (escasa cubierta vegetal y baja infiltración de agua al suelo) favorece la escorrentía superficial, y con ello, la erosión. Afortunadamente este tipo de suelo tiende a tener

un porcentaje muy baja en el municipio de Chiapilla la cual está presente en el pico de las orillas en los límites del municipio al norte ocupando solamente un 0.16% que aproximadamente ocupa el 0.08 km² de su territorio total.

El uso potencial de la tierra del Municipio de Chiapilla lo ocupa la agricultura y el pecuario, donde:

- En la agrícola: En la parte de la agricultura mecanizada continua le pertenece el 18.07%; para la agricultura de tracción animal estacional a un 22.54%; para la agricultura manual estacional con un 48.23% y no aptas para la agricultura el 11.16%.
- En el pecuario: En el caso del establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola pertenece a un 18.07%; para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal el 70.77% y no aptas para uso pecuario por el 11.16%.

Actividades económicas: De acuerdo al Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG, 2021) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020) las características económicas a partir de los 12 años y más pertenece a 4 842 habitante en Chiapilla, la Población Económica Activa (PEA) corresponde a un 50.7% equivalente a 2 457 habitantes que dentro de esto pertenece a un 24.1% del género femenino y un 75.9% pertenece del género masculino; la Población no Económica Activa (PNEA) corresponde al 48.9%, dentro de este rango encontramos que el 26.2% corresponde a estudiantes, el 58.6% a personas dedicadas a los hogares, tan solo el 0.2% de pensionados (as) o jubiladas (os), e 7.7% a las personas con alguna limitación física o mental que les impide trabajar y el 7.3% corresponde a las personas en otras actividades no económicas y el porcentaje de la población con condiciones de actividad no especificada corresponde el 0.4% de la población.

El PEA ocupa las 2 370 personas de la cual la PEA del sector primario, este sector es la que más desempeña de su actividad económica del municipio que corresponde al 51.1 % equivalente a 1 211 de su población aproximadamente, dentro de este sector se incluye:

- **La agricultura:** En el municipio se cultiva: maíz, frijol, fruta, hortalizas y sorgo, existe un alto índice de mecanización e insumos en la producción agrícola.

- **La ganadería:** En la ganadería se explota la ganadería extensiva de ganado bovino y en menor escala la de porcino y aves de corral. La ganadería principalmente de bovinos es extensiva, y se desarrolla los establecimientos económicos dedicados a la matanza de ganado que se concentran mayormente en las cabeceras municipales esto es, en su mayoría al abasto del mercado local, y se procesa carne animal para embutidos en la localidad.

El PEA del sector secundario es la que menos desempeña de su actividad económica del municipio, corresponde al 19.4 % equivalente a 460 de su población aproximadamente dentro de este sector se incluye:

- **La industria:** La industria en el municipio es básicamente es de la construcción y la que se dedica a la fabricación de adobes y teja.
- **La explotación forestal:** En el municipio se explotan principalmente especies de coníferas y maderas finas como: cedro, caoba, sabino, guanacastle y hormiguillo.

El PEA del sector terciario es la media que desempeña de su actividad económica del municipio corresponde al 28,7 % equivalente a 680 de su población aproximadamente, dentro de este sector se incluye:

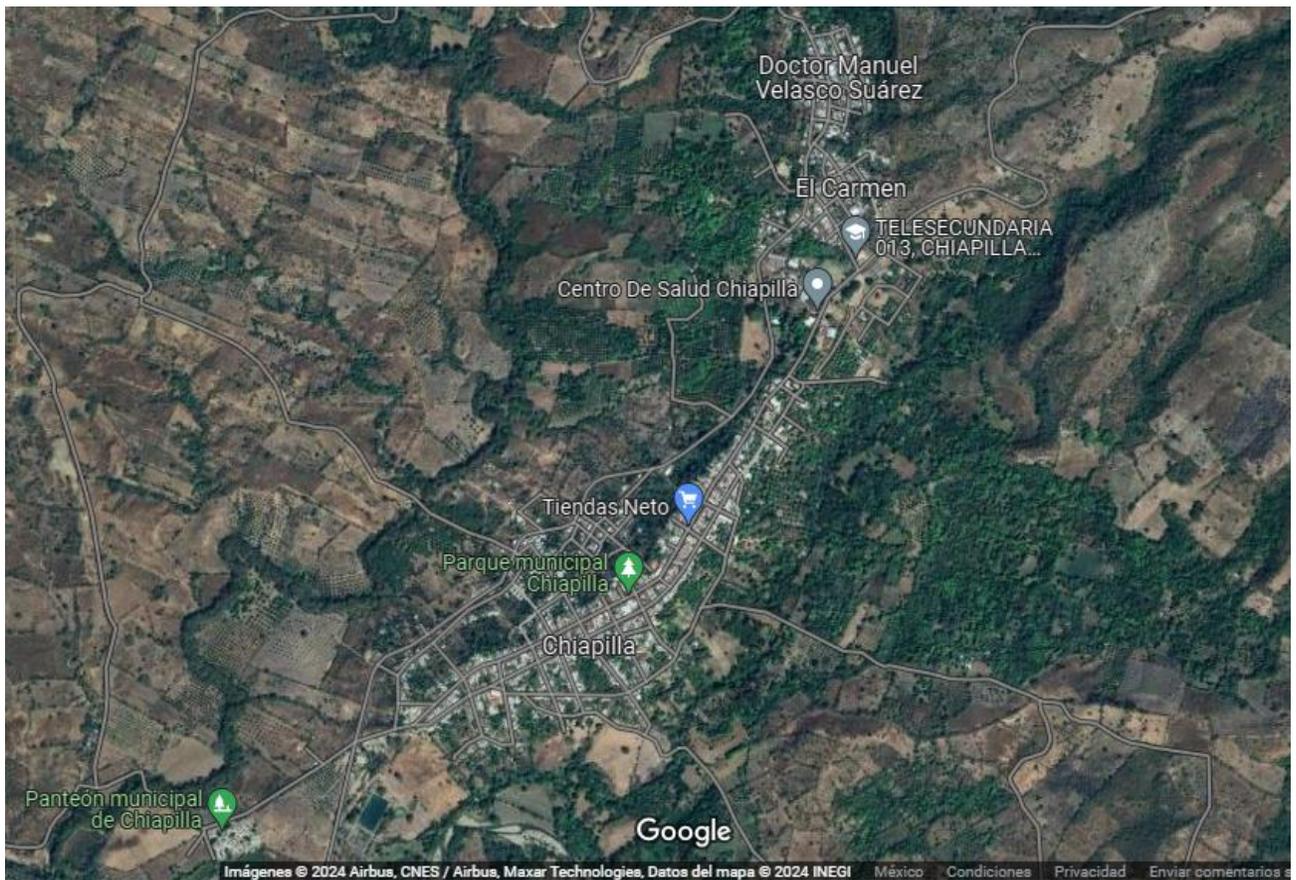
- **Turismo:** Existen en el municipio atractivos turísticos como el río del Camarón, ruinas del panteón de Santa Rosalía, caída de agua del río El Zapote y el delta que forman tres ríos.
- **Comercio:** El municipio cuenta con pequeños establecimientos donde se adquieren principalmente artículos de primera necesidad como ropa y calzado.

Figura 8. Mapa del municipio de Chiapilla en el Estado de Chiapas.



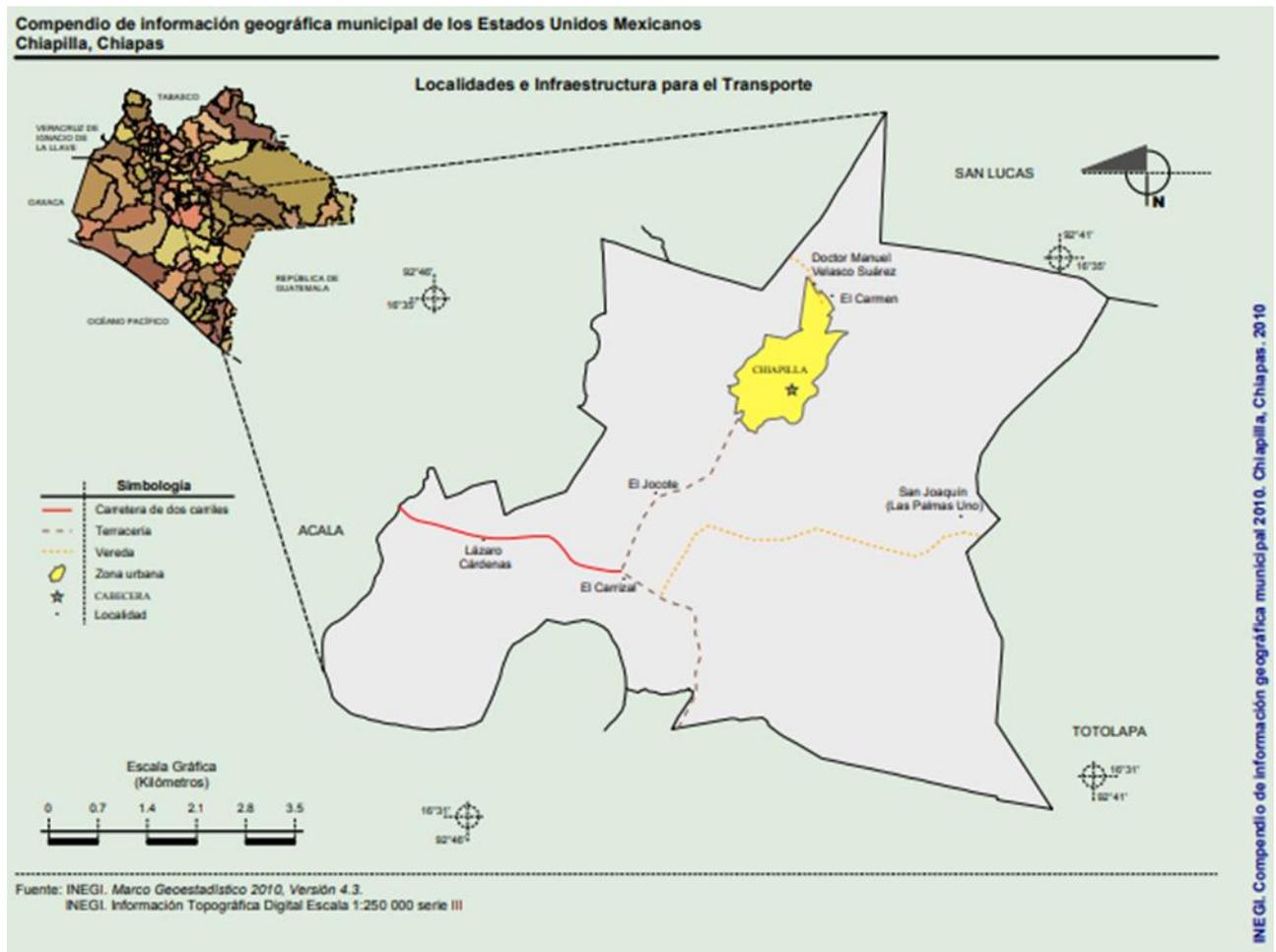
Recuperado de: (CEIEG, 2021)

Figura 9. Municipio de Chiapilla Chiapas actualmente.



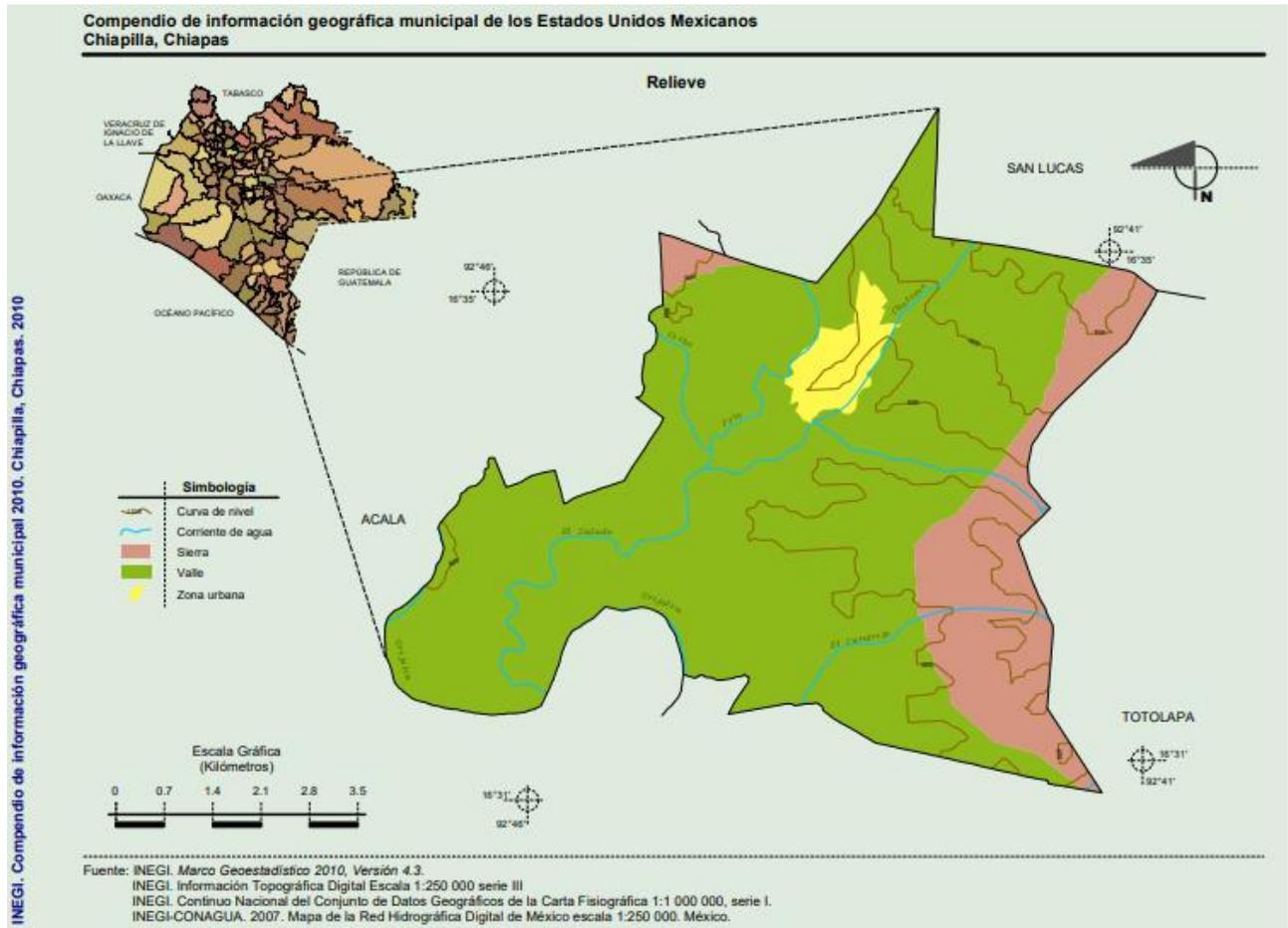
Recuperado de: (Google, 2024).

Figura 10. Mapa de las localidades circunvecinos de Chiapilla.



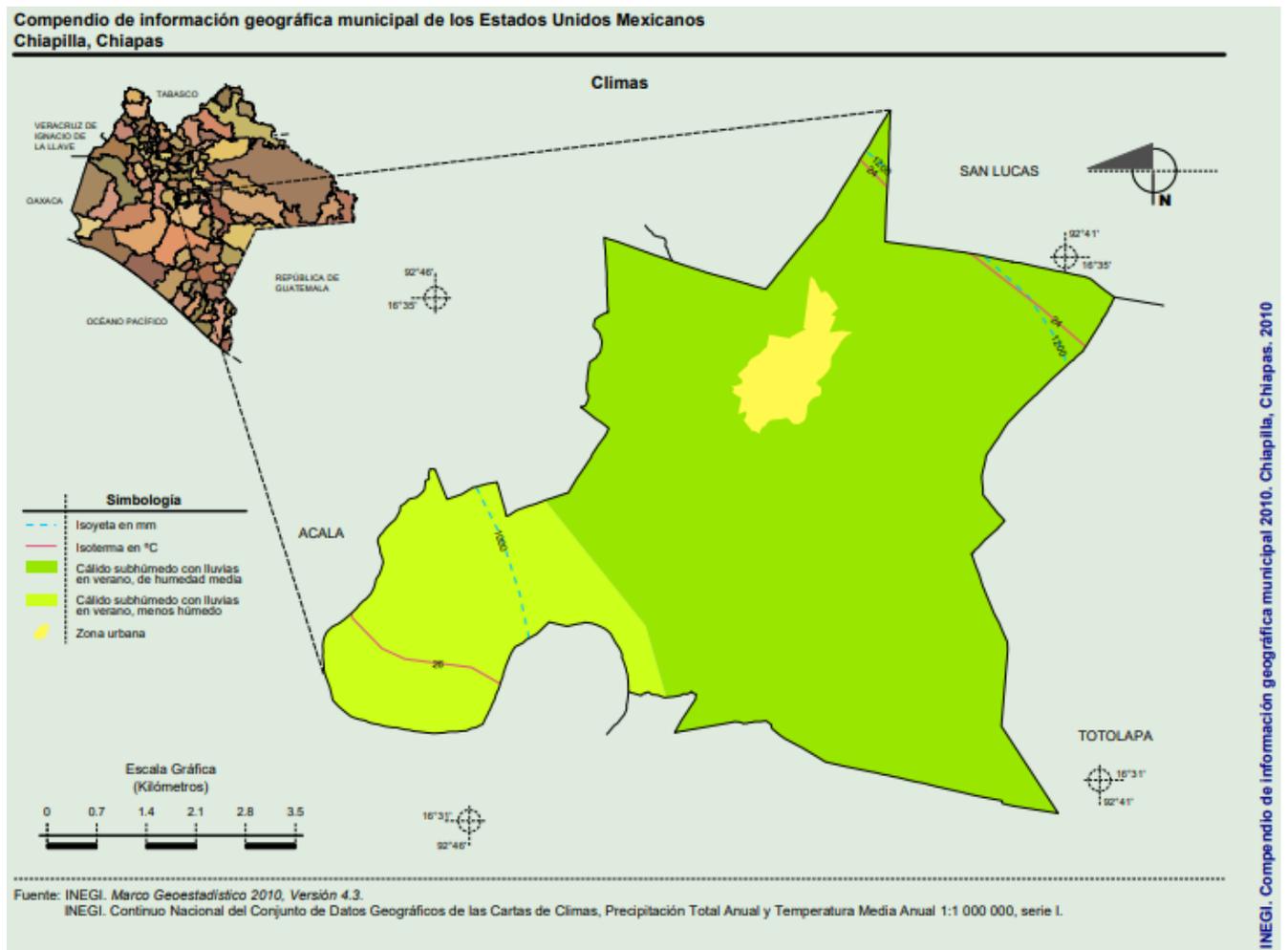
Recuperado de: (INEGI, 2010).

Figura 11. Mapa de relieve.



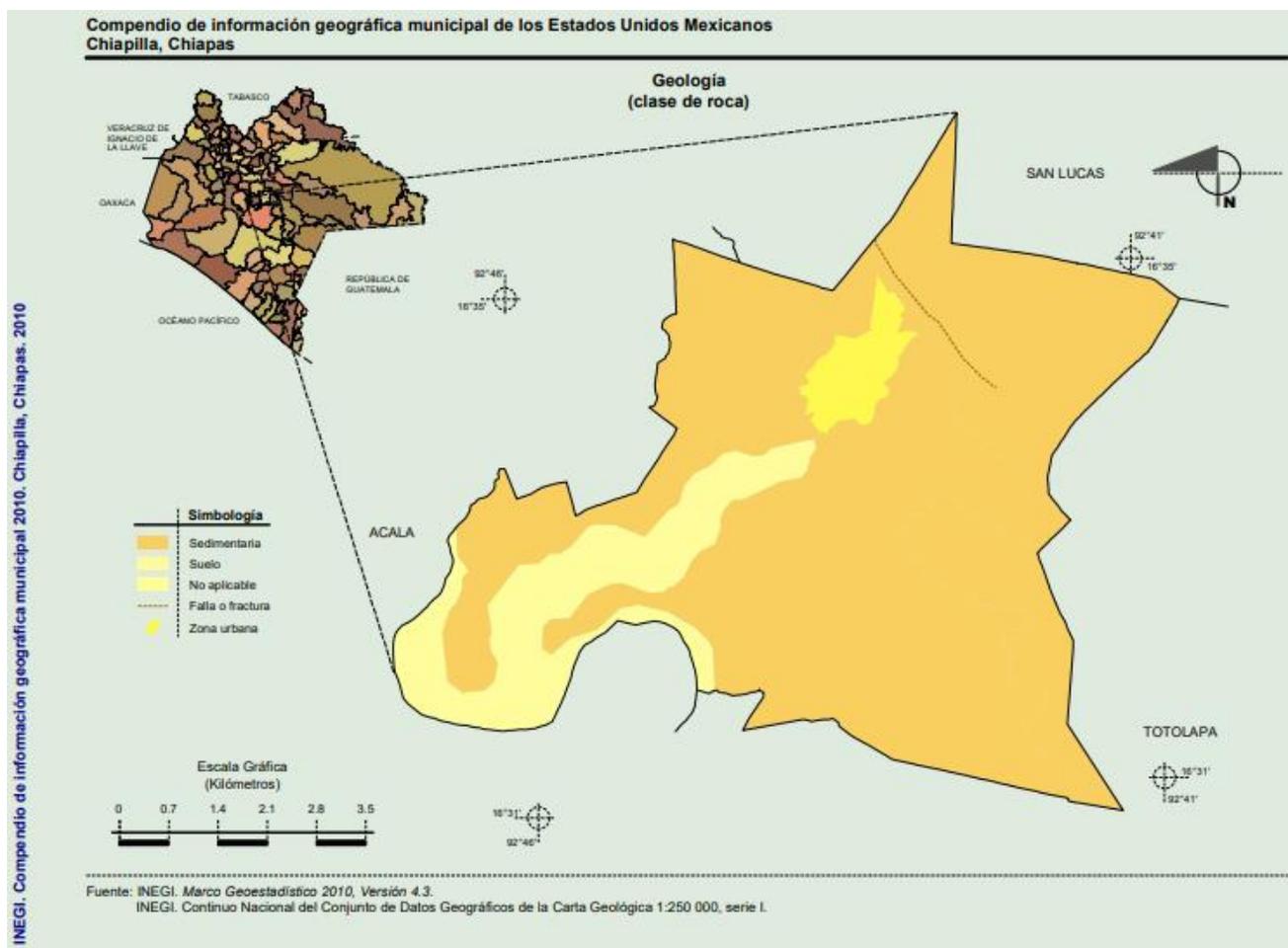
Recuperado de: (INEGI, 2010).

Figura 12. Mapa del clima del municipio de Chiapilla.



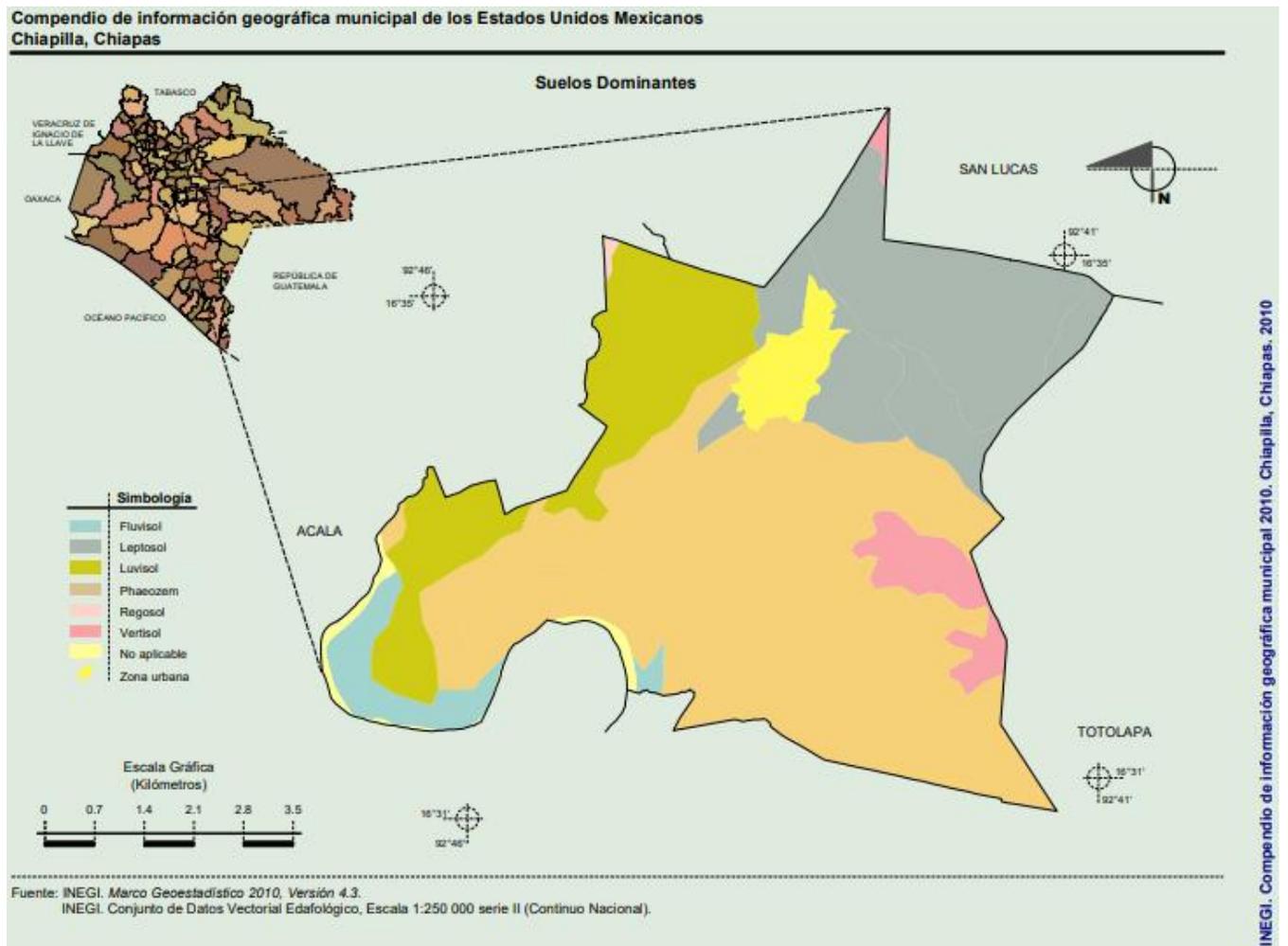
Recuperado de: (INEGI, 2010).

Figura 13. Mapa de la Geología (clase de roca) en el Municipio de Chiapilla.



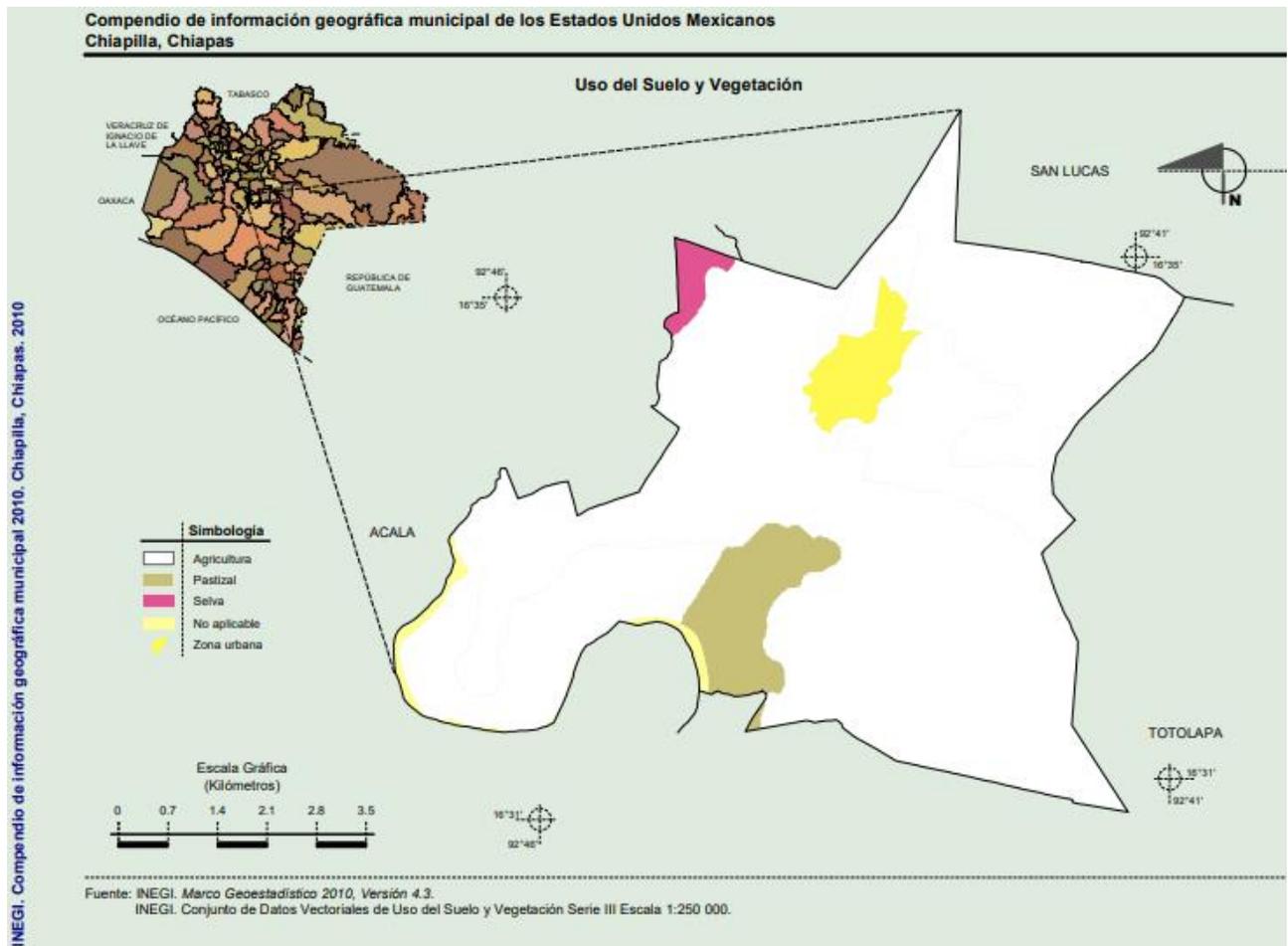
Recuperado de: (INEGI, 2010).

Figura 14. Mapa de tipos de suelos dominantes.



Recuperado de: (INEGI, 2010).

Figura 15. Mapa del uso de suelo y vegetación.



Recuperado de: (INEGI, 2010).

4.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Se aplicó la NMX-AA-61-1985 de acuerdo, para aplicarlo en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas para que los ciudadanos participen en el estudio, el tamaño de la muestra (número de casa habitación) de la cual se estableció en 100 unidades para un nivel de confiabilidad del 90%. Lo aleatorio se consiguió a base de un sorteo al azar utilizando el tamaño de la muestra total, hasta completar el tamaño del universo de la muestra que sería de 100 casa-habitación. También se recurrió a mapas de sitio web e imprimirlo, para tener más a detallado el universo del municipio.

4.3 OBTENCIÓN DE LA TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Para determinar la generación *per-cápita* de los residuos sólidos provenientes de casas habitación, se empleó la norma técnica NMX-AA-61-1985 (SECOFI, 1985d). Dicha norma especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos urbanos a partir de un muestreo estadístico aleatorio.

4.3.1 Materiales y equipo

- Báscula con capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g.
- Báscula con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1g.
- Cédulas de campo
- Tablas de inventario
- Marcadores tinta negra
- Lápices, gomas, papelería en general
- Bolsas de polietileno de 0.7m x 0.5 m y calibre 200
- Ligas de hule de 1.5 mm ancho
- Guantes de hule para uso industrial
- Brochas de 0.025 m de ancho
- Pintura de esmalte color amarillo

4.3.2 Procedimiento de campo

- ✚ El parámetro de generación se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en kg/hab-día, a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población.

- ✚ Seleccionar el nivel de confianza. Este se realiza en base al conocimiento de la localidad, calidad técnica del personal participante, facilidad para realizar el muestreo, características de la localidad a muestrear, etc. (Tabla 3).

- ✚ Definir el tamaño de la premuestra, a partir del nivel de confianza seleccionado.

Tabla 3. Tamaño de premuestra según niveles de confianza.

Probabilidad %	Riesgo seleccionado	Tamaño de la premuestra
95	0.05	115
90	0.10	80
80	0.20	50

Fuente: NMX-AA-061-1985 SECOFI, 1985d

- ✚ Delimitar y ubicar el universo de trabajo (300 a 500 casas) en un plano actualizado de la localidad, acorde con el estrato socioeconómico por muestrear. Ahí se debe de contar y numerar en orden progresivo, los elementos del universo de trabajo, para conocer su tamaño. posterior a ello, seleccionar aleatoriamente los elementos de dicho universo que forman parte de la premuestra. Para realizar lo anterior, se puede emplear la tabla 3, de números aleatorios que viene en la norma técnica NMX-AA-61-1985 (SECOFI, 1985d) o bien utilizar números generados en una hoja de Excel, calculadora o simplemente el conocimiento de la localidad.

- ✚ Recorrer la zona seleccionada, visitando a los habitantes de las casas seleccionadas para explicarles la razón del muestreo y captar la información general que se indica en la hoja de encuestas, en caso de aceptar participar en el proyecto, anotar con pintura amarilla el número aleatorio correspondiente al elemento, en algún lugar visible de la calle donde se encuentra la casa habitación o elemento por muestrear. Además de lo anterior, se debe de entregar una bolsa de polietileno y el folleto explicativo referente al estudio por realizar (figura 16).

- ✚ Visitar nuevamente las casas seleccionadas el primer día que se realiza el período de muestreo, lo más temprano posible para recoger las bolsas conteniendo los residuos sólidos generados antes de ese día. Esto es llamado una operación limpieza, tiene la finalidad de garantizar que el residuo generado después de ella corresponde a un día. Se debe de entregar una nueva bolsa.

- ✚ A partir del segundo al séptimo día del período de muestreo se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior y a su vez se entrega una nueva bolsa. Al octavo día sólo se recogen las bolsas con los residuos generados el día anterior.

- ✚ Para obtener el valor de la generación *per-cápita* de residuos sólidos en kg/habitante-día correspondiente a la fecha en que fueron generados, se divide el peso de los residuos entre el número de habitantes de la casa.

Figura 16. Entrega de bolsas en el estudio.



Fuente: propia.

4.3.3 Evaluación de resultados

- ✚ Calcular el promedio de generación durante el tiempo de muestreo.
- ✚ Realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas.
- ✚ Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, se realiza el análisis estadístico de los “n” valores promedio resultantes para obtener la media de la generación per-cápita diaria.
- ✚ Verificar el tamaño de la premuestra, calculando el tamaño real de la muestra para tener un análisis confiable.
- ✚ Realizar un análisis de confiabilidad (pruebas de hipótesis)

4.4 DESARROLLO DEL MÉTODO DE CUARTEO

La NMX-AA-15-1985 (SECOFI, 1985a) hace referencia a la forma de realizar un muestreo para residuos sólidos municipales, establece el método de cuarteo para las diferentes determinaciones de campo y laboratorio. El objetivo es contar con residuos de características homogéneas.

4.4.1 Materiales y equipo

- Báscula de piso con capacidad de 100 Kg
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m y calibre mínimo del No. 200
- Palas curvas
- Bieldos
- Overoles
- Guantes de hule para uso industrial
- Escobas
- Botas de hule
- Mascarillas protectoras
- Cédulas de campo
- Papelería en general

4.4.2 Procedimiento en campo

- ✚ Para realizar el cuarteo, se toman los residuos sólidos resultados del muestreo para el estudio de generación.
- ✚ El contenido se vacía formando un montón o pila sobre un área plana horizontal de 4m por 4m.
- ✚ El montón de residuos sólidos se traspalea hasta homogeneizarlos, se divide en cuatro partes iguales A, B, C, D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg, para selección de subproductos (Figura 17).
- ✚ De las partes eliminadas del primer cuarteo se toman 10 kg, para análisis físicos, químicos y biológicos. Con el resto se determina el peso volumétrico.

Figura 17. Cuarteo de residuos sólidos urbanos.



Fuente: Propia.

4.5 DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO

Esta determinación de los residuos sólidos generados por cualquier fuente, exceptuando la industrial, deberá realizarse empleando las normas mexicanas NMX-AA-15-1985 Muestreo - Método de cuarteo (SECOFI, 1985a) y NMX-AA-19-1985 Peso volumétrico *in situ* (SECOFI, 1985b).

Para determinar el peso volumétrico *In situ*, de las muestras de basura sin compactar procedentes de domicilios y comercios, se deben tomar los residuos eliminados de la primera operación de cuarteo. Para efectuar esta determinación se requieren cuando menos dos personas.

4.5.1 Materiales y equipo

- Básculas de piso con capacidad de 200 kg

- Tambos metálicos de forma cilíndrica, con capacidad de 200 L
- Palas curvas
- Overoles
- Guantes de hule para uso industrial
- Escobas
- Botas de hule
- Mascarillas
- Cédulas de campo
- Papelería en general

4.5.2 Procedimiento en campo

- ✚ Verificar que el recipiente esté limpio y libre de abolladuras (tambos metálicos con capacidad de 200 L).
- ✚ Se pesa el recipiente.
- ✚ Se llena el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo. Golpear el recipiente contra el suelo tres veces, dejándolo caer desde una altura de 10 cm.
- ✚ Nuevamente se agregan residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar.
- ✚ Se debe obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pesa el recipiente con éstos y se resta el valor de la tara (Figura 18).
- ✚ El peso volumétrico del residuo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\rho \text{ Residuos: } \frac{P}{V}$$

ρ = peso volumétrico de los residuos sólidos kg/m³

P= peso bruto de los residuos sólidos menos la tara en kg

V= volumen del recipiente en m³

4.5.3 Tratamiento de la información

- ✚ Indicar los promedios de los pesos volumétricos obtenidos en los diferentes estratos socioeconómicos y fuentes generadoras (domicilios en este caso).

Figura 18. Determinación del peso volumétrico.



Fuente: Propia.

4.6 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa basada en porcentajes por peso. La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas, así como los programas y planes de gestión.

La composición de los residuos sólidos generados por cualquier fuente, excepto la industria, se determina mediante las normas mexicanas NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo (SECOFI, 1985a) y NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos (SECOFI, 1985c).

4.6.1 Materiales y equipo

- Báscula de piso con capacidad de 100 kg
- Báscula con capacidad para 10 kg y precisión de 1g
- Criba M 2.00
- Mascarillas
- Recogedores
- Overoles
- Escobas
- Botas de hule
- Guantes de hule para uso industrial
- Bolsas de polietileno, de 1.1 m x 0.9 m y calibre 200 para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias).
- Cédulas de campo
- Papelería y varios.

4.6.2 Procedimiento de campo.

- ✚ La muestra se extrae como se establece en la Norma Mexicana NOM-AA-015-1985 (SECOFI, 1985a) y se toman como mínimo 50 kg, que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas. Otra de la manera de realizar esta operación, es trabajar con la muestra que vienen del tambo de 200 L con la cual se realizó la obtención del peso volumétrico.
- ✚ Se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno o los recipientes de boca ancha hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación mínima (Figura 19):
 - a) Algodón: incluye material de curación, toallas sanitarias, fibras naturales (estopa), relleno de sillas y sillones.
 - b) Cartón, considerando materiales de empaque liso, rugoso, natural (café), con pintura o blanqueado.
 - c) Cuero, piel curtida de cualquier origen, en cualquier forma y color.
 - d) Residuo fino que pase la criba M 2.00.
 - e) Envase de cartón encerado, del tipo de envases de leche fresca o tetrapack.
 - f) Fibra dura vegetal, como tallos y raíces (estructuras delgadas y largas).
 - g) Fibras sintéticas como el nylón, poliéster entre otras.
 - h) Hueso y materiales cartilagosos, que no procedan de desperdicios de comida, pero sí de carnicerías o expendios de pollo.
 - i) Hule, como empaques, ligas, llantas, suelas de zapato.
 - j) Latas de fierro y aluminio.
 - k) Loza y cerámica, que por lo regular se presentan en padecería (platos, tazas, ollas).
 - l) Madera, ya sea como materiales de desecho de utensilios domésticos, pero no de escombros de construcción.
 - m) Material de construcción, como escombros, tiroles, yeso, cemento, cimbras, marcos metálicos de puertas y/o ventanas, etc.
 - n) Material ferroso, diferente a las latas y material de construcción.
 - o) Material metálico no ferroso, como aluminio, pero que sea diferente a las latas y a los escombros de construcción (ejem: salpicaderas, estructuras de bicicletas, etc).

- p) Papel, en todas sus formas (periódico, de oficina, higiénico, de empaque, texturas y colores, pudiendo venir o no con cobertura de aluminio, encerado o plástico
- q) Pañal desechable sencillo o con gelatinizador de líquidos.
- r) Plástico de película o polietileno de baja densidad (LDPE), con el que se fabrican la mayoría de las bolsas, con color o transparentes.
- s) Plástico rígido, dentro del cual se encuentran el polietilentereftalato (PET o #1), polietileno de alta densidad (HDPE o # 2), el cloruro de polivinilo (PVC o #3), polipropileno (PP o #4); materiales de los cuales están elaborados la mayor parte de los empaques comerciales.
- t) Poliuretano, plástico con el que se elaboran varios de los objetos de uso doméstico como cubetas, tinas, baldes, etc.
- u) Poliestireno expandido o unicel, material empleado como aislante o empaque.
- v) Residuos alimenticios provenientes de casas habitación, restaurantes y/o centros de servicio.
- w) Residuos de jardinería, como pasto, material de poda, hojarasca, etc.
- x) Trapo, de origen vegetal o sintético.
- y) Vidrio de color, ámbar, verde, azul, rojo.
- z) Vidrio transparente
- aa) *Otros*. En esta categoría se encuentra cualquier otro residuo no clasificado anteriormente, como: medicamentos, baterías, productos de limpieza, objetos de uso doméstico, etc.

Nota: Es importante comentar que la clasificación anterior es mínima, es decir, puede variar de acuerdo al tipo de enfoque que se le dará al estudio, así pues, en los subproductos se pueden tener un mayor o menor desglose en alguno de ellos.

1. Los productos ya separados se pesan por separado en la balanza y se registra el resultado.
2. El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula así:

$$PS = [G1/G] \times 100$$

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 (kg)

Figura 19. Selección de subproductos.



Fuente. Propia.

4.6.3 Categorías aprovechables

Las divisiones presentadas en la Norma Mexicana NMX-AA-22-1985 (SECOFI, 1985c) pueden agruparse en categorías de manejo práctico de acuerdo a su naturaleza (orgánica e inorgánica), pero también de acuerdo a su vocación de tratamiento. En el presente estudio se usará las ocho categorías mostradas a continuación (Tabla 4).

Tabla 4. Componente de las fracciones de los RSU

Fracciones	Componentes
Orgánica	Fracción de rápida biodegradabilidad en donde se incluye a los residuos de alimentos y jardinería, así como piezas de madera.
Papel y cartón	Se incluye al papel de impresión, papel, revista o encerado, papel periódico, además de cartón y cartón encerado.
Plásticos ^a	En esta fracción se incorporaron a los plásticos denominados PET, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC y mezclas de ellos.
Vidrio	Se consideraron dos categorías: transparente y color.
Metales	Se incluyen al aluminio en latas y perfil, además de metales tanto en forma de latas como en piezas.
Peligrosos ^b	Se incluye a todos los materiales que tengan características CRETIB, como jeringas, baterías y medicamentos.
Tecnológicos	Se incluye todo aquel equipo o pieza proveniente de algún aparato electrodoméstico.
No aprovechable	En esta fracción se incluye al papel y toallas sanitarias, además de otros subproductos como, hule, piezas de loza y cerámica, materiales de la construcción y finos.

^a PET (polietileno de tereftalato), HDPE (polietileno de alta densidad), LDPE (polietileno de baja densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno), PVC (policloruro de vinilo).

^b CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, toxico, inflamable y biológico infeccioso).

V. RESULTADOS

5.1 SELECCIÓN DE MUESTRAS

El universo del área a análisis fue únicamente en la cabecera municipal, la cual, debido a su magnitud, tuvo que subdividirse en dos zonas que corresponden a un solo estrato socioeconómico (zona alta y baja de la cabecera municipal).

Con esta preselección, se procedió a seleccionar a las colonias de cada zona que fueran representativas del área. Las características de análisis, son las que se mencionan a continuación:

- Se tomó un buffer de análisis de 100 m, para recolectar muestras que provenían de los alrededores de la calle principal de Chiapilla.
- Se consideró analizar al menos 80 muestras, para obtener un nivel de confianza de $\alpha=0.10$ al momento de efectuar el análisis estadístico de los datos de campo.
- Se buscó que las vialidades fueran de fácil acceso para una camioneta o camión recolector.
- Se buscó que las distancias entre cada una de las viviendas fueran cortas, y también con respecto al centro de operaciones del estudio (sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos).
- Se buscó que la población fuera accesible a participar en programas que requieren de colaboración ciudadana.

5.2 GENERACIÓN PER CÁPITA DOMICILIARIA

Los trabajos de campo correspondientes a la determinación de la generación per-cápita, se iniciaron el lunes 15 de junio del 2022, previo a la selección de las colonias por muestrear y efectuando el recorrido al sitio; así como labor de convencimiento y posterior a ello la realización de la encuesta correspondiente, recogiendo los residuos generados el fin de semana (“operación limpieza”) y entregando la primera bolsa para la primera muestra.

El levantamiento de muestras se realizó a partir de las 7:00 de la mañana, salvo algunos hogares que se hacía después debido a la ausencia de las personas por el ingreso escolar de los hijos menores.

Los datos básicos para cada una de las muestras (identificación, número de habitantes, pesos diarios, generación per cápita diaria y promedio), se realizó teniendo como referencia a la norma mexicana NMX-AA-61-1985 (SECOFI, 1985d), siendo que de esta manera se obtiene el promedio total durante una semana (duración del estudio), así como los parámetros estadísticos de media, desviación estándar y varianza (Tabla 5).

Tabla 5. Promedio de generación en la cabecera Municipal. De Chiapilla, Chiapilla.

Fecha	Día	Promedio por día kg/hab-día	Promedio Kg/hab-día
15 de junio de 2022	Día uno	0.680	0.615
16 de junio de 2022	Día dos	0.628	
17 de junio de 2022	Día tres	0.672	
18 de junio de 2022	Día cuatro	0.604	
19 de junio de 2022	Día cinco	0.577	
20 de junio de 2022	Día seis	0.565	
21 de junio de 2022	Día siete	0.584	

En este estudio se logró trabajar con 86 viviendas, las cuales participaron entregando las muestras con residuos durante todo el periodo del estudio (7 días de recolección regular y 1 día de operación limpieza). Posterior a los pesajes, obtención de pesos volumétricos y caracterización de residuos de los siete días de trabajo, se examinó la base de datos aplicando primeramente un análisis de exclusión datos atípicos, específicamente el criterio de Dixon.

No habiendo eliminado ninguno de los datos mediante el criterio de exclusión citado, se obtuvieron los estadísticos, arrojando una generación per cápita promedio de 0.615 kg/hab-día, una mediana de 0.580 kg/hab-día y desviación estándar de 0.289kg/hab-día. Seguidamente, el cálculo del tamaño real de la muestra arrojó un valor de 64, por lo que se aceptaron las 86 premuestras con las cuales se trabajó durante el estudio, lo anterior, considerando un error muestral de 0.06 kg/hab-día y un percentil de la distribución t de student correspondiente al nivel de confianza de 90%. Por último, el análisis de confiabilidad indicó

que, con el tamaño de muestra considerado, se tiene más del 90% de confianza en la aceptación de la hipótesis planteada.

5.3 PESO VOLUMÉTRICO

La determinación de la densidad se efectuó para los residuos sólidos que proceden directamente de fuente domiciliaria sin recibir compactación en el carro recolector. La Tabla 6 presenta el resumen de los datos obtenidos en campo y los principales valores estadísticos.

El peso volumétrico fue de 234.07 kg/m³, siendo este valor un poco alto respecto a los 153.12 kg/m³ reportados por (INECC, 2012) como promedio nacional. Lo anterior, debido posiblemente a la época del año en que se realizó el presente estudio de generación, en la cual comenzaban a aparecer las primeras lluvias fuertes, lo cual incorporó agua o humedad a las muestras de residuos.

Tabla 6. Promedio de peso volumétrico en el área de estudio

Fecha	Día	Promedio por día kg/m ³	Promedio Kg/m ³
15 de junio de 2022	Día uno	252	234.07
16 de junio de 2022	Día dos	233.5	
17 de junio de 2022	Día tres	186.25	
18 de junio de 2022	Día cuatro	234	
19 de junio de 2022	Día cinco	207.25	
20 de junio de 2022	Día seis	250.25	
21 de junio de 2022	Día siete	275.25	

5.4 CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Una vez efectuado el cuarteo y seccionada la totalidad de la muestra para cada una de las determinaciones, se procedió a segregar los subproductos especificadas en la Norma Mexicana correspondiente. La Figura 20 y Tabla 7 muestran la cuantificación de subproductos. Se observa que la fracción orgánica se produce en gran medida, teniendo los porcentajes más altos los residuos de alimentos con 35.50%, seguido de los residuos de jardín con 22.91%.

Otros subproductos como los plásticos (7.38%) siguen en aumento, particularmente los llamados PET (1.02%), PEAD (1.50%) y PEBD (2.83%), motivado por las tendencias de consumo actuales, específicamente la del “usar y tirar”.

Se destaca también que, de la totalidad de los residuos, poco más del 80% son materiales susceptibles de recuperación, pudiendo ser aprovechados de alguna manera para no enviarlos directamente a disposición final, y con ello alargar la vida útil de los sitios de depósito de residuos.

En menor medida aparecen los residuos peligrosos y tecnológicos (también llamados eléctricos y electrónicos) (1.15% ambos), los cuales en un futuro requerirán de algún mecanismo de control o tratamiento, dada las altas cantidades que podrían generarse en un futuro.

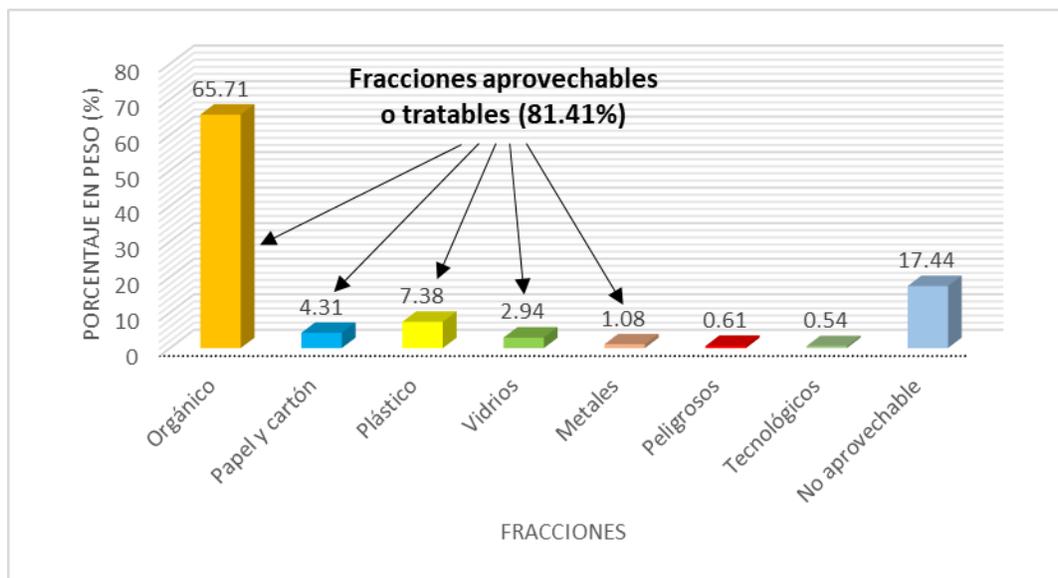
Tabla 7. Composición de los residuos sólidos domésticos de Chiapilla, Chiapas.

Fracción	%	Componentes	%
Orgánica	65.71%	Residuos alimenticios	35.50%
		Residuos de jardín	22.91%
		Madera	0.35%
		Hueso de animal	0.35%
		Semilla y cascara dura	6.60%
Papel y cartón	4.31%	Cartón	2.57%
		Cartón encerado/Tetrapak	0.52%
		Papel encerado/revista	0.40%
		Papel de impresión	0.48%

		Papel periódico	0.34%
Plásticos ^a	7.38%	PEAD (polietileno de alta densidad)	1.50%
		PEBD (polietileno de baja densidad)	2.83%
		PET (polietileno de teraftalato)	1.02%
		PP (polipoprileno)	1.00%
		PVC (cloruro de polivinilo)	0.07%
		PS (Unicel)	0.28%
		Plásticos varios	0.68%
Vidrios	2.94%	Vidrio de color	0.52%
		Vidrio transparente	2.42%
Metales	1.08%	Aluminio (latas y papel)	0.42%
		Latas de otros metales	0.25%
		Material ferroso	0.41%
Peligrosos	0.61%	Residuos Peligrosos (jeringas, pilas, medicamentos)	0.61%
Tecnológicos	0.54%	Residuos Tecnológicos	0.54%
No aprovechable	17.44%	Pañal des. /toallas sanitarias	6.71%
		Papel sanitario	5.16%
		Cuero/zapatos de	0.51%
		Trapo (natural y sintético)	1.93%
		Loza y cerámica	0.40%
		Hule	0.01%
		Residuos de la construcción	0.18%
		Residuos finos	2.45%
		Cabello	0.09%
		Algodón	0.00%

Fracción	%
Orgánico	65.71
Papel y cartón	4.31
Plásticos	7.38
Vidrios	2.94
Metales	1.08
Peligrosos	0.61
Tecnológicos	0.54
No aprovechables	17.44
Total	100

Figura 20. Fracciones de los RSU generados en Chiapilla, Chiapas.



5.5 GENERACIÓN PER CÁPITA

Con los datos de la generación domiciliaria obtenidos anteriormente, se puede establecer que la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, actualmente genera 2.684 Ton/día, es decir, un equivalente a 0.615 kg/hab-día (ver Tabla 8), cifra que entra en el parámetro respecto a un promedio nacional.

Tabla 8. Generación de residuos de fuentes generadora.

Fuente de generación	Gen. per cápita (kg/hab-día)	Cantidad (Ton/día)
Casa habitación	0.615	2.684
Total	0.615	2.684

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los resultados obtenidos de un estudio de generación y cuantificación de subproductos de RSD, elaborado en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas. Se aplicó normatividad técnica mexicana para la obtención de la tasa de generación per cápita doméstica, cuantificación de subproductos y obtención de pesos volumétricos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se determinó que la generación per cápita producido por habitante por día es de 0.615 kg/hab-día, la densidad promedio de peso volumétrico en el área de estudio es de 234.07 kg/m³ y los valores totales sobre cada una de las fracciones de los RSD fueron las siguientes: materia orgánica (65.71%), papel y cartón (4.31%), plásticos (7.38%), vidrios (2.94%), metales (1.08%), peligrosos (0.61%), tecnológicos (0.54%) y no aprovechable (17.44%).

Referente a lo anterior con la composición de los RSD y sus porcentajes, se aprecia que la fracción orgánica se genera con mayor cantidad y respecto a los otros subproductos encontrados como los

plásticos, papel, vidrios, etc., corrobora de hecho la dirección de un cambio significativo ante los patrones de consumo de la población del municipio de Chiapilla.

Es importante mencionar que la participación y comunicación de la población es imprescindible para llevar a cabo este proyecto, ya que es fundamental para que en la ejecución y desarrollo de dichas acciones refleje un adecuado proceso y obtener resultados satisfactoriamente.

Una forma de contribuir como persona para una cultura de separación y reciclaje de los residuos es instalar recipientes específicos donde puedan dividir la basura: orgánica, vidrio, cartón, plásticos entre otras; separar correctamente los residuos e indicar al recolector de basura como están clasificados, para ser aprovechados y evitar que se vayan directamente a la disposición final alargando con ello la vida útil del sitio de disposición final, así como también se requiere una iniciativa, organización y nuevas estrategias para las recolecciones de los residuos en el municipio de Chiapilla.

Se propone que en un futuro sea necesario revisar las estrategias de manejo de los RSD en el municipio, así como su reglamento local, para que de tal manera el aumento en los volúmenes de residuos pueda ser solventado por el área encargada del manejo de residuos en el municipio de Chiapilla. De tal manera que las autoridades municipales puedan emplear el presente estudio para diseñar obras, planes y programas, o adquirir equipamiento necesario en las labores de manejo de sus residuos.

La prevención y promoción mediante información y campañas educativas a la población acerca de cómo tratar los residuos en el hogar, formas de reciclaje y por tanto las políticas institucionales para realizar un buen manejo adecuado de los residuos, también se puede abordar desde el principio de hábitos de consumo adecuado y producción desmedida de los residuos por parte de la población

VII. REFERENCIAS

- [1] Acuario, G., Rossin, A., Teixeira, P., & Zepeda, F. (Julio de 1997). Diagnostico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. *Washington: Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana*, págs. 97-107.
- [2] Aguilar, C., Jiménez, J., Lopez, G., & Matadamas, D. (enero-abril de 2012). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en la Ciudad de Huajuapán de León, Oaxaca. *Temas de Ciencias y Tecnología*, 16(46), págs. 3-10.
- [3] Alfaro, C. (2016). *Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios (RSD) en la localidad Salvador Urbina municipio de Ángel Albino Corzo, Chiapas*. (tesis de pregrado), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- [4] Alvarado, H., Nájera, H., Gonzáles, F., & Palacios, R. (2009). Estudio de generación y caracterización de los residuos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapa de Corzo. *Lacandonia, Rev. Ciencias UNICACH*, 3(1), págs. 85-92.
- [5] Álvarez, E. (2021). *Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios (rsd) de la localidad Cristóbal obregón, municipio de Villa flores, Chiapas*. (tesis de pregrado), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Chiapas, México.
- [6] Araiza, A., Nájera, H., Garcia, C., Gurgua, A., Martínez, A., Hernández, C., . . . Gines, C. (2022). *Estudio de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Chiapilla, Chiapas, y estimación de la cantidad de residuos sólidos que arriban al sitio de disposición final*. UNICACH y H. Ayuntamiento Constitucional de Chiapilla.
- [7] Arellano, M., Parada, T., & Jara, L. (Abril de 2023). La contaminación del aire y sus repercusiones en la salud. *Comisupon de derechos humanos del Estado de México*(4), págs. 1-16.
- [8] Bartra, J., & Delgado, J. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 4(2), pág. 993. doi:org/10.37811/cl_rcm.v4i2.135
- [9] Bernache, P. (diciembre de 2012). El confinamiento de la basura urbana y la contaminación de las fuentes de agua en México. *Revista de El Colegio de San Luis*, págs. 36-53.

- [10] Calva, L., & Rojas, R. (11 de Febrero de 2014). Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos en el municipio de Mexicali, México: Reto para el logro de una planeación sustentable. *Información Tecnológica*, 25(3), págs. 59-72. doi:10.4067/S0718-07642014000300009
- [11] Carrasco, J. (2019). *Aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios en el cultivo de hortaliza en un biobuerto ubicado en el Sector Mirador de Rumiyaçu. Moyobamba, 2018*. (tesis de pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú.
- [12] CEIEG. (2021). *Mapas municipales de Chiapas Actualización 2021*. Obtenido de <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASMUN/028.pdf>
- [13] CONAGUA. (2023). Subdirección General técnica, gerencia de aguas subterráneas. *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Tuxtla (0703), Estado de Chiapas*, 1-28. Ciudad de México. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/chiapas/DR_0703.pdf
- [14] CPEUM. (28 de mayo 2021). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. *DOF*. México.
- [15] De Anda, A., García, E., Peña, A., Seminario, J., & Nieto, A. (2021). Residuos orgánicos: ¿basura o recurso? *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3), P. 19-42.
- [16] DOF. (21 de junio de 1984). Diario Oficial de la Federación. *Declaratoria No. 41/84 por la que se declaran Propiedad Nacional las Aguas del Manantial y Arrollo Salado, ubicado en los Municipios de El Zapotal, Totolapa y Chiapilla, Cbis.* México, D. F. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4674074&fecha=21/06/1984#gsc.tab=0
- [17] FAO. (2019). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *La contaminación del suelo: una realidad oculta*.
- [18] Galvis, J. (22 de diciembre de 2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas. *Revista Gestión y Región*, (22), págs. 7-28.
- [19] Google. (2024). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/@16.5753481,-92.7200932,2689m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>
- [20] Grupo America. (02 de octubre de 2019). A24. *La contaminación del agua: todo lo que hay que saber*.

- [21] Hernández, M., Aguilar, Q, Taboada, P, Lima, R, Eljaiek, M., Márquez, L., & Buenrostro, O. (2016). Gestión y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Rev. Int. Contam. Ambie*, 32, págs. 11-22. doi:10.20937/RICA.2016.32.05.02
- [22] Hernández, S. R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). México D.F: McGRAW-HILL.
- [23] INECC. (2012). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*, 201. México, D.F: INECC-SEMARNAT.
- [24] INEGI. (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010, Chiapilla, Chiapas*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07028.pdf
- [25] INEGI. (2020). Panorama sociodemográfico de México 2020. *Censo de Población y Vivienda 2020*, pág. 275. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825197780.pdf
- [26] INEGI. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. *Espacio y datos de México*. Recuperado el 28 de 02 de 2024, de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espacioydatos/default.aspx?ag=070280001>
- [27] LGEEPA. (2022). *Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente* . México: DOF.
- [28] LGPGIR. (2021). *Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos*. México: DOF.
- [29] López, A. (2018). Propuesta de gestión integral de residuos sólidos urbanos bajo criterios de eficiencia ambiental, económica y social en el municipio de Reforma, Chiapas (tesis de pregrado). *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*. Reforma, Chiapas, México .
- [30] Macedo, E. (2022). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios municipales y propuesta de manejo de residuos biocontaminados en el distrito de Cocachacra en tiempo de pandemia COVID-19-2021*. (tesis de pregrado), Universidad Continental, Facultad de Ingeniería, Arequipa.
- [31] Marmolejo, L. (2013). Systemic analysis of municipal solid waste management . *Ingeniería y Competitividad*, 15(2), P. 253-263.

- [32] Mayer, L. (2012). *Caracterización de residuos sólidos urbanos de la localidad de Tiltepec, municipio de Jiquipilas, Chiapas*. (Tesis de pregrado), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla, Gutierrez, Chiapas.
- [33] OEFA. (18 de agosto de 2017). Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental. *OEFA interviene en la inadecuada disposición de residuos sólidos en el botadero La Tinguña en Ica*.
- [34] Orosio, A. (2018). Propuesta de plan de manejo de residuos sólidos en el mercado Juan Sabines, de Tuxtla Gutierrez, Chiapas (tesis de pregrado). *Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas*. Reformas, Chiapas, México .
- [35] Pérez, M., & Peña, N. (2009). *Caracterización y generación de residuos sólidos en el municipio de Suchiapa*. (Tesis de pregrado), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla, Gutierrez, Chiapas.
- [36] Quillos, S., Escalante, N., Sánchez, D., Quevedo, L., & De la Cruz, R. (2018). Residuos sólidos domiciliarios: caracterización y estimación energética para la ciudad de Chimbote. *Rev Soc Quim Perú*, 84(3), págs. 322-335.
- [37] Rentarías, J., & Zeballos, M. (2014). *Propuesta de manejo para la gestión estratégica del programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de los Olivos*. (tesis de pregrado), Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- [38] Rojas, M., & Amézquita, E. (2019). *Análisis de la generación de residuos sólidos en una industria manufacturera de Tarrascas, Analysis of solid wastes generation at a screw cap manufacturer*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F: 5. Obtenido de <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/259-M%C2%AExico-oral.pdf>
- [39] Romero, P., & Vásquez, J. (2022). *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios y elaboración de una propuesta para el manejo adecuado de los mismos en el casco urbano del Cantón Zaruma, Provincia de el Oro*. (Tesis de pregrado), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador.
- [40] Rosario, R. (2016). Manejo de residuos sólidos urbanos para la prevención de daños a la salud en el municipio de Cuernavaca Morelos (tesis de maestría). *Instituto Nacional de Salud Pública*. Cuernavaca, Morelos.

- [41] Ruiz, R. (2013). *Caracterización de la generación de residuos sólidos urbanos domiciliarios en el Fraccionamiento Faja de Oro, en Coatzacoatlán, Veracruz*. (tesis de pregrado), Universidad Veracruzana, Poza Rica, Tuxpan, Veracruz.
- [42] Sánchez, J. (2018). *Caracterización de los residuos sólido, en el Ejido Nuevo Volcán Chichonal, municipio de Juárez, Chiapas*. (tesis de pregrado), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Reforma, Chiapas.
- [43] SECOFI. (1985a). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Norma Mexicana NMX-AA-015-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Muestreo – Método de Cuarteo*. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- [44] SECOFI. (1985b). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Norma Mexicana NMX-AA-019-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales – Peso Volumétrico “in situ”*. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- [45] SECOFI. (1985c). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Norma Mexicana NMX-AA-022-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo – Residuos Sólidos Municipales– Selección y Cuantificación de Subproductos*. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- [46] SECOFI. (1985d). Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. *Norma Mexicana NMX-AA-061-1985. Protección al Ambiente – Contaminación del Suelo - Residuos Sólidos Municipales - Determinación de Generación*. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- [47] Secretaría de medio ambiente y recursos naturales . (2020). *Presenta Semarnat el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos 2020*. Ciudad de México: Comunicado.
- [48] Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2017). *Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-solidos-urbanos-rsu>: Gobierno de Mexico.
- [49] SEMARNAT. (2003). NOM. *Secretarías de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. MEXICO.
- [50] SEMARNAT. (2009). Capítulo 3. Suelo. En *Informe de la situación del medio ambiente en México* (2008 ed., págs. 112-146). México, D.F.

- [51] SEMARNAT. (2016). Residuos. En *Informe de la situación del Medio Ambiente en México. Compendio de estadísticas Ambientales. Indicadores clave, de desempeño ambiental y el crecimiento verde*. (2015 ed., págs. 431-470). México: Semarnat.
- [52] SEMARNAT. (2020). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. México: Lucart Estudio S.A. de C.V.
- [53] SGM. (11 de octubre de 2016). Servicio Geológico Mexicano. *Atlas de riesgos del Estado de Chiapas*.
- [54] Silva, S., & Correa, F. (junio de 2009). Análisis de la contaminación del suelo: Revisión de la Normativa y posibilidades de regulación económica. *Semestr Económico*, 12(23), págs. 13-34.
- [55] Urbina, M., & Zuñiga, L. (marzo de 2016). Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios. *Ciencias en su PC*(1), págs. 15-29.

VIII. ANEXOS

8.1 ANÁLISIS DE GENERACIÓN PER CÁPITA

ESTUDIO DE GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE CHIAPILLA, CHIAPAS										
Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria										
N° de viviendas	Dirección	N° de habitantes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
			Peso							
1	Proporcionado en el kmz	6	1.65	1.65	9.615	0	1.165	2.89	1.425	0.511
2	Proporcionado en el kmz	2	0.54	0.915	0.63	1.325	0.155	0.815	0.58	0.354
3	Proporcionado en el kmz	2	2.055	1.185	2.5	1.9	0.765	0.565	0.985	0.816
4	Proporcionado en el kmz	3	0.62	0.32	0	0.765	0	0.675	0.57	0.196
5	Proporcionado en el kmz	4	3.23	1.065	1.215	0.895	1.535	1.75	5.2	0.493
6	Proporcionado en el kmz	8	3.11	3.34	3.08	3.985	3.495	3.755	1.685	0.401
7	Proporcionado en el kmz	6	5.62	6.53	0	7.905	6.73	0.515	0.33	0.775
8	Proporcionado en el kmz	2	2.205	1.255	0.645	1.55	1.66	2.095	0.69	0.721
9	Proporcionado en el kmz	3	0.875	0.94	1.37	1.03	0.27	0.81	2.165	0.435
10	Proporcionado en el kmz	3	3.375	0.625	1.84	1.41	0.98	0	2.545	0.523
11	Proporcionado en el kmz	2	1.37	0.415	0.585	0.445	0.285	0.43	1.25	0.306
12	Proporcionado en el kmz	5	1.28	8.05	1.87	0.55	0	0.58	5.825	0.605
13	Proporcionado en el kmz	4	0.969	2.23	2.12	2.08	3.185	0.955	4.075	0.509
14	Proporcionado en el kmz	2	0	0	2.375	1.245	1.24	0.79	2.055	0.771
15	Proporcionado en el kmz	7	1.31	0.845	2.445	0	2.16	4.305	2.18	0.377
16	Proporcionado en el kmz	7	6.74	7.95	5.745	8.485	5.58	6.88	5.135	0.949
17	Proporcionado en el kmz	5	1.345	2.33	3.16	1.1	0.5	0.81	0.28	0.272
18	Proporcionado en el kmz	4	2.95	0	1.53	2.785	1.43	1.915	0	0.501
19	Proporcionado en el kmz	3	0.755	2.695	0.825	1.305	0.175	0.47	0.555	0.323
20	Proporcionado en el kmz	6	2.2	3.3	1.28	0	1.33	0.795	1.365	0.29
21	Proporcionado en el kmz	4	2.95	1.185	2.77	5.695	2.875	7.59	0	0.915
22	Proporcionado en el kmz	6	2.535	1.795	0.68	8.37	0.395	3.9	3.285	0.58
23	Proporcionado en el kmz	6	3.75	2.135	1.85	3.68	1.405	4.33	1.15	0.504
25	Proporcionado en el kmz	5	0	3.28	2.23	1.26	1.025	2.645	1.02	0.398

26	Proporcionado en el kmz	2	6.395	4.17	1.5	1.555	2.25	2.38	1.075	0.863
27	Proporcionado en el kmz	5	6.43	8.07	7.615	4.66	6.14	5.76	6.81	1.299
28	Proporcionado en el kmz	5	4.645	3.96	5.16	5.93	7.035	3.4	5.465	1.291
29	Proporcionado en el kmz	2	0	3.95	3.595	1.84	3.39	2.655	2.315	1.338
30	Proporcionado en el kmz	2	0	3.12	3.17	3.575	3.035	6.215	1.865	1.299
31	Proporcionado en el kmz	4	2.615	0.9	0	1.085	1.08	1.41	2.36	0.427
34	Proporcionado en el kmz	4	0.78	2.49	3.99	6.105	2.635	5.825	5.59	1.063
35	Proporcionado en el kmz	4	5.275	0	2.01	1.815	1.98	3.175	1.095	0.773

ESTUDIO DE GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE CHIAPILLA, CHIAPAS										
Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria										
N° de viviendas	Dirección	N° de habitantes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
			Peso							
36	Proporcionado en el kmz	5	1.6	2.42	3.26	1.305	0.515	1.65	1.73	0.389
37	Proporcionado en el kmz	5	5.14	5.445	7.71	5.56	8.57	4.45	5.525	1.185
38	Proporcionado en el kmz	4	0.145	1.03	1.815	2.405	1.53	1.27	0.56	0.331
39	Proporcionado en el kmz	4	0.58	2.655	1.175	0	3	1.375	1.43	0.445
40	Proporcionado en el kmz	5	5.025	1.11	2.3	1.555	0.145	5.215	6.95	0.714
42	Proporcionado en el kmz	6	2.61	0.6	4.05	1.795	0.15	8.715	3.035	0.847
43	Proporcionado en el kmz	6	1.84	3.45	3.74	7.04	5.69	5.485	5.79	0.69
45	Proporcionado en el kmz	4	0.93	0	4.835	0.965	1.045	4.71	0	0.671
46	Proporcionado en el kmz	5	1.37	10.04	1.945	3.73	3.77	4.86	2.79	0.793
47	Proporcionado en el kmz	7	0.92	1.425	0.765	0.4	0.725	1.075	1.53	0.14
49	Proporcionado en el kmz	2	1.06	0	0.63	0.445	0.78	0.48	0.995	0.283
52	Proporcionado en el kmz	3	0	2.46	1.7	0.73	0.545	0.875	1.855	0.541
54	Proporcionado en el kmz	5	2.74	2.64	2.61	2.15	4.85	1.665	1.17	0.509
55	Proporcionado en el kmz	4	0.36	0.315	0.445	0.38	0.245	0.575	0.295	0.093
56	Proporcionado en el kmz	6	0.92	0.19	1.435	1.205	1.63	1.32	2.86	0.241

58	Proporcionado en el kmz	7	2.035	0.825	2.47	1.04	1.61	2.12	3.29	0.282
59	Proporcionado en el kmz	4	4.06	2.39	2.25	0.6	0.42	0	0	0.606
60	Proporcionado en el kmz	5	2.16	2.14	2.56	2.86	1.865	0.705	0.98	0.379
61	Proporcionado en el kmz	3	1.1	0.8	0.55	1.89	0.785	2.285	0.25	0.371
62	Proporcionado en el kmz	3	3.73	0.85	1.475	2.14	0.41	1.845	0	0.64
63	Proporcionado en el kmz	5	4.36	4.7	3.09	4.95	2.65	1.33	1.725	0.642

ESTUDIO DE GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE CHIAPILLA, CHIAPAS

Generación de Residuos Sólidos Domiciliaria

N° de viviendas	Dirección	N° de habitantes	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Promedio
			Peso	kg/hab-día						
64	Proporcionado en el kmz	3	0.899	1.15	0.94	1.455	0.73	0.74	0.545	0.308
65	Proporcionado en el kmz	3	2.17	2.71	4.2	1.13	1.08	1.925	0.865	0.744
66	Proporcionado en el kmz	4	0.89	0	2.6	1.215	2.16	2.27	1.85	0.52
67	Proporcionado en el kmz	5	1.21	2.925	2.23	3.685	3.325	4.895	2.7	0.642
68	Proporcionado en el kmz	5	3.91	4.4	4.42	2.365	4.99	2.83	1.75	0.639
69	Proporcionado en el kmz	3	1.615	0	1.93	2.19	1.785	1.72	1.715	0.608
72	Proporcionado en el kmz	5	4.37	3.82	2.45	1.6	2.64	8.92	3.45	0.779
73	Proporcionado en el kmz	5	2.075	1.53	1.44	1.29	2.1	2.21	1.11	0.356
74	Proporcionado en el kmz	5	6.83	1.36	4.58	3.73	1.545	0.69	0	0.564
75	Proporcionado en el kmz	4	2.97	1.58	3.79	3.95	5.005	2.54	0	0.826
76	Proporcionado en el kmz	2	0.34	0	0.28	0.18	1.105	0.21	0.46	0.183
77	Proporcionado en el kmz	4	2.21	2.26	2.335	2.525	2.1	4.43	0.86	0.595
78	Proporcionado en el kmz	2	1.955	0.135	0.58	0.58	0.85	1.795	0.695	0.471
79	Proporcionado en el kmz	4	2.765	1.86	0.695	3.025	1.61	1.01	2.135	0.612
80	Proporcionado en el kmz	6	3.01	2.525	2.695	3.79	8.075	4.945	4.25	0.7
81	Proporcionado en el kmz	7	1.665	1.89	3.19	0	1.52	0.9	1.76	0.317
82	Proporcionado en el kmz	4	1.335	2.01	2.48	0.205	0.64	0.725	4.625	0.428
83	Proporcionado en el kmz	4	0.88	0.94	0.755	3.48	2.005	1.395	1.63	0.487
84	Proporcionado en el kmz	2	4.005	1.755	3.57	2.34	3.34	0.31	0	1.303
85	Proporcionado en el kmz	2	2.699	5.41	0.96	1.6	2.91	1.51	3.635	1.103
86	Proporcionado en el kmz	2	2.01	3.28	5.865	2.4	4.095	0.96	2.63	1.116
87	Proporcionado en el kmz	4	4.47	3.95	1.065	2.665	3.185	6.25	5.42	0.878
88	Proporcionado en el kmz	4	1.99	0.51	1.99	1.895	1.6	1.55	1.075	0.379
89	Proporcionado en el kmz	3	1.55	1.23	1.305	0.755	1.102	0.24	0.28	0.314
90	Proporcionado en el kmz	4	5.57	4.175	1.96	5.35	2.815	2.475	2.49	0.92
91	Proporcionado en el kmz	3	0.95	0.515	3.685	1.1	2.065	1.905	1.98	0.581
92	Proporcionado en el kmz	5	3.12	1.79	0.875	1.15	4.65	3.62	1.225	0.511
93	Proporcionado en el kmz	2	0	1.185	0.955	2.86	1.34	0.945	2.6	0.647
94	Proporcionado en el kmz	4	4.12	4.695	2.82	1.875	2.145	2.735	6.035	0.872

95	Proporcionado en el kmz	3	3.43	1.47	1.045	2.9	1.995	1.365	2.915	0.637
96	Proporcionado en el kmz	3	0.565	0	2.9	2.555	4.335	1.325	0.6	0.763
Promedio Total			0.68	0.628	0.672	0.604	0.577	0.565	0.584	0.615

8.2 ANÁLISIS DE PESOS VOLUMÉTRICOS

DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO IN-SITU EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS							
HOJA DE REGISTRO DE DATOS PARA DETERMINACIÓN DE PESO VOLUMÉTRICO							
Localidad /colonia de procedencia de la muestra: Cabecera Municipal de Chiapilla				Municipio: Chiapilla			
Días de muestreo:	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Condiciones climáticas:	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Soleado	Nublado
Fecha:	15 junio 2022	16 junio 2022	17 junio 2022	18 junio 2022	19 junio 2022	20 de junio 2022	21 de junio 2022
Hora de inicio:	11:56	10:36	11:45	11:40	11:07	11:24	10:56
Peso de residuos + recipiente, kg	58.95	55.25	45.8	55.35	50	58.6	63.6
Tara del recipiente, kg	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55	8.55
Volumen del recipiente, m ³	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Peso de residuos, kg	50.4	46.7	37.25	46.8	41.45	50.05	55.05
Determinación de Peso Volumétrico Diario y en Promedio							
Peso volumétrico, kg/m ³	252	233.5	186.25	234	207.25	250.25	275.25
Peso volumétrico promedio, kg/m ³		234.07					

8.3 ANÁLISIS DE CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS

SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS ENCONTRADOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS								
HOJA DE REGISTRO DE SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS								
Localidad /colonia de procedencia de la muestra: Cabecera Municipal de Chiapilla				Municipio: Chiapilla				
Días de muestreo:		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Condiciones climáticas:		Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Soleado	Nublado
Fecha:		15-junio 2022	16-junio 2022	17-junio 2022	18-junio 2022	19-junio 2022	20-junio 2022	21-junio 2022
Hora de inicio:		11:56	10:36	11:45	11:40	11:07	11:24	10:56
Subproductos		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
1	Cartón	2.01	0.68	1.09	0.57	0.82	1.49	1.905
2	Cartón encerado/Tetrapak	0.07	0.49	0.22	0.29	0.235	0.225	0.135
3	Cuero/zapatos de	0.58	0	0.575	0.18	0.195	0	0
4	Hueso de animal	0	0.075	0.05	0.08	0.27	0.39	0.315
5	Madera	0	0.09	0	0	0.23	0.19	0.735
6	Residuos alimenticios	29.81	15.415	10.09	17.246	13.04	14	18.155
7	Residuos de jardín	3.79	18.25	8.1	11.45	9.1	11.9	12
8	Papel encerado/revista	0	0.5	0.035	0	0	0	0.885
9	Papel de impresión	0.21	0	0.43	0.12	0	0.68	0.09
10	Papel periódico	0.49	0	0	0	0.575	0	0
11	Semilla y cascara dura	0	0.96	2.635	3.44	3.865	4.84	5.905
12	Trapo (natural y sintético)	0.53	0.475	1.4	1.745	0.44	0.27	1.285
13	Aluminio (latas y papel)	0.24	0.17	0.36	0.02	0.315	0	0.195
14	Latas de otros metales	0.04	0	0	0	0.14	0.66	0

15	Material ferroso	0	0.245	0.08	0.275	0.37	0.19	0.14
16	PEAD (polietileno de alta densidad)	0.515	0.49	0.71	0.914	0.76	0.515	0.93
17	PEBD (polietileno de baja densidad)	1.88	1.32	1.29	0.825	1.515	1.285	0.99

SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS ENCONTRADOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS								
HOJA DE REGISTRO DE SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS								
Localidad /colonia de procedencia de la muestra: Cabecera Municipal de Chiapilla				Municipio: Chiapilla				
Días de muestreo:		Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7
Condiciones climáticas:		Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Nublado	Soleado	Nublado
Fecha:		15-jun-22	16-jun-22	17-jun-22	18-jun-22	19-jun-22	20-jun-22	21-jun-22
Hora de inicio:		11:56	10:36	11:45	11:40	11:07	11:24	10:56
Subproductos		kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
18	PET (polietileno de tereftalato)	0.375	0.48	0.625	0.6	0.375	0.185	0.635
19	PP (polipropileno)	0.405	0.345	0.325	0.285	0.485	0.66	0.81
20	PVC (cloruro de polivinilo)	0	0	0	0.115	0.035	0.03	0.055
21	PS (Unicel)	0.14	0.05	0.25	0.015	0.065	0.3	0.07
22	Plásticos varios	0.8	0.345	0.215	0.055	0.135	0.46	0.26
23	Vidrio de color	0	0	0.51	0	0	0.945	0.21
24	Vidrio transparente	0.81	0.415	1.785	2.32	0.875	0.715	0.63
25	Algodón	0	0	0	0	0	0	0
26	Hule	0	0	0	0	0.015	0	0
27	Loza y cerámica	0	0.305	0	0.32	0	0.68	0.07
28	Pañal des. /toallas sanitarias	3.28	2.44	2.59	2.72	4.225	3.9	2.47
29	Papel sanitario	3.115	1.325	1.79	2.105	1.765	3.47	3.655
30	Cabello	0.04	0	0	0	0	0	0.3
31	Residuos Peligrosos (jeringas, pilas, medicamentos)	0.585	0.165	0.205	0.105	0.39	0.195	0.365
32	Residuos Tecnológicos	0.285	0.09	1.095	0.025	0	0	0

33	Residuos de la construcción	0.125	0.055	0.095	0	0	0	0.365
34	Residuos finos	0.275	1.525	0.7	0.98	1.215	1.875	1.49
Total separado		50.4	46.7	37.25	46.8	41.45	50.05	55.05

8.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la siguiente sección se presenta el desarrollo del análisis estadístico de la zona estudiada en Chiapilla. Se muestran los datos obtenidos durante el estudio de generación y los resultados generados.

8.4.1 Obtención de datos de la población y muestra

- ✓ Colonias/localidad: Col. Centro y distintos barrios
- ✓ Nivel socioeconómico: Medio-bajo.
- ✓ Tamaño de la muestra (n) = 86 casas-habitación.
- ✓ Riesgo = 0.10

La siguiente tabla muestra la generación promedio de cada una de las 86 muestras.

Tabla 9. Generación promedio de las 86 muestras en la cabecera municipal.

Promedio kg/hab-día			
0.511	0.915	0.283	0.595
0.354	0.58	0.541	0.471
0.816	0.504	0.509	0.612
0.196	0.398	0.093	0.7
0.493	0.863	0.241	0.317
0.401	1.299	0.282	0.428
0.775	1.291	0.606	0.487
0.721	1.338	0.379	1.303
0.435	1.299	0.371	1.103
0.523	0.427	0.64	1.116
0.306	1.063	0.642	0.878
0.605	0.773	0.308	0.379
0.509	0.389	0.744	0.314
0.771	1.185	0.52	0.92
0.377	0.331	0.642	0.581
0.949	0.445	0.639	0.511
0.272	0.714	0.608	0.647
0.501	0.847	0.779	0.872
0.873	0.69	0.356	0.637
0.545	0.671	0.564	0.763
0.323	0.793	0.826	
0.29	0.14	0.183	

8.4.1 Numeración en orden progresivo de los datos y orden en forma creciente

No.	Promedio kg/hab-día	No.	Promedio kg/hab-día	No.	Promedio kg/hab-día	No.	Promedio kg/hab-día
1	0.093	23	0.398	45	0.595	67	0.793
2	0.14	24	0.401	46	0.605	68	0.816
3	0.183	25	0.427	47	0.606	69	0.826
4	0.196	26	0.428	48	0.608	70	0.847
5	0.241	27	0.435	49	0.612	71	0.863
6	0.272	28	0.445	50	0.637	72	0.872
7	0.282	29	0.471	51	0.639	73	0.873
8	0.283	30	0.487	52	0.64	74	0.878
9	0.29	31	0.493	53	0.642	75	0.915
10	0.306	32	0.501	54	0.642	76	0.92
11	0.308	33	0.504	55	0.647	77	0.949
12	0.314	34	0.509	56	0.671	78	1.063
13	0.317	35	0.509	57	0.69	79	1.103
14	0.323	36	0.511	58	0.7	80	1.116
15	0.331	37	0.511	59	0.714	81	1.185
16	0.354	38	0.52	60	0.721	82	1.291
17	0.356	39	0.523	61	0.744	83	1.299
18	0.371	40	0.541	62	0.763	84	1.299
19	0.377	41	0.545	63	0.771	85	1.303
20	0.379	42	0.564	64	0.773	86	1.338
21	0.379	43	0.58	65	0.775		

22	0.389	44	0.581	66	0.779
----	-------	----	-------	----	-------

8.4.1 Rechazo de observaciones sospechosas con el criterio de Dixon

a) Cálculo del valor del estadístico “r” para las siguientes situaciones

1. Sospecha del elemento máximo de la premuestra, r max.

$$r_{m\acute{a}x} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

Dónde:

- X = elemento de la premuestra
- n = Número de observaciones o elemento mayor
- $i = n - (j-1)$.
- j = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

2. Sospecha del elemento mínimo de la premuestra, r_{\min} .

$$r_{\min} = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$$

Dónde:

- X : elemento de la premuestra.
 - n : número de observaciones o elemento mayor.
 - 1 : elemento menor.
 - j : elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha.
 - $i = n - (j-1)$
3. Calcular el valor estadístico permisible ($r_{1-\alpha/2}$) correspondiente al percentil definido por el nivel de confianza establecido y el número de observaciones correspondientes al caso que se trate. (tabla no.2 de la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985)
- Comparar el valor del estadístico (r) con el estadístico permisible ($r_{1-\alpha/2}$) con el fin de rechazar o aceptar la observación sospechosa de acuerdo con 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.

Tabla 10. Cálculo de “r” permisibles

Zona	Muestras (n)	Premuestra norma (n)	Riesgo (α)	“r” permisible
Chiapilla	86	80	0.10	r 0.270

a) Análisis de la “cola superior”

Para el área de estudio se consideraron como sospechosos los 2 primeros datos (cola inferior), así como los 2 últimos (cola superior), lo cual significa que $j = 2$.

1. Para aceptar o rechazar el elemento 86 que es el máximo de la premuestra, se tiene lo siguiente:

Como $j = 2$ (elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha) entonces:

$$X_j = X_2 = 0.140 \text{ kg/hab-día}$$

$$X_n = X_{86} = 1.338 \text{ kg/hab-día}$$

$$i = n - (j - 1) = 86 - (2 - 1)$$

$$i = 85$$

$$X_i = X_{85} = 1.303 \text{ kg/hab-día}$$

2. Con los datos obtenidos aplicamos la fórmula.

$$r_{\text{máx}} = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_j}$$

$$r = (1.338 - 1.303) / (1.338 - 0.140) = 0.0292$$

Comparando $r_{\text{máx}}$ con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:

$$r_{\text{máx}} = 0.0292$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.270$$

$$r_{\text{máx}} < r_{\text{permisible}}$$

Por lo tanto, se acepta el elemento en estudio y también el otro elemento que integran la cola superior, puesto que es menor al aceptado.

b) Análisis de la “cola inferior”

1. Para aceptar o rechazar el elemento 1 que es el menor de la lista, se tiene lo siguiente:

$$X_j = X_2 = 0.140 \text{ kg/hab-día}$$

$$X_n = X_{86} = 1.338 \text{ kg/hab-día}$$

$$i = n - (j-1) = 86 - (2-1)$$

$$i = 85$$

$$X_i = X_{85} = 1.303 \text{ kg/hab-día}$$

$$X_1 = 0.093 \text{ kg/hab-día}$$

$$r_{\text{mín}} = \frac{X_j - X_1}{X_i - X_1}$$

$$r_{\text{mín}} = (0.140 - 0.093) / (1.303 - 0.093) = 0.038$$

2. Comparando r_{\min} con $r_{\text{permisible}}$ tenemos:

$$r_{\min} = 0.038$$

$$r_{\text{permisible}} = 0.270$$

$$r_{\min} < r_{\text{permisible}}$$

Se acepta el elemento y por lo tanto, se aceptan el otro elemento que integra la cola inferior, dado que su valor es mayor al aceptado.

8.4.2 Análisis de los valores estadísticos

La obtención de los estadísticos, se obtuvieron con ayuda de Excel y se realiza con los datos que se aceptaron. La tabla siguiente, muestra los datos obtenidos para el área de estudio.

Tabla 11. Determinación de estadísticos del estudio.

Estadísticos	Resultados
Promedio (generación per cápita)	0.615
Mediana	0.580
Moda	N/A
Varianza	0.083
Desviación estándar	0.289

8.4.3 Determinación del tamaño real de la muestra

Este cálculo se realiza con la siguiente expresión:

$$n_1 = \left(\frac{t * S}{E} \right)^2$$

Dónde:

- n_1 = Es el tamaño real de la muestra
- E = Error muestral (En este caso se utilizó $E = 0.06$)
- S = Desviación estándar de la premuestra = 0.289
- t = Percentil de la distribución t de student que corresponde al nivel de confianza. (Tabla percentil de la distribución, $t(1 - \alpha / 2)$, NOM-AA-61-1985)

Tabla 12. Tamaño real de la muestra.

valor del percentil (t)	Tamaño real de la muestra (n1)	Condición
$t(0.95,86) = 1.665$	64	$n = 86 > n1 = 64$ Por lo tanto, se toman las 86 observaciones.

8.4.4 Análisis de confiabilidad

Derivado de que se está trabajando con más de 80 muestras, se asume que el nivel de confianza es del 90%.

