

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS:

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y
UBICACIÓN DE SITIOS POTENCIALES PARA DISPOSICIÓN
FINAL EN LA CABECERA MUNICIPAL DE RAUDALES MALPASO,
MEZCALAPA, CHIAPAS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTA:

**MARÍA CANDELARIA DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ
ARIBETZAIDA LÓPEZ MORENO**

DIRECTORES:

**M. EN C. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ
DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ**

CODIRECTOR:

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS

ASESOR:

**ING. ERICK MARTÍN ÁLVAREZ PÉREZ
C. JOSÉ TILO ALCUDIA HERNÁNDEZ**

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

septiembre 2025





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 24 de septiembre de 2025

C. **MARÍA CANDELARIA DOMÍNGUEZ HERNÁNDEZ**

Pasante del Programa Educativo de: **INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y UBICACIÓN DE SITIOS
POTENCIALES PARA DISPOSICIÓN FINAL EN LA CABECERA MUNICIPAL DE
RAUDALES MALPASO, MEZCALAPA, CHIAPAS**

En la modalidad de: **TESIS PROFESIONAL**

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. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vázquez

Firmas:

Ccp. Expediente



Pág. 1 de 1
Revisión 1



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 24 de septiembre de 2025

C. **ARIBETZAIDA LÓPEZ MORENO**

Pasante del Programa Educativo de: **INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y UBICACIÓN DE SITIOS
POTENCIALES PARA DISPOSICIÓN FINAL EN LA CABECERA MUNICIPAL DE
RAUDALES MALPASO, MEZCALAPA, CHIAPAS**

En la modalidad de: **TESIS PROFESIONAL**

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. José Manuel Gómez Ramos

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Mtro. Ulises González Vázquez

Firmas:

Ccp. Expediente



Pág. 1 de 1
Revisión 1

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Agradezco profundamente a Dios, fuente de vida, fortaleza y sabiduría, por guiar cada paso de este camino. Gracias por darnos la paciencia, la salud, la perseverancia necesaria para llegar hasta aquí, por iluminar nuestra mente en los momentos de duda y sostener nuestro corazón en los instantes de cansancio. Este logro no es nuestro, sino fruto de tu amor y misericordia.

A MI PADRES

Expresar con palabras la gratitud que sentimos hacía ustedes resulta una tarea casi imposible, pues su amor, apoyo y entrega han sido fundamental en cada etapa de este camino. A ustedes, Mamá Leticia, Mamá Julia, Mamá Lourdes y Papá Efraín, nuestro más sincero y profundo agradecimiento por ser el sostén inquebrantable en los momentos difíciles y la fuerza que nos impulsó a continuar.

Gracias por su apoyo incondicional, por confiar en nosotras incluso cuando dudamos de nosotras mismas, por acompañarnos desde el inicio hasta la culminación de esta hermosa etapa tan significativa con su ejemplo, los valores del esfuerzo, la perseverancia, la paciencia y el compromiso. Este logro no nos pertenece únicamente, es también de ustedes queridos padres, porque sin su respaldo, su amor y sus sacrificios, esta meta no habría sido posible. Siempre llevaremos con orgullo todo lo que hemos alcanzado sabiendo que en cada paso estuvieron ustedes presentes.

A MI FAMILIA

Agradecemos con todo nuestro corazón a nuestra familia, por ser nuestro apoyo y refugio. Gracias por su amor incondicional, por creer en nosotros aun cuando dudábamos, por sus

palabras de ánimo en los momentos difíciles y por celebrar con nosotras cada pequeño avance, su paciencia, comprensión y sacrificios han sido el pilar que nos sostuvo en este camino.

A MIS TUTORES

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestros directores de tesis el Mtro. Ulises, él Dr. Rubén y a nuestro codirector el Doc. José Manuel, por su guía, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Su orientación académica, sus observaciones precisas y su disposición para compartir su experiencia y conocimiento han sido fundamental para nuestro desarrollo y culminación de este trabajo. Gracias Ingenieros por su compromiso y por motivarnos a alcanzar la experiencia.

A LA UNIVERSIDAD

Agradecemos a nuestra querida universidad por abrirnos las puertas y brindarme un espacio para aprender, crecer y desarrollarnos tanto en lo académico como en lo personal. Gracias por ofrecernos las herramientas, los recursos y el entorno que hicieron posible nuestra formación profesional. Este trabajo también es fruto de la misión y valores de aquí se promueven, y que marcarán nuestro camino más allá de las aulas.

A MIS ASESORES

Agradecemos de manera especial a nuestros asesores el Ing. Erick y C. José Tilo, por su apoyo constante, sus valiosas observaciones y el tiempo dedicado a orientarnos en este proyecto. Su experiencia, disposición y compromiso fueron claves para mejorar y consolidar este trabajo.

DEDICATORIA

A DIOS

A Dios, por ser mi refugio en los momentos de incertidumbre y mi fortaleza en cada paso de este proceso, por no soltar mi mano a pesar de los momentos difíciles, por estar a mi lado en los momentos de necesidad por darme salud y sabiduría para poder culminar esta gran etapa de nuestra vida por eso y mucho más, a él dedico este logro, fruto de la fe, la paciencia y la confianza en su voluntad.

A MIS PADRES

A mis padres por su ejemplo de vida, por enseñarnos que todo en esta vida se puede si uno se lo propone, por tener fe en nosotras y no perderla nunca incluso cuando nosotras mismas dudábamos en ocasiones, por siempre inspirarnos a seguir adelante es por ello que le dedico este triunfo que es también el reflejo de su amor, cariño y entrega.

A NOSOTRAS MISMAS

A mí mismo, por la valentía de soñar y no decaer en el camino, el esfuerzo constante de trabajar por esos sueños y no dejarlo hasta hacerlos realidad. Este trabajo simboliza el reconocimiento a mi disciplina, mi crecimiento personal, el compromiso de seguir avanzando y la perseverancia de seguir adelante a pesar de los tiempos no nos rendimos y seguiremos avanzando más, este es un logro del cual estamos y estaremos siempre orgullosas.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	14
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. OBJETIVOS	21
4.1 Objetivo general	21
4.2 Objetivos específicos	21
V. HIPÓTESIS	22
VI. ANTECEDENTES	23
VII. MARCO TEÓRICO	25
7.1 Residuos sólidos	25
7.2 Clasificación de los residuos sólidos	25
7.2.1 Residuos sólidos urbanos (RSU)	25
7.2.2 Residuos de manejo especial (RME):	26
7.2.3 Residuos peligrosos (RP):	26
7.3 Características de los residuos sólidos urbanos: generación per cápita, peso volumétrico y composición	26
7.3.1 Generación per cápita	26
7.3.2 Peso volumétrico	27
7.3.3 Composición de los residuos	28
7.4. Sitios de disposición final (SDF)	30
7.5. Clasificación de los sitios de disposición final	31
7.5.1 Tiradero a cielo abierto	31
7.5.2. Sitios controlados	31
7.5.3. Relleno sanitario	31
7.6 Tipo de relleno sanitario	33
7.6.1. Relleno sanitario tipo área	33
7.6.2. Relleno sanitario tipo zanja o trinchera	34
7.6.3. Relleno sanitario tipo combinado	35
7.6.4. Relleno sanitario tipo rampa	36
VIII. MARCO NORMATIVO LEGAL	37
8.1 Leyes Aplicables	37

8.1.1 La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)	37
8.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)	38
8.1.4. La Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Chiapas y sus Municipios	38
8.1.5. El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	39
8.2 Normas Aplicables	39
IX. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	41
9.1 Descripción de las características generales de la localidad	41
9.1.1 Estructura Económica	42
9.1.2 Clima	43
9.1.3 Aspectos Económicos	44
9.1.4 Fisiografía	44
9.1.5 Flora	45
9.1.6 Edafología	46
9.1.7 Geología	47
9.2 Descripción de las características del sitio de disposición final	47
X. METODOLOGÍA	49
10.1 Obtención de la Generación Per-Cápita Domiciliaria	50
10.1.1 Materiales y Equipo:	50
10.1.2 Procedimiento de campo	51
10.1.3 Evaluación de Resultados	57
10.2 Desarrollo del Método de Cuarteo	58
10.2.1 Materiales y Equipo	58
10.2.3 Procedimiento de Campo	58
10.3 Determinación del Peso Volumétrico “IN SITU”	61
10.1.3 Materiales y Equipo	61
10.3.2 Procedimiento de Campo	61
10.4 Identificación de los subproductos que constituyen la composición de los residuos sólidos domiciliarios	63
10.4.1 Materiales y Equipo	63
10.4.2 Procedimiento de Campo	64
10.4.3 Categorías Aprovechables	66

10.5 Determinación de la Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos	67
10.6 Determinación de la Generación Per-Cápita Urbana	67
10.7 Metodología para las Propuestas de Sitios de Disposición Final (SDF)	68
10.7.1 Materiales	68
10.7.2 Procedimiento en campo	68
XI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	73
11.1. Selección de las muestras	73
11.1.1. Generación per cápita domiciliaria (Kg/hab-día)	73
11.1.2 Peso Volumétrico	75
11.1.3. Cuantificación de subproductos	75
11.1.3. Residuos NO DOMICILIARIOS	78
11.1.4 Generación Per-Cápita Urbana	79
11.1.5 Análisis de las encuestas	79
11.1.6 Propuestas de los sitios de Disposición final	84
XII CONCLUSIONES	91
XIII REFERENCIAS	94
XIV ANEXOS	97

ÍNDICE FIGURA.

<i>Figura 1 Método en zona o de áreas, Fuente: (Alegría 2020)</i>	34
<i>Figura 2 Relleno Sanitario Método de Trinchera. Fuente (Jaramillo, 2002)</i>	35
<i>Figura 3 Relleno sanitario Método combinado. Fuente (Jaramillo, 2002)</i>	36
<i>Figura 4 Relleno Sanitario Tipo Rampa. Fuente (Alegría, 2020)</i>	36
<i>Figura 5 Delimitación del área de estudio. Fuente: Centro de información y estadística Geográfica (CEIEG)</i>	42
<i>Figura 6 Mapa Fisiográfico Fuente: (Chiapas F.)</i>	44
<i>Figura 7 Ubicación del TCA. Fuente: Google Earth</i>	48
<i>Figura 8 Diagrama de la metodología. Fuente Propia</i>	49
<i>Figura 9 Labor de convencimiento y entrega de bolsas. Fuente propia</i>	53
<i>Figura 10 Labor de convencimiento. Fuente: Propia</i>	53
<i>Figura 11 Transporte de bolsas del día Misión Limpieza, Fuente: Propia</i>	54
<i>Figura 12 Recolección de bolsas de Misión Limpieza Fuente propia</i>	54
<i>Figura 13 Recolección de bolsas de residuos. Fuente: Propia</i>	55
<i>Figura 14 Entrega de bolsas nuevas. Fuente: Propia</i>	55
<i>Figura 15 Pesaje diario. Fuente: Propia</i>	56
<i>Figura 16 Pesaje de residuos. Fuente: Propia</i>	56
<i>Figura 17 Mapa de las viviendas que participaron en el estudio. Fuente: Propia</i>	57
<i>Figura 18 Homogenización de residuos. Fuente: Propia</i>	59
<i>Figura 19 Traspaleo de Residuos. Fuente: Propia</i>	59
<i>Figura 20 A y C para la determinación de peso volumétrico</i>	60
<i>Figura 21 C y D inverso para la determinación de peso volumétrico</i>	60
<i>Figura 22 Llenado de residuos al bote para el peso volumétrico</i>	62
<i>Figura 23 Residuos hasta el tope del contenedor. Fuente: Propia</i>	62
<i>Figura 24 Selección de subproductos. Fuente: Propia</i>	65
<i>Figura 25 Separando y agregando a bolsas por subproductos. Fuente: Propia</i>	65
<i>Figura 26 Visita al municipio. Fuente: Propia</i>	70
<i>Figura 27 Reunión con el presidente: Fuente: Propia</i>	71
<i>Figura 28 Práctica de quema de los Residuos Sólidos Urbanos. Fuente: Propia</i>	85
<i>Figura 29 Presencia de Aves Carroñeras. Fuente: Propia</i>	86
<i>Figura 30 Cuerpo de Agua y pendiente presente en el área. Fuente: Propia</i>	87
<i>Figura 31 Mapa de la propuesta P5. Fuente: CEIEG</i>	88
<i>Figura 32 Mapa de propuestas. Fuente: CEIEG</i>	89
<i>Figura 33 Vías de acceso. Fuente: Propia</i>	90
<i>Figura 34 Encuesta realizada en el estudio. Fuente: Propia</i>	97
<i>Figura 35 Banderazo de bienvenida al municipio. Fuente: Propia</i>	100
<i>Figura 36 Recorrido por la zona de estudio. Fuente: Propia</i>	101
<i>Figura 37 Punto de recolección. Fuente: Propia</i>	101
<i>Figura 38 Ordenamiento de muestras por estratos. Fuente: Propia</i>	101
<i>Figura 39 Mapa de las propuestas. Fuente: CEIEG</i>	103
<i>Figura 40 Mapa de Ríos y Coeficiente de Esguerramiento. Fuente: CEIEG</i>	103
<i>Figura 41 Mapa de Tipo de Suelos y Curvas de Nivel. Fuente CEIEG</i>	104

<i>Figura 42 Vías de acceso. Fuente: Propia</i>	<i>105</i>
<i>Figura 43 Mapa de Ubicación del Tiradero a Cielo Abierto, Coordenadas: -93°34'00.5" 17°15'33.6". Fuente: Propia</i>	<i>106</i>
<i>Figura 44 Mapa de propuesta 1. Fuente. Propia</i>	<i>107</i>
<i>Figura 45 Mapa de Propuesta 2 y 6</i>	<i>108</i>
<i>Figura 46 Mapa de Propuesta 5. Fuente: Propia</i>	<i>109</i>
<i>Figura 47 Mapa de Propuestas 7, 8 Y 9</i>	<i>110</i>
<i>Figura 48 Visita al tiradero a Cielo Abierto</i>	<i>111</i>
<i>Figura 49 Levantamiento de Georreferencia del TCA. Fuente: Propia</i>	<i>111</i>
<i>Figura 50. Ingreso de vehículo recolector al TCA. Fuente: Propia</i>	<i>112</i>
<i>Figura 51 Recorrido por el área y levantamiento de Georreferencias. Fuente: Propia</i>	<i>112</i>

ÍNDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfica 1 Composición porcentual promedio de los residuos. Fuente: (SEMARNAT, 2020)</i>	30
<i>Gráfica 2 Clima de Raudales Malpaso Fuente: (CEIEG)</i>	43
<i>Gráfica 3 Fracciones de los subproductos. Fuente: Propia</i>	76
<i>Gráfica 4 En ese hogar viven personas mayores o bebés que utilicen pañales Fuente: Propia</i>	80
<i>Gráfica 5 Qué tipo de residuos generan con mayor frecuencia</i>	80
<i>Gráfica 6 Cuántas veces pasa el recolector de basura en la semana</i>	81
<i>Gráfica 7 Usa algún método para reducir sus residuos</i>	82
<i>Gráfica 8 Sabe qué tipo de materiales se pueden reciclar</i>	82
<i>Gráfica 9 Dónde deposita sus residuos antes de la recolección</i>	83
<i>Gráfica 10 Cree que deberían de implementarse medidas para una mejor gestión de residuos</i>	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Generación per cápita de residuos en México. Fuente (SEMARNAT.2020)	27
Tabla 2 Peso volumétrico de residuos por tamaño de municipio. Fuente: (SEMARNAT, 2020).....	28
Tabla 3 Composición porcentual promedio de los residuos. Fuente: (SEMARNAT, 2020)29	
Tabla 4 Caracterización de sitios de disposición final de acuerdo a la cantidad de toneladas al día. Fuente:(NOM-083-SEMARNAT-2003)	33
Tabla 5 Formas de relieve Fuente: (Chiapas F.)	45
Tabla 6 Vegetación Fuente: (Chiapas F.)	46
Tabla 7 Unidades de Suelo Fuente: (Chiapas F.)	46
Tabla 8 Geología Fuente: (Chiapas F.)	47
Tabla 9 Materiales y Equipo. Fuente propia.	51
Tabla 10 Tamaño de muestra según niveles de confianza Fuente: (NMX-AA-61-1985)	52
Tabla 11 Materiales y Equipos. Fuente: Propia	58
Tabla 12 Materiales	61
Tabla 13 Materiales	63
Tabla 14 Componentes de las fracciones de los RSU Fuente: NMX-AA-22-1985 SECOFI,1985	66
Tabla 15 Establecimientos y unidades económicas. Fuente: DENUE 2022	67
Tabla 16 Generación de residuos por fuente generadora Fuente: (CRUZ, 2023)	68
Tabla 17 Criterios a evaluar referente a la norma y la literatura. Fuente: Propia	72
Tabla 18 Promedio de GPC en la cabecera Mpal. de Raudales malpaso, Mezcalapa. Fuente: Propia	74
Tabla 19 Promedio del peso volumétrico de los RSD. Fuente: Propia	75
Tabla 20 Cuantificación de subproductos. Fuente: Propia	77
Tabla 21 Directorio Residuos en fuentes no domésticas	78
Tabla 22 Generación de residuos no domiciliarios	79
Tabla 23 Resultados de la Evaluación de los sitios propuestos. Fuente: Propia	88
Tabla 24 De coordenadas de las propuestas de sitios. Fuente: Propia.	90
Tabla 25 Análisis de generación per cápita domiciliaria por estratos	98
Tabla 26 Análisis de subproductos	99

I. INTRODUCCIÓN

El estudio de generación y composición de residuos sólidos urbanos (RSU) es un documento en el que se desarrolla la forma correcta de cómo gestionar los residuos generados dependiendo de la naturaleza de estos, dicho estudio representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos para la gestión de los residuos sólidos, así como proyectos de inversión y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo (SEMARNAT, 2001).

Entre los problemas que se presentan a nivel mundial, se destacan los grandes inconvenientes relacionados con la generación y disposición final de los residuos sólidos, ya que el crecimiento demográfico e industrial hace que diariamente se depositen millones de toneladas a las superficies terrestre y acuática, sin ningún tipo de tratamiento ni manejo previo, produciéndose una grave polución que implica consecuencias irreversibles (Acosta, 2015).

En el caso de México la generación de RSU se incrementó notablemente en los últimos años; tan sólo entre 1997 y 2012 creció 43.8%, pasando de cerca de 29.3 a 42.1 millones de toneladas (Hernández, 2023). Hablando de residuos sólidos (RS) son muchas las normas y leyes que se establecen para hacer una correcta gestión y manejo de los RS. Para el estado de Chiapas se estima que el 96.32% de las cabeceras municipales depositan sus residuos en Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), sin tomar en cuenta las condiciones mínimas necesarias para localización y operación de los sitios destinados como tales haciendo un inadecuado manejo de los residuos sólidos (Alegoría, 2020).

El artículo 10 de la LGPGIR establece que los municipios tienen a su cargo las funciones de manejo integral de residuos sólidos urbanos, que consisten en la recolección, traslado, tratamiento, y su disposición final. La realidad de los municipios es que se enfrentan a

diversas circunstancias que en muchos casos se escapan de sus capacidades técnicas y financieras, debido a la dificultad de contar con personal capacitado, de adquirir o comprometer recursos financieros que den certeza a las inversiones del sector privado y por el corto tiempo de las administraciones municipales, lo que conlleva a la ruptura de la curva de aprendizaje y por ende a una falta de continuidad en las acciones y proyectos que garanticen una gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Por ello, el objetivo de este trabajo es tener como finalidad el obtener, identificar y realizar un estudio sobre la generación y composición de residuos sólidos domiciliarios que se generan en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas. Este análisis permitirá estimar las cantidades que se generan en determinada localidad e identificar sitios adecuados para una posible reubicación del área de disposición final de residuos sólidos urbanos. Como parte de este estudio se implementarán la elaboración de mapas geográficos de los sitios utilizando el software QGIS.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de los residuos sólidos no se genera solo en un municipio en particular, sino que constituye una problemática de alcance global. De acuerdo con lo que dice el autor Casachagua (2020), a través del desarrollo socioeconómico de las urbanizaciones han dado lugar a un fenómeno mundial: la contaminación, acompañada del incremento en la generación de desechos sólidos. Así mismo este autor menciona que “Estos desechos siempre están presentes; sin embargo, el problema se agrava debido al desmesurado incremento de la generación y uso significativo de bienes y servicios”.

El manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) es uno de los mayores desafíos que enfrentan las áreas urbanas de cualquier tamaño, y constituye una de las cinco principales problemáticas que las autoridades locales tienen que resolver (Mártínez, 2015). Entre las etapas del manejo de los RS, los sitios de disposición final son aquellos en los que se dispone la basura como lo son los tiraderos a cielo abierto, los sitios controlados y, manera más adecuada, los rellenos sanitarios, que cumplan con las condiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana.

En el estado de Chiapas, se estima que el 96.32% de las cabeceras municipales depositan sus residuos en tiraderos a cielo abierto (TCA), sin considerar las condiciones mínimas necesarias para localización y operación de los sitios destinados para tal fin, lo que deriva un manejo inadecuado de los residuos sólidos (Alegría, 2020). Por ello, la evaluación de un nuevo sitio para la disposición final es una tarea compleja, ya que requiere conocimiento en diversos campos sociales y ambientales, tales como la ciencia del suelo, la ingeniería, hidrogeología, geología, topografía, uso del suelo, sociología y economía (González C. S., 2019).

Tal Como ocurre en muchas localidades, en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas. Se cuenta con un tiradero a cielo abierto. Esta situación trae consigo muchos factores negativos tanto en el ambiente como para la salud pública. El municipio se ubica cerca de cuerpos de agua, lo que provoca contaminación del suelo y agua, emisiones de gases de efecto invernadero, riesgo para la salud pública, impacto visual y desvalorización del entorno.

En este municipio, donde la acuacultura una de las principales actividades económicas, el impacto es aún mayor, ya que uno de los contaminantes que afectan a este cuerpo de agua son los lixiviado. Estos se definen como un líquido contaminante de color oscuro y de olor muy penetrante, que arrastra todo tipo de sustancias nocivas, hasta 200 compuestos diferentes, algunos tóxicos y cancerígenos. La humedad de los residuos y la lluvia, son los dos factores principales que aceleran la generación de lixiviados (Civil, 2017).

Por esta razón, resulta crucial identificar puntos estratégicos para la disposición final de los residuos sólidos urbanos, siguiendo la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un SDF de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Esta norma define parámetros como la distancia a carreteras y viviendas, la cercanía a infraestructura y propensión del suelo a lixiviar contaminantes (González C. S., 2019).

Dentro de este contexto, el presente estudio de generación, composición y la ubicación de sitios potenciales para la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas, tiene como finalidad proporcionar la información adecuada sobre la composición y cantidad de los residuos.

Estos datos serán de gran relevancia para las autoridades correspondientes del municipio, ya que con la información recaudada les permitirá implementar programa de recolección y la ubicación de sitios potenciales de disposición final. Asimismo, se busca contribuir a garantizar una mayor vida útil de los sitios de disposición final de los residuos sólidos.

III. JUSTIFICACIÓN

La gestión adecuada de los residuos sólidos domiciliarios es un aspecto fundamental para la sostenibilidad ambiental y la salud pública. En la actualidad el aumento de la urbanización y el consumo excesivo han provocado una generación masiva de residuos en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa Chiapas.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), "los residuos mal gestionados pueden causar graves problemas de salud y medio ambiente, afectando la calidad de vida de las comunidades" (Salud, 2018). En concordancia, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señala que "la reducción de residuos es una de las maneras más efectivas de disminuir el impacto ambiental" (Ambiente, 2020).

De acuerdo con INEGI, la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa Chiapas, cuenta con aproximadamente 7,968 habitantes y 2,843 viviendas. Los desechos generados en este municipio se depositan en un tiradero a cielo abierto, ubicado a las afueras de la cabecera municipal, en el kilómetro 60 de la carretera Malpaso-Cárdenas, con coordenadas geográficas 17°15'33.6"N – 93°34'00.5"W.

Este sitio de disposición final (TCA) representa una fuente constante de contaminación del suelo, agua y aire, afectando a los ecosistemas locales como a la calidad de vida de la población. Además, el manejo inadecuado de los residuos fomenta la proliferación de plagas y el deterioro ambiental.

Por estas razones, el presente estudio pretende obtener la generación, y composición de los residuos sólidos, así como identificar SDF adecuados, conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003. Estos sitios deben cumplir con criterios técnicos, ambientales y

sociales que minimicen el impacto ecológico, protejan las fuentes hídricas, y aseguren una gestión adecuada y sostenible de los desechos.

IV.OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Realizar un estudio de generación y composición de residuos sólidos domiciliarios e identificar sitios potenciales para la reubicación del sitio de disposición final para la cabecera Municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas.

4.2 Objetivos específicos

- Seleccionar la muestra representativa de la población a estudiar conforme a la norma NMX-AA-61-1985
- Determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales aplicando la NMX-AA 19-1985.
- Determinar la composición de los RSD empleando las normas mexicanas NMX AA15 1985 y NMX-AA-22-1985.
- Obtener la tasa de generación per-cápita de los RSD de Raudales Malpaso bajo la norma técnica NMX-AA-61-1985.
- Realizar recorridos de campo para georreferenciar los posibles sitios de disposición final.
- Proponer la ubicación del sitio de disposición final de residuos sólidos domiciliarios en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas con base en la NOM-083-SEMARNAT-2003.
- Elaboración de mapas geográficos de los sitios potenciales, de disposición final a través del software QGIS.

V. HIPÓTESIS

La caracterización de los residuos sólidos urbanos (RSU) se determinan conforme a la composición de residuos sólidos domésticos que se originan en una población, ya que estos representan la principal fuente de generación, y permite establecer estrategias adecuadas de separación y aprovechamiento, implementando programas de gestión integral destacando la necesidad de mejorar la gestión de los RSU y se garantice un sitio de disposición final cumpliendo con los criterios establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 con el fin de minimizar los impactos negativos en el ambiente y en la salud pública.

VI.ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas del siglo XX y las primeras del XXI se han identificado, y ha venido en ascenso, la problemática ambiental como una prioridad para casi todos los países del mundo. El impacto ambiental negativo asociado al manejo inadecuado de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y de las costas marinas; la contaminación atmosférica; la contaminación del suelo; y el impacto sobre el paisaje (González J. A., 2016).

México es un país eminentemente urbano, el crecimiento y concentración 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 (Rojas-Caldelas, 2014).

El autor Bardales (2020), menciona que 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 afrontaron y las municipales son las encargadas del servicio de recolección de residuos sólidos urbanos, y la gestión municipal hoy en día tiene un rato muy grande para poder dar la atención debida a toda la población, respecto del manejo de los residuos sólidos domiciliarios , que se producen diariamente.

Es por ello que en cuanto a la disposición final de los residuos sólidos se realiza mediante la utilización de Tiradero a Cielo Abierto (TCA) o en rellenos controlados, métodos que no cumplen con los requisitos técnicos para lograr una adecuada disposición (Alegría, 2020).

Según estudios realizados en el municipio de Tepic Nayarit, los residuos sólidos municipales son un reto importante, no sólo por su volumen o los problemas ligados a su gestión; el desafío real se asocia con su disposición final: la localización de espacios o áreas del territorio adecuados para la instalación de rellenos sanitarios. Se ha logrado identificar un 5.4 % de superficie del municipio de Tepic (cerca de 9090.8 ha) con rasgos apropiados para la localización de un relleno sanitario, mientras que el 94.6 % restante presenta al menos una característica que lo limita o descarta para este fin (González C. S., 2019).

VII. MARCO TEÓRICO

7.1 Residuos sólidos

La definición de los Residuos, contenida en la fracción XXIX del Artículo 5° de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), establece que son:

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 (LGPGIR) y demás ordenamientos que de ella deriven (DIPUTADOS, 2003).

7.2 Clasificación de los residuos sólidos

Conforme en lo dispuesto en la LGPGIR, los residuos se clasifican de acuerdo con su origen y características en tres grandes grupos:

7.2.1 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.

7.2.2 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.

7.2.3 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 esta Ley.

7.3 Características de los residuos sólidos urbanos: generación per cápita, peso volumétrico y composición

La generación per cápita, el peso volumétrico y la composición de los RSU son características que se utilizan para determinar y dimensionar las instalaciones y equipo requerido para su adecuada gestión, por ejemplo: equipo de recolección; estaciones de transferencia; sistemas de tratamiento o aprovechamiento; y sitios de disposición final. Adicionalmente, la determinación de estas características de los residuos a nivel nacional apoya el diseño y la orientación de las políticas públicas (SEMARNAT S. D., 2020)

7.3.1 Generación per cápita

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

En México, los índices de generación per cápita deben obtenerse con cierta periodicidad, utilizando la misma metodología y los mismos niveles de confiabilidad en la selección de las muestras, a fin de tener series de tiempo que puedan ser comparadas y mostrar las variaciones en los índices, que reflejen el resultado de las políticas públicas en materia de gestión de residuos o la modificación de las condiciones, que incidan en las variaciones que se produzcan. El índice de generación per cápita de residuos de nivel nacional se detalla en la (Tabla 1).

Tabla 1 Generación per cápita de residuos en México. Fuente (SEMARNAT.2020)

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

7.3.2Peso volumétrico

La determinación del peso volumétrico de los residuos permite delimitar la capacidad de las unidades de recolección que se requieren para prestar un adecuado servicio a la población. En otros casos, este indicador se utiliza para determinar el tipo y la capacidad de los contenedores requeridos para recibir los residuos. Actualmente en los municipios de México el peso volumétrico de los RSU sin compactar oscila entre 125 y 250 kg/m3 (Tabla 2).

Tabla 2 Peso volumétrico de residuos por tamaño de municipio. Fuente: (SEMARNAT, 2020).

TAMAÑO DE MUNICIPIO (MILES DE HABITANTES)	CANTIDAD DE ESTACIONES	PORCENTAJE
<10 mil	14	11.02
10-20	15	11.81
20-30	9	7.09
30-40	5	3.94
40-50	5	3.94
50-100	16	12.60
> 100	63	49.61
Total	127	

7.3.3 Composición de los residuos

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes de peso. La distribución de componentes de los RSU, constituye un dato clave en cualquier sistema de gestión, y esta no es ajena a la realidad socioeconómica de la población que los produce.

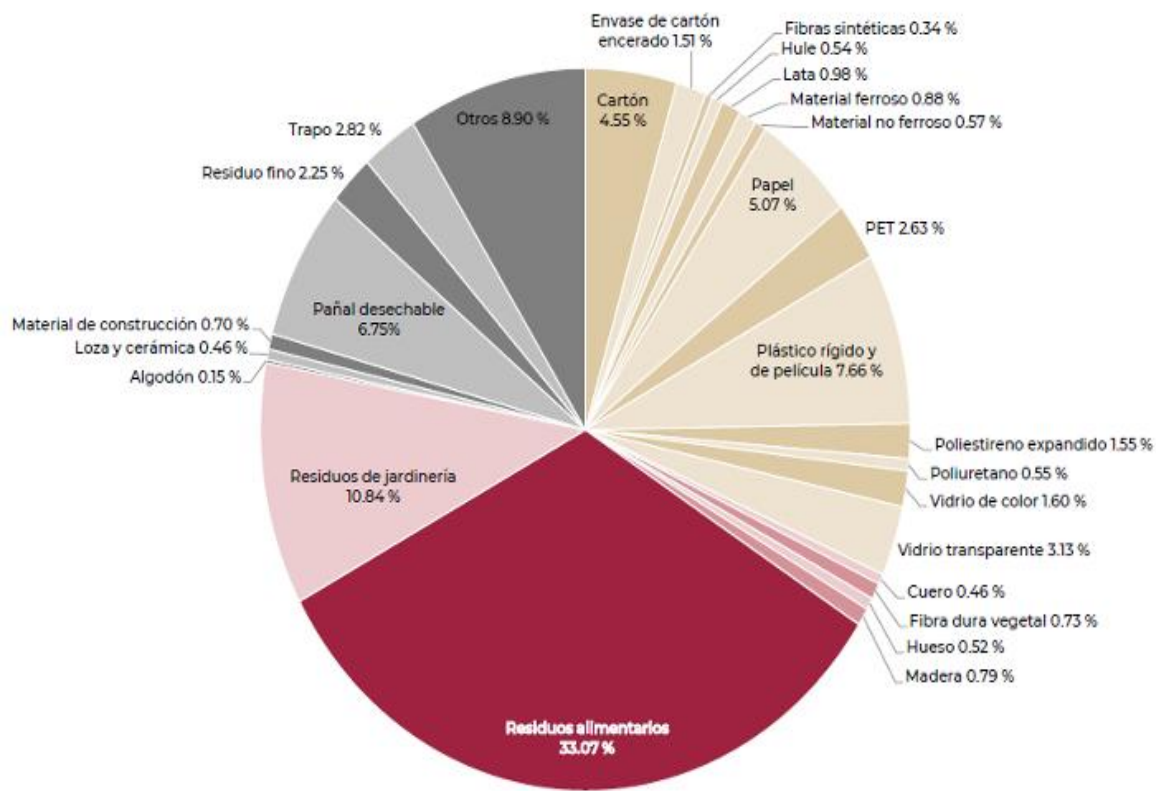
El conocimiento de la composición de los residuos se utiliza fundamentalmente para determinar los subproductos o fracciones de los residuos aprovechables o que puedan ser valorizados, y cuáles serían los sistemas más adecuados para ello.

La composición de los residuos sólidos urbanos depende de los niveles y patrones de consumo, así como de las prácticas de manejo y la minimización de residuos. En México, poco más de la mitad de los residuos son de naturaleza orgánica (residuos de comida, jardines, etc.).

En el país se considera la clasificación de los subproductos o fracciones de los residuos de acuerdo a la NMX-AA-22-1985 la cual se indica en la Tabla 3 y Gráfica 1.

Tabla 3 Composición porcentual promedio de los residuos. Fuente: (SEMARNAT, 2020)

CATEGORÍA ^a	SUBPRODUCTOS	PORCENTAJE
Susceptibles de aprovechamiento: 31.55%	Cartón	4.55
	Envase de cartón encerado	1.51
	Fibras sintéticas	0.34
	Hule	0.54
	Lata	0.98
	Material ferroso	0.88
	Material no ferroso	0.57
	Papel	5.07
	PET	2.63
	Plástico rígido y de película	7.66
	Poliestireno expandido	1.55
	Poliuretano	0.55
	Vidrio de color	1.60
	Vidrio transparente	3.13
Orgánicos: 46.42%	Cuero	0.46
	Fibra dura vegetal	0.73
	Hueso	0.52
	Madera	0.79
	Residuos alimentarios	33.07
	Residuos de jardinería	10.84
Otros: 22.03%	Algodón	0.15
	Loza y cerámica	0.46
	Material de construcción	0.70
	Pañal desechable	6.75
	Residuo fino	2.25
	Trapo	2.82
	Otros	8.90
Total		100



Gráfica 1 Composición porcentual promedio de los residuos. Fuente: (SEMARNAT, 2020)

7.4. Sitios de disposición final (SDF)

La disposición final (DF) de los RSU es la 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 (DIPUTADOS, 2003).

Todos los sitios de disposición final se pueden considerar como grandes reactores complejos y heterogéneos cuyos principales productos son el biogás y los lixiviados con esto se entiende que la disposición final de residuos es un problema grave, ya que es el punto crítico para el control de la contaminación ambiental de suelos y fuentes de agua locales (Alegoría, 2020).

Los sitios de DF en México se caracterizan por tener diferentes grados de control sobre los RSU, desde cero infraestructuras hasta complejos procesos tecnológicos de cobertura sanitaria, los cuales se clasifican según su funcionamiento en rellenos sanitarios, sitios de disposición final controlados y sitios de disposición final no controlados (Susunaga eat. 2022).

7.5. Clasificación de los sitios de disposición final

7.5.1 Tiradero a cielo abierto

El autor Jaramillo (2002), menciona que se le llama botadero (tiradero) a cielo abierto al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. No existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos.

7.5.2. Sitios controlados

De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT, 2003 los sitio controlados de disposición final son aquellos que no es un relleno sanitario, pero que cumple al menos con una de las siguientes características: camino de acceso de uso permanente, cubierta diaria de residuos o sistemas de control de lixiviados, biogás y aguas pluviales.

7.5.3. Relleno sanitario

De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 el relleno sanitario es aquella obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, con el fin de controlar, a través de la compactación e infraestructura adicionales, los impactos ambientales.

El autor Ullca (2005), define a los RS como una técnica de disposición de residuos sólidos muy utilizada en la región, que consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizadas para evitar la contaminación del acuífero y recubiertas por capas de suelo. Una ventaja del relleno sanitario sobre otros métodos de tratamiento de residuos, es la posibilidad de recuperación de áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales.

Otras ventajas de un relleno sanitario son: baja inversión de capital comparada con otros métodos de tratamiento; generación de empleo de mano de obra no calificada, flexibilidad, en cuanto a la capacidad; para recibir cantidades adicionales de desechos y la posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía. Los rellenos sanitarios mal ubicados y/o contruidos pueden generar contaminación ambiental e impactar a la estética, salud pública y ocupacional (Ullca, 2005).

En México, los RSU son enviados a rellenos sanitarios que están regulados por la NOM-083-SEMARNAT-2003, la cual establece las especificaciones requeridas para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y RME (Hernández, 2023).

El concepto de relleno sanitario surgió en la primera parte del siglo XX en distintas ciudades de Estados Unidos e Inglaterra, con el objetivo de controlar los olores y distintos tipos de vectores producidos por la acumulación de basura a cielo abierto. Una ventaja de su implementación es que permitía concentrar en un solo lugar los residuos de una localidad (Hernández, 2023).

7.6 Tipo de relleno sanitario

Estas son instalaciones especialmente diseñadas para no causar riesgo para la salud o la seguridad pública, ni perjudicar el ambiente durante su operación o después de su clausura. Podría definirse como una tecnología donde se confina la basura en un área lo más estrecha posible, compactando para reducir su volumen y cubriéndose con capas de suelo en forma diaria (Torri, 2017).

Tabla 4 Caracterización de sitios de disposición final de acuerdo a la cantidad de toneladas al día. Fuente:(NOM-083-SEMARNAT-2003)

TIPO	TONELAJE RECIBIDO TON/DÍA
Tipo A	Mayor a 100
Tipo B	50 hasta 100
Tipo C	10 y menor de 50
Tipo D	Menor a 10

7.6.1. Relleno sanitario tipo área

Este método se recomienda en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Éstos pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial (Gómez Babativa, 2017).

La construcción de las celdas de residuos, espacios donde se va confinando un cierto volumen de basura, debe de iniciarse desde el fondo del terreno, procurando conservar una pendiente del talud de 18 a 27 grados, para evitar deslizamientos y lograr una mayor

estabilidad. A medida que se eleva el relleno las celdas se extienden, se apisonan y se recubre diariamente con capas de tierra, como parte de su manejo y correcta operación (Alegría, 2020).

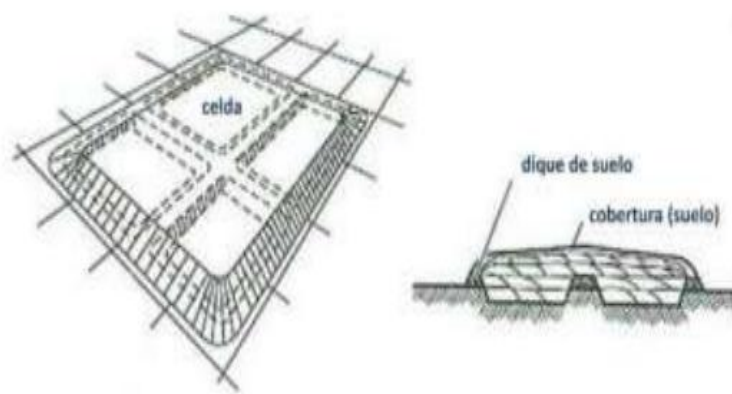


Figura 1 Método en zona o de áreas, Fuente: (Alegría 2020)

7.6.2. Relleno sanitario tipo zanja o trinchera

Esta forma de disposición es apropiada para regiones planas, donde se dispone de una profundidad efectiva adecuada y donde el nivel freático se encuentra lo suficientemente profundo como para evitar la contaminación del acuífero. Los residuos sólidos son depositados en celdas o zanjas – en ocasiones denominadas trincheras previamente excavadas con una retroexcavadora o un tractor de orugas.

La profundidad de las celdas se encuentra limitada por la permeabilidad del suelo, pudiendo alcanzar 7 m de profundidad. Dichas celdas se cubren previamente con membrana sintética o con arcilla de baja permeabilidad, o con la combinación de ambas, para limitar la movilidad de los gases y/o lixiviados que pueden generarse como resultado de la descomposición de la basura. Los RSU se depositan y acomodan dentro de la celda

para luego compactarlos. El suelo producto de la excavación es utilizado posteriormente para la cubierta diaria y final (Hernández, 2023).

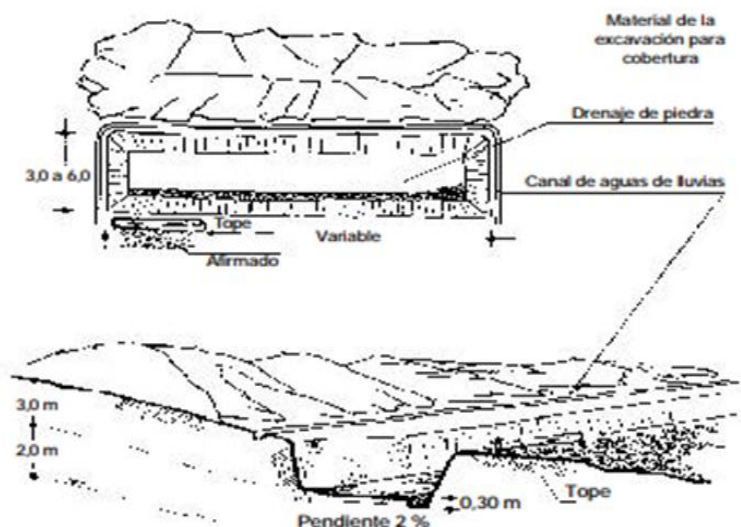


Figura 2 Relleno Sanitario Método de Trinchera. Fuente (Jaramillo, 2002)

7.6.3. Relleno sanitario tipo combinado

Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno y del material de cobertura y rendimientos en la operación. Si las condiciones topográficas lo permiten se pueden combinar los métodos (Gómez Babativa, 2017)

En algunos casos cuando las condiciones geohidrológicas, topográficas y físicas del sitio elegido para llevar a cabo el relleno sanitario son apropiadas, otra variación del método combinado, consiste en iniciar con un método de área, excavando el material de cubierta de la base de la rampa, formándose una trinchera, la cual servirá también para ser rellena. Los métodos combinados son considerados los más eficientes ya que permiten ahorrar el transporte del material de cubierta (siempre y cuando exista éste en el sitio) y aumentan la vida útil del sitio (Hernández, 2023).

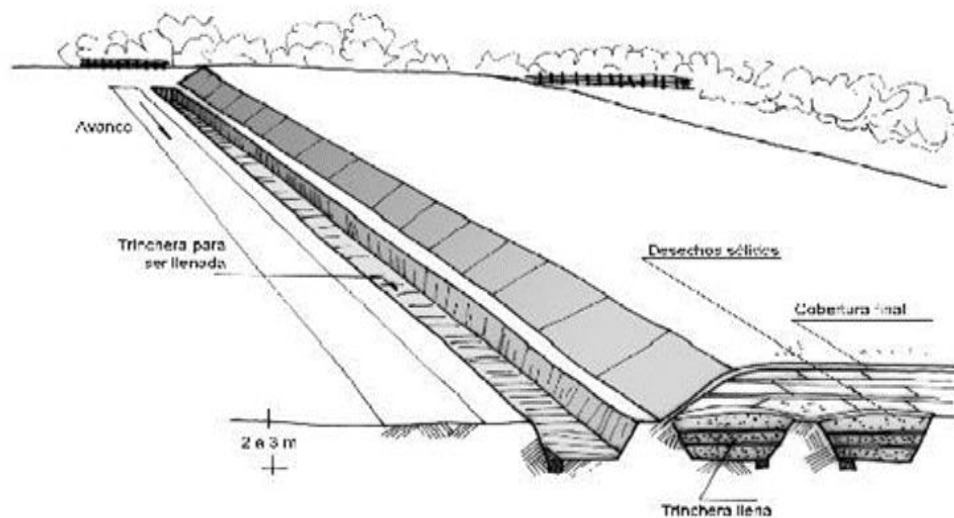


Figura 3 Relleno sanitario Método combinado. Fuente (Jaramillo, 2002)

7.6.4. Relleno sanitario tipo rampa

El método debe utilizarse en terrenos de pendientes moderadas. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cobertura (Alegría, 2020).



Figura 4 Relleno Sanitario Tipo Rampa. Fuente (Alegría, 2020)

VIII. MARCO NORMATIVO LEGAL

8.1 Leyes Aplicables

8.1.1 La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)

Esta Ley en México establece el marco legal para la adecuada gestión y manejo de los residuos en el país. Su propósito es minimizar la generación de residuos y fomentar su reciclaje y aprovechamiento, reduciendo así el impacto ambiental asociado.

Algunos aspectos clave que marca la (LGPGIR) son: la clasificación de residuos: La ley clasifica los residuos en tres categorías principales los cuales son: Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que estos son los generados en los hogares, como plásticos, papel, orgánicos, etc. Residuos de Manejo Especial: Estos incluyen aquellos generados por la industria, que requieren un manejo específico por su volumen o naturaleza (escombros, residuos agroindustriales, etc.). y los Residuos Peligrosos: Que son aquellos que representan un riesgo para la salud y el ambiente, como productos químicos, aceites, baterías, entre otros.

El Título IV de la LGPGIR establece los instrumentos de la política de prevención y gestión integral de los residuos; en este título se abordan los programas para la prevención y gestión integral de los residuos, los planes de manejo y la participación social y el derecho a la información de todos los involucrados e interesados en el tema (DIPUTADOS, 2003).

8.1.2 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) es la legislación federal en México que regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Esta ley tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano.
- Establecer las bases para la preservación, conservación y restauración del equilibrio ecológico (Unión, 1988).
- La protección y mejoramiento del ambiente.

8.1.4. La Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Chiapas y sus Municipios

Tiene como objetivo regular el manejo integral de los residuos sólidos en el estado, promoviendo su reducción, recolección, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de manera adecuada y sustentable (Chiapas & en particular, 2019).

Esta ley establece las obligaciones y responsabilidades de los generadores de residuos, los prestadores de servicios de manejo de residuos y las autoridades estatales y municipales, así como el fomento de prácticas sostenibles para minimizar el impacto ambiental. Los puntos clave que establece esta ley son:

- Establecer las políticas públicas que deberán considerarse en la generación, el manejo, tratamiento y la disposición final de los Residuos en el Estado.
- Establecer mecanismos de coordinación entre el Gobierno Estatal y los Municipios.
- Definir las bases para la participación ciudadana en la reutilización y manejo de Residuos.

- Involucrar a los generadores de Residuos con el objeto de que se adopten medidas de prevención y manejo, para evitar riesgos a la salud o al ambiente.
- Crear mecanismos para la participación responsable, activa y efectiva de todos los sectores sociales, en las acciones tendientes a prevenir la generación, aprovechar el valor y lograr una gestión integral de los Residuos.
- Fomentar la innovación tecnológica, la eficiencia ecológica y la competitividad de los procesos productivos, induciendo la incorporación de buenas prácticas, el diseño ambiental de productos y procesos más limpios de producción, que contribuyan a reducir la generación de residuos.
- Facilitar el proceso para la transición paulatina al uso de materiales biodegradables o de materiales retornables o reusables y con esto reducir gradualmente el uso de plásticos de un solo uso en cualquier establecimiento mercantil o de prestación de servicios (Chiapas & en particular, 2019).

8.1.5. El Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Establece los lineamientos para cumplir y hacer efectiva la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos en México. Este reglamento proporciona el marco operativo y los procedimientos específicos para la prevención, reducción, recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, reciclaje y la disposición final de los residuos y determinar los requisitos de manejo específicos para cada tipo de residuo, enfocándose en las características que los hacen peligrosos o de manejo especial (Federación, 2014).

8.2 Normas Aplicables

La NOM-083-SEMARNAT-2003 establece los lineamientos para la selección, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y seguimiento de los sitios de disposición

final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial en México. Su propósito es minimizar los impactos ambientales y proteger la salud pública.

Los principales puntos incluyen:

- Selección del sitio: Evitar áreas sensibles como zonas habitacionales, cuerpos de agua y reservas ecológicas.
- Diseño y construcción: Impermeabilización de las celdas para prevenir filtraciones, sistemas de recolección de lixiviados y biogás.
- Operación: Compactación y cobertura diaria de los residuos para reducir olores y minimizar riesgos de fauna nociva.
- Monitoreo: Control constante de lixiviados y calidad de aire, suelo y agua alrededor del sitio.
- Clausura y postclausura: Cubrir adecuadamente el sitio al finalizar su vida útil y realizar monitoreo por al menos 20 años.
- Seguridad: Protección de los trabajadores con equipos y procedimientos adecuados.

Esta norma busca un manejo de residuos más seguro y sustentable, reduciendo riesgos ambientales y a la salud.

IX. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

9.1 Descripción de las características generales de la localidad

Raudales Malpaso es la cabecera municipal de Mezcalapa, es una localidad del estado mexicano, municipio de Mezcalapa, localizada en las coordenadas de 17°11'21"N 93°36'17"O (Figura 5) es uno de los 124 municipios en el estado de Chiapas, fue fundada en 1968 al darse la construcción de la presa de Nezahualcóyotl (presa malpaso), la segunda más grande de México localizada a 180 kilómetros al norte del estado de Tabasco y a 40 kilómetros de los límites de Veracruz y Chiapas.

En el 2020 Raudales Malpaso se volvió un municipio libre e independiente ya que antes pertenecía al municipio de Tecpatán Chiapas, ahora es Mezcalapa, Chiapas según INEGI Raudales tiene un aproximado de 7,968 habitantes, ocupa el número 1 en cuanto a número de habitantes, cuenta con un total de viviendas de 2 843, está a 138 metros de altitud.

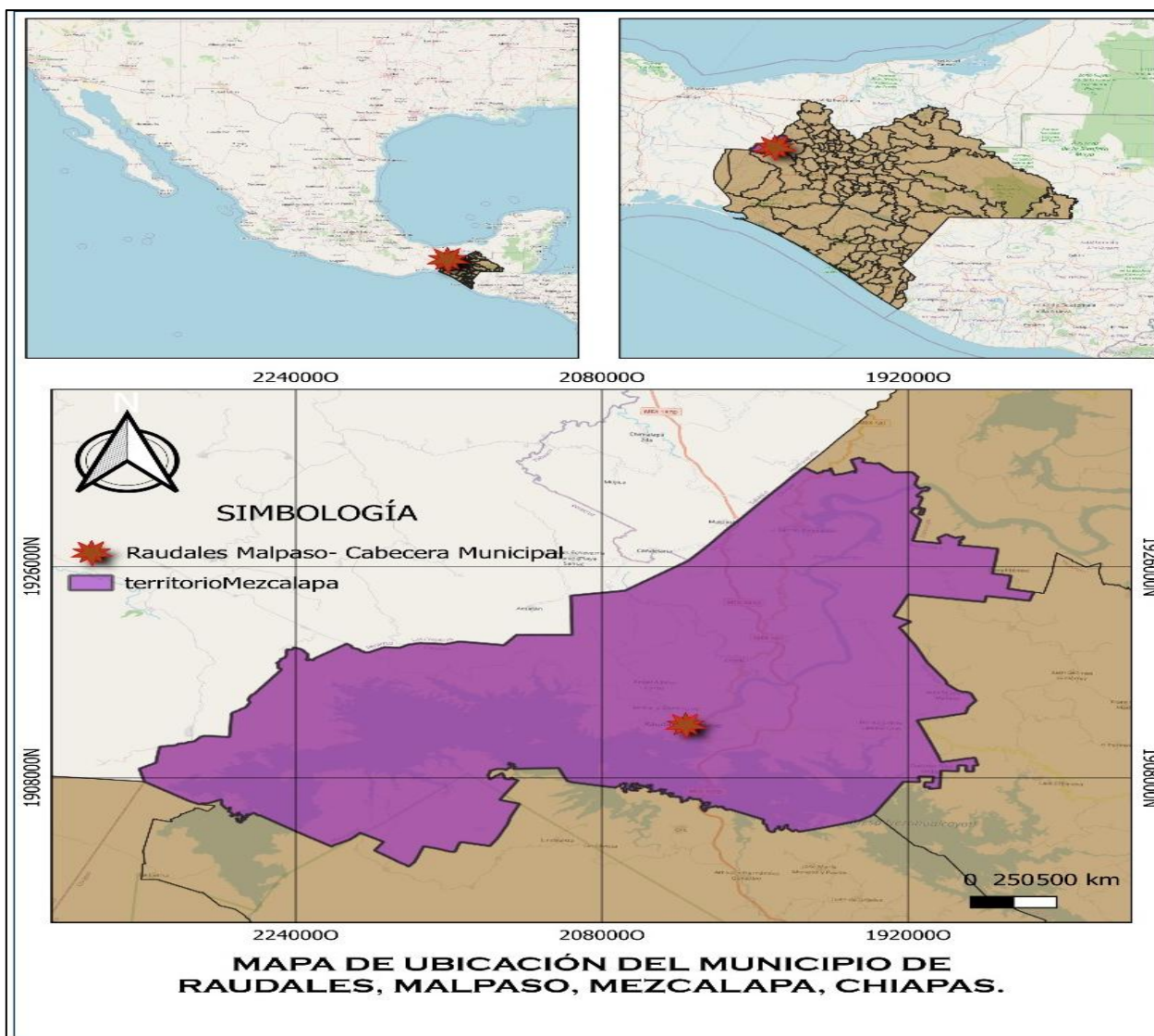


Figura 5 Delimitación del área de estudio. Fuente: Centro de información y estadística Geográfica (CEIEG)

9.1.1 Estructura Económica

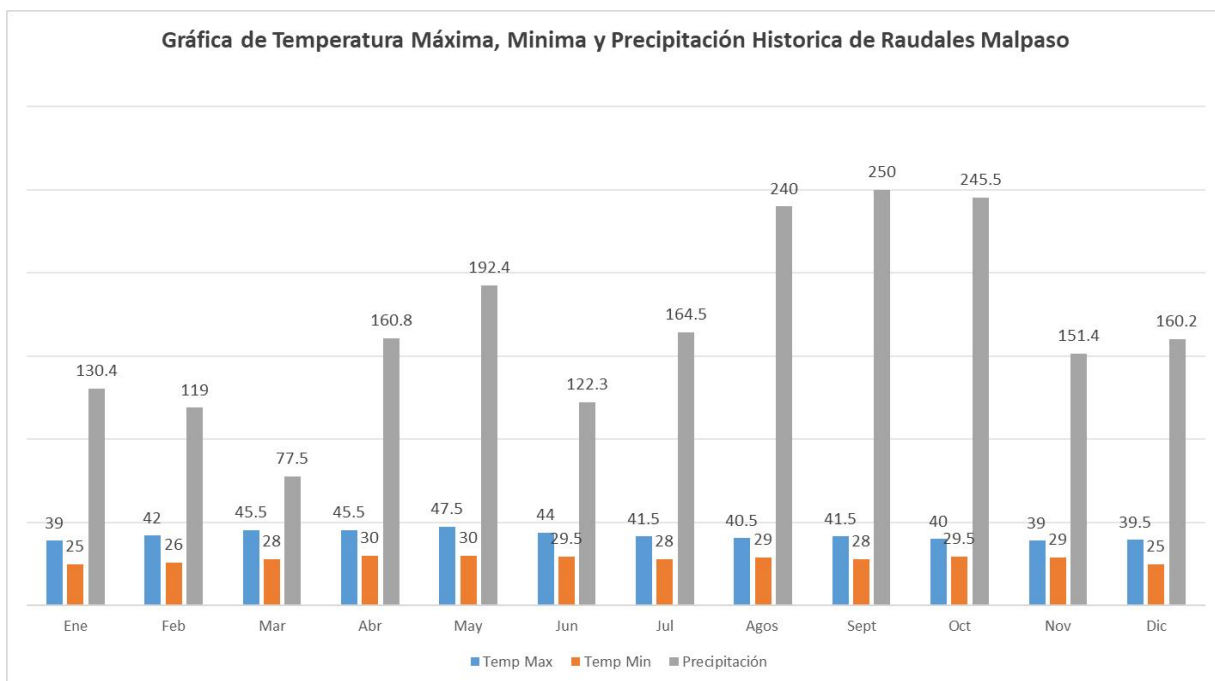
De acuerdo a los resultados del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) hasta el año 2020 tiene un aproximado de 7.968 habitantes de los cuales 4,149 son mujeres y 3,819 son hombres, ocupa el número 1 en cuanto a número de habitantes. En Raudales Malpaso, existe un total de 1,625 viviendas habitadas. La mayoría de los habitantes se dedican a la ganadería, a la pesca, y a producción de energía eléctrica, por el cual se considera con un nivel socioeconómico de nivel medio.

9.1.2 Clima

Mezcalapa presenta un clima del grupo de los cálidos. Predomina el cálido húmedo con lluvias todo el año, seguido por el clima cálido subhúmedo con lluvias abundantes de verano y el cálido subhúmedo con lluvias de verano, en la parte sur de la región.

Durante los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va desde los 12°C y hasta los 22.5°C, predomina de 18°C a 21°C con el 44.46% de la región y de 21°C a 22.5°C con el 37.82% de la región (Gráfica 2). En este mismo periodo, la temperatura máxima promedio oscila de los 24°C y hasta los 34.5°C, predominando los 33°C a 34.5°C en el 48.71% de la región y de 30°C a 33°C con el 25.22% de la región. La precipitación pluvial en estos meses oscila de los 800 mm a 3,000 mm.

Gráfica 2 Clima de Raudales Malpaso Fuente: (CEIEG)



En el periodo de noviembre a abril, la temperatura mínima promedio va de los 9°C a los 19.5°C, predominando de 15°C a 18°C en el 42.11% de la región y de 12°C a 15°C en el 26.34% de la región; y la máxima promedio va de los 18°C a 30°C, predominando de los 27°C a 30°C en el 47.56% de la región y de los 24°C a 27°C con el 42.17% de la región.

La precipitación pluvial durante este periodo va de los 75 mm y hasta los 1,700 mm (Chiapas e. d.).

9.1.3 Aspectos Económicos

Ganadería extensiva, cultivos de café, anfibios y reptiles utilizados como alimento y comercializados como carne, pieles y otros derivados. Tráfico ilegal de animales y plantas tropicales. Actividad forestal. Pesquería de crustáceos *Macrobrachium americanum* y *M. carcinus*.

9.1.4 Fisiografía

Mezcalapa forma parte de las regiones fisiográficas Montañas del norte y Altos de Chiapas; el relieve del terreno está formado principalmente de sierras (Figura 6).

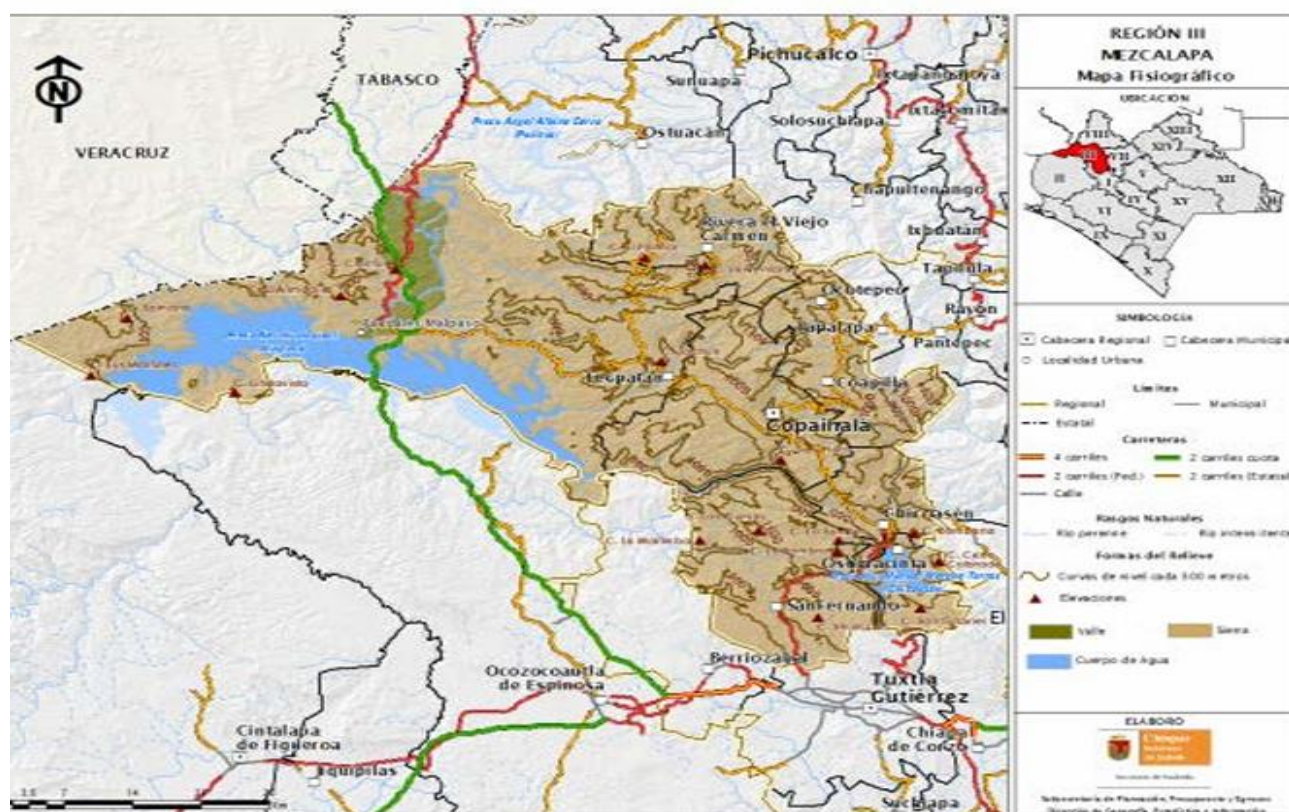


Figura 6 Mapa Fisiográfico Fuente: (Chiapas F.)

La altura del relieve varía entre los 60 mts. y 2,215 mts. sobre el nivel del mar. Las principales elevaciones ubicadas dentro de la región son: los cerros Las Plumas (1,733 m.), La Sombra (1,594 m.) y La Montañita (1,304 m.) como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Formas de relieve Fuente: (Chiapas F.)

Formas del relieve	Distribución porcentual
Sierra Alta Escarpada Compleja	57.92
Sierra Alta de Laderas Tendidas	28.98
Cuerpo de Agua	9.73
Valle de Laderas Tendidas con Dunas	3.27

9.1.5 Flora

Presenta una cobertura vegetal compuesta principalmente por vegetación secundaria, es decir, selva perennifolia-caducifolia, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña y vegetación inducida (Tabla 6). Debido al crecimiento demográfico del último cuarto del siglo XX han desaparecido muchas especies nativas y otras ya son escasas. La gradual expansión de las ciudades ha arrebatado muchos terrenos a las áreas verdes. Sin embargo, predominantemente es la vegetación secundaria el cual tiene la más alta distribución porcentual regional. Se encuentran maderas preciosas entre ellos: caoba, cedro, pino, fresno, palo de rosa, chicozapote, aguacatillo, humo prieto, pajarito, guachipilín, limoncillo, otate, palo amarillo, roble, amate, ceiba, guarumbo, hule, clavo, jimba, taray.

Tabla 6 Vegetación Fuente: (Chiapas F.)

Tipo de vegetación	Distribución porcentual regional	Distribución porcentual estatal
Vegetación secundaria	38.35	1.36
Bosque mesófilo de montaña	3.74	0.13
Vegetación inducida	3.25	0.11
Selva perennifolia	1.42	0.05
Bosque de encino	1.17	0.04
Sin Vegetación aparente	0.23	0.01
Selva caducifolia	0.21	0.01

9.1.6 Edafología

Mezcalapa presenta diez unidades de suelo, Raudales Malpaso se caracteriza por la presencia de suelos tipo:

- Luvisol: Suelo con un horizonte de arcilla bien definido y buen drenaje, adecuado para agricultura.
- Cambisol: Suelos con desarrollo incipiente, a menudo con presencia de arcilla y buen drenaje.
- Plintisol: Suelos con capas de hierro endurecido (plintita) que pueden limitar el drenaje y el crecimiento de las raíces.
- Leptosol: Suelos delgados y pedregrosos, a menudo encontrados en áreas con relieve escarpado (Tabla 7).

Tabla 7 Unidades de Suelo Fuente: (Chiapas F.)

Unidades de Suelo	Distribución Porcentual
Litosol	44.27
Acrisol	30.91
Luvisol	9.17
Cuerpo de agua	8.27
Regosol	5.04
Cambisol	1.33
Rendzina	0.33
Feozem	0.19
Vertisol	0.16
Fluvisol	0.14
Andosol	0.09
Zona urbana	0.01

9.1.7 Geología

Mezcalapa presenta ocho tipos de rocas, siendo en Raudales las principales: Lutita-arenisca con 46.24%, caliza 30.56% y andesita 9.36% siendo estas las más importante y el restante 13.84% corresponde a diferentes tipos de Rocas (Tabla 8).

Tabla 8 Geología Fuente: (Chiapas F.)

Tipos de Rocas	Distribución Porcentual
Lutita	46.24
Caliza	30.56
Andesita	9.36
Cuerpos de agua	8.98
Conglomerado	2.82
Arenisca	1.02
Suelo aluvial	0.71
Limolita	0.18
Brecha Volcánica Intermedia	0.02

9.2 Descripción de las características del sitio de disposición final

El Municipio de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas cuenta con un TCA, se encuentra ubicado a las afueras de la cabecera municipal en el kilómetro 60 de la carretera Malpaso-Cárdenas con las siguientes coordenadas 17°15'33.6"N – 93°34'00.5"W (Figura 7). La altura del relieve varía entre los 60 y 2,215 mts.

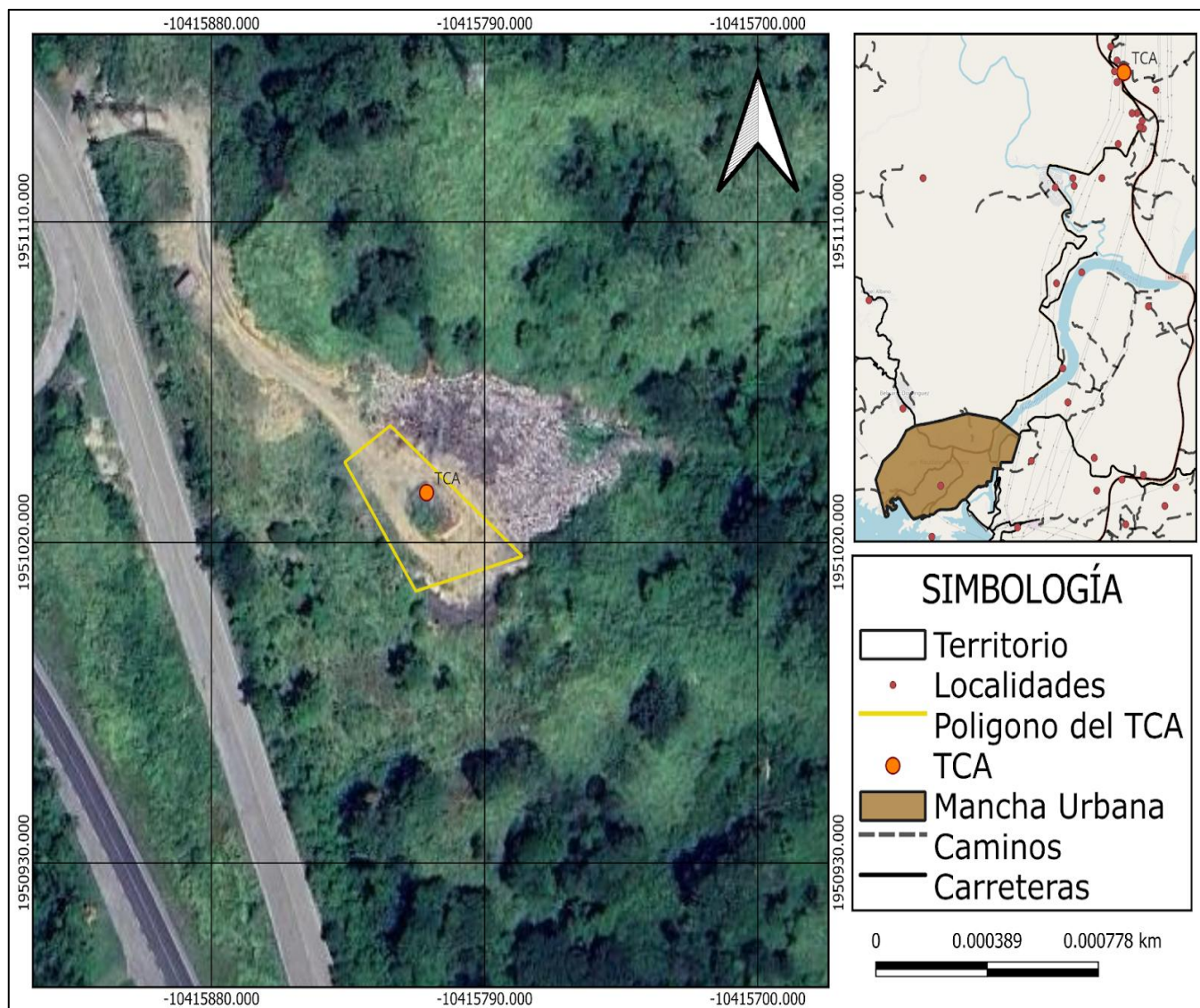


Figura 7 Ubicación del TCA. Fuente: Google Earth

X. METODOLOGÍA

En la siguiente (Figura 8) se representa la metodología que se empleó para realizar el estudio de generación y para ubicar los sitios de disposición final potenciales para un posible relleno sanitario.

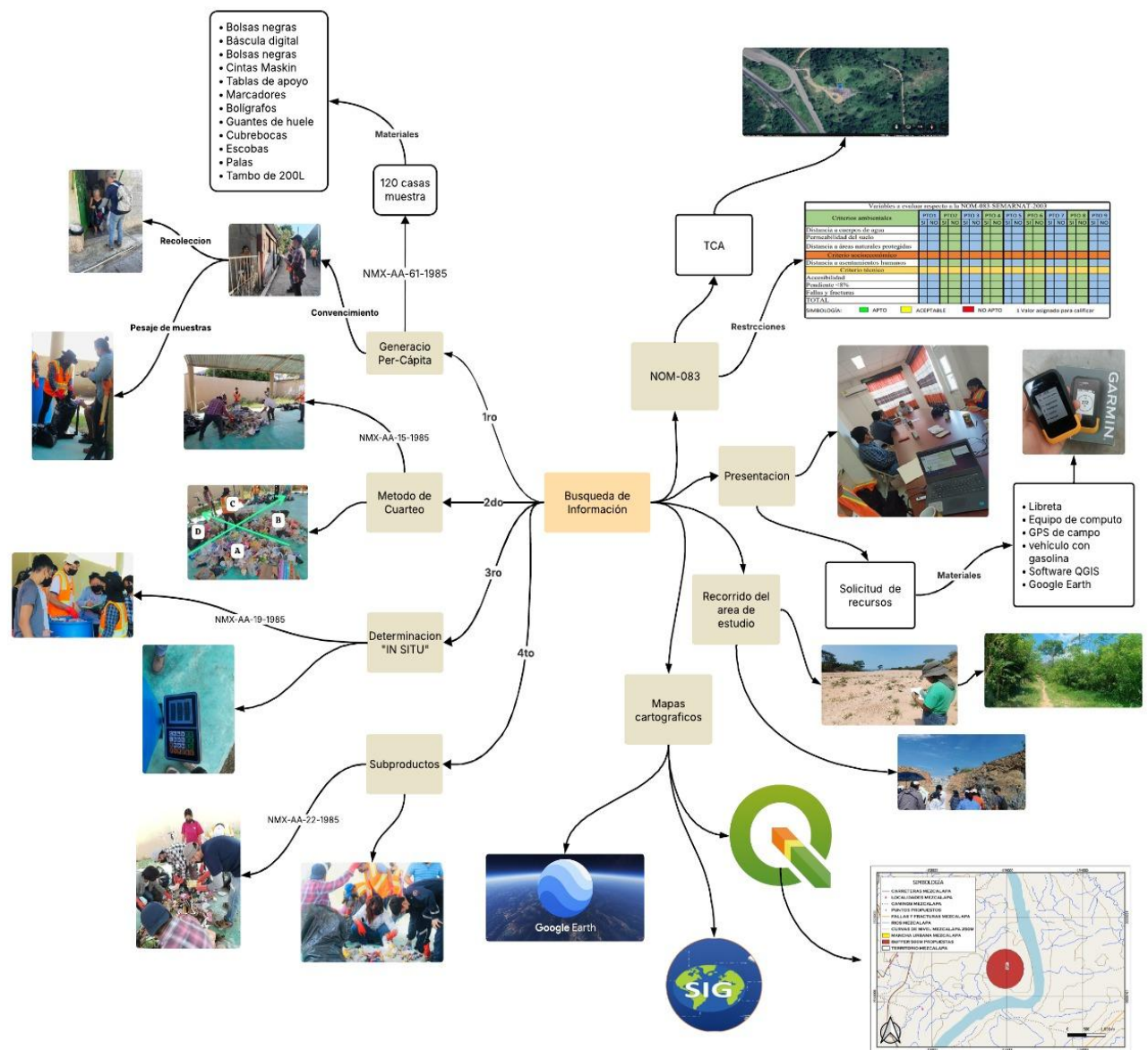


Figura 8 Diagrama de la metodología. Fuente Propia

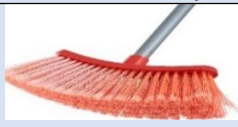
10.1 Obtención de la Generación Per-Cápita Domiciliaria

Se utilizó la norma técnica NMX-AA-61-1985, para determinar la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios. Esta norma establece un método para determinar la cantidad de residuos sólidos urbanos generados a partir de un muestreo estadístico aleatorio.

10.1.1 Materiales y Equipo:

- Bascula digital de 70 kg a 80 kg
- 1200 bolsas de 60 x 90
- 400 bolsas tipo camisetitas de 90 x 120
- 150 bolsas 70 x 90
- 8 cintas maskin de 48 x 150
- 8 tablas de apoyo
- 12 marcadores rojos permanentes
- 4 cajas de bolígrafos
- 50 pares de guantes de látex
- 5 cajas de cubrebocas
- 8 pares de guantes de carnauba
- 2 GPS marca Garmin
- 8 escobas sencillas
- 6 palas cuadradas
- 1 tambo de 200 L
- 1 sitio destinado para hacer el estudio
- 1 vehículo con gasolina para la recolección de residuos

Tabla 9 Materiales y Equipo. Fuente propia.

	 60 CM X 90 CM	
Cantidad: 1	Cantidad: 1200 bolsas	Cantidad: 400 bolsas
		
Cantidad: 8 pzs	Cantidad: 8 pzs	Cantidad: 12 pzs.
		
Cantidad: 4 Cajas	Cantidad: 50 pzs	Cantidad: 5 caja
		
Cantidad: 8 pares	Cantidad: 2 pzs.	Cantidad: 8 Escobas
		
Cantidad: 6 pzs	Cantidad: 1 pz	Cantidad: 1 sitio
		
Cantidad: 1 vehículo	Cantidad: 150 bolsas	

10.1.2 Procedimiento de campo

1. El parámetro de generación se obtiene a partir de la información adquirida de un muestreo estadístico aleatorio en campo con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medida en kg/hab-día para la población de cada clase socioeconómica durante ocho días.
2. Definir el nivel de confianza, considerando el conocimiento local, la preparación técnica del personal responsable y la viabilidad para efectuar el muestreo y la caracterización del sitio.

3. Determinar el tamaño de la muestra según el nivel de confianza seleccionado
- 4.. Identificar y localizar el universo de estudio, comprometido entre 100 a 120 viviendas, en un mapa actualizado del área; dicho universo debe clasificarse conforme al estatus socioeconómico muestral, contando y numerado secuencialmente cada vivienda para determinar la magnitud.
5. Seleccionar los elementos del área de trabajo que formarán parte de la muestra en selección aleatoriamente. De la norma técnica NMX-AA-61-1985 podemos utilizar la (Tabla 10) de números aleatorios.

Tabla 10 Tamaño de muestra según niveles de confianza Fuente: (NMX-AA-61-1985)

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

6. Recorrer las zonas seleccionadas, visitando a los habitantes de las viviendas seleccionadas para explicarles el motivo del muestreo y recopilar la información general proporcionada en la hoja de encuestas. En caso de que los habitantes acepten participar en el proyecto, apuntar el número aleatorio correspondiente con una etiqueta en el elemento, en un lugar notable de la calle donde se encuentra la casa-habitación o elemento a muestrear. Además, también se debe entregar una bolsa de polietileno (Figura 9 y 10).



Figura 9 Labor de convencimiento y entrega de bolsas. Fuente propia



Figura 10 Labor de convencimiento. Fuente: Propia

7. El primer día del periodo del muestreo, visitar nuevamente las viviendas seleccionadas del universo de trabajo en el horario acordado para recolectar las bolsas que contienen los residuos sólidos producidos antes de ese día (Figura 11).

Esto es solo para usarse como una “Misión limpieza” (Figura 12), que tiene la finalidad de garantizar que los desechos que se generen después sean equivalentes a un día. Simultáneamente con la “Misión limpieza” se debe entregar una nueva bolsa para que se almacenen los residuos generados durante las próximas 24 horas.



Figura 11 Transporte de bolsas del día Misión Limpieza, Fuente: Propia



Figura 12 Recolección de bolsas de Misión Limpieza Fuente propia

8. Del segundo al último día del periodo de muestreo, se recogen las bolsas que contienen los residuos generados en el día anterior y se entrega una nueva bolsa. El último día se recogen únicamente las bolsas con los residuos producidos del día anterior (Figura 13 y 14).



Figura 13 Recolección de bolsas de residuos. Fuente: Propia



Figura 14 Entrega de bolsas nuevas. Fuente: Propia

9. De manera diaria, una vez recolectados los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a efectuar el pesaje de cada componente, registrando los valores obtenidos

en la cédula correspondiente, dentro del apartado asignado a la fecha de generación (Figura 15 y 16).



Figura 15 Pesaje diario. Fuente: Propia



Figura 16 Pesaje de residuos. Fuente: Propia

10. Para calcular el valor de la generación per-cápita de residuos sólidos en kg/hab-día se obtiene dividiendo el peso total de los residuos entre el número de habitantes de la vivienda (Figura 17).

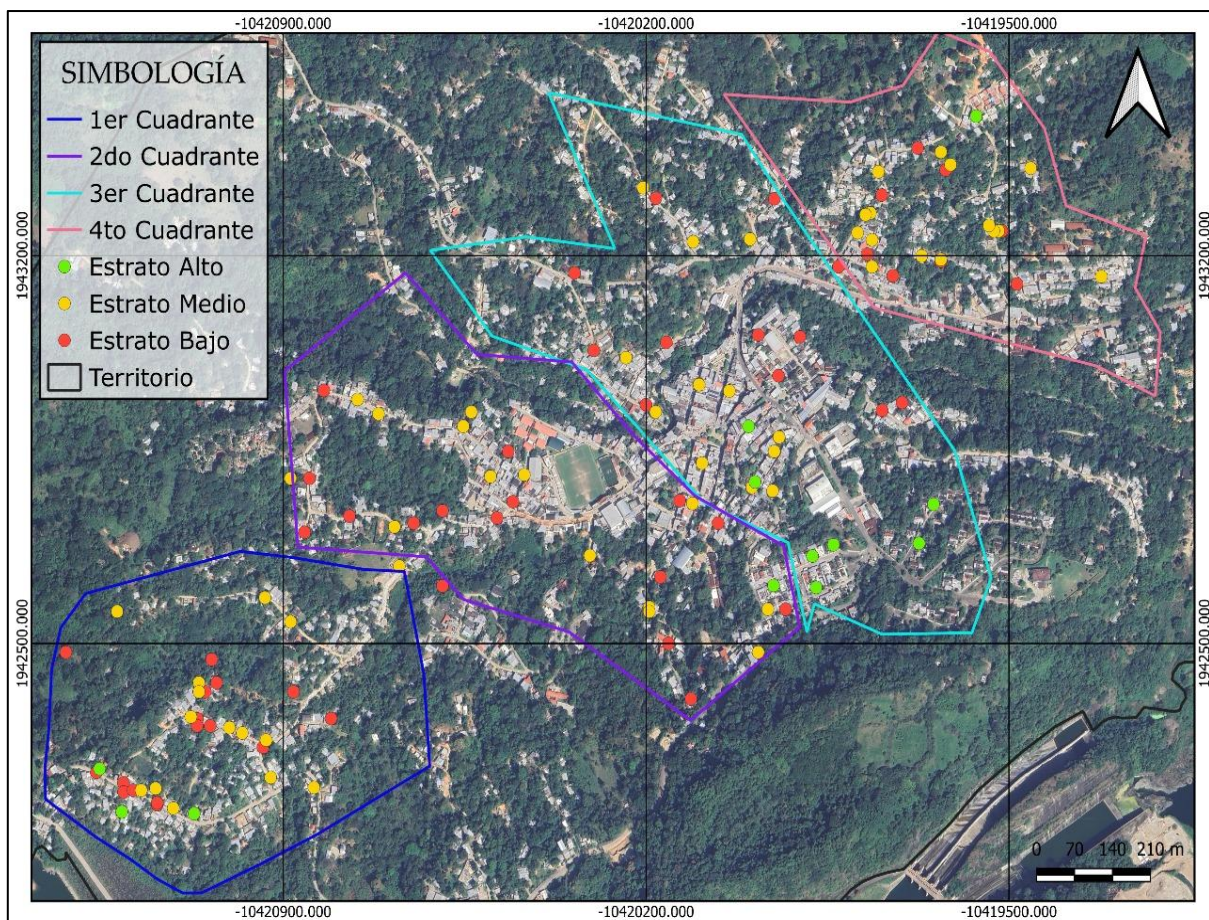


Figura 17 Mapa de las viviendas que participaron en el estudio. Fuente: Propia

10.1.3 Evaluación de Resultados

1. Calcular el promedio de generación durante los días de muestreo
2. Realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas
3. Una vez rechazadas o aceptadas las observaciones sospechosas, se procede al análisis estadístico de los valores promedio obtenidos
4. Verificar la generación per-cápita diaria, contrastando el tamaño calculado de la muestra con el tamaño real para garantizar la confiabilidad del análisis
5. Realizar la evaluación de confiabilidad correspondiente

10.2 Desarrollo del Método de Cuarteo

La NMX-AA-15-1985 aborda la forma en que se muestrean los residuos sólidos municipales y especifica el método de cuarteo para las diversas determinaciones de campo y laboratorio. El objetivo es dotar a los residuos con propiedades homogéneas.

10.2.1 Materiales y Equipo

Tabla 11 Materiales y Equipos. Fuente: Propia

Báscula digital	1200 bolsas negras de 60 x 9
Palas cuadradas	400 bolsas negras tipo camiseta de 90 x 120
Guantes de Carnaza	Guantes de hule
Escobas	Cubrebocas
Lapiceros	Marcadores
Tabla de apoyo	

10.2.3 Procedimiento de Campo

1. Para realizar el cuarteo, se toman los residuos sólidos resultados del muestreo para el estudio de generación según la norma mexicana NMX-AA-61-1985.
2. El contenido de las muestras se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de cemento o similar.
3. El montón de residuos sólidos se traspalea hasta que este homogeneizada (Figura 18 y 19), luego se procede a dividir en cuadro partes iguales A, B, C, D, y se eliminan los lados opuestos A y C o B y D, se repite esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg, para la selección de subproductos.
4. De los lados opuestos que fueron eliminados del primer cuarteo se toman 10 kg, para análisis físicos y con el resto se determina el peso volumétrico.

5. Del cuarteo realizado, se adecuo la norma técnica tomando las cuatro partes iguales; A y C para la determinación de peso volumétrico u B y D para la selección y cuantificación de subproductos conforme a los días de estudio (Figura 20 y 21).



Figura 18 Homogenización de residuos. Fuente: Propia



Figura 19 Traspaleo de Residuos. Fuente: Propia

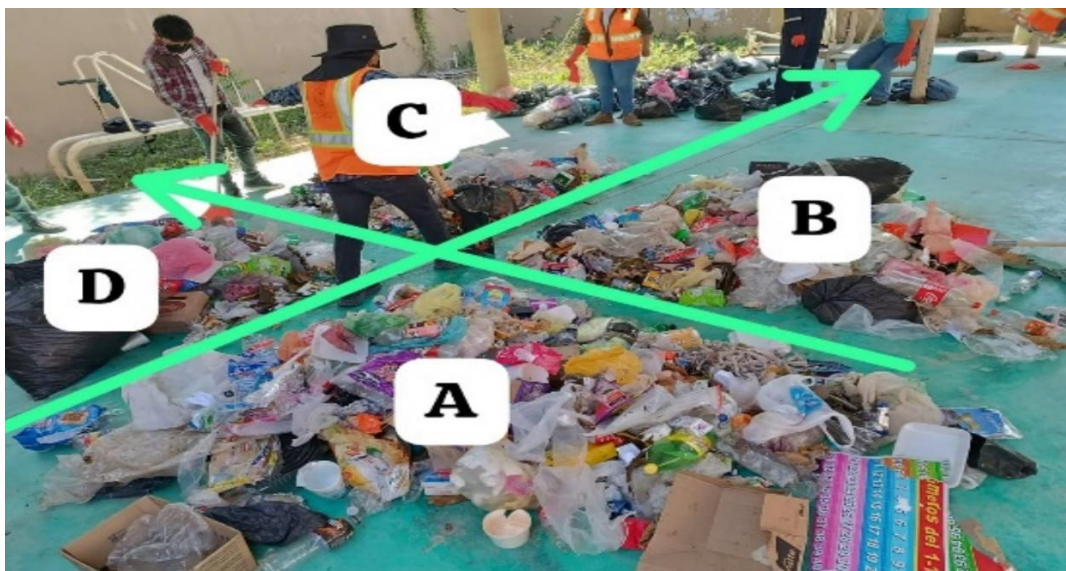


Figura 20 A y C para la determinación de peso volumétrico



Figura 21 C y D inverso para la determinación de peso volumétrico

10.3 Determinación del Peso Volumétrico “IN SITU”

Esta determinación del peso volumétrico in situ de los residuos sólidos domésticos generados, se efectúa empleando las normas mexicanas NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo y NMX-AA-19-1985 Peso volumétrico in situ para determinar la densidad de los residuos provenientes de casas-habitación sin compactar, se deben tomar los residuos de las partes opuestas de la operación de cuarteo. Se ocupa al menos de dos personas para realizar la determinación.

10.1.3 Materiales y Equipo

Tabla 12 Materiales

Báscula digital	Escobas
Tambo de 200 L	Cubrebocas
Palas Cuadradas	Marcadores
Guantes de Carnaza	Tabla de apoyo

10.3.2 Procedimiento de Campo

1. Antes de la determinación, se verifica que el recipiente esté limpio, luego se pesa vacío y ese valor se toma como tara
2. Se llena el recipiente con residuos sólidos (Figura 22) contra el suelo desde 10 cm de altura.
3. Se agrega nuevamente los residuos sólidos hasta el tope del contenedor (Figura 23), cuidando de no presionar al colocarlos, se hace esto para que se obtenga el peso volumétrico que se espera.
4. Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se pesa el recipiente con esto y luego se resta el valor de la tara.



Figura 22 Llenado de residuos al bote para el peso volumétrico



Figura 23 Residuos hasta el tope del contenedor. Fuente: Propia

5. El peso volumétrico de los residuos se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$p_{residuos} = \frac{p}{v}$$

Donde:

P= Peso volumétrico de los residuos sólidos, en Kg/m³

p= Peso de los residuos sólidos (peso bruto, menos tara), en Kg

V= Volumen del recipiente, en m³

10.4 Identificación de los subproductos que constituyen la composición de los residuos sólidos domiciliarios

Los estudios de composición de los subproductos son una herramienta valiosa para la planificación de actividades en las administraciones municipales, ya que determinan la tasa de generación per-cápita y la composición porcentual de los componentes que son desechados (Campos, 2014).

La composición de los residuos sólidos de todas las fuentes, excepto la industrial, se determina de acuerdo con las normas mexicanas NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo y NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos.

10.4.1 Materiales y Equipo

Tabla 13 Materiales

Báscula	Cubre bocas
Escobas	Guantes de Carnaza
Marcadores	Bolsas
Lapiceros	Tabla de apoyo

10.4.2 Procedimiento de Campo

1. De acuerdo con la norma mexicana NMX-AA-15-1985 se toma una muestra, extrayendo de las partes opuestas eliminadas.
2. Los subproductos deben seleccionarse (Figura 24) y colocarse en bolsas de polietileno o contenedores de boca ancha (Figura 25) hasta que se terminen con la siguiente clasificación mínima:
 - Materia Orgánica: Proveniente de las casas habitación
 - Vidrio: de color y transparente:
 - Metal: Considerando aluminio, acero inoxidable y latón
 - Pet: Envases de botellas, refrescos, envases de limpieza y otros productos
 - RPBI: Como agujas y jeringas
 - Plástico: Pueden ser polietileno, poliestireno
 - Papel: entra de: oficina, higiénico, de empaque, encerado o plástico
 - Cartón: considerando materiales de empaque liso, rugoso, natural (café), con pintura o blanqueado.
 - Bolsas: De supermercado, bolsas de basura y bolsas ligueras de uso diario.
 - Tapas: Considerando tapas para alimentos y bebidas
 - Unicel: Platos, vasos
 - Cerámica: Porcelana fina, alcancías
 - Envoltura: de alimentos, envoltorios de productos frescos, empaques de panadería etc.
 - Calzado: zapatos, sandalias
 - Finos: Son todos aquellos que tienen partículas más pequeñas
 - Otros: cualquier otro residuo no clasificado anteriormente, como: baterías, objetos de uso doméstico, etc.

3. Los se separan y se pesan conforme a su clasificación y se registran los resultados en una tabla.



Figura 24 Selección de subproductos. Fuente: Propia

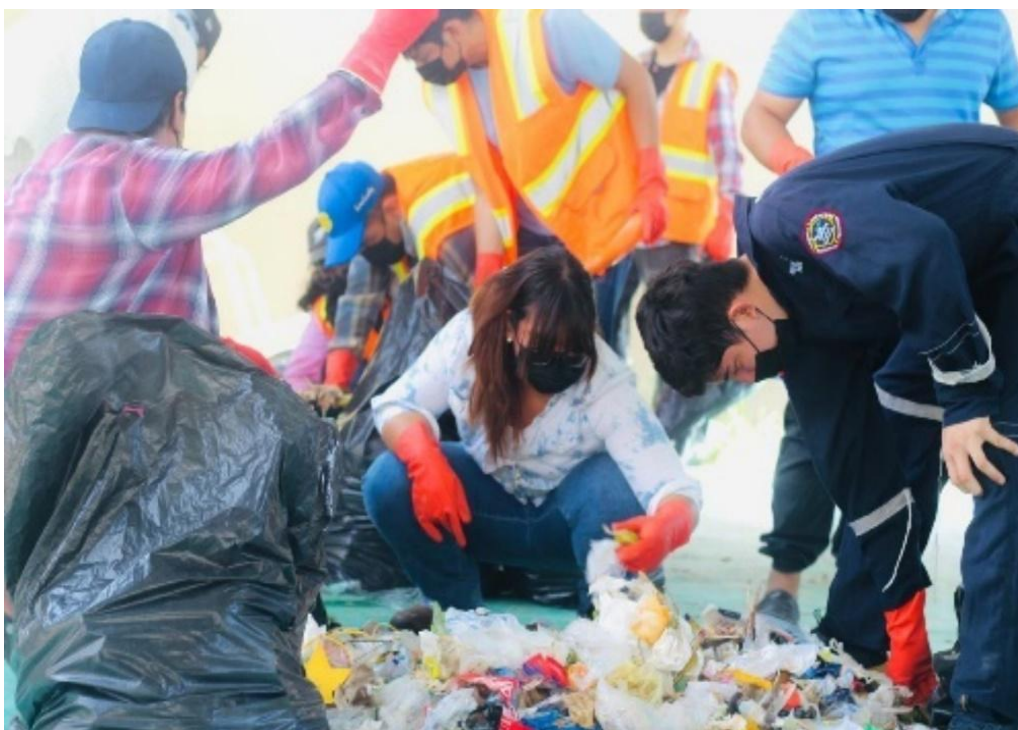


Figura 25 Separando y agregando a bolsas por subproductos. Fuente: Propia

4. Para calcular el porcentaje de los subproductos se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$ps = \frac{G^1}{G} \times 100$$

Donde:

PS: Porcentaje del subproducto considerado¹

G1: Peso del subproducto considerado, en kg

G: Peso total de la muestra

10.4.3 Categorías Aprovechables

La clasificación propuesta en la norma mexicana NMX-AA-22-1985 puede dividirse en categorías prácticas de manejo según su naturaleza (orgánica e inorgánica), pero también según su uso previsto. En el presente estudio, se utilizaron las ocho categorías que figuran en la (Tabla 14).

Tabla 14 Componentes de las fracciones de los RSU Fuente: NMX-AA-22-1985 SECOFI, 1985

Fracción	Componentes
Orgánica	Fracción rápidamente biodegradable, que incluye residuos de alimentos y jardinería y 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 PETE, HDPE, LDPE, PP, PS, PVC y mezclas de ellos.
Vidrio	Se toman en cuenta 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	Aquellos materiales que presentan características CRETIB, como medicamentos, jeringas, pilas y baterías.
Tecnológicos	Se incluye todo aquel equipo o pieza proveniente de algún aparato electrodoméstico.
No aprovechables	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 residuos finos.

10.5 Determinación de la Cantidad de Residuos Sólidos Urbanos

Respecto a la generación no domiciliaria comercial y de servicios, se emplearon bases de datos o tablas de generación de residuos por tipo de establecimiento, se utilizó la información del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI (2022), para identificar el número de establecimientos dentro de la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas. En la (Tabla 15) presenta las unidades económicas que fueron analizadas.

Tabla 15 Establecimientos y unidades económicas. Fuente: DENUE 2022

Unidad económica	Descripción
Comercial	Establecimientos pequeños como tiendas, Oxxo, farmacias, y locales de Comercios de diversos tipos, tiendas de abarrotes, carnicerías, de ropa Y de verduras
Servicios	Establecimientos de transportes, oficinas públicas, religiosos, gasolineras Y hoteles
Especiales	Está se integra por los centros educativos, unidades médicas
Otros	Se agrupan las áreas verdes de parques y campo

10.6 Determinación de la Generación Per-Cápita Urbana

El objetivo de la estimación de la generación per cápita es determinar el comportamiento que presenta una población como unidad social, frente a la generación de residuos sólidos involucrados en los procesos de producción y consumo necesarios dentro de la dinámica socioeconómica.

Para determinar la generación per cápita urbana, y la tasa en Ton/día, sencillamente se recurrió al uso y llenado de la (Tabla 16). Es importante indicar que la generación per cápita urbana equivale a sumar la generación per cápita domiciliaria y la generación per cápita no domiciliaria.

Tabla 16 Generación de residuos por fuente generadora Fuente: (CRUZ, 2023)

Fuente de generación	Generación per cápita (kg/hab-día)	Cantidad (Ton/día)
Casa habitación	--	--
Residuos de comercios y servicios públicos	--	--
Total	--	--

10.7 Metodología para las Propuestas de Sitios de Disposición Final (SDF)

El enfoque de este estudio (SDF) es cualitativo, lo cual se refleja en las salidas de campo realizadas para la observación de los sitios que se propondrán

En cuanto a los mapas cartográficos que se mostrarán, los sitios se representan por capas para indicar cuáles serán los más adecuados para un relleno sanitario tipo C, tomando en cuenta las restricciones tomadas de la literatura consultada.

10.7.1 Materiales

- Libreta
- Equipo de computo
- GPS de campo
- vehículo con gasolina
- Software QGIS
- Google Earth

10.7.2 Procedimiento en campo

1. Se consultó la NOM-083-SEMARNAT-2003 de la que se tomaron las restricciones para evaluar los sitios propuestos.
2. Se determinó el área de estudio, así como el polígono que ocupa el tiradero a cielo abierto de la Cabecera Municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas tomando en cuenta los criterios de la norma oficial mexicana y las condiciones mínimas que

debe cumplir cualquier sitio de disposición final (tipo A, B, C o D) y las especificaciones para la selección del sitio que son las siguientes:

- Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.
- No se deben ubicar sitios dentro de áreas naturales protegidas, a excepción de los sitios que estén contemplados en el Plan de manejo de éstas.
- En localidades mayores de 2500 habitantes, el límite del sitio de disposición final debe estar a una distancia mínima de 500 m (quinientos metros) contados a partir del límite de la traza urbana existente o contemplada en el plan de desarrollo urbano.
- No debe ubicarse en zonas de: marismas, manglares, esteros, pantanos, humedales, estuarios, planicies aluviales, fluviales, recarga de acuíferos, arqueológicas; ni sobre cavernas, fracturas o fallas geológicas.
- El sitio de disposición final se debe localizar fuera de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años. En caso de no cumplir lo anterior, se debe demostrar que no existirá obstrucción del flujo en el área de inundación o posibilidad de deslaves o erosión que afecten la estabilidad física de las obras que integren el sitio de disposición final.
- La distancia de ubicación del sitio de disposición final, con respecto a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos y lagunas, debe ser de 500 m (quinientos metros) como mínimo.
- La ubicación entre el límite del sitio de disposición final y cualquier pozo de extracción de agua para uso doméstico, industrial, riego y ganadero, tanto en operación como abandonados, será de 100 metros adicionales a la proyección

horizontal de la mayor circunferencia del cono de abatimiento. Cuando no se pueda determinar el cono de abatimiento, la distancia al pozo no será menor de 500 metros.

Además del cumplimiento de las restricciones normativas, se considera la propuesta establecida por Pérez (2024) en la selección del sitio de disposición final de los residuos, la cual es:

Se deberá tener en cuenta una pendiente no mayor al 8%, ya que, de lo contrario, se requerirán obras complementarias. Para evaluar las pendientes, se estratifican en 4 rangos por porcentaje de pendiente: 0 – 8% (idónea), 8 – 16% (aceptable), 16 – 35% (poco viable) y 35% en adelante (no viable).

4. Como parte de las actividades del proyecto, se llevó a cabo una visita al presidente de la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas (Figura 26 y 27). Durante esta reunión, se presentó brevemente el objetivo del proyecto, detallando las actividades previstas en el municipio, su alcance y la necesidad de obtener los permisos pertinentes para realizar las intervenciones dentro del área.



Figura 26 Visita al municipio. Fuente: Propia



Figura 27 Reunión con el presidente: Fuente: Propia

5. Posteriormente, se solicitó apoyo para las facilidades de los materiales y los recorridos al área de estudio, así como el permiso para acceder y realizar una visita al Tiradero a Cielo Abierto ubicado en el municipio.

6. Se realizó una visita de campo al Tiradero a Cielo Abierto para georreferenciar y ver las condiciones del sitio.

7. Posteriormente, se elaboró una tabla (Tabla 17), en la que se calificaron los sitios según las restricciones; dándole un valor de “1” indicando si cumple con alguna restricción.

Tabla 17 Criterios a evaluar referente a la norma y la literatura. Fuente: Propia

Variables a evaluar respecto a la NOM-083-SEMARNAT-2003																		
Criterios ambientales	PTO1		PTO2		PTO 3		PTO 4		PTO 5		PTO 6		PTO 7		PTO 8		PTO 9	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Distancia a cuerpos de agua																		
Permeabilidad del suelo																		
Distancia a áreas naturales protegidas																		
Criterio socioeconómico																		
Distancia a asentamientos humanos																		
Criterio técnico																		
Accesibilidad																		
Pendiente <8%																		
Fallas y fracturas																		
TOTAL																		
SIMBOLOGÍA: APTO ACCEPTABLE NO APTO 1 Valor asignado para calificar																		

8. Se realizaron visitas de campo a los alrededores del municipio donde se observaron las condiciones del lugar y se evaluaron los sitios de acuerdo a las restricciones establecidas por la Norma NOM-083-SEMARNAT-2003, con el objetivo de identificar sitios que se ajusten a lo estipulado en la Norma.

9. Seguido se procedió a georreferenciar cada sitio con GPS de campo y se procedió al uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

10. Se implementarán imágenes de satélite, capas base, procesadas con el software QGIS, creando capas con restricciones específicas para cada mapa.

XI.RESULTADOS Y DISCUSIONES

11.1. Selección de las muestras

El universo de trabajo que se utilizó para el análisis de muestra fue únicamente en la cabecera municipal, en el cual se consideraron tres estratos socioeconómicos debido a fuente de ingresos en el municipio, ya que en el **estrato Alto** se ubican principalmente las familias que cuentan con los ingresos que provienen de la acuicultura y de los trabajadores de CFE, el **estrato medio** este se conforma por personas dedicadas a pequeños comercios, mientras que el **estrato bajo** corresponde a aquellos que deben de actividades relacionadas con el trabajo en campo.

Con esta preselección se procedió a seleccionar las colonias de cada zona que sean representativas. Las características que se utilizaron para la selección son las siguientes:

- ✓ Se dividió la zona de estudio en cuatro cuadrantes para la recolección de muestras que provienen de los alrededores de las calles de Raudales, Malpaso.
- ✓ Se consideró tomar 120 muestras para analizar, para tener un nivel de confianza
- ✓ Se buscó que las vialidades fueran de acceso fácil para que pudiera pasar un camión recolector
- ✓ Se procuró que las separaciones entre cada una de las viviendas fueran amplias

11.1.1. Generación per cápita domiciliaria (Kg/hab-día)

El trabajo de campo correspondiente a la determinación de la generación per-cápita, se inició el 30 de marzo del 2025, previo al recorrido del sitio, así como la selección de viviendas y la labor de convencimiento por domicilio entregando una bolsa negra para pasar al día siguiente y entregando nuevamente la bolsa correspondiente para la primera muestra.

El levantamiento de las muestras en cada cuadrante se realizó partir de las 8:00 am. aunque al momento de pasar a la vivienda no se encontraban los dueños viviendas por cuestiones de trabajo dejaban la bolsa en un lugar visible.

Los datos fundamentales para cada una de las muestras identificación, número de habitantes, pesos diarios, generación per cápita promedio se obtuvieron tomando como referencia la norma mexicana NMX-AA-61-1985. De esta manera, se calculó el promedio total durante una semana duración del estudio en cada una de las fuentes de generación por estrato correspondientes (Tabla 18).

El análisis estadístico se realizó conforme a los métodos establecidos para la evaluación de resultados en la NMX-AA-61-1985, utilizando los parámetros estadísticos de media, desviación estándar y varianza.

Tabla 18 Promedio de GPC en la cabecera Mpal. de Raudales malpaso, Mezcalapa. Fuente: Propia

ESTRATOS	POBLACIÓN	GPC POR ESTRATOS	% EN GPC
B	196	0.40	46.78%
M	191	0.41	45.58%
A	32	0.58	7.64%
TOTAL	419	0.4206913	100%

En este estudio se logró con 95 casas habitación, las cuales colaboraron proporcionar las muestras de residuos a lo largo de todo el periodo de investigación 6 días de recolección y 1 día de limpieza. Tras realizar los pesajes, obtener los pesos volumétricos y llevar a cabo la caracterización de los residuos durante los días de trabajo, se procedió a analizar la base de datos aplicando inicialmente un análisis de exclusión de datos.

No habiendo eliminado ninguno de los datos mediante el criterio de exclusión citado, se obtuvieron los estadísticos, arrojando una generación per cápita promedio de 0.420

kg/hab-día, una mediana de 0.41 kg/hab-día, una baja de 0.40 kg/hab-día y una desviación alta de 0.58 kg/hab-día. Seguidamente, el cálculo del tamaño real de la muestra arrojó un valor de 100, por lo que se aceptaron las 95 premuestras con las cuales se trabajó durante el estudio, el análisis indico que con el tamaño de la muestra se tiene el 90% de confianza.

11.1.2 Peso Volumétrico

Para la determinación de la densidad se realizó para los residuos sólidos que provienen directamente de cada fuente anteriormente descrita, sin recibir compactación alguna durante la cuantificación. (La tabla 19) presentan el resumen de los datos obtenidos en campo, el peso volumétrico fue de 384.125 kg/m³

Tabla 19 Promedio del peso volumétrico de los RSD. Fuente: Propia

Parámetro	Densidad Diaria (Kg/m³)						Promedio (Kg/m³)
	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	
Densidad	437.25	370.75	317.5	411	404	364.25	384.125

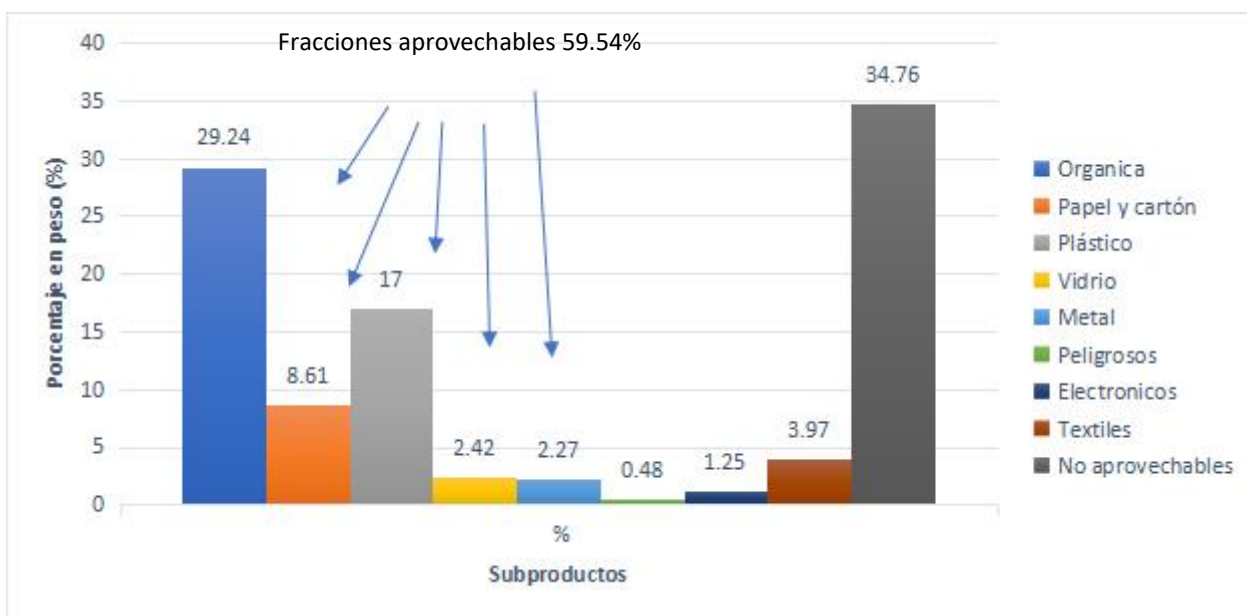
11.1.3. Cuantificación de subproductos

Después de realizar la homogenización de los residuos y separando las muestras correspondientes para cada determinación, se procedió a separar los subproductos de acuerdo a la Norma Mexicana correspondientes. En la (Gráfica 3) y la (Tabla 20) se muestra la cuantificación de los productos y se puede observar que la fracción orgánica es la que más se produce, el cual representa el 29.22%.

En el análisis de los residuos la materia orgánica como la madera y los residuos orgánicos son el porcentaje más elevado, con un 29.24%, siendo este el que resalta más, y con este

se pueden implementar programas de aprovechamiento y compostajes. En el segundo grupo de el papel y cartón cuenta con el 8.61 % estos también se pueden utilizar para reciclajes. En el tercer grupo podemos encontrar que cuenta con un 17% de plásticos el PET 1 es el más relevante dentro de este grupo ya que cuenta con un 4.5 % y el menos relevante es el unicel (poliestireno) con el 0.4%. Por lo tanto, el vidrio con el 2.42%, el metal con 2.27% también pueden ser materiales reciclables de forma tradicional y en cuanto a los

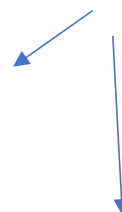
electrónicos con el 1.25% y los residuos peligrosos con el 0.48% requieren una gestión diferente debido a las características de contaminación, por otro lado los textiles ocupando el 3.97% en algunos casos pueden ser reciclables u en otros presentan restricciones en su aprovechamiento y como últimos subproductos no aprovechables representan el 34.76% conformado por cerámicas con 0.23%, finos 0.85%, varios 8.61%, sanitarios 13.6%, pañal con el 9.64%, las etiquetas con el 0.07% y otros con el 1.59% , estos deben destinarse directamente a un sitio de disposición final.



Gráfica 3 Fracciones de los subproductos. Fuente: Propia

Tabla 20 Cuantificación de subproductos. Fuente: Propia

Fracción	%	Subproductos	%
Orgánica	29.24	Materia Orgánica	29.22
		Madera	0.02
Papel y cartón	8.61	Papel	3.21
		Cartón	3.76
		Tetrapak	1.64
		Pet 1	4.5



Subproductos	%
Organica	29.24
Papel y cartón	8.61
Plástico	17
Vidrio	2.42
Metal	2.27
Peligrosos	0.48
Electronicos	1.25
Textiles	3.97
No aprovechables	34.76
TOTAL	100

Plástico 17

		Pet 3	0.65
		Pet 2	0.76
		Plástico	2.35
		Plástico 2	0.79
		plástico 5	1.45
		bolsas	1.71
		tapas	0.53
		unicel (poliestireno)	0.4
		PVC (policloruro de vinilo)	0.12
		Envoltura	3.74
Vidrio	2.42	Vidrio	2.42
Metal	2.27	Metal	1.03
		Aluminio	1.24
Peligrosos	0.48	RPBI	0.04
		RP	0.44
Electrónicos	1.25	Electrónico	1.25
Textiles	3.97	Tela	0.69

		Calzado	1.09
		Textiles	2.19
No aprovechables	34.76	Cerámica	0.23
		Finos	0.85
		Varios	8.61
		Sanitarios	13.6
		Pañal	9.65
		Etiquetas	0.07
		Porcelana	0.16
		Otros	1.59
		TOTAL	100

11.1.3. Residuos NO DOMICILIARIOS

De acuerdo a la información que presenta (INEGI) en el DENUE, la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Chiapas. Cuenta con 777 establecimientos de los cuales producen 0.520 ton/día (Tabla 21).

Tabla 21 Directorio Residuos en fuentes no domésticas

Unidad económica	No.	Generación Kg/día x Unidad	Generación	Generación
			Kg/día	Ton/día
Tienda de autoservicio	50	0.303	21	0.021
Local comercial	53	0.286	22.26	0.022
Tienda de abarrotes Pequeña	82	0.185	34.44	0.034
expendio de Carnes	19	0.798	7.98	0.007
expendio de frutas y verduras	24	0.632	10.08	0.1
Varios	332	0.045	139.44	0.139
Infraestructura publica	15	105	6.3	0.006
Oficina Publica/privadas /cultural	21	0.722	8.82	0.008
Restaurantes/ alimentos	100	0.151	42	0.042
Gasolineras	5	3.036	2.1	0.002
Hoteles/posadas	8	1.897	3.36	0.003
Servicios educativos	29	0.523	12.18	0.121
Unidades medicas	35	0.433	14.7	0.0147

Terminales Terrestres	4	3.795	1.68	0.001
Total	777		Total	0.5207

11.1.4 Generación Per-Cápita Urbana

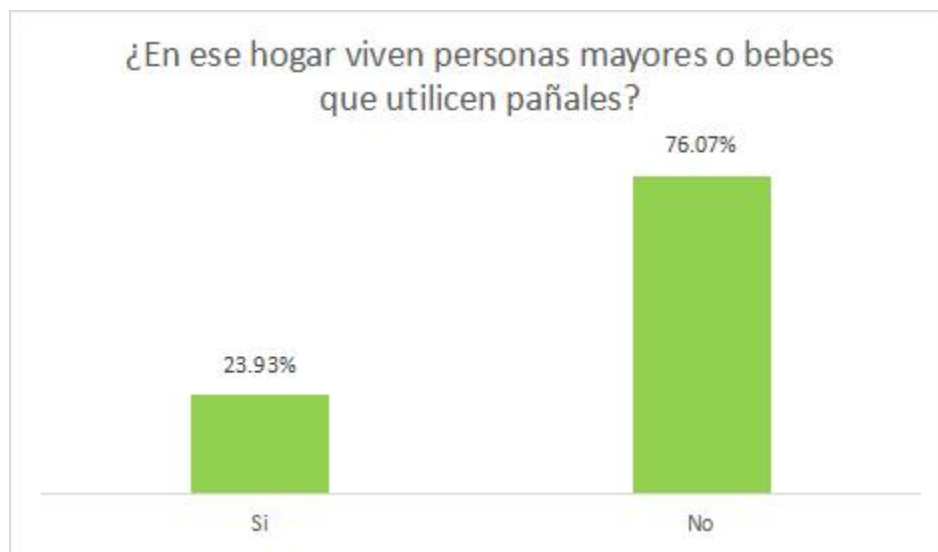
Con los datos que se obtuvieron anteriormente en la generación domiciliaria y no domiciliaria, se puede identificar que en la cabecera municipal de Raudales malpaso, Mezcalapa, Chiapas. Actualmente se genera 3.86 Ton/día equivalente a 0.485 kg/hab-día (Tabla 22).

Tabla 22 Generación de residuos no domiciliarios

Fuente de Generación	Generación per-cápita Kg/hab-día	Cantidad Ton/día
Casa habitación	0.420	3.34
Residuos no domiciliarios	0.065	0.520
TOTAL	0.485	3.86

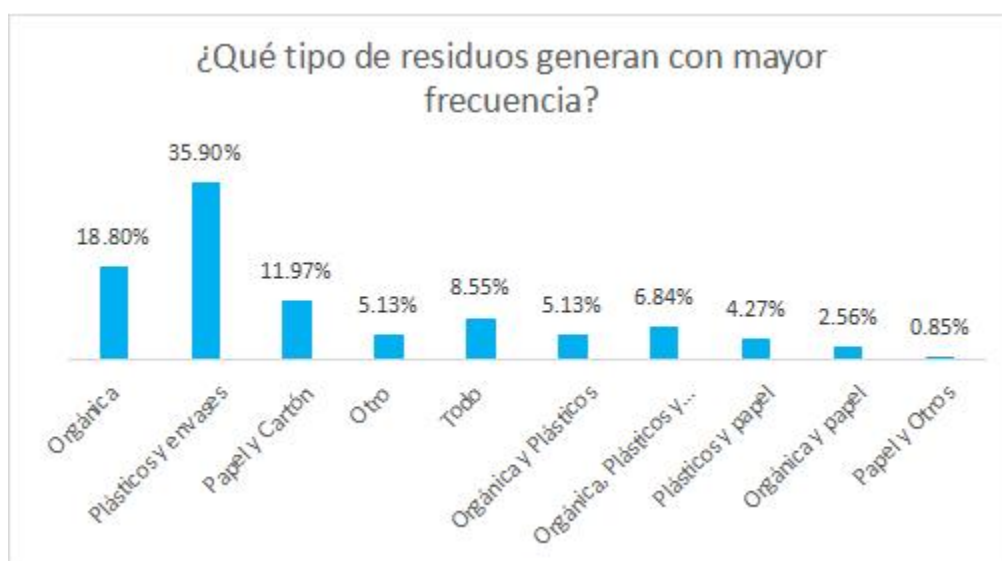
11.1.5 Análisis de las encuestas

Con base a la Gráfica 4 el 76.07% de personas dijo que en su hogar las personas mayores de edad o bebés no utilizan pañales y el 23.93% dijo que si a la hora de las encuestas esas personas que dijeron que si son de familias que cuentan con bebes ya que fueron pocas la que comentaron que los adultos mayores no utilizan pañales.



Gráfica 4 En ese hogar viven personas mayores o bebés que utilicen pañales Fuente: Propia

En la Gráfica 5 se puede observar que el producto que más generan son los plásticos y envases con el 35.90 % esto refleja el hábito de consumo, la materia orgánica tiene un 18.80% se considera que esto se debe a los restos de alimentos, la materia orgánica se puede aprovechar en compostajes y se pueden implementar programas de separación y reciclaje para disminuir el uso de papel y cartón.



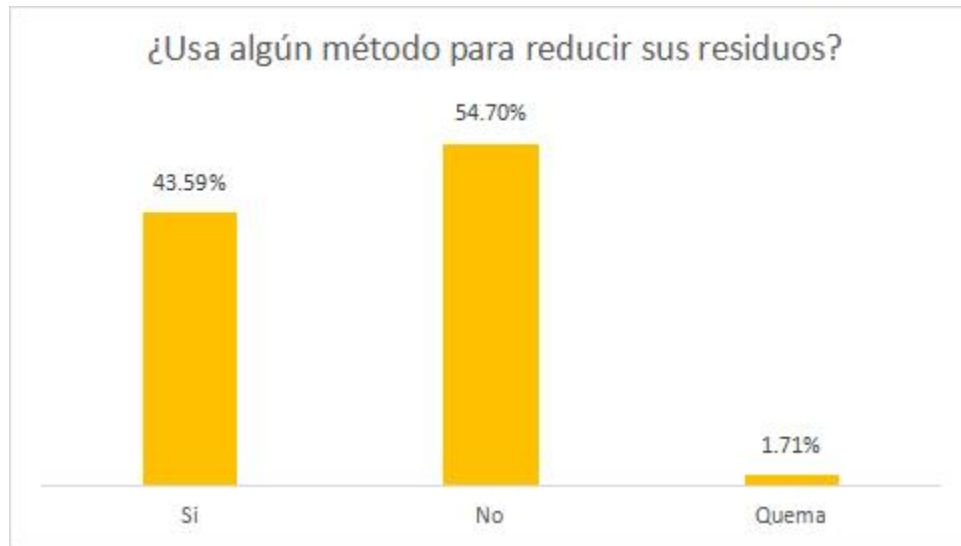
Gráfica 5 Qué tipo de residuos generan con mayor frecuencia

Se observa en la (Grafica 6) que el carro recolector para con un 56.41% 2 veces por semana, mientras que el 2.56% dijo que pasa al menos 3 veces siendo este que el 40.17% se convierte en el segundo lugar.



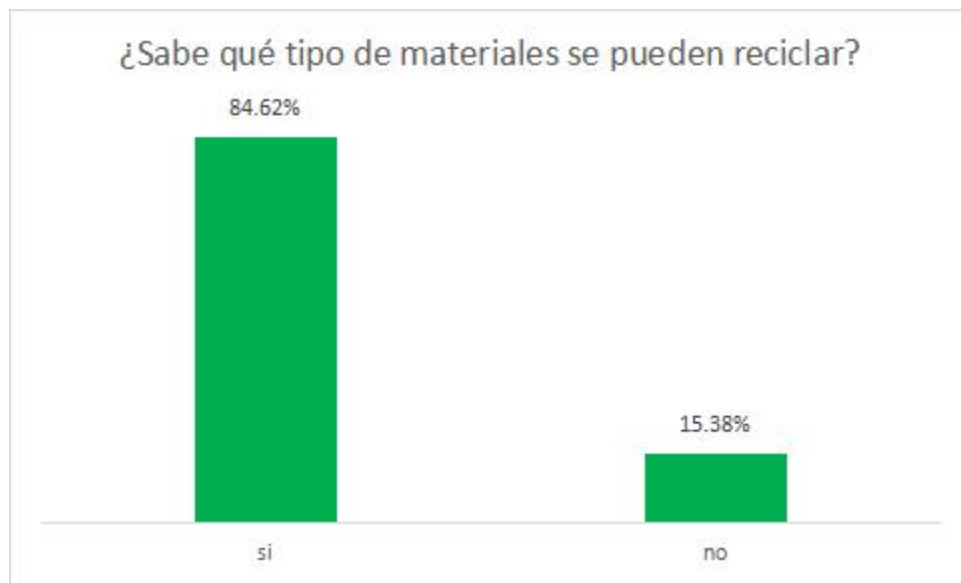
Gráfica 6 Cuántas veces pasa el recolector de basura en la semana

En base a la Gráfica 7 solo el 1.71% de la gente realiza quemas para la reducción de sus residuos estos generan contaminación en el aire y a la salud y el 54.70% no utiliza algún método esto evidencia una oportunidad grande en la implementación de programas de educación ambiental y campañas donde se fomente la separación y los materiales reciclables.



Gráfica 7 Usa algún método para reducir sus residuos

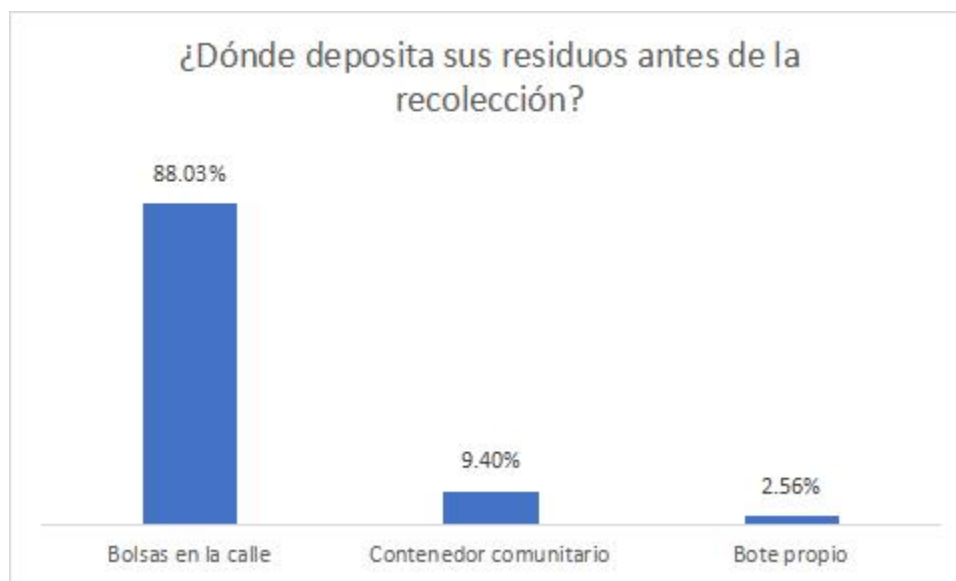
Es importante que sepamos que materiales se pueden separar y cuáles no, es por esto mismo como se menciona anterior mente es fundamental implementar programas ya que el 15.38% menciona que no sabía cuales materiales se pueden reciclar (grafica 8).



Gráfica 8 Sabe qué tipo de materiales se pueden reciclar

La Gráfica 9 indica que el 88.03% de las personas depositan sus residuos en bolsas, esto implica un alto consumo de bolsas plásticas de un solo uso incrementando la generación

de residuos no aprovechables y presenta un problema ambiental, el otro 9.40% refleja una práctica más organizada y por último el 2.56% esta es una alternativa más viable ya que no se utilizan muchas bolsas de plásticos.



Gráfica 9 Dónde deposita sus residuos antes de la recolección.

De acuerdo a la (Gráfica 10) de las 120 viviendas encuestadas el 95.73% dijo que estaban de acuerdo en que se implementaran medidas para la gestión de residuos lo que muestra una alta percepción de la problemática ambiental, la minoría de las viviendas siendo el 4.27% respondió negativamente.



Gráfica 10 Cree que deberían de implementarse medidas para una mejor gestión de residuos.

11.1.6 Propuestas de los sitios de Disposición final

Dentro de los recorridos realizados al área se visitó el TCA en el cual se logró observar que se promueve la quema de los residuos (Figura 28) de igual forma no cuenta con algún tipo de barda para que impida el paso a animales, respecto a fauna nociva se encontró aves de carroña (buitres o zopilotes) (Figura 29).



Figura 28 Práctica de quema de los Residuos Sólidos Urbanos. Fuente: Propia



Figura 29 Presencia de Aves Carroñeras. Fuente: Propia

En la visita realizada al TCA se observó que el sitio tiene desniveles, y un pequeño cuerpo de agua cerca del sitio (Figura 30).



Figura 30 Cuerpo de Agua y pendiente presente en el área. Fuente: Propia

Se logró destacar que no existe supervisión alguna que regule el acceso a los camiones recolectores, por lo que existen posibilidades de que entren residuos peligrosos RPBI.

Se propusieron 9 sitios los cuales se evaluaron conforme a la tabla de restricciones y asignando valores para calificar los sitios a como se muestra en la siguiente (Tabla 21):

Tabla 23 Resultados de la Evaluación de los sitios propuestos. Fuente: Propia

Variables a evaluar respecto a la NOM-083-SEMARNAT-2003																		
Criterios ambientales	PTO1		PTO2		PTO3		PTO4		PTO5		PTO6		PTO7		PTO8		PTO9	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Distancia a cuerpos de agua	1			1	1		1		1		1		1		1		1	
Permeabilidad del suelo		1		1		1		1	1			1		1		1		1
Distancia a áreas naturales protegidas	1		1		1		1		1		1		1		1		1	
Criterio socioeconómico																		
Distancia a asentamientos humanos	1		1			1	1		1		1		1		1		1	
Criterio técnico																		
Accesibilidad		1	1			1		1	1			1		1		1		1
Pendiente		1	1		1			1		1	1		1		1		1	
Fallas y fracturas	1		1		1		1		1			1	1		1			1
TOTAL	4	3	5	2	4	3	4	3	6	1	4	3	4	3	4	3	3	4
SIMBOLOGÍA: APTO ACEPTABLE NO APTO 1 Valor asignado para calificar																		

Con base a la tabla y siguiendo la NOM-083-SEMARNAT-2003, se logra observar que de los 9 puntos que se propusieron solo 5 cuentan con las características y criterios aceptables para un posible sitios de disposición final, dentro de ello el **PTO 5 es el sitio más adecuado** para instalar un relleno sanitario (Figura 31) al cumplir con la mayoría de los criterios técnicos-ambientales y los pto: 1,2,6 y 7 entran en el rango de que son aceptables para un posible sitio a como se muestra en la siguiente (Figura 32).

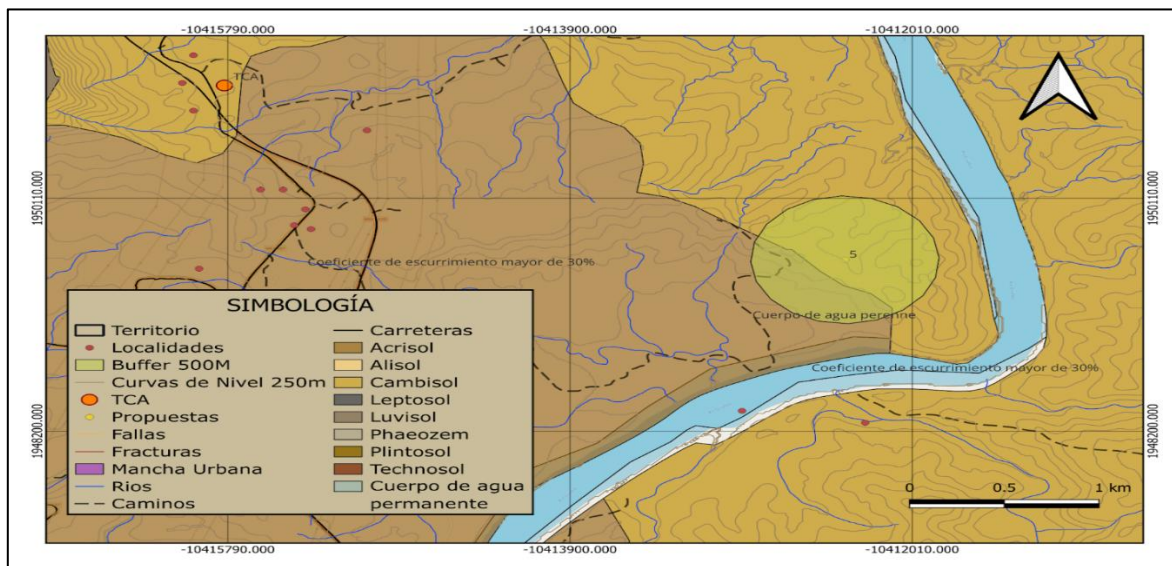


Figura 31 Mapa de la propuesta P5. Fuente: CEIEG

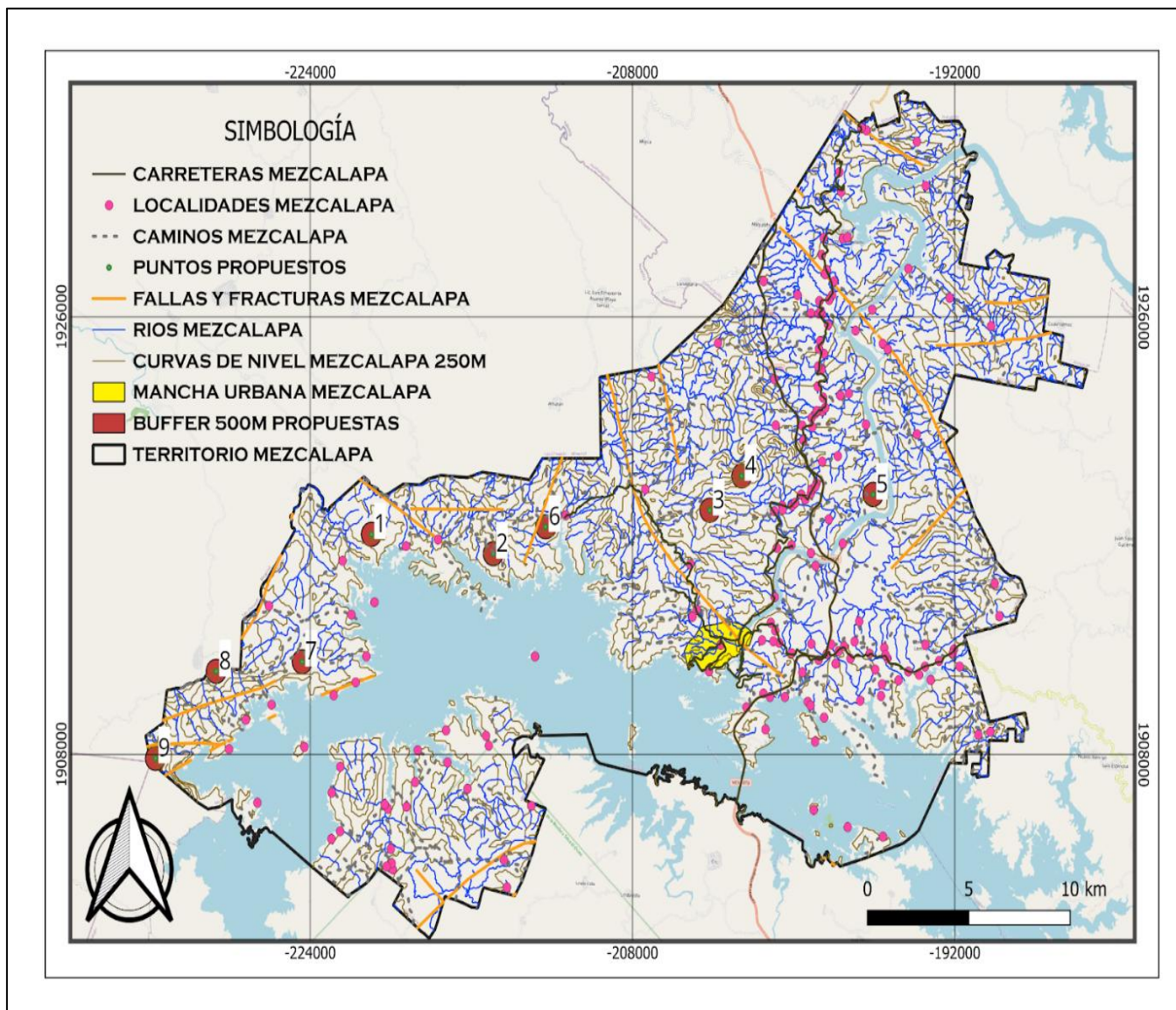


Figura 32 Mapa de propuestas. Fuente: CEIEG

De los cinco puntos que cumplen con características y criterios aceptables para un posible sitio de disposición final, las coordenadas se presentan en la siguiente (Tabla 22):

Tabla 24 De coordenadas de las propuestas de sitios. Fuente: Propia.

Propuestas	Coordenadas Geográficas	
P1	-93°68'36.8"	17°22'48.6"
P2	-93°42'39.6"	17°13'08.4"
P3	-93°61'20.0"	17°23'90.0"
P4	-93°35'49.2"	17°15'07.2"
P5	-93°53'60.0"	17°24'70.0"
P6	-93°68'80.0"	17°23'00.0"
P7	-93°79'86.0"	17°17'66.8"
P8	-93°83'83.5"	17°17'16.4"
P9	-93°86'52.8"	17°13'85.1"
TCA	-93°34'00.5"	17°15'33.6"

Dentro de las salidas de campo realizadas para la visita de los sitios propuestos se observó, que, si cuentan con vías de acceso, las cuales son terracería, angostas lo cual dificulta el acceso a vehículos de gran tamaño a como se muestra en la (Figura 33).



Figura 33 Vías de acceso. Fuente: Propia

XII CONCLUSIONES

En el trabajo se presentó los resultados obtenido en un estudio de generación de residuos sólidos y ubicación de sitios potenciales para sitios de disposición final dicho que fue elaborado en la cabecera municipal de Raudales Malpaso, Mezcalapa, Chiapas. En donde se aplicó normatividad técnica mexicana para la obtención del peso volumétrico, de la tasa de generación per-cápita y de la cuantificación de los subproductos.

Con base a los resultados obtenido en el estudio se determinó que el peso volumétrico es de 384.125 kg/m^3 , así mismo se obtuvo que la generación per-cápita es de 0.420 kg/hab-día , y los valores totales de cada uno de los subproductos de los RSU fueron las siguiente: materia orgánica 29.22%, papel y cartón con un 8.61%, los plásticos con el 17%, el vidrio con 2.42%, metal con 2.27%, los residuos peligrosos con 0.48%, electrónicos 1.25%, textiles 3.97% y los no aprovechables con el 34.76. Debido a estos resultados se puede observar que la fracción que más predomina es la materia orgánica.

En base a la generación de residuos no domésticos se obtuvo un valor de 0.485 kg/hab-día y 3.86 ton/día . Esta cifra aumentara en los próximos años por varios factores.

Referente al levantamiento de información se pudo observar que el municipio necesita implementar programas de educación ambiental y campañas donde se fomente la separación de residuos, ya que la mayoría de la gente no realiza la separación de basura en sus hogares, esto genera problemas en el depósito de contenedores en el momento que pasa el camión recolector, cabe recalcar que en la semana que se realizó el estudio la población se encontró satisfecha ya que no se acumulaba los residuos en los hogares y la disminución de plagas, malos olores y contaminación visual en las calles.

Así mismo se realizó una comparación entre el estudio que realizo Cruz (2023), llevada a cabo en el municipio de Ocozocoautla de Espinoza, donde participaron 101 viviendas y se

obtuvo una generación per-cápita de 0.580 kg/hab/día, el informe de Pérez (2022), desarrollada en la localidad de Cristóbal Obregón, Mpio. De Villaflores, con una muestra de 99 viviendas obtuvo una generación per-cápita de 0.292 kg/hab/día; y finalmente en este estudio también se realizó en una cabecera municipal, en el cual 95 viviendas participaron, obteniendo una generación per-cápita de 0.420 kg/hab/día. Los tres resultados se encuentran dentro del rango esperado para un estudio de generación de RSU; es importante reconocer que la diferencia de los resultados atribuye a las características del área de estudio, ya que en los trabajos comparados anteriormente uno de ellos fue en una localidad rural, y el de Cruz (2023), y este trabajo se realizaron en cabeceras municipales donde hay mayor consumo, y por ello la generación de residuos, tiende a ser mayor.

Se delimito que en el actual sitio de disposición final con el que cuenta el municipio no cumple con ningún criterio o aspecto que se describa en la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, como lo son: A 500m de cualquier cuerpo de agua superficial con flujo continuo, lago y laguna entre otras como lo marca la restricción 6.1.6, no ubicarse cerca de poblaciones, de acuerdo al autor Pérez (2024) se tomó en cuenta la pendiente del sitio y se determinó que este SDF no cumple con esa restricción.

En el recorrido de campo, se delimito que la extensión de terreno con el que cuenta el municipio de estudio es bastante amplia, y existen diferentes áreas para la posible reubicación del sitio de disposición final, en base a los criterios que señala la norma oficial mexicana 083 y Pérez (2024).

De acuerdo a la elaboración de mapas en el software QGIS, con el uso de diferentes capas y buffer. Se delimitaron nueve puntos importantes para reubicar el sitio de disposición final, considerando las características más sobresalientes de NOM como:

(vías acceso, cuerpos agua, áreas naturales, localidades, pendiente, fallas, fracturas y permeabilidad del suelo).

De acuerdo a los nueve puntos considerados por las características en base a la norma, se establece que los puntos 1, 2,5,6 y 7 son los puntos más potenciales para la reubicación de un sitio de disposición final, ya que cuentan con los criterios más importantes que se tomaron para este estudio.

Con el objetivo de asegurar la viabilidad del proyecto y anticiparse a posibles obstáculos, se propusieron distintos puntos como opciones para un sitio de disposición final. Esta estrategia busca ofrecer alternativas viables en caso de que surjan complicaciones en la adquisición de un terreno específico, ya sea por problemas legales, sociales o económicos. De este modo, si el municipio encuentra dificultades para concretar la compra o uso de un predio en particular, podrá considerar otros sitios previamente evaluados, garantizando así la continuidad y eficiencia en la toma de decisiones respecto a la gestión de residuos.

XIII REFERENCIAS

(s.f.).

Acosta, E. F. (2015). Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. 112.

Alegría, L. F. (2020). *Propuestas de sitios potenciales para la reubicación del sitio de disposición final de residuos sólidos domiciliarios, en la comunidad de Cristóbal Obregón, Municipio de Villaflores, Chiapas*. Tuxtla Gutierrez.

Alvarado, R. S. (2009). Generación de residuos en establecimientos comerciales y de servicios. *Revista Latinoamericana de Ciencias Ambientales*, 10(1), 23–39.

Ambiente, P. d. (2020). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Manejo de Residuos Sólidos: Guía para políticas sostenibles.: <https://www.unep.org/es/resources/informe/manejo-de-residuos-solidos>

Bardales, J. B. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria*, 993-1008.

Campos, J. &. (2014). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en el cantón de . *Tecnología en Marcha*,, 27(3), 122-135.

Casachagua, K. J. (2020). *Caracterización de residuos sólidos municipales*. Lima.

Chiapas, e. d. (s.f.). *Programa Regional de Desarrollo Región III Mezcalapa*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Chiapas, F. (s.f.). *Región III Mezcalapa* . Obtenido de <https://www.haceindachiapas.gob.mx./planeación/información/Desarrollo-Regional/prog-regionales/MEZCALAPA.pdf>

Chiapas, H. C., & en particular, I. S. (2019). *Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Chiapas y sus Municipios*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Civil, E. d. (2017). *Programa de Protección civil para basureros*. Institución: Protección Civil del Estado de México .

CRUZ, D. S. (2023). *Estudio de generación y caracterización de residuos solidos domiciliarios (RSD) en la cabecera municipal de ocozoautla de espinosa, Chiapas*. Tuxtla Gutierrez, Chiapas.

DIPUTADOS, C. D. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. Diario Oficial de la Federación.

Federación, D. O. (2014). *Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Gómez Babativa, I. A. (2017). *Lineamiento para determinar la localización de un relleno sanitario regional para disponer los residuos sólidos generados por los municipios de Quípama, Muzo, Coper, Caldas y Buenavista Boyacá*. Bogotá.
- González, C. S. (2019). Identificación de sitios con potencial para la disposición final de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tepic, Nayarit, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 35, 69.
- González, J. A. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región*, 7-28.
- Heredia, A. P. (2007). Tablas de generación de residuos por tipo de establecimiento en México. *Revista de Gestión Ambiental*, 15(2), 45–60.
- Hernández, A. H. (2023). *Macrolocalización de Áreas Óptimas para sitios de Disposición Final de los municipios de Reforma, Juárez y Pichucalco, Chiapas*. Tuxtla Gutierrez.
- Industrial, S. d. (1985). *NMX-AA-15-1985. Protección al ambiente-Contaminación del agua-Muestreo de aguas residuales*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Industrial, S. d. (1985). *NMX-AA-19-1985*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- industrial, S. d. (1985). *NMX-AA-22-1985*. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- Industrial, S. d. (1985.). *NMX-AA-61-1985: Protección al ambiente-Contaminación del suelo*. México.: Dirección General de Normas.
- INEGI. (s.f.). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales: una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones*. Organización panamericana de la salud.
- Martínez, N. M. (Marzo-Agosto de 2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. *Letras verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17.
- (2003). *NOM-083-SEMARNAT*. Diario Oficial de la Federación.
- PÉREZ, E. M. (2022). *ESTUDIO DE GENERACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS (RSD) DE LA LOCALIDAD CRISTÓBAL OBREGÓN, MUNICIPIO DE VILLAFLORES, CHIAPAS*. Tuxtla Gutierrez.
- Rojas-Caldelas, C. L.-A. (2014). Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en el Municipio de Mexicali, México: Retos para el Logro de una Planeación Sustentable. *Información Tecnológica*, 25 (3),59-72.
- S, O. M. (s.f.).
- Salud, O. M. (2018). *rganización Mundial de la Salud*. Obtenido de Gestión de residuos: una cuestión de salud pública: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/waste-management>

SEMARNAT. (2001). *Guía para la gestión integral de los residuos solidos municipales*. México, D.F: Instituto Nacional de Ecología .

SEMARNAT, S. D. (2020). *Diagnostico básico para la Gestión Integral de los Residuos*. Ciudad de México: Gobierno de México.

Susunaga Miranda, M. A., Ortiz Muñiz, B., Castañeda Chávez, M. D., Lango Reynoso, F., & Hernández Berriel, M. D. (2022). Sitios de disposición final de residuos sólidos abandonados en la Región de Sotavento del estado de Veracruz, México, utilizando herramientas SIG. *Enfoque Utel*, 13(4).

Torri, S. L. (2017). *¿Qué es un relleno sanitario?* Obtenido de Centro de Estudios y Desarrollo de Políticas Públicas (CECePP): <http://cedepp.otg.ar/?p=38>

Ullca, J. (2005). Los Rellenos Sanitarios. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 2-17 .

Unión, C. d. (1988). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México, D.F: Diario Oficial de la Federación.

XIV ANEXOS



**ESTUDIO DE CARACTERIZACION Y
GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS EN
LA CABECERA MUNICIPAL DE RAUDALES
MALPASO, MEZCALAPA, CHIAPAS.**

Estrato socioeconómico: Alto ☐ Medio ☐ Bajo ☐

GPS: _____ Núm. de casa _____

No. De habitantes en la vivienda: _____ HOMBRES _____ MUJERES _____

¿Cuál es la edad de esas personas?

¿En ese hogar viven personas mayores o bebés que utilicen pañales?

¿Qué tipo de residuos generan con mayor frecuencia?

a) Orgánica b) Plásticos y envases c) papel y cartón c) otros

¿Cuántas veces pasa el recolector de basura en la semana?

a) 1 vez por semana b) 2 veces a la semana C) 3 veces a la semana

¿Usa algún método para reducir sus residuos?

a) Si b) No

¿Sabe qué tipo de materiales se pueden reciclar?

a) Si b) No

¿Dónde deposita sus residuos antes de la recolección?

a) Contenedor comunitario b) Bolsas en la calle

¿Cree que deberían de implementarse medidas para una mejor gestión de residuos?

a) Si b) No

Figura 34 Encuesta realizada en el estudio. Fuente: Propia

Estrato	N° de	GPC Kg/Día						Prom.		Estrato	N° de	GPC Kg/Día						Prom.		Estrato	N° de	GPC Kg/Día						Prom.
	Hab	1	2	3	4	5	6				Hab	1	2	3	4	5	6				de	1	2	3	4	5	6	
1-B	1	0.65	0.60	0.45	2.00	0.63	1.23	0.93		1-M	2	0.90	0.50	0.45	0.60	0.70	0.53	0.61		1-A	4	2.00	1.20	0.40	1.25	3.00	0.83	1.45
2-B	3	1.05	0.80	0.20	0.45	0.93	0.33	0.63		2-M	4	8.55	3.45	3.10	0.40	6.00	1.75	3.88		2-A	7	2.15	1.75	0.30	1.40	4.58	0.85	1.84
3-B	2	5.50	2.73	1.05	4.38	4.12	2.72	3.42		3-M	5	3.30	0.70	1.20	1.75	2.00	1.48	1.74		3-A	7	10.70	7.35	4.25	7.43	8.85	5.84	7.40
4-B	8	5.50	0.35	1.20	0.50	2.93	0.85	1.89		4-M	6	2.05	0.45	0.45	0.55	1.25	0.50	0.88		4-A	6	2.08	3.05	1.75	1.45	4.04	1.60	2.33
5-B	4	1.35	5.10	5.00	7.00	3.23	6.00	4.61		5-M	4	2.45	0.45	2.30	1.35	1.45	1.83	1.64		5-A	5	1.60	6.55	5.25	4.46	3.30	4.86	4.34
6-B	7	4.78	12.8	5.86	1.55	8.79	3.71	6.25		6-M	3	1.85	0.35	0.45	0.88	1.10	0.67	0.88		6-A	3	1.80	0.95	1.60	0.40	2.40	1.00	1.36
7-B	7	1.35	1.25	1.10	4.80	1.30	2.95	2.13		7-M	5	6.20	0.85	2.00	1.25	3.53	1.63	2.58										
8-B	7	2.00	1.43	2.00	1.75	1.72	1.88	1.80		8-M	5	1.12	2.80	1.40	1.70	1.96	1.55	1.76										
9-B	6	5.30	1.48	2.80	5.05	3.39	3.93	3.66		9-M	4	1.35	0.85	1.50	0.55	1.10	1.03	1.06										
10-B	4	3.75	0.15	0.95	1.20	1.95	1.08	1.51		10-M	5	0.75	0.85	0.45	0.40	0.80	0.43	0.61										
11-B	5	2.32	2.30	2.89	6.95	2.31	4.92	3.62		11-M	4	0.45	0.35	0.55	1.00	0.40	0.78	0.59										
12-B	4	0.85	2.85	0.60	1.25	1.85	0.93	1.39		12-M	10	3.75	2.05	2.50	3.60	2.90	3.05	2.98										
13-B	4	1.30	1.15	0.80	0.65	1.23	0.73	0.98		13-M	2	1.52	0.10	2.95	4.57	0.81	3.76	2.29										
14-B	4	0.45	0.85	0.10	0.75	0.65	0.43	0.54		14-M	4	2.10	2.05	2.15	1.52	2.08	1.84	1.96										
15-B	10	0.80	0.80	0.75	0.20	0.80	0.48	0.64		15-M	3	4.95	1.25	0.50	0.40	3.10	0.45	1.78										
16-B	11	2.85	1.65	3.10	1.90	2.25	2.50	2.38		16-M	6	10.95	1.35	6.70	9.75	6.15	8.23	7.19										
17-B	1	3.75	1.85	2.05	1.85	2.80	1.95	2.38		17-M	5	0.30	0.25	0.40	1.30	0.28	0.85	0.56										
18-B	2	0.65	0.25	0.15	0.50	0.45	0.33	0.39		18-M	2	1.00	0.42	0.25	0.55	0.71	0.40	0.56										
19-B	2	1.95	0.85	0.25	1.07	1.40	0.66	1.03		19-M	8	3.35	1.15	1.50	2.45	2.25	1.98	2.11										
20-B	6	0.95	0.15	0.44	0.65	0.55	0.54	0.55		20-M	2	0.29	0.75	0.34	0.10	0.52	0.22	0.37										
21-B	4	3.90	0.90	1.60	0.90	2.40	1.25	1.83		21-M	5	2.15	1.05	1.00	0.55	1.60	0.78	1.19										
22-B	4	4.85	1.10	3.40	0.60	2.98	2.00	2.49		22-M	5	1.30	1.05	1.75	1.02	1.18	1.39	1.28										
23-B	3	0.30	0.80	0.40	0.45	0.55	0.43	0.49		23-M	2	1.00	1.35	0.70	0.85	1.18	0.78	0.98										
24-B	6	1.25	0.50	0.75	0.50	0.88	0.63	0.75		24-M	5	9.30	5.35	2.70	3.65	7.33	3.18	5.25										
25-B	10	2.80	1.20	0.70	0.70	2.00	0.70	1.35		25-M	4	3.80	1.40	6.45	2.10	2.60	4.28	3.44										
26-B	4	4.20	2.25	3.43	7.30	3.23	5.37	4.30		26-M	3	0.45	1.10	0.75	0.40	0.78	0.58	0.68										
27-B	2	0.90	0.70	1.26	3.45	0.80	2.36	1.58		27-M	3	2.25	1.15	1.75	0.75	1.70	1.25	1.48										
28-B	3	0.61	1.45	0.63	0.40	1.03	0.51	0.77		28-M	9	1.60	1.10	1.25	1.00	1.35	1.13	1.24										
29-B	2	1.55	2.80	0.75	1.10	2.18	0.93	1.55		29-M	3	0.60	1.60	0.15	0.70	1.10	0.43	0.76										
30-B	4	0.50	0.40	0.75	0.35	0.45	0.55	0.50		30-M	3	0.15	1.15	0.25	0.60	0.65	0.43	0.54										
31-B	4	0.72	0.56	0.35	1.05	0.64	0.70	0.67		31-M	3	1.15	0.20	0.20	0.40	0.68	0.30	0.49										
32-B	3	1.81	2.40	1.95	1.10	2.11	1.53	1.82		32-M	10	1.20	4.30	2.30	3.25	2.75	2.78	2.76										
33-B	5	1.65	0.65	0.70	0.50	1.15	0.60	0.88		33-M	3	1.06	0.40	2.35	0.30	0.73	1.33	1.03										
34-B	5	0.45	0.10	0.05	0.20	0.28	0.13	0.20		34-M	4	1.85	0.65	1.50	5.25	1.25	3.38	2.31										
35-B	2	2.90	2.10	0.75	8.45	2.50	4.60	3.55		35-M	4	1.55	1.95	1.00	2.95	1.75	1.98	1.86										
36-B	8	3.60	3.65	4.90	1.45	3.63	3.18	3.40		36-M	6	4.85	1.70	4.40	1.20	3.28	2.80	3.04										
37-B	2	0.72	0.95	0.35	0.85	0.83	0.60	0.72		37-M	4	3.31	3.05	1.65	5.20	3.18	3.43	3.30										
38-B	5	2.15	2.87	5.25	0.50	2.51	2.88	2.69		38-M	3	0.35	0.65	1.00	0.50	0.50	0.75	0.63										
39-B	5	4.45	2.60	0.65	2.31	3.53	1.48	2.50		39-M	2	0.50	1.00	1.00	0.50	0.75	0.75	0.75										
40-B	6	3.00	2.15	1.95	2.36	2.58	2.16	2.37		40-M	3	0.35	0.50	0.25	0.25	0.43	0.25	0.34										
41-B	4	0.60	3.20	0.70	0.90	1.90	0.80	1.35		41-M	3	0.60	3.70	1.30	1.86	2.15	1.58	1.87										
42-B	3	0.45	1.15	0.90	0.70	0.80	0.80	0.80		42-M	3	2.35	1.75	3.00	2.36	2.05	2.68	2.37										
43-B	1	0.25	1.10	1.05	1.85	0.68	1.45	1.06		43-M	3	0.70	0.65	0.95	1.45	0.68	1.20	0.94										
44-B	3	0.40	0.10	0.75	0.25	0.25	0.50	0.38		44-M	2	1.62	1.30	1.85	4.50	1.46	3.18	2.32										
									Tabla 35-A	45-M	7	0.35	2.95	1.60	3.60	1.65	2.60	2.13	estratos									

Tabla 25 Análisis de generación per cápita de moneda por estratos

Tabla 26 Análisis de subproductos

Generación en porcentaje							
Subproductos	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día	Día	Promedio
Materia Orgánica	20.6	21.4	8.55	32.25	21	20.4	31.05
Vidrio	1.9	2.4	1.9	0.65	2.15	1.275	2.56875
Pet 1	6.25	3.2	1.9	1.4	4.725	1.65	4.78125
Pet 3	1.85	0	0	0	0.925	0	0.69375
Pet 2	2.15	0	0	0	1.075	0	0.80625
Metal	1.2	0	1.7	0.02	0.6	0.86	1.095
RPBI	0	0.05	0.02	0.05	0.025	0.035	0.045
RP	0.8	0.05	0.15	0.25	0.425	0.2	0.46875
Plástico	3.45	0.7	1.2	1.3	2.075	1.25	2.49375
Plástico 2	0	1.55	0.4	0.3	0.775	0.35	0.84375
Plástico 5	0	1	1.5	1.6	0.5	1.55	1.5375
Papel	2.6	2.9	1.9	1.7	2.75	1.8	3.4125
Cartón	2.7	1.75	3.4	2.8	2.225	3.1	3.99375
Bolsas	2	0	2.85	0	1	1.425	1.81875
tapas	0.4	0.35	0.35	0.4	0.375	0.375	0.5625
unicel	0.235	0.2	0.35	0.35	0.2175	0.35	0.425625
Aluminio	0.85	0.6	1.05	1	0.725	1.025	1.3125
Cerámica	0.65	0	0	0	0.325	0	0.24375
Tetrapak	1	1.5	1.25	0.9	1.25	1.075	1.74375
PVC (policloruro de vinilo)	0	0	0.35	0	0	0.175	0.13125
Tela	1.95	0	0	0	0.975	0	0.73125
Calzado	0.35	0.95	1.8	0	0.65	0.9	1.1625
Electrónico	1.35	1.3	0.1	0.8	1.325	0.45	1.33125
Envoltura	2.2	4.15	1.05	3.2	3.175	2.125	3.975
Finos	1	0.75	0.65	0	0.875	0.325	0.9
Varios	13.25	8.65	2.5	0	10.95	1.25	9.15
Sanitario	12.35	5.9	11.35	8.95	9.125	10.15	14.45625
Pañal	8.4	8.2	7.25	3.5	8.3	5.375	10.25625
Textiles	0	2.35	2.55	1.3	1.175	1.925	2.325
Etiquetas	0	0.1	0.06	0.05	0.05	0.055	0.07875
Otro	0	4.5	0	0	2.25	0	1.6875
Porcelana	0	0	0.1	0.35	0	0.225	0.16875
Madera	0	0	0.05	0	0	0.025	0.01875
TOTAL							106.269375



Figura 35 Banderazo de bienvenida al municipio. Fuente: Propia



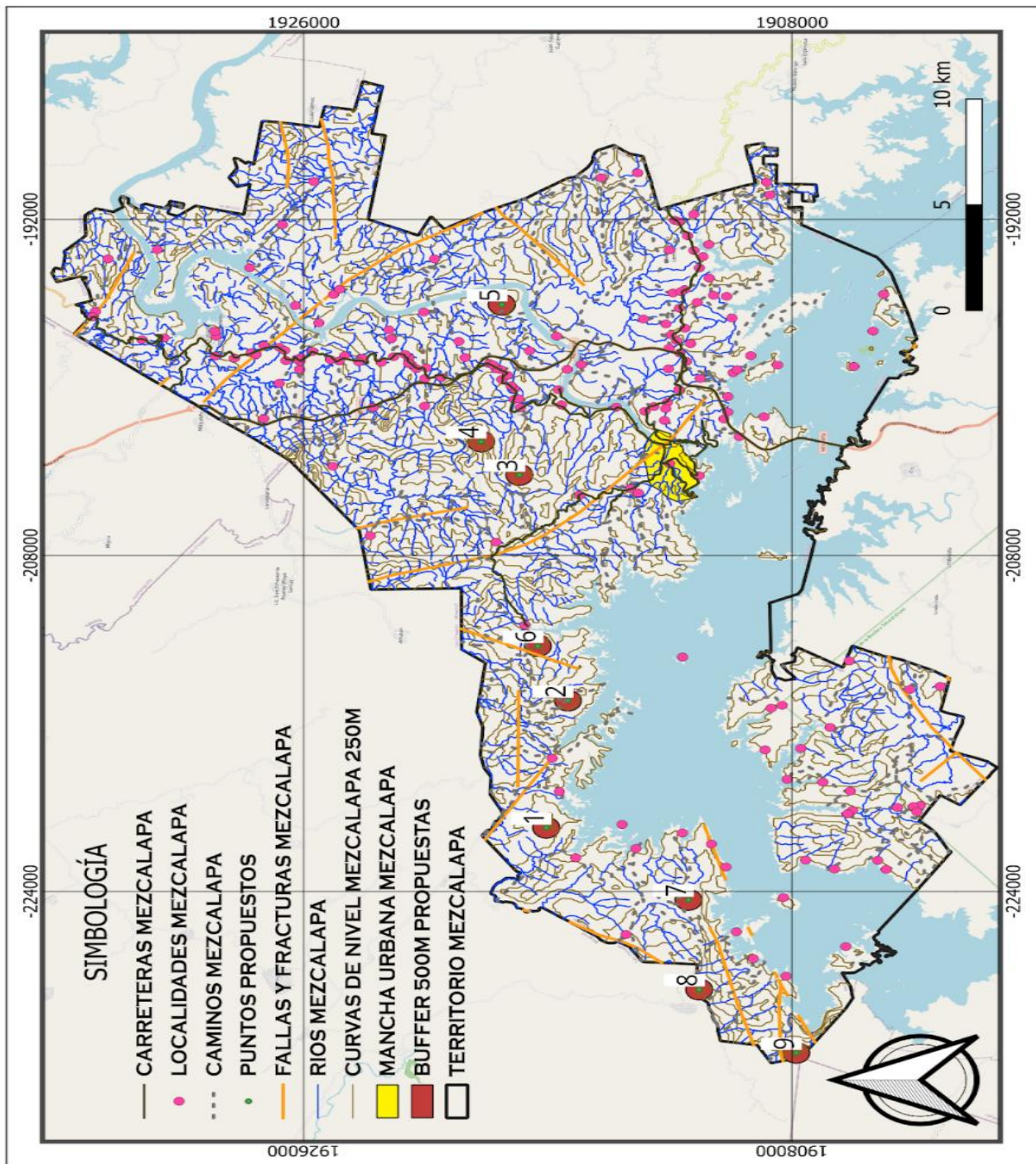
Figura 36 Recorrido por la zona de estudio. Fuente: Propia



Figura 37 Punto de recolección. Fuente: Propia



Figura 38 Ordenamiento de muestras por estratos. Fuente: Propia



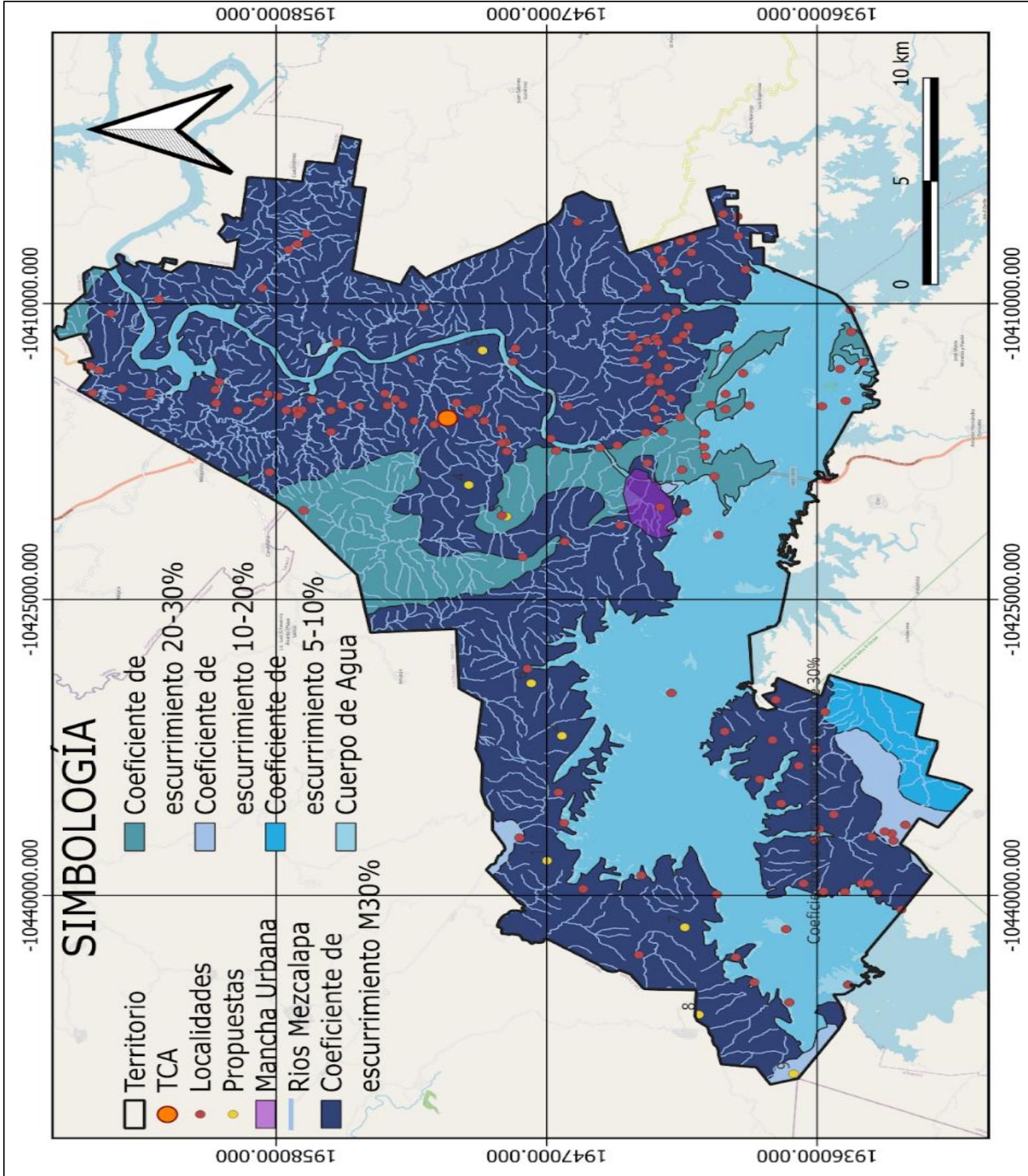


Figura 39 Mapa de las propuestas. Fuente: CEIEG

Figura 40 Mapa de Ríos y Coeficiente de Esgurrimiento. Fuente: CEIEG

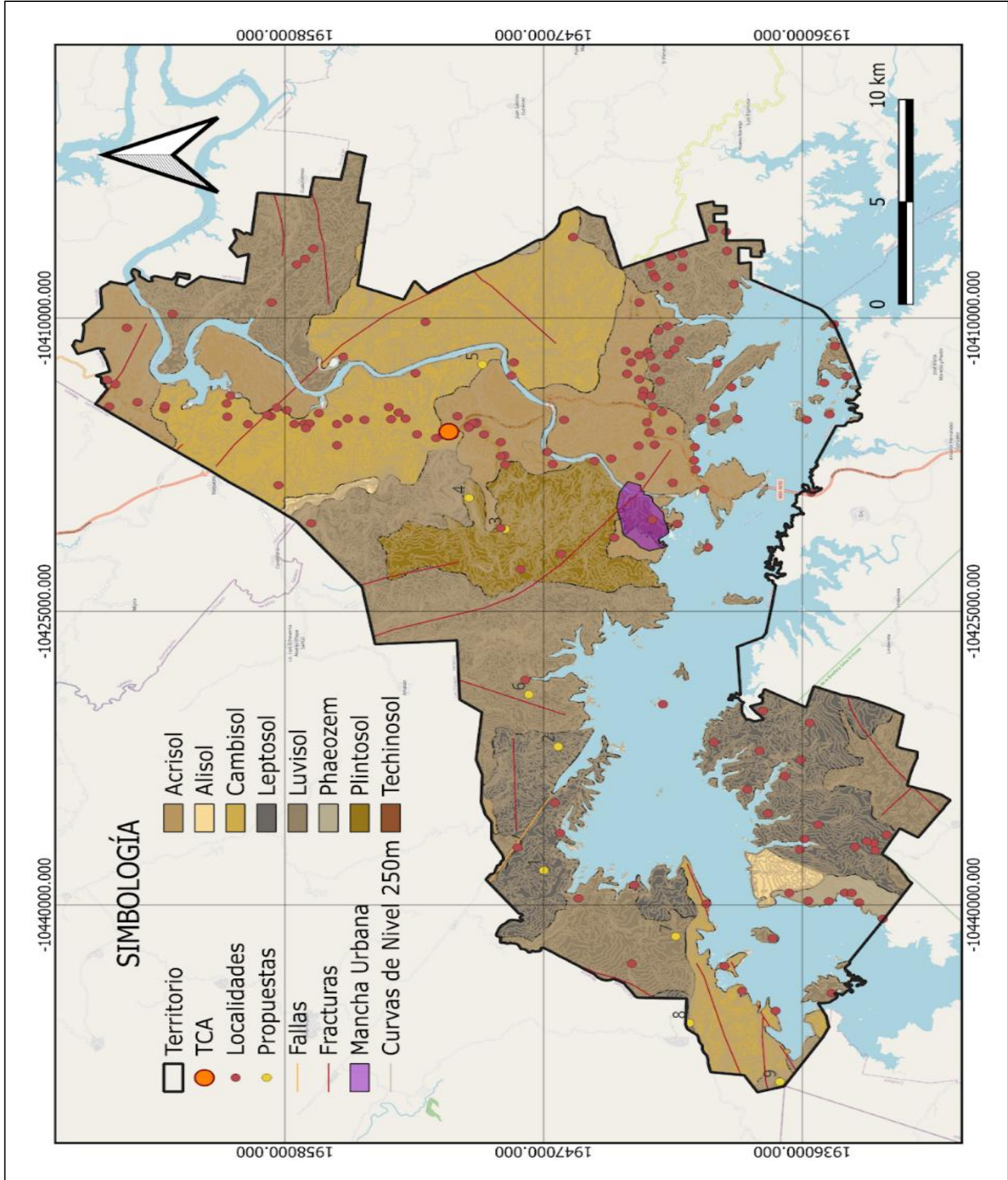


Figura 41 Mapa de Tipo de Suelos y Curvas de Nivel. Fuente CEIEG

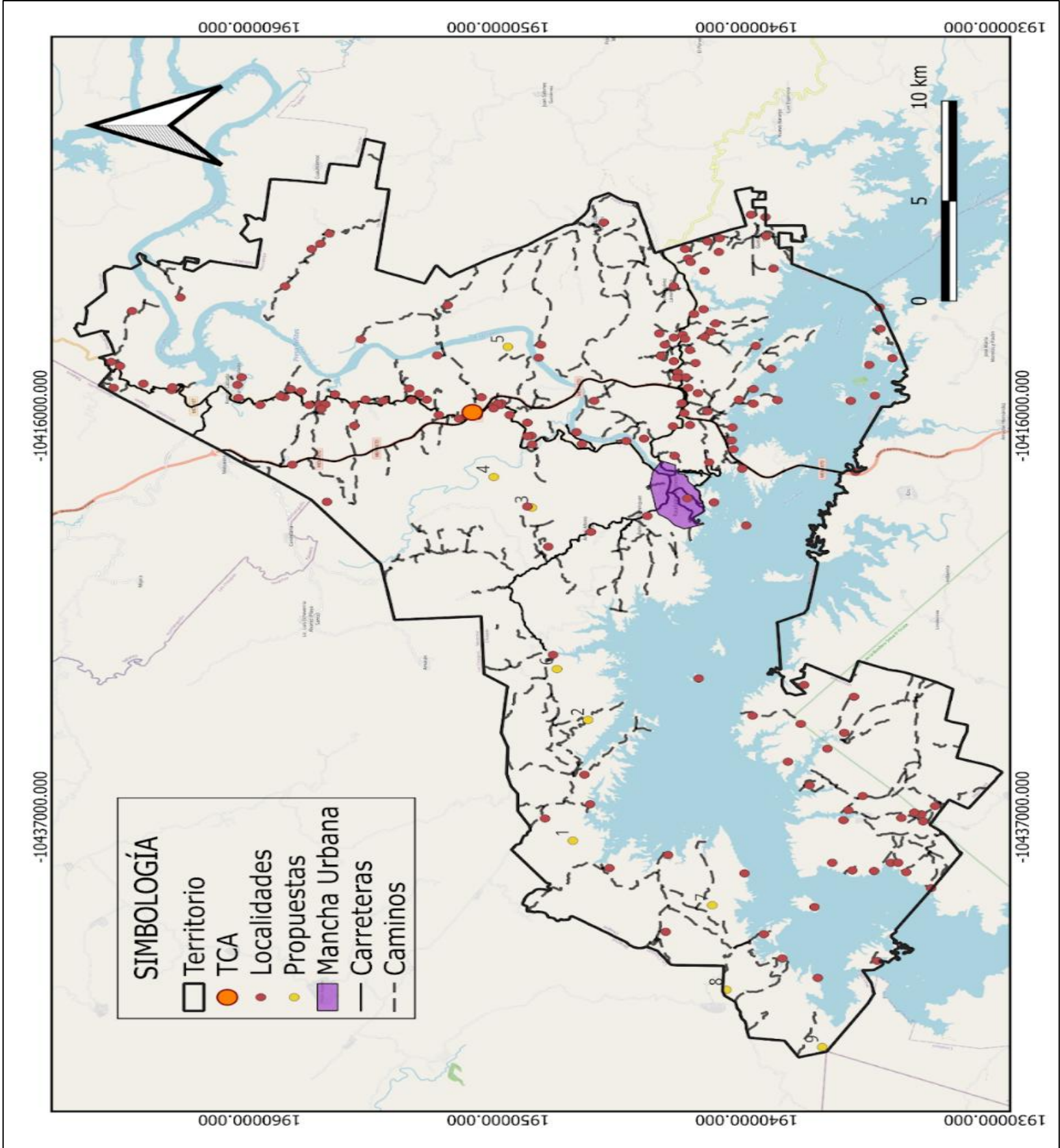


Figura 42 Vías de acceso. Fuente: Propia

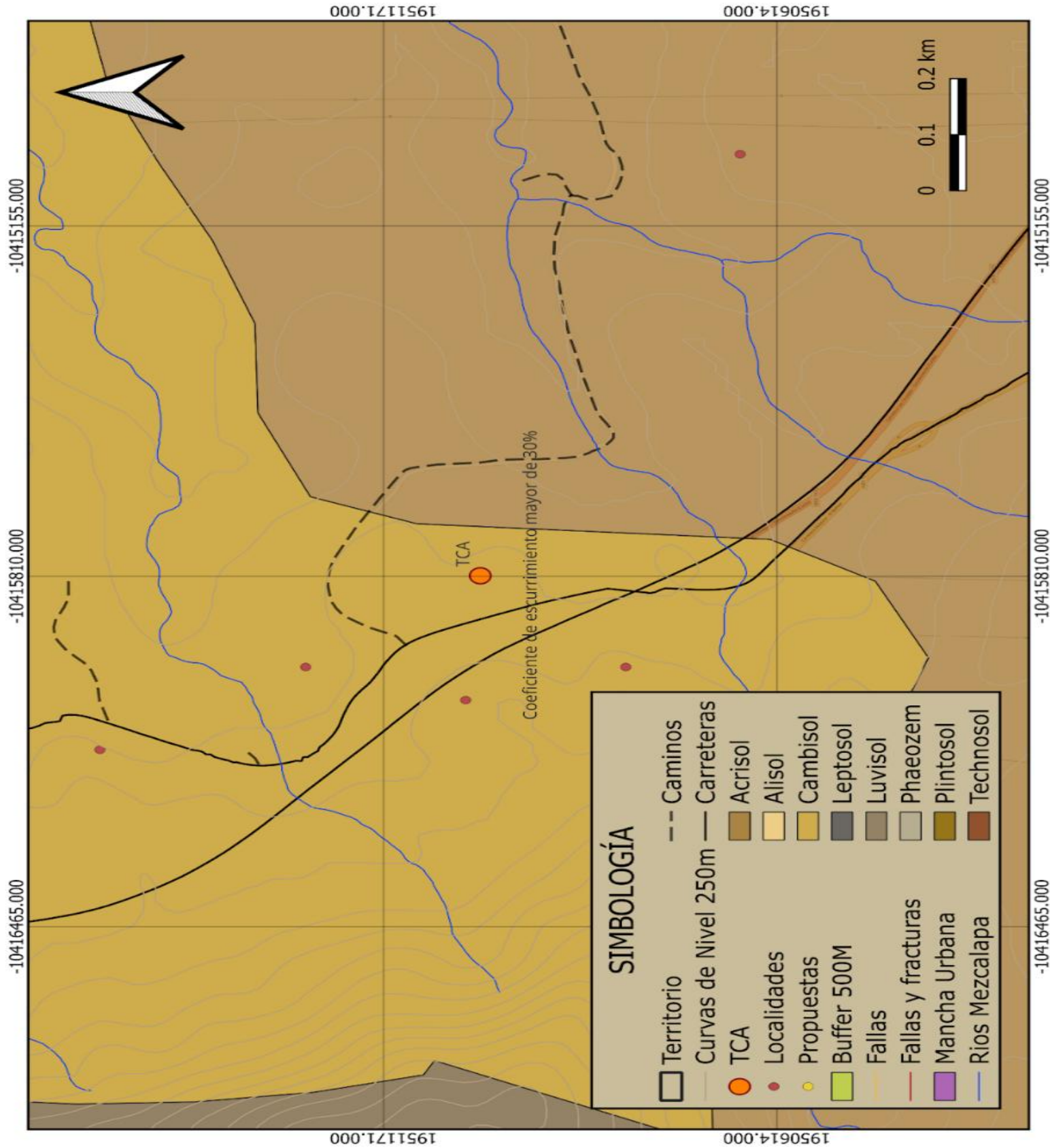


Figura 43 Mapa de Ubicación del Tiradero a Cielo Abierto, Coordenadas: -93°34'00.5" 17°15'33.6". Fuente: Propia

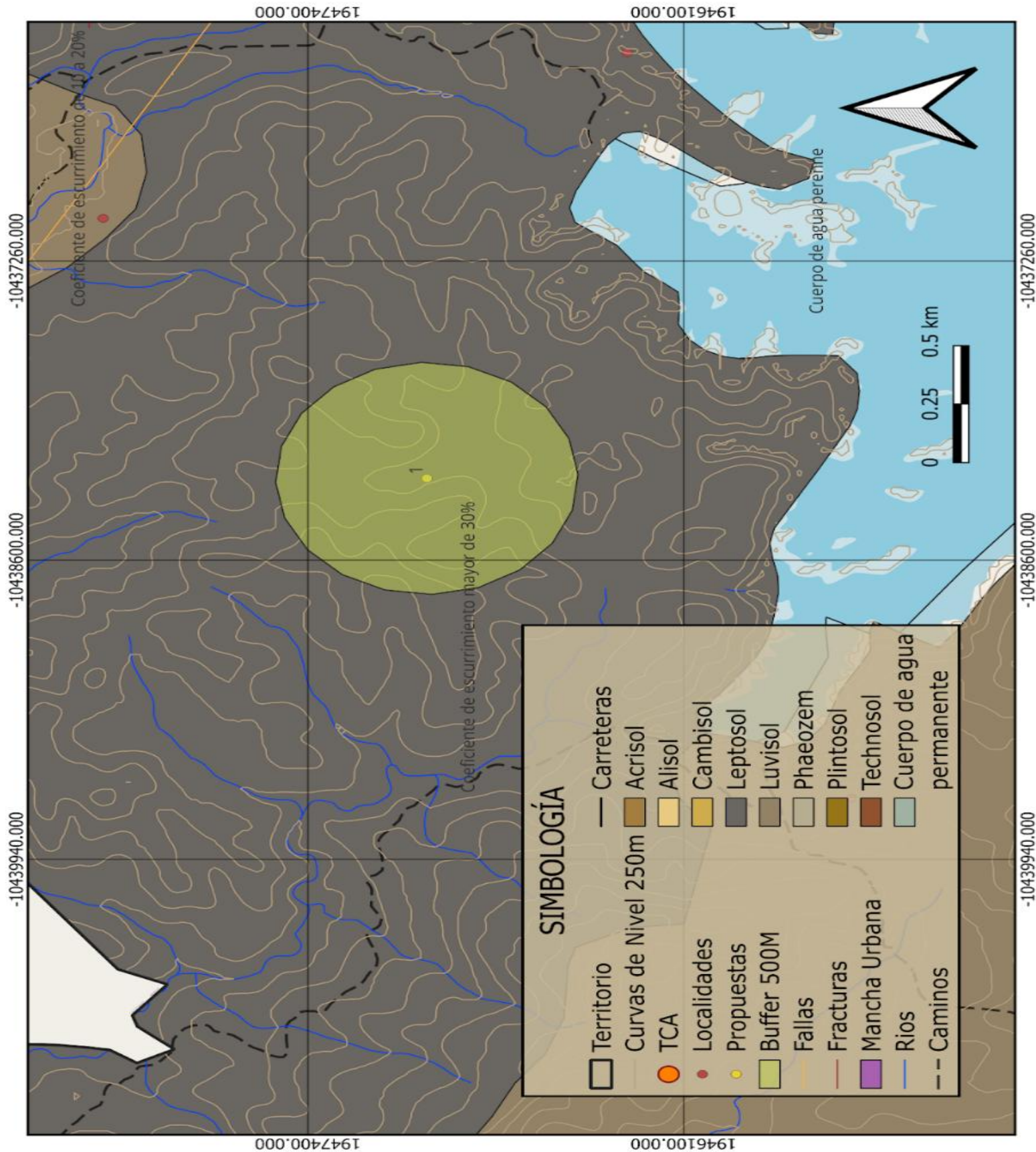


Figura 44 Mapa de propuesta 1. Fuente. Propia

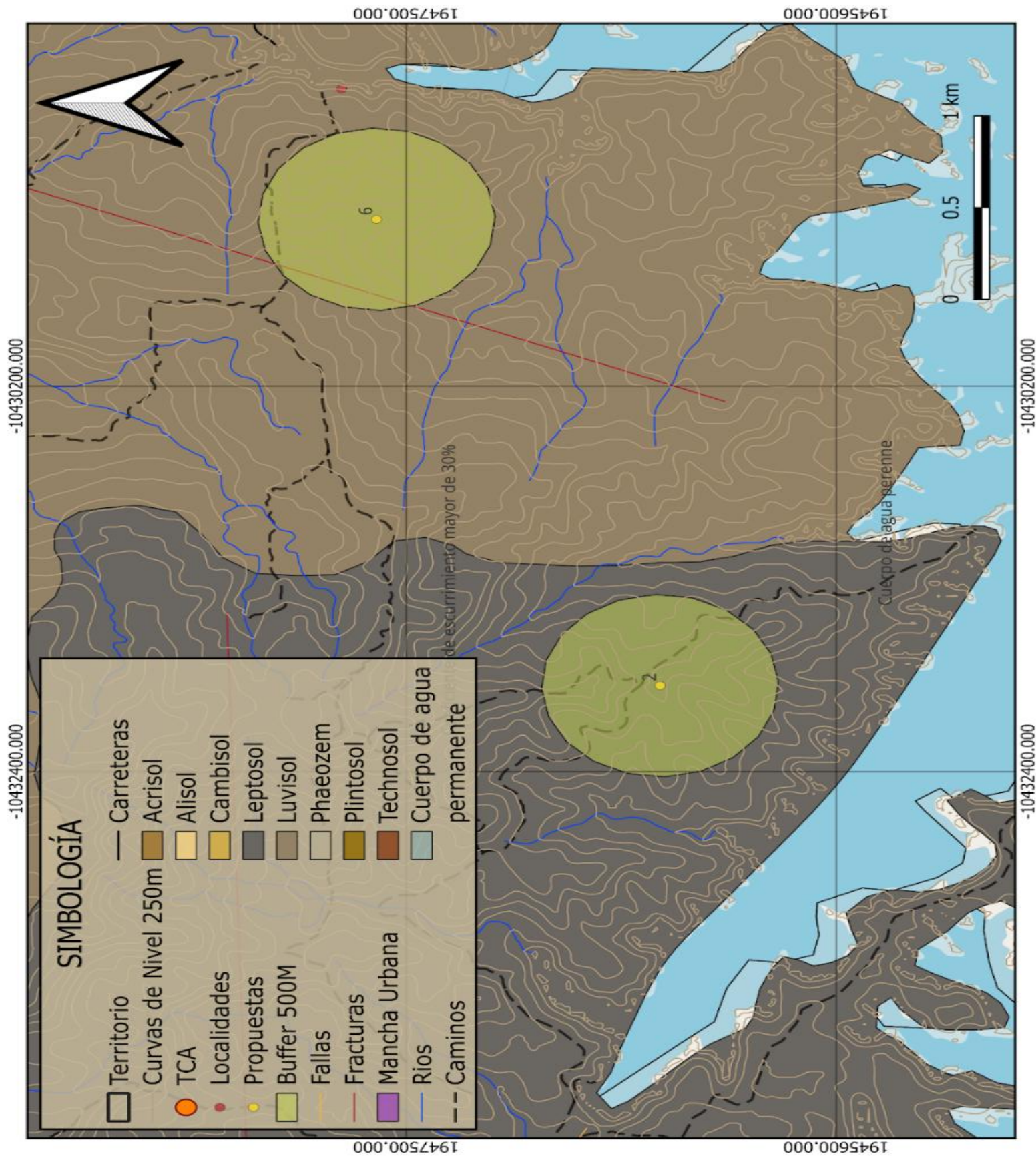


Figura 45 Mapa de Propuesta 2 y 6

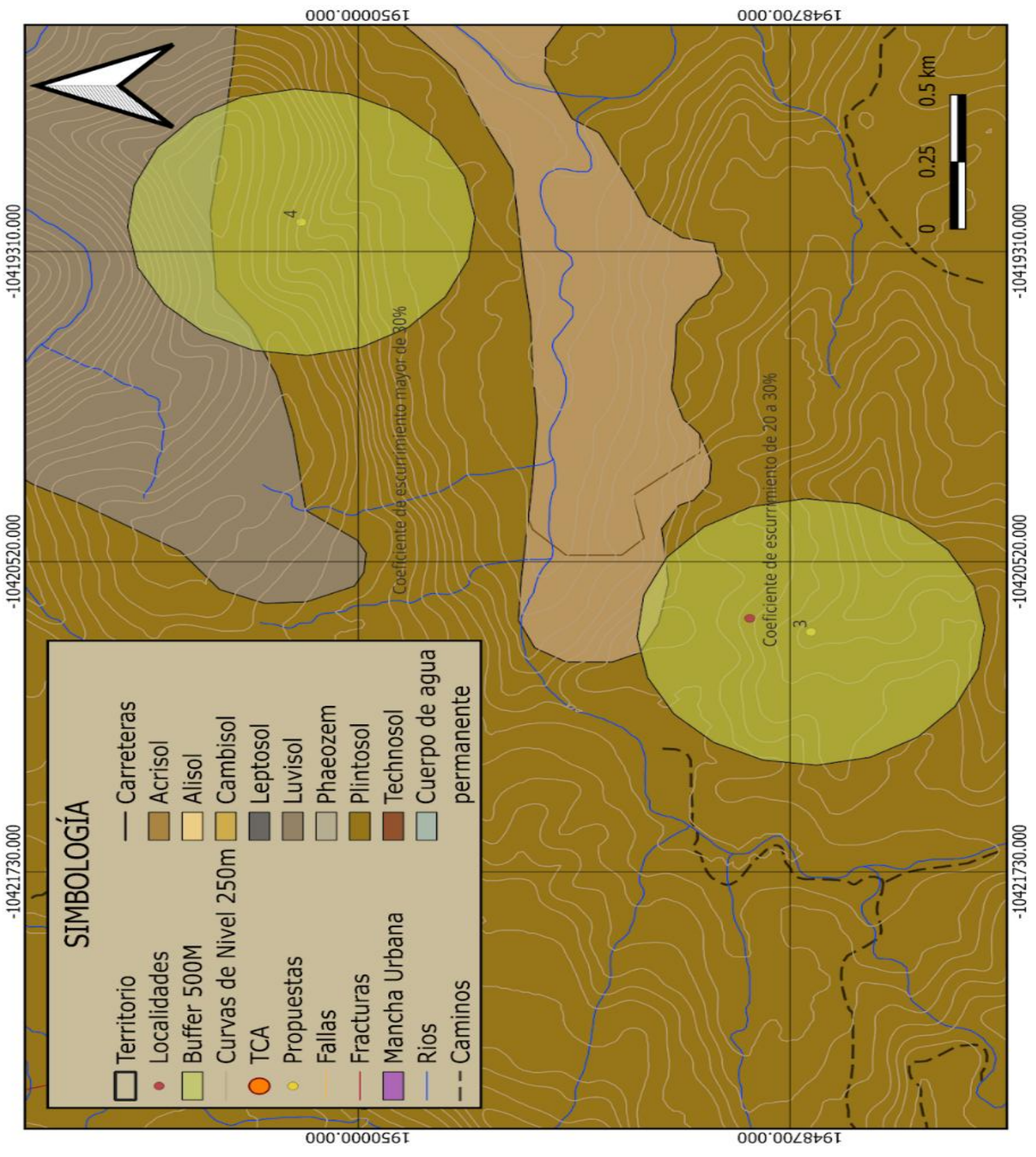


Figura 46 Mapa de Propuesta 5. Fuente: Propia

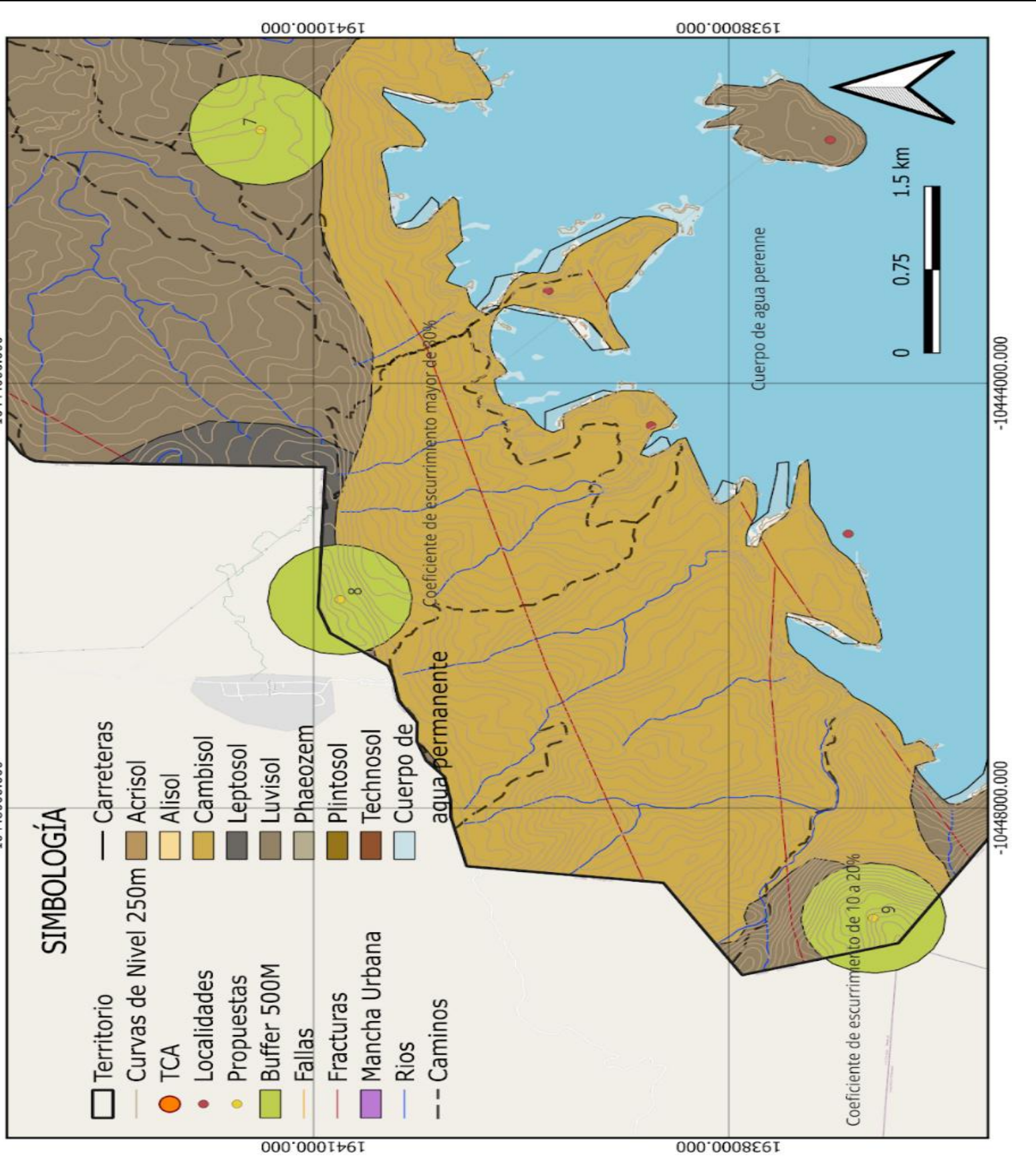


Figura 47 Mapa de Propuestas 7, 8 Y 9



Figura 48 Visita al tiradero a Cielo Abierto



Figura 49 Levantamiento de Georreferencia del TCA. Fuente: Propia



Figura 50. Ingreso de vehículo recolector al TCA. Fuente: Propia



Figura 51 Recorrido por el área y levantamiento de Georreferencias. Fuente: Propia