

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

INFORME TÉCNICO

PROPUESTAS DE SITIOS POTENCIALES PARA LA REUBICACIÓN
DE SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA
TRINITARIA, CHIAPAS.

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA:

GABRIEL CASTRO PÉREZ

DIRECTOR:

DR. RUBÉN ALEJANDRO VÁZQUEZ SÁNCHEZ

CODIRECTORES:

DR. JOSÉ MANUEL GÓMEZ RAMOS

MTRO. ULISES GONZÁLEZ VÁZQUEZ



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

30 DE AGOSTO DE 2024



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Fecha: 03 de Septiembre de 2024

C. Gabriel Castro Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Ingeniería Ambiental

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

"Propuestas de Sitios potenciales Para La Reubicación De Sitio De Disposición Final De Residuos Sólidos De La Trinitaria, Chiapas".

En la modalidad de: Informe Técnico

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

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. José Manuel Gómez Ramos

Mtro. Ulises González Vázquez

Dr. Rubén Alejandro Vázquez Sánchez

Firmas:

Cop. Expediente

Agradecimiento

Agradezco a mi familia, por ser parte de cada avance significativo en la formación de quién seremos, a mamá por estar siempre disponible, a mi abuela, por ser pilar en la familia, a mi hermano por siempre cuidarme las espaldas, aún a distancia, a mi esposa, por estar a mi lado en las buenas y las malas, a Alexander y Miranda por ser lo mejor para mí.

Agradezco y reconozco a los docentes de la facultad que me formó, al personal administrativo, por ser más que trabajadores, son nuestros amigos, por siempre forjarnos el carácter necesario para afrontar las adversidades de nuestra carrera y vida.

Agradezco a la UNICACH por ser mi alma mater y permitirme conocer a grandes amigos y colegas.

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del Problema.....	2
3.	Justificación.....	4
4.	Antecedentes.....	5
5.	Objetivos	6
5.1.	General.....	6
5.2.	Específicos.....	6
6.	Descripción del área de estudio	7
6.1.	Ubicación geográfica	7
6.2.	Clima.....	8
6.3.	Vegetación	8
6.4.	Geología y estructuras geológicas.....	8
6.5.	Edafología.....	8
7.	Marco teórico.....	10
7.1.	Residuos	10
7.2.	Generación y composición de los residuos en Chiapas.	10
7.3.	Impacto de los residuos sólidos urbanos	11
7.4.	Disposición Final de los RSU	12
7.5.	Relleno Sanitario	13
8.	Marco Normativo	16
8.1.	Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos.....	16
8.2.	Leyes aplicables.....	16
8.3.	Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	16
8.4.	Normatividad aplicable	17

9. Metodología 18

10. Resultados 22

11. Conclusión 43

12. Referencias 44

Índice de figuras

Imagen 1. Ubicación del área de estudio.....	7
Imagen 2. Vista frontal de la entrada al TCA.....	22
Imagen 3. Caverna empleada para disposición de los residuos.....	23
Imagen 4. Pepenadores y fauna nociva presente en el TCA.....	24
Imagen 5. Concentración de fauna nociva al arribo del camión de llega con residuos al TCA.	25
Imagen 6. Directiva del H. Ayuntamiento y ejidal.	26
Imagen 7. Sitio Propuesta 1.....	27
Imagen 8. Sitio Propuesta 2.....	28
Imagen 9. Sitio Propuesta 3.....	29
Imagen 10. Sitio Propuesta 4.....	30
Imagen 11. Sitio Propuesta 5.....	31
Imagen 12. Mapa Restricción 1.....	32
Imagen 13. Mapa Restricción 2.....	33
Imagen 14. Mapa Restricción 3.....	34
Imagen 15. Mapa Restricción 4.....	35
Imagen 16. Mapa Restricción 5.....	36
Imagen 17. Mapa Restricción 6.....	37
Imagen 18. Mapa Restricción 7.....	38
Imagen 19. Mapa Restricción 8.....	39
Imagen 20. Mapa Restricción 9.....	40
Imagen 21. Mapa Restricción 10.....	41

Índice de Tablas

Tabla 1. Categorías de los sitios de disposición final según la NOM-083-SEMARNAT-2003.....	14
Tabla 2. Calificación de la evaluación restrictiva.	21
Tabla 3. Evaluación de las propuestas, de acuerdo a las restricciones.	42

1. Introducción

Las actividades antropogénicas siempre han generado residuos. Sin embargo, en un mundo de consumo como el actual, el volumen generado es inmenso y el término “basura” para muchos es sinónimo de problema (Noguera y Olivero, 2010). El manejo de la basura representa un serio problema para México en sus estados y municipios, estos últimos son los encargados de recolectar, transportar y dar disposición final a los RSU (Pérez, 2017). Como afirma Palacios (2014), 65% de los residuos generados en Chiapas no es recolectado por el servicio de limpia municipal, sino que se quema, se entierra o se deposita en basureros clandestinos, cañadas, ríos, caminos, etc. En México, una de las prácticas más comunes para la disposición final de los residuos sólidos es el tiradero a cielo abierto o relleno sanitario, el cual se desarrolla al margen de la normatividad vigente (Saldaña y Nájera, 2019). Pérez (2017) dice que estos sitios por lo general son elegidos al azar (principalmente en las zonas rurales) generando incorporación de lixiviados al subsuelo y emisión de gases tóxicos, debido a quemas no controladas produciendo diversos impactos ambientales, que se traducen en efectos adversos a la salud y el ambiente.

En el presente informe se analizaron 5 puntos propuestos por el H. Ayuntamiento de La Trinitaria 2021-2024 para la reubicación del sitio de disposición final del municipio, el cual actualmente opera como tiradero a cielo abierto (TCA), que según la Ley De Residuos Sólidos Para El Estado De Chiapas Y Sus Municipios (2019), así se le conoce al sitio de disposición final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial que incumple con lo establecido en la normativa medio ambiental.

Para la selección de sitio se consideraron los criterios especificados en el numeral 6 de la NOM-083-SEMARNAT-2003(NOM), que establece los criterios para la elección de un sitio, los cuales son necesarios para evitar, reducir o mitigar los impactos ambientales que pueden generar la disposición de los residuos sólidos urbanos, así como los propuestos por Kontos, Komilis y Halvadakis (2005), en el cual se basan en el uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y el Análisis de Múltiples Criterios(AMC), para la visualización espacial de las áreas adecuadas e inadecuadas en la zona de estudio e identificar cuál de los puntos propuestos para la construcción del nuevo relleno sanitario (RS) es el más factible.

2. Planteamiento del Problema

Los Residuos Sólidos siempre han sido un problema para los humanos y el medio ambiente, “este problema, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población, la concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida” (Ojeda, Lozano, Quintero, Whitty y Smith, 2008). Palacios (2014) afirma que “actualmente, México cuenta con diversas políticas públicas, así como una amplia legislación federal, estatal y municipal, que reconoce la gravedad del problema de la basura.”, sin embargo, esto contrasta con el poco o nulo cumplimiento de estas.

Los principales elementos del problema de la basura en municipios urbanos de México son: el creciente monto de residuos sólidos urbanos (RSU) que se desechan y que demandan mayor infraestructura para recolección y disposición de los mismos; los requerimientos económicos (presupuestales) para el pago de personal y parque vehicular para la recolección; la disposición final de residuos en sitios, ya que no siempre se cuenta con infraestructura completa para el control de la contaminación; la falta de estrategias para la gestión sustentable de residuos; y la escasa participación social en los procesos de gestión, particularmente en lo que se refiere a minimizar la producción y separar los residuos (Bernache, 2015).

Saldaña y Nájera (2019) enfatizan en que la disposición final de residuos es un problema grave de múltiples magnitudes, ya que es el punto crítico para el control de la contaminación ambiental de suelos, aire, agua y de las cadenas alimentarias. En el pasado reciente, e incluso en la actualidad, un gran número de ciudades mexicanas han eliminado sus residuos municipales de forma inapropiada, utilizando vertederos no controlados para enterrar su basura, ocasionando una cadena de degradación ambiental.

La problemática rebasa la esfera local, puesto que las sustancias contaminantes contenidas en los residuos pueden moverse desde los sitios donde éstos han sido depositados, hasta grandes distancias que no sólo trascienden la esfera municipal o estatal, sino que pueden ir más allá de las fronteras de los países en donde se liberaron al Ambiente (Laines,2007).

Además, la contaminación provocada por los residuos conlleva riesgos de distintas índoles, pues no sólo es capaz de hacer perder su productividad a los suelos en los que éstos se depositan y de alterar de manera casi irreversible la calidad del agua, sino que también puede provocar daños a la salud humana, poner en riesgo a los ecosistemas y afectar el valor de las propiedades vecinas a los sitios contaminados (Schmidt, 2010).

La Trinitaria, es un municipio perteneciente al estado de Chiapas, este tiene como SDF un TCA el cual se encuentra ubicado en una caverna a un costado de un camino federal, este presenta incendios ocasionales la gran parte del tiempo, una característica que presentan todos los TCA.

La SEMAHAN (2019) indica que en muchos municipios del estado los sitios que se utilizan para la disposición final de sus residuos generalmente son los TCA, con poco a ningún control, con problemas de contaminación al suelo, agua y aire, adicionalmente generan otros problemas como es el incremento de fauna nociva o vectores como son moscas, ratas, perros, mosquitos, cucarachas, etc. También asegura que los incendios en tiraderos a cielo abierto son los más complicados de sofocar. Los residuos solo pueden quemarse si están expuestos, ya que el fuego requiere oxígeno, por otra parte, los residuos generan gran cantidad de gas generado al interior de la masa de residuos por lo que este alimentará el fuego, propiciando que el incendio se propague de forma general.

3. Justificación

El crecimiento demográfico, la modificación de las actividades productivas y el incremento en la demanda de los servicios, han rebasado la capacidad del ambiente para asimilar la cantidad de residuos que genera la sociedad (SEMARNAT, 2004). En México el marco jurídico que rige el manejo de los residuos sólidos está contemplado en la Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), aprobada en el 2003, la cual establece los procedimientos a seguir para el manejo y la disposición final de los residuos; así mismo, contempla un reglamento para el establecimiento de rellenos sanitarios. No obstante, son pocos los casos en que se sigue a cabalidad con las disposiciones; lo que provoca diversos tipos de contaminación por manejo y confinamiento inadecuado de los residuos sólidos (Martínez, 2011).

Según el Sistema Estatal de Información Ambiental de Chiapas, del total de TCA que operan en el estado, el de La Trinitaria brinda servicio para el municipio que ocupa 4° lugar por tamaño de territorio y el 7° por tamaño de población. Actualmente este abastece a 11 comunidades que generan un promedio de 960 Toneladas mensuales recolectadas por el servicio público, en la que cabe destacar que da abasto a la comunidad de Tziscoa la cual se encuentra dentro del Parque Nacional Lagunas de Montebello, a 45 km de la cabecera municipal, en donde se ubica el actual SDF.

El presente estudio se realizó para la selección de sitio para la reubicación del SDF ya que el actuales un TCA, el cual se ubica a un costado de la Carretera Federal 190 a 1km de los límites de la mancha urbana de la cabecera municipal, este además está sobre una caverna, lo cual está restringido en la NOM-083-SEMARNAT-2003, el sitio sufre de incendios constantemente lo que genera emisiones a la atmosfera y es un impacto en calidad paisajística, además, al estar ubicado sobre un suelo tipo Litosol, el cual permite la infiltración directa de lixiviados al subsuelo lo que podría llegar a contaminar el manto acuífero. El TCA lleva en operación desde mediados de la década pasada, en un inicio fue la salida fácil para el desecho de los residuos municipales, pero hoy día está al borde de estar completamente lleno por la disposición de los residuos al largo de tantos años. Se considera urgente la propuesta de reubicación de este, adecuado a la legislación y normatividad vigente aplicable, por ello se realizó un análisis a 5 sitios propuestos por el H. Ayuntamiento Municipal utilizando los criterios de la NOM-083-SEMARNAT-2003 y tres más no normados, empleando herramientas de SIG para evaluar la factibilidad de utilizarlo como SDF.

4. Antecedentes

El tratamiento que se le a dado a los Residuos Sólidos Urbanos(RSU), puede resumirse en tres métodos: Vertido, incineración y compostaje(Ghaed,2016). Aunque se han utilizado muchos métodos para reducir y reutilizar los desechos sólidos municipales, la disposición en rellenos sanitarios es un elemento inevitable de todos los sistemas de manejo de desechos sólidos (Tchobanoglous et al., 1993)

Las autoridades enfrentaban por lo menos tres obstáculos (Semmartin,2010): la indiferencia de los ciudadanos, las dificultades para encontrar técnicas apropiadas de manejo de los residuos y la necesidad de invertir una porción significativa del dinero de los impuestos para resolver la cuestión. El manejo de residuos no solo tiene una dimensión tecnológica; también implica, ineludiblemente, un intenso y paciente trabajo de educación y la instalación de ciertos valores en las conductas de los ciudadanos.

Se han realizado estudios empleando distintas metodologías y recursos para la selección de sitios apropiados para rellenos sanitarios que combinan diversas herramientas y criterios buscando la mejor alternativa en aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales. El Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta ideal para este tipo de estudios preliminares debido a su capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos espaciales de una variedad de fuentes (Kontos et al., 2003).

Gorsevski et al. (2012) ha utilizado un enfoque de análisis de decisión de criterios múltiples basado en SIG para evaluar la idoneidad para la selección del sitio de relleno sanitario en la región de Polog, Macedonia. Rahmat(2016) utilizo Arc GIS y un proceso analítico jerárquico o AHP para la selección del sitio de relleno sanitario en Behbahan, Irán. Saldaña y Najera (2019) emplearon información cartográfica la cual aplicaron técnicas de sobreposición de capas en la herramienta de SIG y calificaron en una matriz de decisión basada en elementos restrictivos.

5. Objetivos

5.1. General

Evaluar 5 sitios propuestos por el H. Ayuntamiento Municipal La Trinitaria, para determinar la factibilidad de cada uno de los sitios para la reubicación del SDF del municipio con los criterios normados en la NOM-083-SEMARNAT-2003 y tres criterios no normados, implementando herramientas SIG para el análisis multicriterio de los sitios.

5.2. Específicos

- Determinar la ubicación del TCA que actualmente opera mediante GPS.
- Realizar recorrido de campo para la Georreferenciación y levantamiento fotográfico de los lugares propuestos por el H. Ayuntamiento.
- Desarrollar mapas multicriterio utilizando el software ArcGIS 10.8 para identificar y evaluar el potencial de cada sitio para ser el nuevo SDF.
- Desarrollar un mapeo completo del municipio para conocer las áreas del municipio que podrían ser prospectos para su utilización como Relleno Sanitario.

6. Descripción del área de estudio

6.1. Ubicación geográfica

El municipio fronterizo de la Trinitaria se ubica al sureste de Chiapas, en la región sur-sureste de la República Mexicana, y forma parte de la región socioeconómica chiapaneca Meseta Comiteca Tojolabal, se considera un municipio rural, debido a que más del 50 % de su población vive en localidades de menos de 2500 habitantes y a que sólo 26 de cada 100 personas que habitan en el municipio viven en localidades urbanas, este se asienta en los límites del Altiplano Central y de la Depresión Central, siendo montañosa aproximadamente la mitad de su terreno, se ubica entre los paralelos $15^{\circ}45'$ y $16^{\circ}13'$ de latitud norte; los meridianos $91^{\circ}22'$ y $92^{\circ}13'$ de longitud oeste (INEGI, 2010) (Imagen 1).

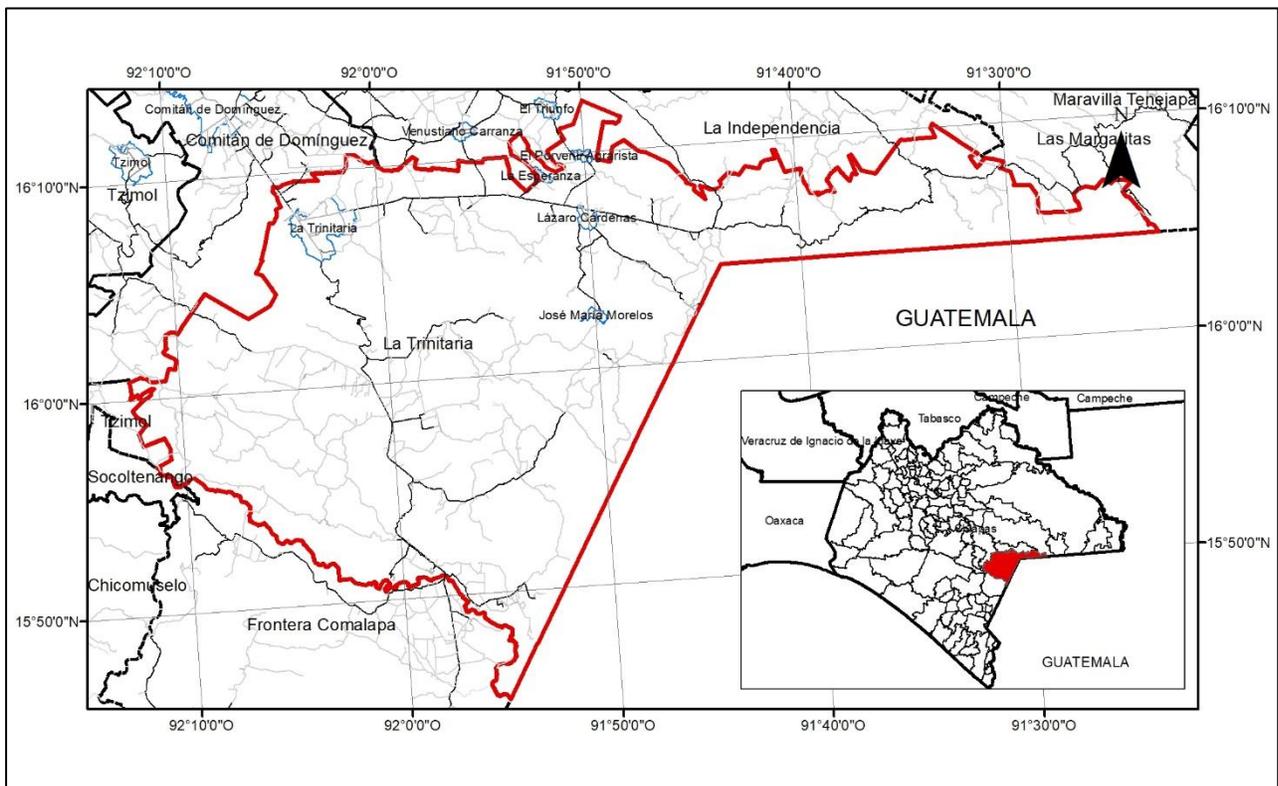


Imagen 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Su superficie es de 1612.5 km² (representa 2.2 % de la superficie de la entidad y 22.1 % de la superficie de la región), de los cuales 26.7 km² conforman la superficie urbana y el 14.39% de la superficie de la región Fronteriza, su altitud oscila entre 400 y 1900 msnm. Colinda al norte con los municipios de La Independencia y Comitán de Domínguez, al este con Las Margaritas, al sur con Frontera Comalapa y al oeste con Tzimol y Socoltenango en el mismo estado, y al sur y al este con el departamento de Huehuetenango en la República de Guatemala (ONU-Habitat, SEDATU & INFONAVIT, 2018).

6.2. Clima

Los climas existentes en el municipio son Cálido subhúmedo con lluvias en verano, menos húmedo (47.41%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (21.90%), semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (14.13%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (13.77%), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (1.69%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.10%) (INEGI, 2010).

El Plan de Desarrollo Municipal 2011-2012 (2011) indica que, en los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va de los 12°C a los 21°C, mientras que la máxima promedio oscila entre 21°C y 34.5°C. En el periodo de noviembre - abril, la temperatura mínima promedio va de 9°C a 18°C, y la máxima promedio fluctúa entre 18°C y 33°C. Mientras tanto En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 700 mm y los 3000 mm, y en el periodo de noviembre - abril, la precipitación media va de los 400 mm a 1200 mm. El periodo de heladas frecuentes abarca de noviembre a febrero y cubre el 5.12% de la superficie municipal.

6.3. Vegetación

La cobertura vegetal y el aprovechamiento del suelo en el municipio se distribuye de la siguiente manera. Agricultura de temporal (27.48%), Selva baja caducifolia (secundaria) (15.73%), Pastizal inducido (10.91%), Pastizal cultivado (9.71%), Bosque de encino (secundaria) (8.15%), Agricultura de riego (6.07%), Selva alta perennifolia (secundaria) (5%), Bosque de pino-encino (secundaria) (4.39%), Bosque mesófilo de montaña (secundaria) (2.52%), Otros (1.62%), Bosque de pino (secundaria) (1.54%), Selva alta perennifolia (1.39%), Bosque mesófilo de montaña (1.38%), Bosque de encino-pino (secundaria) (1.11%), Tular (0.78%), Bosque de encino (0.650/0), Selva baja caducifolia (0.61%), Bosque de encino-pino (0.35%), Selva de galería (0.33%), y Vegetación de galería (0.28%) (Instituto de Población y Ciudades Rurales, 2016).

6.4. Geología y estructuras geológicas

El INEGI (2023) identificó en La Trinitaria 6 tipos de roca distinta que conforman la corteza terrestre en el municipio, los cuales son de tipo Sedimentaria: Caliza (61.26%), caliza-lutita (17.11%), limolita-arenisca (5.33%), lutita-arenisca (0.91%) y conglomerado (0.99%); y de Suelo: Aluvial (14.01%) y residual (0.39%)

6.5. Edafología

Los tipos de suelos presentes en el municipio son: rendzina con el 55.42%; litosol con el 16.31%; vertisol con el 15.32%; feozem con el 5.84%; luvisol con el 4.96%; regosol con el 0.87%; gleysol con el 0.52%;

fluvisol con el 0.25% y cuerpos de agua con el 0.1% de la superficie municipal (Plan de desarrollo municipal 2011-2012, 2011).

Hidrografía

Según el INEGI (2010) el municipio se ubica dentro de las subcuencas P. la Angostura, R. Selegua y R. Aguacatenco que forman parte de la cuenca R. Grijalva - Villahermosa, y las subcuencas R. Comitán, R. Lacantún, R. Santo Domingo, forma parte de la cuenca R. Lacantún.

Las principales corrientes del municipio son: los ríos perennes San Gregorio, San Juan, Veracruz, Grande, y San Lucas, además del río intermitente El Sabinal, entre otros. En el municipio también se encuentran lagunas perennes como: Montebello, Tzisco, Yucton, La Cañada, Azul, San Jose, Lagos de Colón, Lago Las Cartas, Laguna Agua Tinta, Laguna Azul, Laguna Encantada, Laguna Ensueño, Laguna La Cañada, Laguna Pojol y San Lorenzo, además de una pequeña parte de la presa La Angostura "Belisario Domínguez" (Plan de desarrollo municipal 2011-2012, 2011)

Debido a que el municipio conforma parte de las regiones fisiográficas Depresión Central, Altos de Chiapas y Montañas de Oriente. La altura del relieve varía entre los 400 mts. y los 1 ,900 mts. sobre el nivel del mar. Las formas del relieve presentes en el municipio son: mesetas (38.680/0), Lomerío (29.21 %), Sierra alta de laderas tendidas (23.22%), Sierra al a plegada con cañadas (8.05%) y No aplica (0.83%), la geomorfología del municipio hace que se generan cientos de corrientes intermitentes en temporada de lluvias (Instituto de Población y Ciudades Rurales, 2016).

7. Marco teórico

7.1. Residuos

La Ley General para la Protección y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR; DOF, 2003) define a los residuos como un 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, estos se clasifican en tres grupos por sus características y origen: residuos sólido urbano (RSU), residuo de manejo especial (RME) y residuo peligroso (RP).

Los RSU conocidos como “basura”, son aquellos desechos generados en hogares, comercios o en la vía pública, tales como envases, empaques, restos de comida, o lo que resulta de la limpieza de las calles y lugares públicos estos son responsabilidad de los municipios y se pueden clasificar como domiciliarios, comerciales, de vías públicas, institucionales, de mercados, de hospitales e industriales (SEMAHN, 2019)

7.2. Generación y composición de los residuos en Chiapas.

En materia de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, en el Estado se producen por día 5,188 toneladas de residuos sólidos (SEMAHN, 2019); lo que significa que cada persona genera al menos 865 gramos de basura al día aproximadamente, en zonas rurales 500 gramos y en áreas urbanas pueden llegar a alcanzar hasta 1.1 kilogramos por habitante, todo depende de los patrones de consumo. La mayoría de los residuos son recolectados deficientemente debido a que los camiones no son los adecuados y la infraestructura para su apropiado tratamiento es insuficiente, lo que puede generar contaminación en agua, suelo y aire.

Por lo que se refiere a la composición de los residuos sólidos urbanos que se genera en Chiapas, el 51 % son residuos orgánicos representados por grupos alimenticios y de jardinería, el 11 % son plásticos y PET, el 8% es papel y cartón, el 4 % es vidrio, el 3 % es metal (ferroso y no ferroso) y el restante 23% lo constituyen otros materiales como son pañales, textil, unicel, fibras, etc., en este sentido, la problemática radica en que el número de municipios que realizan separación y reciclado es mínimo, por tanto, se recuperan menos del 10% de los materiales reciclables, la mayor recuperación se realiza a través de la segregación informal, lo que genera un mayor volumen de residuos sin tratamiento en los sitios de disposición final (SEMAHN, 2019).

7.3. Impacto de los residuos sólidos urbanos

Actualmente la práctica de disposición final de residuos sólidos dominante en los países en vías de desarrollo es el basurero a cielo abierto. El abandono de los residuos en el suelo sin ningún control, o su descarga a las corrientes de aguas, son practicas irresponsables para con las generaciones presentes y futuras, pues es un atentado a la salud y seguridad públicas, al medio ambiente y a los recursos naturales (Jaramillo, 1999).

Impacto Ambiental

Según la SEMAHAN (2019), la disposición final inadecuada de los residuos sólidos produce efectos negativos al hombre y a la calidad de vida del mismo, generando los problemas como los que a continuación se señalan:

- Alteración del paisaje, que ocasiona efectos negativos sociales y económicos.
- Contaminación de los suelos, debido al arrastre e infiltración de los residuos o los componentes de los mismos que combinados pueden tener características tóxicas.
- Contaminación del aire por olores o quemas continuas, los residuos en descomposición generan calor y gases de combustión, que son fácilmente inflamables y pueden originar incendios, los cuales son difíciles de controlar. El metano es uno de los principales gases generados, que al ser liberado contribuye al calentamiento global. El deterioro de la calidad del aire a causa de las quemas y el humo, la reducción de la visibilidad, el viento que levanta las partículas en los periodos secos, que puede transportar a otros lugares microorganismos nocivos que producen infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, son tan solo algunos impactos que se pueden generar.
- Proliferación de vectores o de fauna nociva que pueden ser portadores de numerosas enfermedades; En la actualidad los mosquitos también transmiten enfermedades como el Dengue, Sika y Chikungunya, que, aunque no estén relacionados a los sitios de disposición final, es en estos donde encuentran condiciones para reproducirse.
- Contaminación de agua superficial o subterránea, por arrastre de residuos o aportación de lixiviados a cuerpos de agua que pueden más adelante servir de consumos a la población o actividades agropecuarias; los líquidos generados por el proceso de descomposición de los residuos sólidos, llamados lixiviados, pueden aumentar considerablemente con la precipitación pluvial, por lo que es el aspecto más delicado a cuidar en los sitios de disposición final. La

contaminación de cualquier fuente de agua implica consecuencias para la salud pública cuando no se tratan debidamente y grandes gastos para su tratamiento.

Jaramillo (2002) enfatiza en que la descarga de residuos sólidos a las corrientes de agua incrementa la carga orgánica que disminuye el oxígeno disuelto, aumenta los nutrientes que propician el desarrollo de algas y dan lugar a la eutroficación, causa la muerte de peces, genera malos olores y deteriora la belleza natural de este recurso. Por tal motivo, en muchas regiones las corrientes de agua han dejado de ser fuente de abastecimiento para el consumo humano o de recreación de sus habitantes.

Impacto social

El inadecuado manejo de los residuos ha sido la principal causa de los grandes problemas de contaminación y de salud pública, la gran mayoría concluyen que se debe a la falta en el cumplimiento de los protocolos, ya que las entidades públicas y privadas, no cuenta con un procedimiento adecuado para gestión integral de estos (Tovar, Losada & García, 2015).

Herrera (2010) enfatiza que por falta de control de los residuos sólidos se expone a la población a contraer diversas enfermedades, tanto por contacto directo como de manera indirecta, a través de la descomposición orgánica de animales, contaminación del aire, del agua, de alimentos, etcétera.

Con la falta de control se expone a la población a contraer diversas enfermedades, tanto por contacto directo como de manera indirecta, a través de la descomposición orgánica de animales, contaminación del aire, del agua, de alimentos, etcétera. Estos casos se presentan, sobre todo, en sitios que no tienen ningún tipo de control y en las que los residuos sólidos son depositados al aire libre, provocando enfermedades y focos de infección donde proliferan plagas nocivas para el ser humano y la comunidad en su conjunto (Mora, 2007).

7.4. Disposición Final de los RSU

La LGPGIR (2003) define disposición final como 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”. Hasta la década de 1960, la disposición final de residuos no tenía control alguno, su eliminación se llevaba a cabo en tiraderos a cielo abierto, mediante la incineración o evaporación de compuestos volátiles, o los desechos eran vertidos al agua, tanto sobre cuerpos superficiales como a las aguas subterráneas o al océano (ONU-Hábitad, 2010). Actualmente el estado cuenta con 29 RS y 54 TCA activos, esto según el Sistema estatal

de información ambiental de Chiapas. El 77% de los municipios cuentan con un sitio para la disposición final de sus RSU, de estos lugares 13% son rellenos sanitarios y el 87% restante corresponde a tiraderos a cielo abierto, en el mejoramiento de las prácticas de disposición de los residuos, los avances más significativos se localizaron en las zonas metropolitanas, ya que el 53% de sus residuos fueron depositados en sitios controlados, así como el 42% de los RSU de las ciudades medias. Los RSU que mayoritariamente se disponen en sitios no controlados son los generados en las localidades rurales o semiurbanas (Jiménez, 2015).

7.5. Relleno Sanitario

La disposición científicamente aceptada para los desechos sólidos son los rellenos sanitarios, instalaciones que utilizan principios de ingeniería para la disposición en el suelo, confinamiento y cobertura de los residuos sólidos minimizando los riesgos a la salud y al medio ambiente, teniendo cuidado con los líquidos y gases generados como producto de la descomposición de la materia orgánica (Jaramillo, 1999).

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 impermeabilizado 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 construidos puede generar contaminación ambiental e impactar a la estética, salud pública y ocupacional (Ullca, 2005).

En un relleno sanitario se disponen los residuos sólidos urbanos (RSU) que son los que se generan en las casas, de las actividades de aseo doméstico, de los productos que consumen y de sus envases 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. Uno de los principales objetivos de los rellenos sanitarios es evitar la problemática que surge de tener tiraderos a cielo abierto, al que normalmente conocemos como basurero (Encina, 2020).

7.5.1. Tipos de Relleno Sanitario

Varios autores clasifican los rellenos sanitarios de acuerdo a distintos criterios, por ejemplo, la NOM-083-SEMARNAT-2003 establece en su sección 5.2: Los sitios de disposición final se categorizan de acuerdo a la cantidad de toneladas de Residuos sólidos domiciliarios y de manejo especial que ingresan por día como se puede observar en la Tabla 1.

Tipo	Tonelaje recibido T/D	Equivalente rango en número de habitantes
A	Mayor a 100	Mayor de 100,000
B	50 hasta 100	De 50,000 hasta 120,000
C	10 y menor de 50	De 12,000 hasta 65,000
D	Menor de 10	Menor de 15,000

Tabla 1. Categorías de los sitios de disposición final según la NOM-083-SEMARNAT-2003. *Fuente: NOM-083-SEMARNAT-2003*

Flores (2013) nos dice que en México se conocen dos tipos de rellenos sanitarios, el tradicional y el manual:

7.5.2. Relleno Sanitario Tradicional

Consiste en preparar el suelo utilizando impermeabilizantes geosintéticos como el polietileno de alta densidad y la bentonita. También se utilizan barreras naturales como los suelos arcillosos o el tepetate previamente compactado. El polietileno de alta densidad y la bentonita tiene alta resistencia a los agentes químicos y biológicos, son los materiales con menor coeficiente de permeabilidad y son pocos sensible a la foto-oxidación (Manzano, 1991).

7.5.3. Relleno Sanitario Manual

El método del relleno sanitario manual es apropiado para localidades menores a 40,000 habitantes o en las zonas donde se generan menos de 20 toneladas diarias. El termino manual se refiere a que la operación, la compactación y el confinamiento de los residuos sólidos urbanos se realiza con el apoyo de hombres y el empleo de herramientas (Jaramillo, 2002).

La construcción comienza con limpiar el terreno de cualquier cobertura, construcción de vías para el acceso, la siembra de arbustos o árboles en los alrededores del terreno, construcción del drenaje periférico, construcción del sistema de drenaje para lixiviados, del sistema de ventilación vertical, excavación de zanjas e impermeabilización con arcilla compactada o tepetate (Van, et al. 2002).

Jaramillo (2002), nos dice que el método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la TOPOGRAFIA del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras distintas para construir un relleno sanitario:

7.5.4. Relleno Sanitario Método De Zanja O Trinchera

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra. Este método es usado normalmente donde el nivel de aguas freáticas es profundo, las pendientes del terreno son suaves y las trincheras pueden ser excavadas utilizando equipos normales de movimiento de tierras. Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas.

7.5.5. Relleno Sanitario Método De Área

Este método se puede usar en cualquier tipo de terreno disponible como canteras abandonadas, inicio de cañadas, terrenos planos, depresiones y ciénegas contaminadas; un punto importante en este método para que el relleno sea económico, es que el material de cubierta debe transportarse de lugares cercanos a éste. El método es similar al de trinchera y consiste en depositar los residuos sobre el talud inclinado, se compactan en capas inclinadas para formar la celda que después se cubre con tierra. En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

8. Marco Normativo

8.1. Constitución política de los Estados Unidos Mexicanos

El Artículo 4° de la constitución, en su párrafo 5°: Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley...

Artículo 115° de la constitución en su apartado III: Los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos siguientes: ...

C. Limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos;

8.2. Leyes aplicables

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

La LGPGIR es una herramienta de apoyo para la LGEEPA, que tiene por objetivo “garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sostenible; se enfoca en establecer las medidas de prevención de la generación, valorización y la gestión integral de los residuos; prevenir la contaminación de sitios por residuos y llevar a cabo su remediación”.

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.

El Título sexto de la prevención y manejo integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial dispone las acciones que deben de llevar a cabo las entidades federativas y los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, con el propósito de promover la reducción de la generación, valorización y gestión integral de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, a fin de proteger la salud y prevenir y controlar la contaminación ambiental producida por su manejo.

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

Tiene como función reglamentar la LGPGIR. Alegría (2018) sintetiza que este reglamento se centra en dos ámbitos, el primero son los planes de manejo de los cuales pueden ser objetos los distintos tipos de residuos y en segundo todas las disposiciones asociadas con los residuos peligrosos, lo cual incluye su

generación, recolección, traslado y disposición final; también incluye las directrices para la importación y exportación de estos.

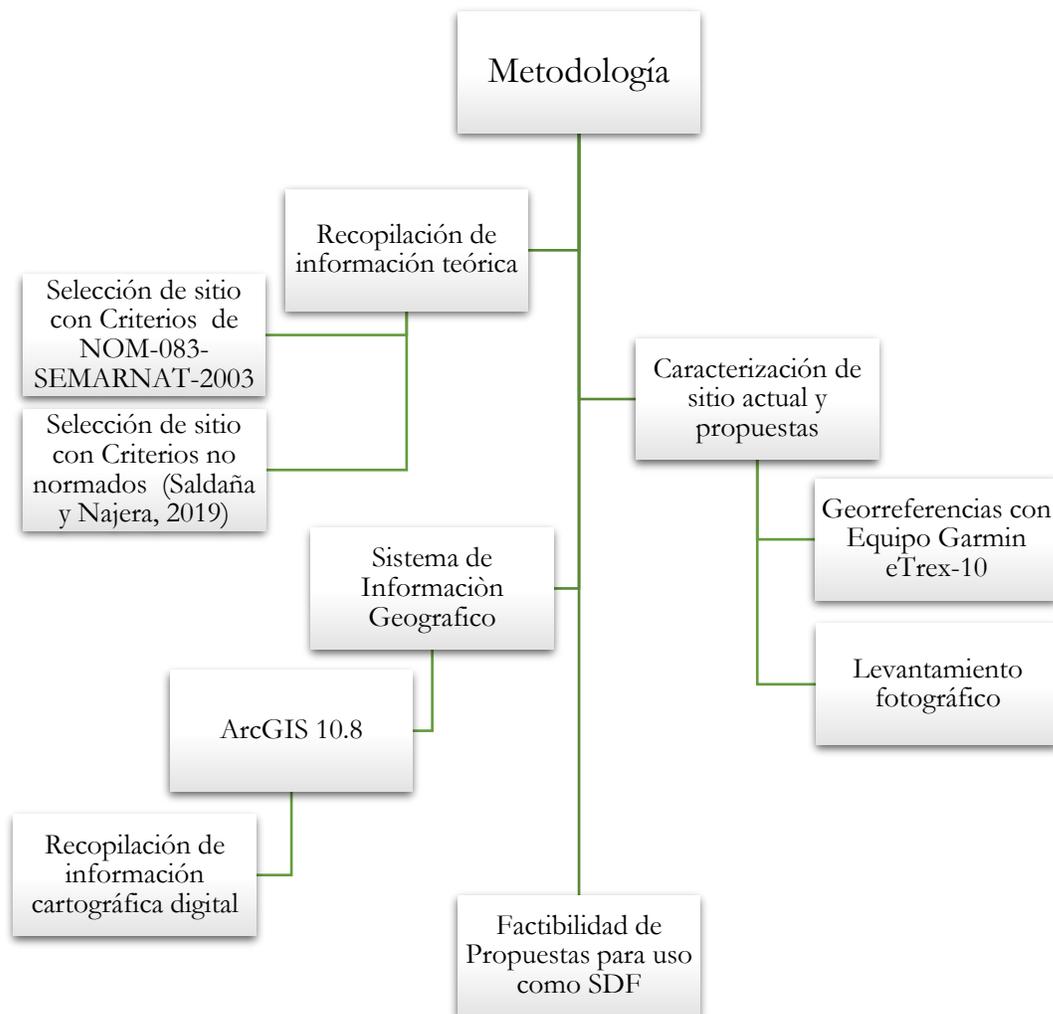
De igual manera incluye los apartados de residuos provenientes de la industria metalúrgica, la remediación de sitios contaminados y las medidas de control y seguridad en conjunto a las infracciones y sanciones aplicables en el tema (SEMARNAT, 2006).

8.4. Normatividad aplicable

La NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos domiciliarios y de manejo especial. Actualmente existe una propuesta de modificación de la NOM, la cual aún no entra en vigor. Esta NOM es de observancia obligatoria a nivel nacional.

9. Metodología

Para concretar el trabajo y cumplir con el objetivo, se llevaron a cabo una serie de actividades, las cuales comenzaron con la visita y recorrido al actual sitio de disposición para el levantamiento de campo, el cual posteriormente se empleó para el análisis con la herramienta SIG siguiendo la metodología empleada por Saldaña y Nájera (2019), considerando 10 criterios restrictivos. El proceso puede definirse en el siguiente esquema.



Se utilizó el programas ArqGIS 10.8 el cual en el manejo de mapas, se empleó información cartográfica digital del área en estudio, proyectada en sistema de coordenadas WGS 1984 Zona 15 Norte, empleando una metodología de ayuda para la decisión por criterio múltiple (Multiple Criteria Decision Aid - MCDA), la cual ayuda a la realización del análisis y su principal ventaja en los procedimientos basados en SIG es que se pueden insertar preferencias en relación a los criterios de evaluación y alternativas y conocer sus implicancias (Malczewski, 2006). Se emplearon capas de información acerca de: Aeropuertos, Áreas Naturales Protegidas, Localidades, Fallas Geológicas, Fracturas Geológicas, hidrología superficial y cuerpos de agua, Pozos de agua, vegetación y uso de suelo, vías de comunicación, , geología y ordenamiento territorial, obtenida principalmente del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica (CEIEG) que representan diez elementos de restricción: siete normativas presentes en la NOM-083-SEMARNAT-2003 y tres no normativas. Para la correcta ejecución de la metodología, se dividió en dos etapas:

1.- Delimitación del área de estudio (Campo):

Se tomó como área de estudio la zona de influencia de los 5 sitios propuestos por el H. Ayuntamiento, los cuales se visitó en campo acompañado de una directiva ejidal y otra por parte del H. Ayuntamiento, las propuestas se georreferenciaron por medio de un dispositivo Garming e-Trex10 para su posterior análisis en el software SIG, empleando coordenadas UTM y proyección WGS84.

2.- Evaluación de propuestas por restricciones para la selección de sitio.

Se tomó en cuenta las restricciones específicas en el apartado 6 de la NOM-083-SEMARNAT-2003:

1. 6.1.1 Cuando un sitio de disposición final se pretenda ubicar a una distancia menor de 13 kilómetros del centro de la(s) pista(s) de un aeródromo de servicio al público o aeropuerto, la distancia elegida se determinará mediante un estudio de riesgo aviario.
2. 6.1.2 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.
3. 6.1.3 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.

4. 6.1.4 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.
5. 6.1.5 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.
6. 6.1.6 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.
7. 6.1.7 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.

También se consideraron rasgos restrictivos no contemplados en la normativa vigente que se recomienda considerar en la selección del sitio idóneo para la construcción y operación, además de cumplir con las restricciones normativas

8. Debe considerar una pendiente no mayor a 8%, ya que, de lo contrario, se requieren de obras complementarias. Para evaluar las pendientes, se estratificó en 4 rangos por % de pendiente 0 – 8(idonea), 8 – 16(aceptable), 16 – 35(poco viable) y 35>().
9. Se consideró la importancia de excluir aquellas áreas donde la ubicación de un relleno sanitario representara un impacto negativo en asociaciones vegetales primarias. Así, las áreas de vegetación natural no consideradas como áreas naturales protegidas (bosques, selvas y pastizales naturales) presentes en la zona de estudio, representaron un rasgo de exclusión por su valor ecológico y los servicios ambientales que representan. Las tierras agrícolas, así como pastizales no naturales son consideradas como aptas, debido a la falta de vegetación arbórea y en muchos casos la fácil accesibilidad.
10. Se consideró a las zonas de restauración y conservación según el programa de ordenamiento territorial de Chiapas, como no aptas para el uso como Relleno Sanitario, excluyendo únicamente a las zonas con una política de aprovechamiento para ser aptas con estos fines.

Los diez elementos de restricción aplicados en el análisis representaron capas binarias que fueron cuantificadas como:

Restricción	Calificación
Restricción 1	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 2	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 3	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 4	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 5	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 6	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 7	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 8	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 9	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0
Restricción 10	Fuera de la zona de restricción = 1 Dentro de la zona de restricción = 0

Tabla 2. Calificación de la evaluación restrictiva. Fuente: Elaboración Propia.

10. Resultados

Se realizó un recorrido en campo acompañado de personal del H. Ayuntamiento La Trinitaria, en el cual en conjunto con una directiva se ubicaron 5 predios en calidad de disponibles, los cuales se georreferenciaron a través de un equipo GPS de la marca Garmin modelo e-trex10. Se realizó una visita al actual sitio de disposición final (Imagen 2), que opera como un tiradero a cielo abierto y se georreferencio para ubicarlo mediante SIG.



Imagen 2. Vista frontal de la entrada al TCA. Fuente: Propia.

El sitio actual se ubica sobre una caverna, lo cual incumple directamente con una de las restricciones de la normatividad vigente, debido a su alta probabilidad de contaminación del subsuelo y el manto acuífero por lixiviados (Imagen 3).



Imagen 3. Caverna empleada para disposición de los residuos. Fuente: Propia.

Como en todos los sitios de disposición final no controlados, se puede apreciar la interacción entre recolectores de residuos reciclables, comúnmente llamados “pepenadores” y fauna nociva como los son los zopilotes y los perros (Imagen 4), lo cual puede llegar a presentar un riesgo para la salud de los pepenadores, ya sea por vectores o incluso ataques de los perros, que pueden llegar a ser ferales.



Imagen 4. Pepenadores y fauna nociva presente en el TCA. Fuente: Propia.

Debido a la disposición de los residuos a la intemperie sin ser recubiertos como se hacen en los rellenos sanitarios, la fauna nociva se acerca al arribo de los camiones con residuos, sin temor de las personas, lo cual representa un mayor riesgo a la salud del personal que ahí labora (Imagen 5).



Imagen 5. Concentración de fauna nociva al arribo del camión de llega con residuos al TCA. Fuente: Propia.

Se realizó un recorrido en la periferia de la cabecera municipal, junto a una directiva del H. Ayuntamiento (Imagen 6), donde se georreferenciaron 6 sitios, como propuestas del H. Ayuntamiento, los cuales se describen a continuación.



Imagen 6. Directiva del H. Ayuntamiento y ejidal. Fuente: Propia.

El sitio #1 fue georreferenciado y recorrido a pie, en este se encontró una zona de encharcamiento de agua, lo cual incumple con una de las restricciones, por lo cual de ser considerado, se tendrán que emplear obras de drenaje complementarias, además que se encuentra a tan solo unos metros de un hundimiento natural y dentro de una zona boscosa conocida localmente como cueva Tokai (Imagen 7).



Imagen 7. Sitio Propuesta 1. Fuente: Propia.

El Sitio #2 se encontró cercano al sitio #1, este también corresponde a un claro en el bosque con encharcamiento, las dimensiones del claro son menores a las del sitio #1, por lo cual de ser considerado, se deben de ampliar las dimensiones del claro talando árboles, por lo cual deberán de solicitarse los permisos pertinentes ante las autoridades competentes y hacer los estudios necesarios para el correcto cambio de uso de suelo(Imagen 8).



Imagen 8. Sitio Propuesta 2. Fuente: Propia.

En el sitio #3 se encontraron mejores condiciones visuales para implementación como sitio de disposición final, este sitio era empleado como potrero para pastoreo de ganado, por lo cual la mayor parte del sitio presenta vegetación de tipo pastizal con pequeños arbustos, en el recorrido no se encontró presencia de encharcamientos o indicios de presencia de ellos, además de tener un camino de acceso en condiciones para el tránsito de vehículos(Imagen 9).



Imagen 9. Sitio Propuesta 3. Fuente: Propia.

El sitio #4 es atractivo, ya que se trata de un lugar de extracción de materiales pétreos abandonado por lo cual cuenta con un camino de acceso para vehículos pesados, además de contar con un área despejada de vegetación de cualquier índole y de ser empleada como RS al final de la vida útil de este se restauraría el sitio, sin embargo, la falta de material de cobertura cerca del sitio y la pendiente son factores fundamentales a considerar, para la ejecución de una obra de esta índole(Imagen 10).



Imagen 10. Sitio Propuesta 4. Fuente: Propia.

El sitio #5 se encuentra en el cuadrante suroeste de la cabecera municipal, a tan solo 5 minutos de la entrada, en esta zona existen propuestas de construcción de caminos de acceso, sin embargo, es una zona de vegetación secundaria boscosa sin claros, por lo cual requiere de una deforestación total del área a emplear, lo que implica un impacto mayor y una clara modificación al uso de suelo (Imagen 11).

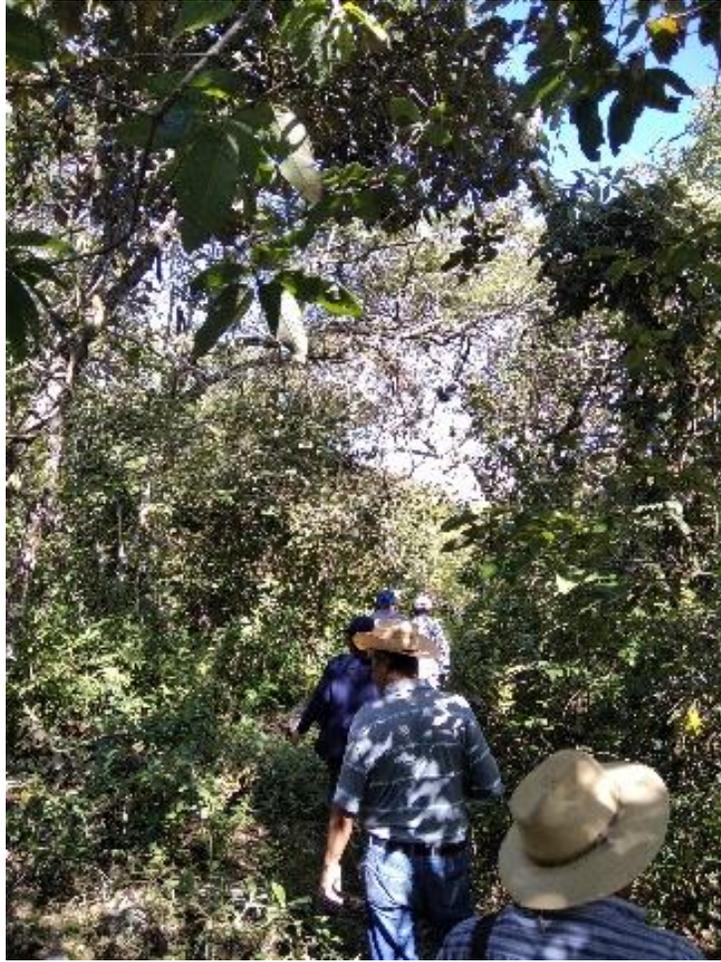


Imagen 11. Sitio Propuesta 5. Fuente: Propia.

Obtenidos los resultados del recorrido se realizó el estudio empleando el software ArqGIS 10.8 como herramienta SIG, en el cual se consideraron las restricciones del numeral 6.1 de la NOM y se obtuvieron los siguientes resultados:

Primera restricción

Se creó un buffer de 13km del aeropuerto más cercano, el cual pertenece a la Base Aérea Militar N.º 17 "General de División Piloto Aviador Luis Farell Cubillas", ubicado en el municipio vecino de Comitán de Domínguez. Se encontró que todos los puntos propuestos se encuentran dentro del margen de la zona considerada como restrictiva, siendo la propuesta 5 la más cercana al aeropuerto (8 km) y la propuesta 2 la más lejana con 12.8 km (Imagen 12).

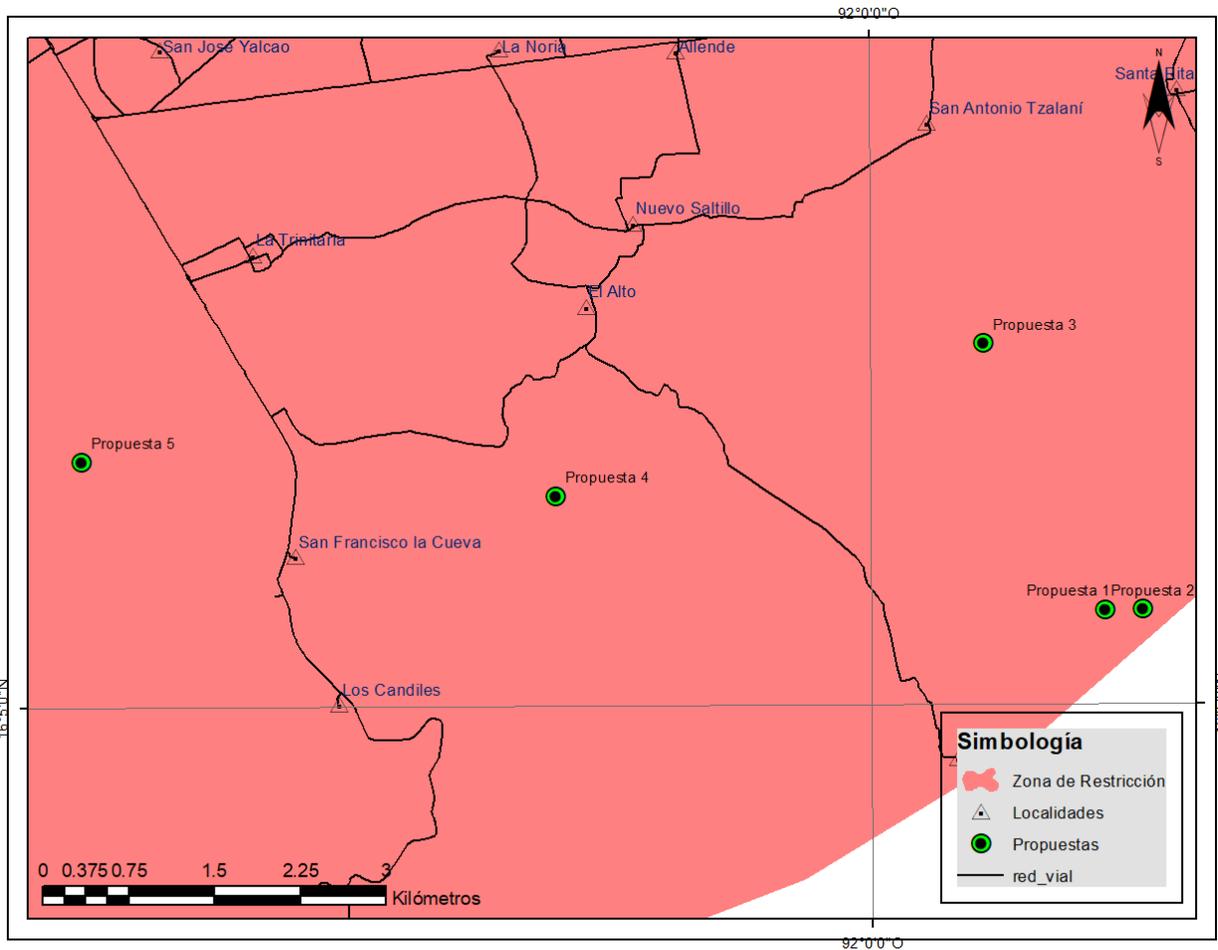


Imagen 12. Mapa Restricción 1. Fuente: Elaboración propia.

Segunda restricción

El municipio comparte un ANP con el vecino municipio de La Independencia, aunque, La Trinitaria posee la mayor proporción de superficie del Parque Nacional Lagunas de Montebello con un 95% del total del ANP, esta se ubica a 40km de la cabecera municipal. Teniendo en cuenta que el SDF debe estar cercano al área de generación para evitar gastos de acarreo, sin incumplir con la tercera restricción, ninguno de los sitios propuestos se encuentra dentro del ANP (Imagen 13).

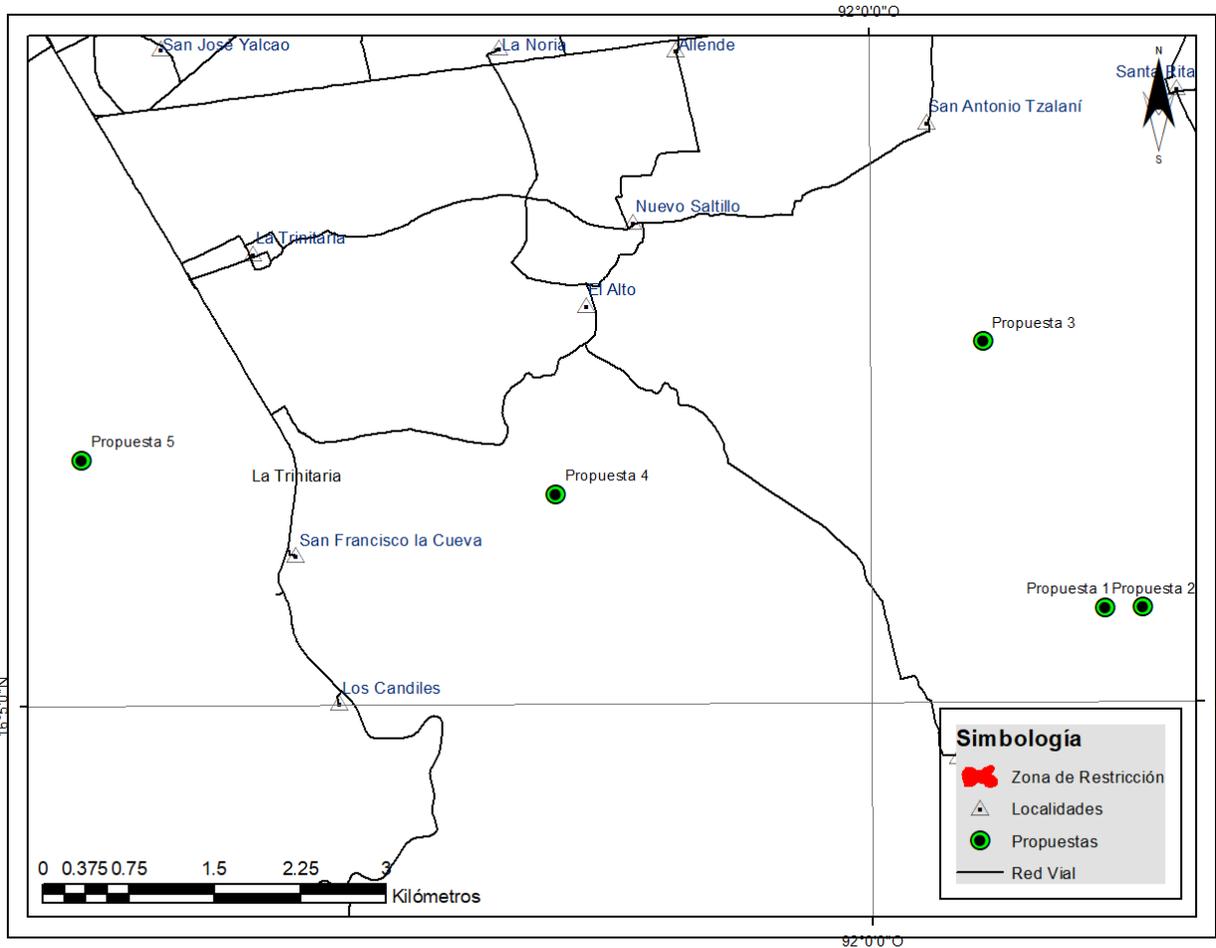


Imagen 13. Mapa de Restricción 2. Fuente: Elaboración propia.

Tercera restricción

De acuerdo con el censo de población del INEGI (2020), el municipio cuenta con una población de 83,111 habitantes, lo que representa el 1.49% de la población total del estado. El municipio cuenta solo con 5 localidades que tienen arriba de 2500 habitantes (INEGI, 2020), aunque para el presente estudio se consideró los rasgos restrictivos para localidades ameznadas, dando como resultado que, todas las propuestas cumplen con la restricción de ubicarse más allá de 500m de la mancha urbana (Imagen 14).

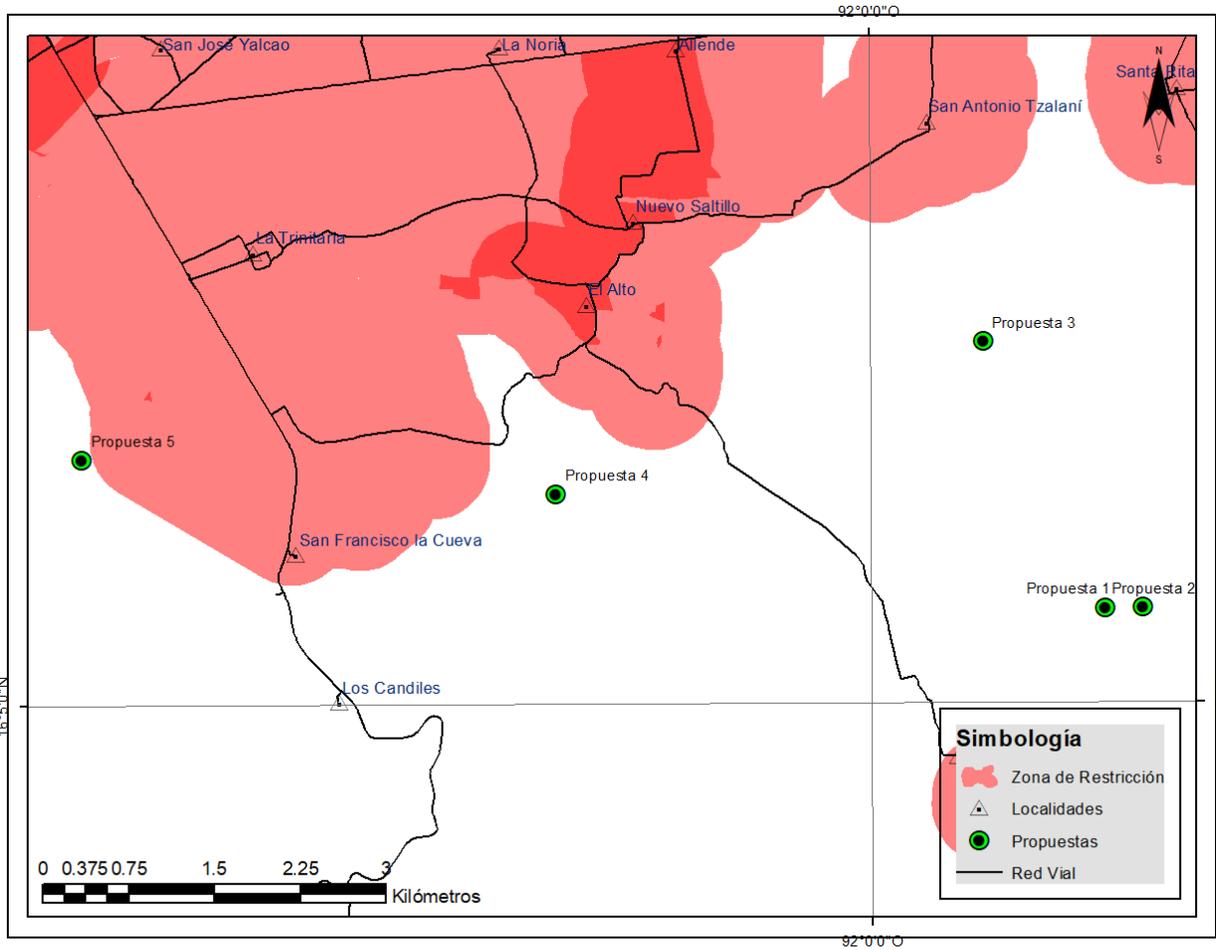


Imagen 14. Mapa Restricción 3. Fuente: Elaboración propia.

Cuarta restricción

Se puede apreciar que cercano a las propuestas existen una falla y varias fracturas, sin embargo, las propuestas cumplen con la restricción de no encontrarse sobre alguna de ellas, siendo la propuesta 3 la más cercana a alguna de ellas (Imagen 15).

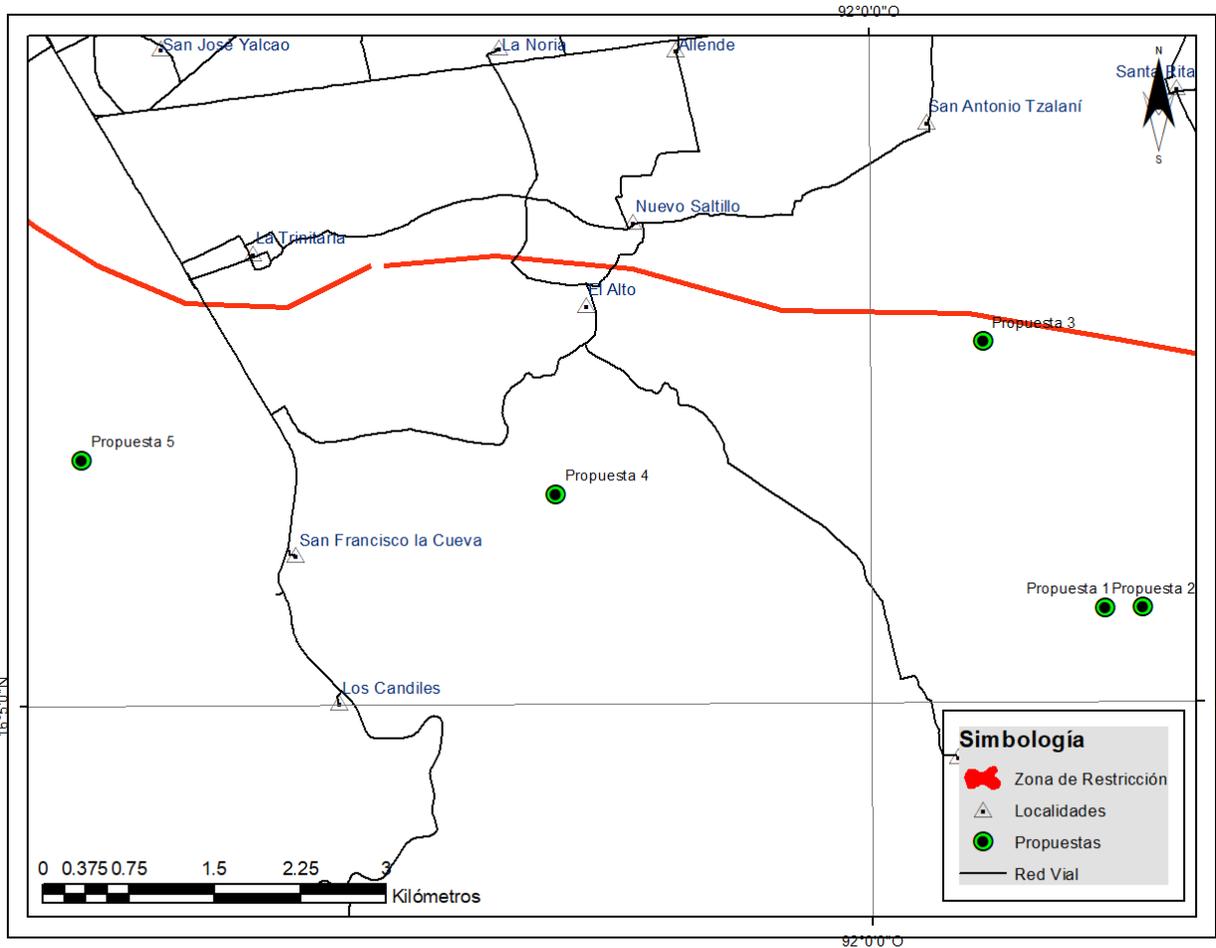


Imagen 15. Mapa Restricción 4. Fuente: Elaboración propia.

Quinta restricción

Para esta restricción se empleó el Atlas nacional de riesgos del gobierno de México en cual se visualiza la zona de riesgo por inundación con periodo de retorno de 100 años y todos los puntos propuesta están fuera de ella, por lo tanto, todos cumplen con la restricción (Imagen 16).



Imagen 16. Mapa Restricción 5. Fuente: Consultado en Atlas Nacional de Riesgo con información de zonas de inundación con periodos de retorno de 100 años y puntos propuesta.

Sexta restricción

El municipio cuenta con 9 ríos importantes que recorren a través de él, alrededor de 12 manantiales, además del Parque Nacional Lagunas de Montebello, el cual se considera una ANP, sin embargo, en la zona de estudio de los rasgos restrictivos, solamente hay un río, el cual se encuentra a más de 3km de la propuesta más cercana a él, por lo tanto, ninguna propuesta incumple con la restricción de ubicarse a menos de 500m de una corriente continua o cuerpo de agua (Imagen 17).

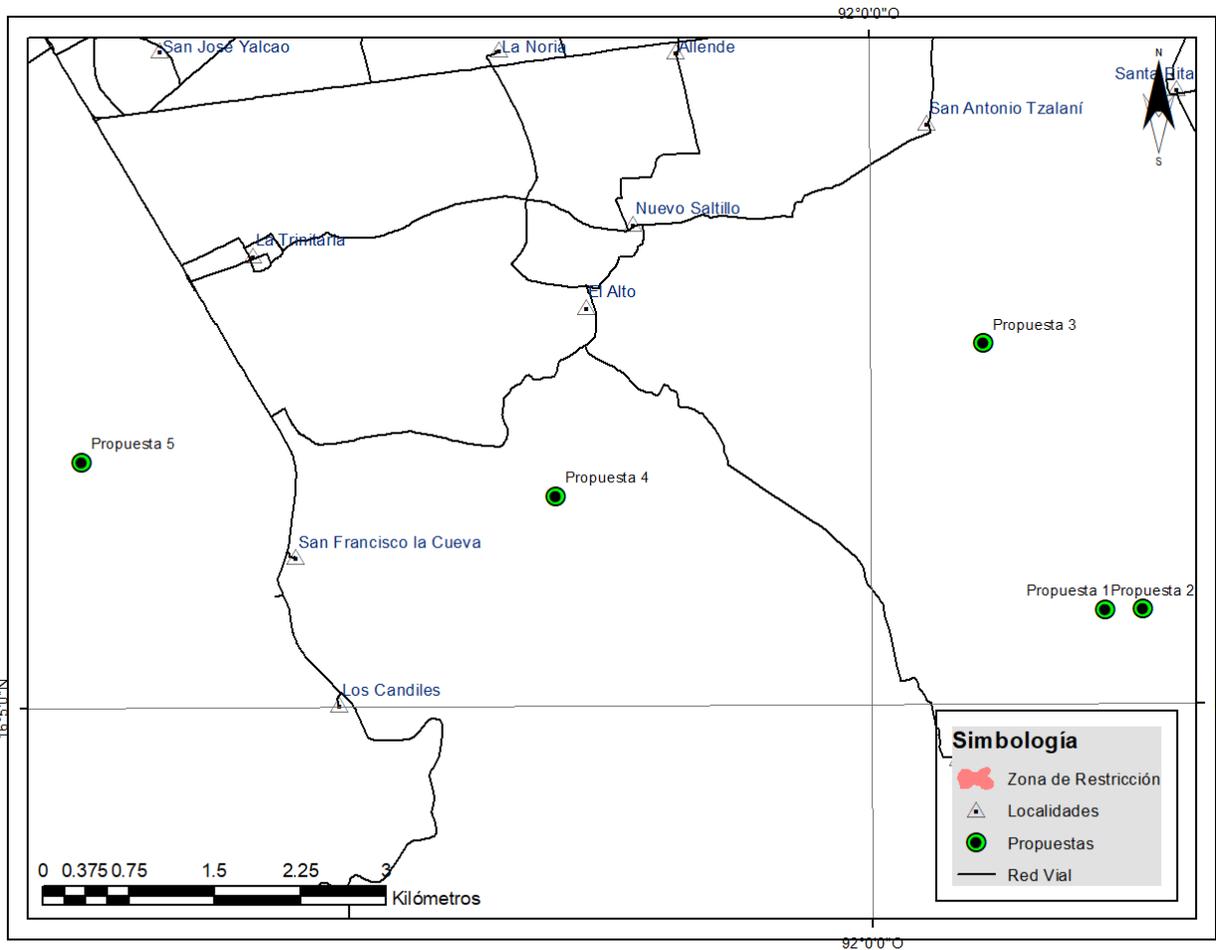


Imagen 17. Mapa Restricción 6. Fuente: Elaboración propia.

Séptima restricción

De acuerdo a lo obtenido de las bases de datos del INEGI, se tiene registrado un pozo de aprovechamiento de agua municipal, al cual se encuentra dentro de la zona urbana y a más de 2km de la propuesta más cercana, por lo tanto, todas las propuestas respetan la zona restrictiva de 500 m de distancia alrededor del pozo (Imagen 18).

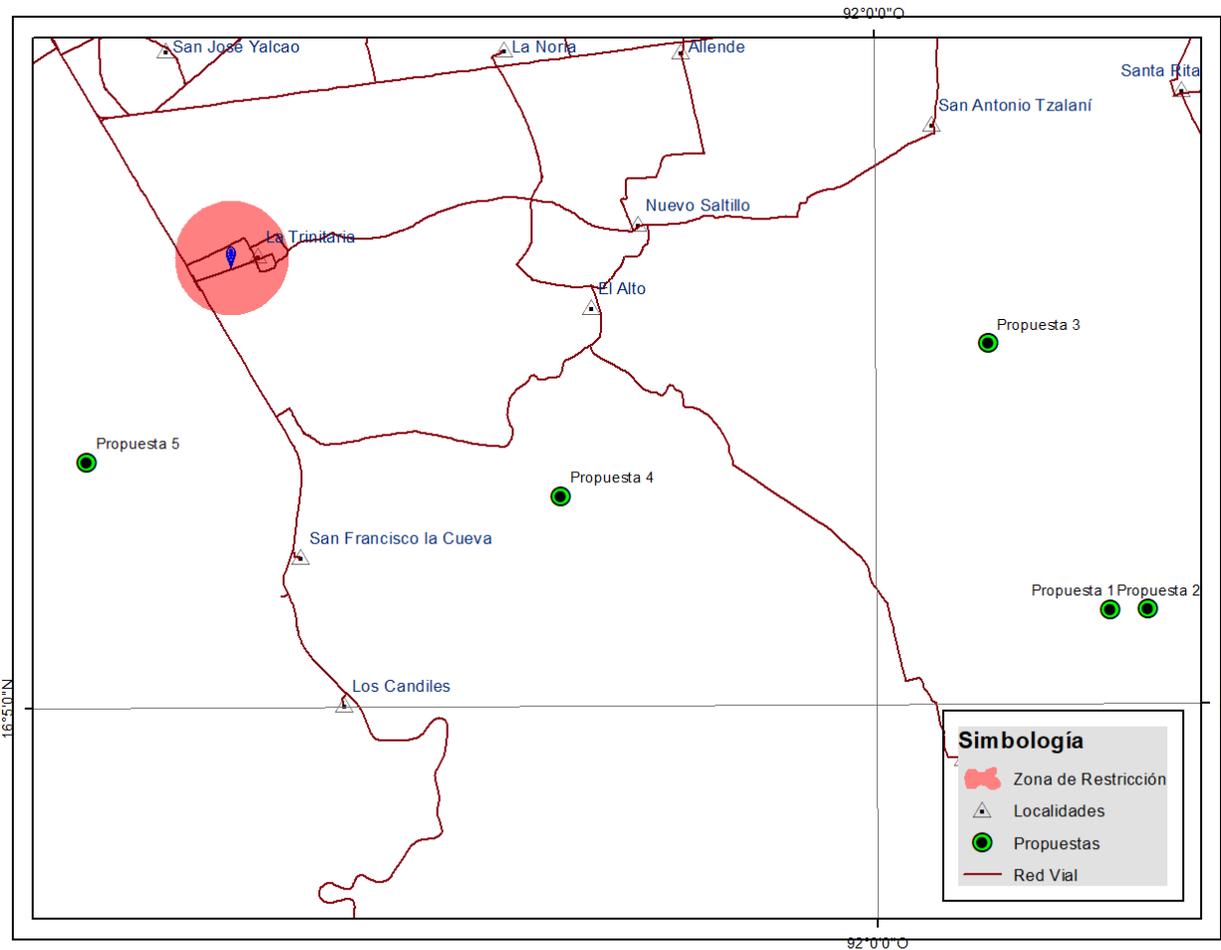


Imagen 18. Mapa Restricción 7. Fuente: Elaboración propia.

Octava restricción

Se implementó el archivo de elevaciones obtenidos del portal Geoweb perteneciente al gobierno del estado de Chiapas y como resultado, todas las propuestas están dentro del rango de pendiente menor a 8% lo que indica que todos cumplen con el rango óptimo para continuar con el estudio, de acuerdo a esta restricción (Imagen 19).

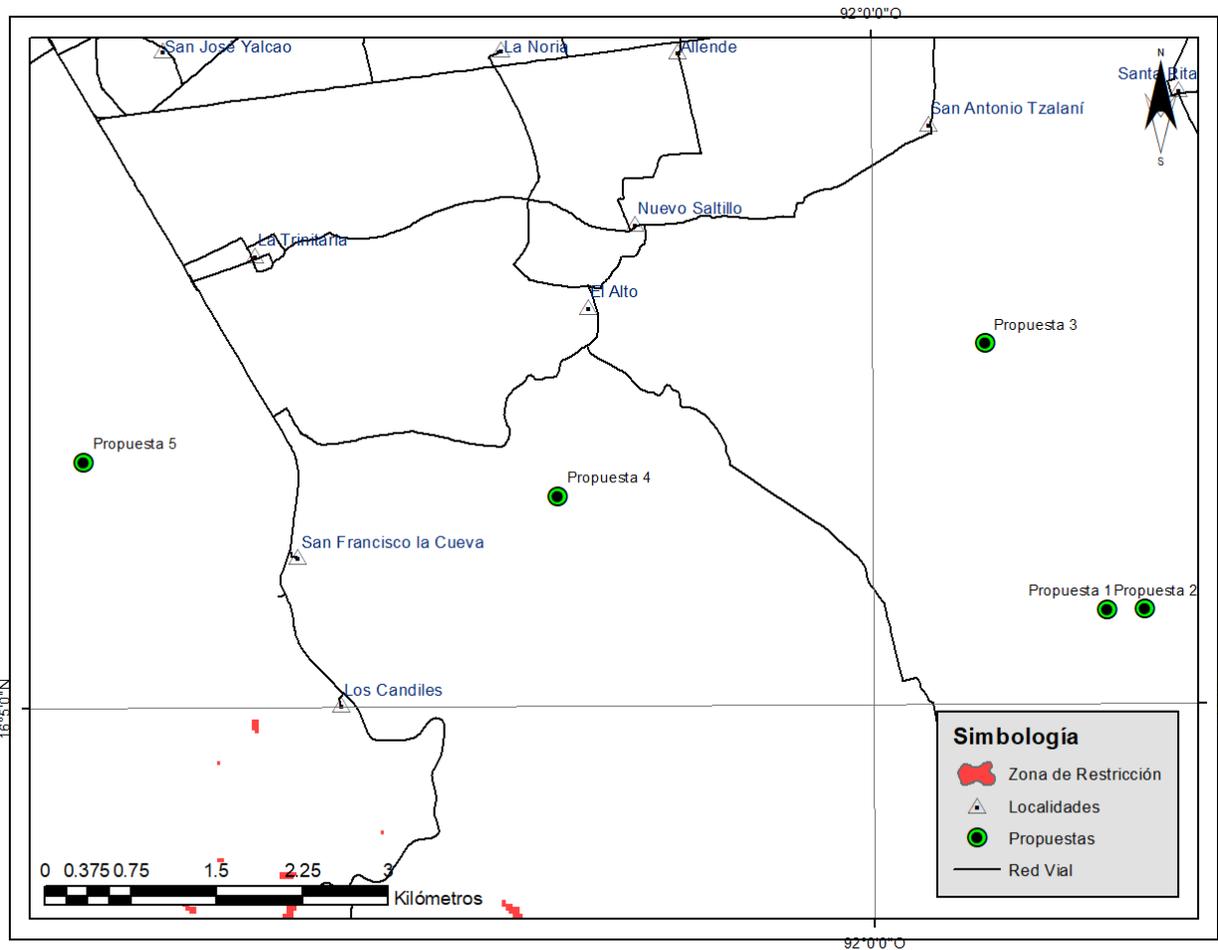


Imagen 19. Mapa Restricción 8. Fuente: Elaboración propia.

Novena restricción

Analizando la información obtenida del INEGI sobre vegetación y uso de suelo, se obtuvo que las propuestas 1, 2 y 5 se encuentran dentro de vegetación correspondiente a bosque, el cual de continuar como prospectos deberán de contemplar el impacto a generar. Las propuestas 3 y 4 se encuentran en zonas consideradas agrícolas, lo que implica que la vegetación ya ha sido removida y por lo tanto el impacto generado será menor a las otras propuestas (Imagen 20).

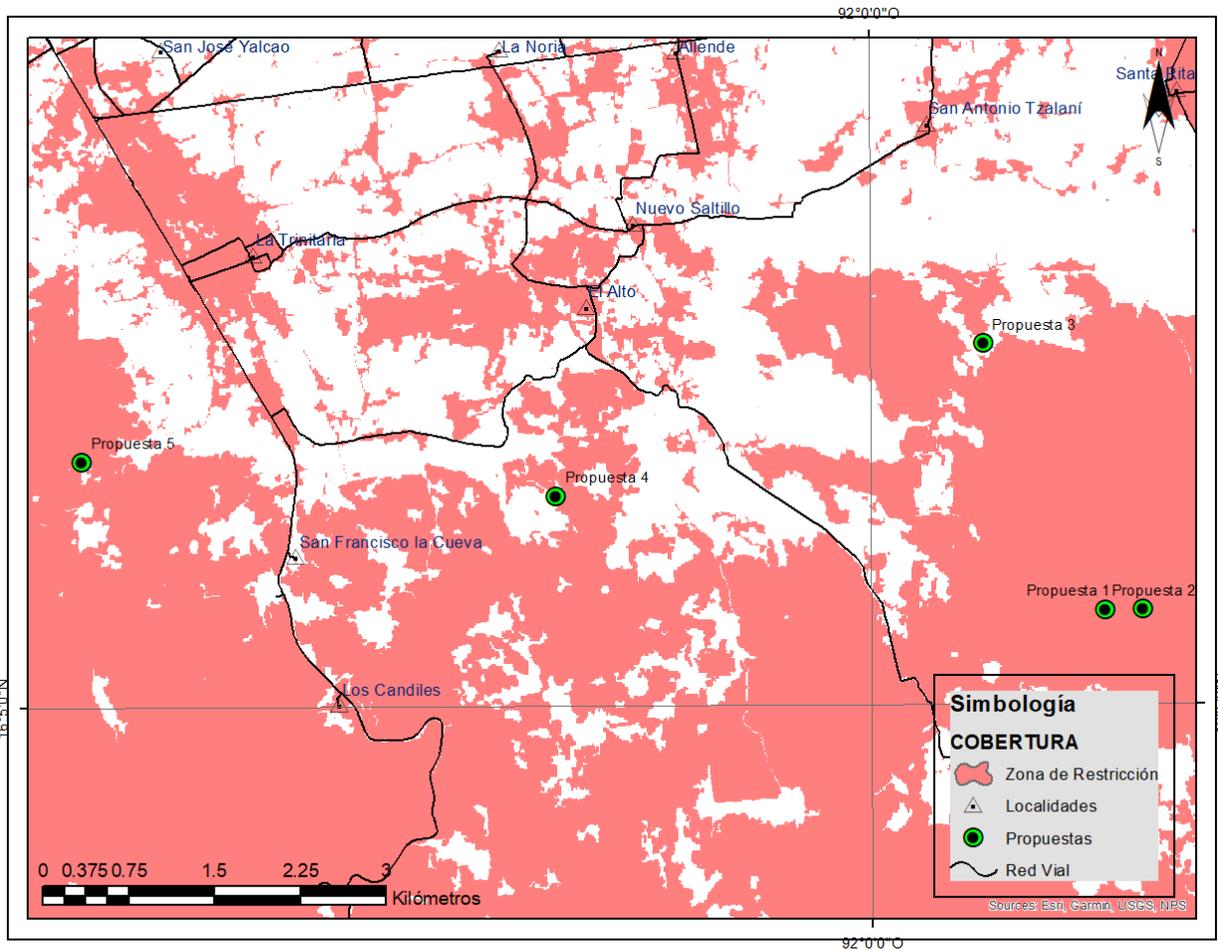


Imagen 20. Mapa Restricción 9. Fuente: Elaboración propia.

Decima restricción

Según la información acerca del ordenamiento territorial de Chiapas, obtenida de las bases de datos del portal Geoweb, las propuestas 1, 2, 4 y 5 se encuentran en zonas destinadas a la restauración, por lo tanto, el continuar como propuestas implicaría afectar la zona de nueva cuenta. La propuesta 3 es la única propuesta ubicada en una zona de aprovechamiento, lo cual la convierte en la más viable para esta condicionante (Imagen 21).

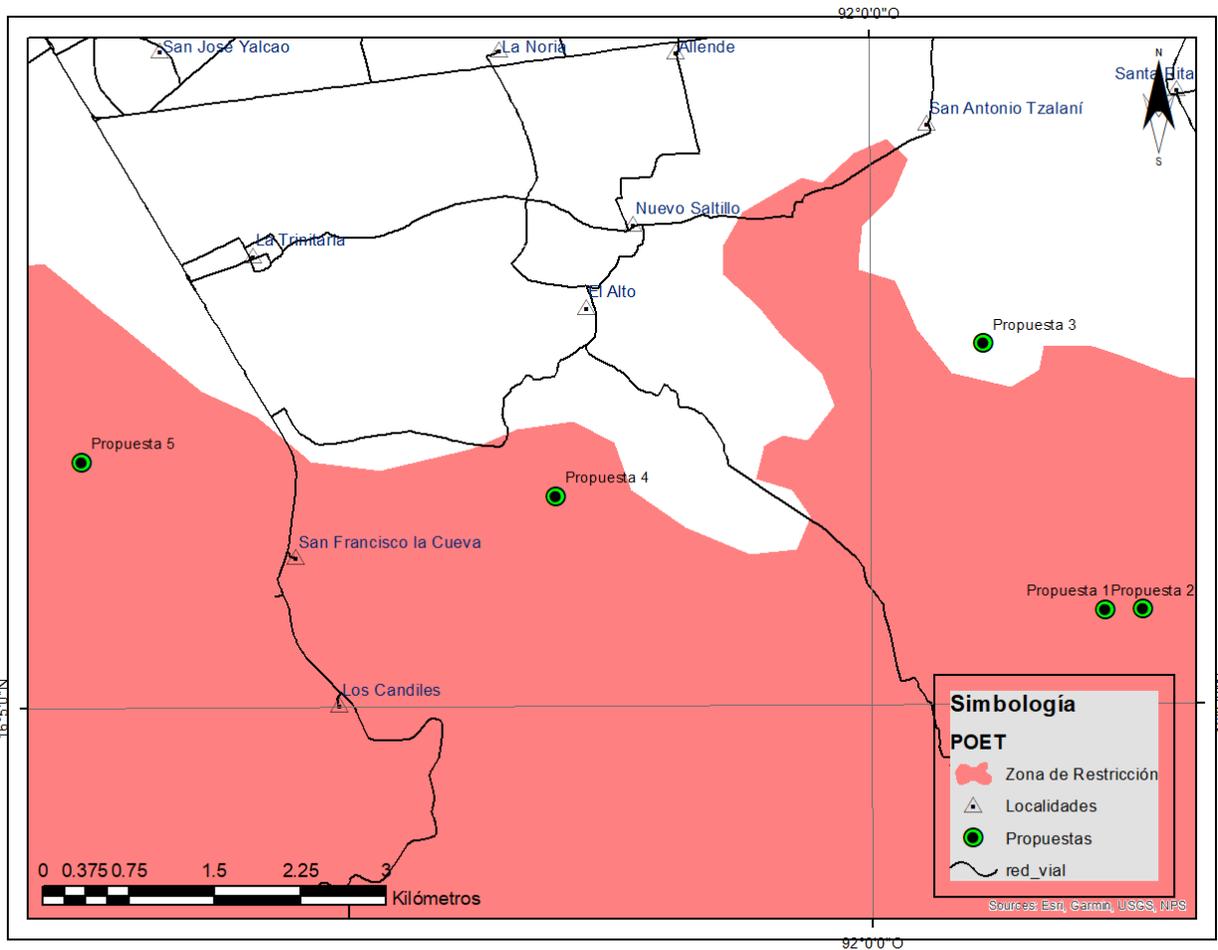


Imagen 21. Mapa Restricción 10. Fuente: Elaboración propia.

Una vez elaborado los mapas, se pudo hacer el análisis cuantitativo, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 3.

	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5
Primera restricción	0	0	0	0	0
Segunda restricción	1	1	1	1	1
Tercera restricción	1	1	1	1	1
Cuarta restricción	1	1	1	1	1
Quinta restricción	1	1	1	1	1
Sexta restricción	1	1	1	1	1
Séptima restricción	1	1	1	1	1
Octava restricción	1	1	1	1	1
Novena restricción	0	0	1	1	0
Decima restricción	0	0	1	0	0
Resultado	7	7	9	8	7

Tabla 3. Evaluación de las propuestas, de acuerdo a las restricciones. Fuente: Elaboración Propia.

11. Conclusión

El presente estudio evaluó 5 sitios propuestos por el H Ayuntamiento, con base a los criterios restrictivos dispuestos el numeral 6.1 de la NOM-083-SEMARNAT-2003 y 3 mas no normadas.

Tras la evaluación del sitio actual, se determinó que este incumple con 3 restricciones normadas operando como TCA, esto aunado a la temporalidad que lleva operando a representado una fuente de contaminación por lo cual es importante la reubicación del sitio actual a un lugar donde si cumpla con los criterios restrictivos, por lo cual en la visita de los 5 lugares propuestos por el H Ayuntamiento y la georreferenciación de estos es pertinente para encaminar al municipio a una correcta gestión de sus residuos. El uso de las herramientas SIG nos permitió, mediante la evaluación multicriterio que pudiéramos definir a la opción 3 como la más viable para SDF y las opciones 1, 2 y 5 como las menos idóneas. Cabe recalcar que el presente estudio es parte de una serie de estudios que deben realizarse para la correcta ejecución de la selección de sitios, por lo cual se recomienda realizar los estudios complementarios dispuestos en el numeral 6.2 de la NOM.

12. Referencias

1. Bernache, G. (2015). La Gestión De Los Residuos Sólidos: Un Reto Para Los Gobiernos Locales. *Sociedad Y Ambiente*, 1 (7), 72-98. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4557/455744912004>
2. Encina, J. (2020). Los rellenos sanitarios, aunque no nos gusten son necesarios. Bordeando el monte. *Num. 73*. Disponible en: https://sma.gob.mx/wp-content/uploads/2022/07/Bordeando_73.pdf
3. Flores, J.(2013). Identificación De Sitios Potenciales Para La Disposición Final De Residuos Sólidos En Los Municipios Atlacomulco, Ixtlahuaca Y Jocotitlán, Estado De México. [Tesis de Licenciatura, universidad autónoma del estado de mexico]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/21779/FLORES-SALAZAR-JORGE-ARTURO-LGE-2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
4. Gomez, L. (2020). Propuesta 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. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.] <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/2368>
5. Gorsevski, P. V., Donevska, K. R., Mitrovski, C. D., and Frizado, J. P. (2012). “Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average.” *Waste management*, Vol. 32, No. 2, pp. 287-296, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.09.023>
6. Herrera ,J. (2010). Propuesta de indicadores para relacionar la propagación de enfermedades con el inadecuado manejo de residuos en la ciudad de Xalapa, Veracruz, México. [Trabajo recepcional de Diplomado, Universidad Veracruzana]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/42181>
7. INEGI (2010). Compendio de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos La Trinitaria, Chiapas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07099.pdf
8. INEGI(2023). Prontuario de Informacion geográfica municipal de los estados unidos mexicanos , La Trinitaria, Chiapas. Instituto Nacional de Estadística y Geografía . Disponible

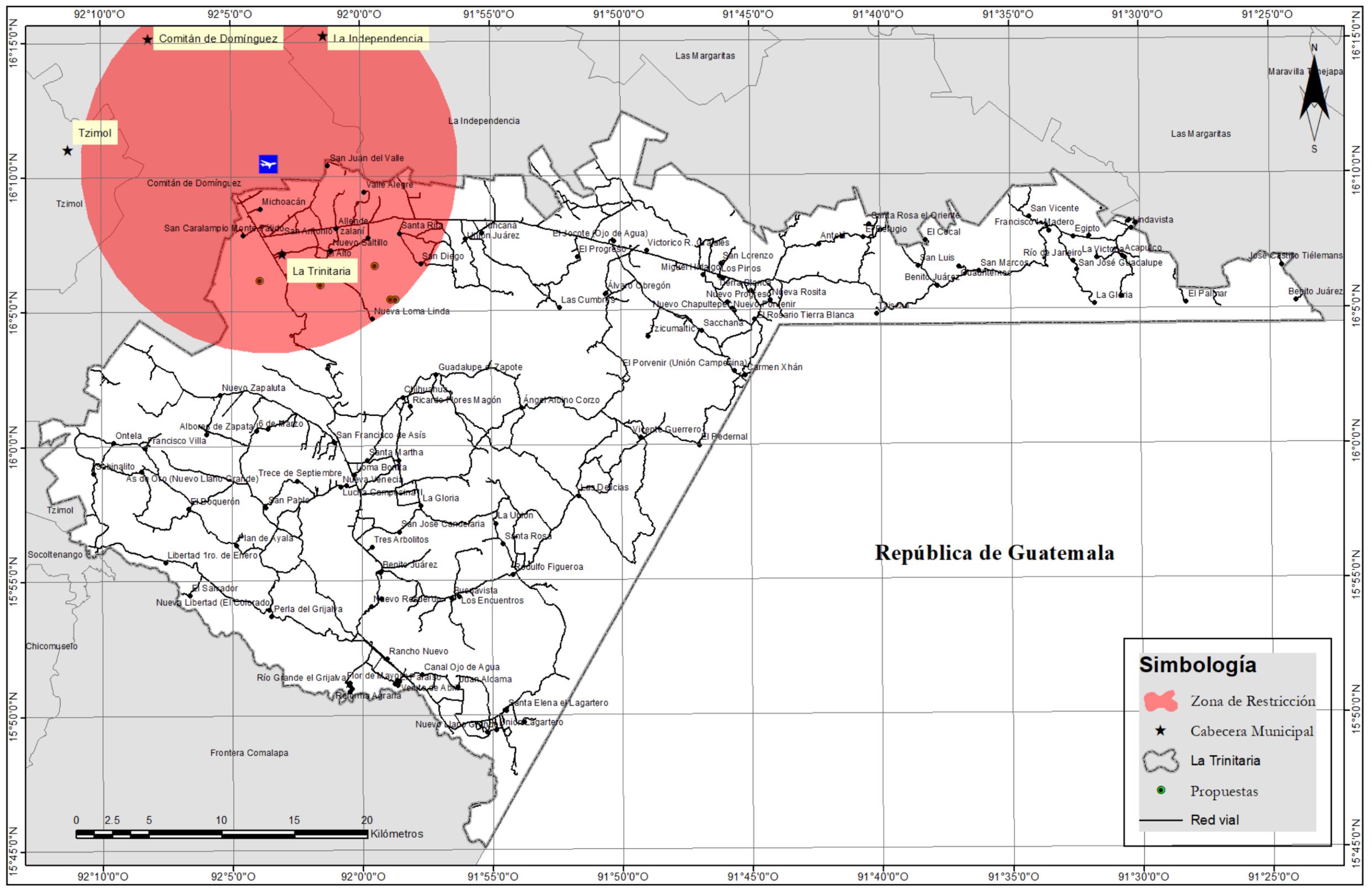
- en: <https://docplayer.es/81232733-Prontuario-de-informacion-geografica-municipal-de-los-estados-unidos-mexicanos-la-trinitaria-chiapas-clave-geoestadistica-07099.html>
9. Instituto de Población y Ciudades Rurales. (2016). Perfil Sociodemográfico La Trinitaria 2016. Gobierno del estado de Chiapas. http://ciudadesrurales.chiapas.gob.mx/coespo/sociodemografico/PS_La%20Trinitaria.pdf
 10. Jaramillo, J. (1999). Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM. Seminario Internacional Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos, Siglo XXI. Medellín.
 11. 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. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/55275>
 12. Jiménez, N. (2015). La gestión integral de residuos sólidos urbanos en México: entre la intención y la realidad. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales. 17: 29-56, <https://biblat.unam.mx/hevila/LetrasverdesQuito/2015/no17/3.pdf>
 13. Kontos, T., Komilis, D. y Halvadakis, C. (2005). Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology, *Waste Management*, 25 (8), 818-832, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.04.002>.
 14. Laines, J. (2007). Residuos sólidos urbanos: ¿problema u oportunidad? *Diálogos*. 24 (25), 15–17. <http://www.ccytet.gob.mx/Docs/ccytet03/Dialogos/dialogos2425.pdf>
 15. Martínez, A. (2011). Percepciones y prácticas en torno a los residuos sólidos en Tziscaco: aproximación hermenéutica. [Tesis de Maestría, Colegio de la Frontera del Sur]. <https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000050326>
 16. Mora, J. (2007). Una alternativa al problema de la basura en la colonia Roma Norte: la concesión. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana]. Disponible en: <https://sociologiaurbana.azc.uam.mx/wp-content/uploads/2022/04/Una-alternativa-al-problema-de-la-basura-en-la-colonia-Roma-norte.-La-concesion-MORA-REYES-JOSE.pdf>
 17. Noguera, K. & Olivero, J. (2010). Los Rellenos Sanitarios En Latinoamérica: Caso Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 34 (132): 347-356. http://www.accefyn.com/revista/Vol_34/132/347-356.pdf
 18. Ojeda, S., Lozano, G., Quintero, M., Whitty, K & Smith, C. (2008). Generación De Residuos Sólidos Domiciliarios Por Periodo Estacional: El Caso De Una Ciudad Mexicana. *Simpósio*

<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/gestion/A26.pdf>

19. ONU-Habitat (Organización de las Naciones Unidas, ONU-Habitat) (2010). —Water and sanitation in Latin America and the Caribbean, Río de Janeiro: Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Disponible en: <http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=3069>
20. ONU-Habitat, SEDATU & INFONAVIT(2018). Índice Básico de las Ciudades Prósperas, La Trinitaria, Chiapas, México. Disponible en: https://publicacionesonuhabitat.org/onuhabitatmexico/cpi/2018/07099_La_Trinitaria.pdf
21. Palacios, A. (2014). La Construcción Social De La Basura En El Ejido Mexiquito. [Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera del Sur]. <https://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000053563>
22. Pérez, B. (2017). Geolocalización de sitios potenciales para la disposición final de residuos sólidos urbanos en la subcuenca Nexapa, Puebla. [Tesis de Maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/596>
23. Plan de desarrollo municipal La Trinitaria, Chiapas (2011). Disponible en: http://www.haciendachiapas.gob.mx/planeacion/planes_desarrollo_muni.asp
24. Rahmat, Z.G., Niri, M.V., Alavi, N. et al. Landfill site selection using GIS and AHP: a case study: Behbahan, Iran. *KSCE J Civ Eng* 21, 111–118 (2017). <https://doi.org/10.1007/s12205-016-0296-9>
25. Saldaña, C. Y Nájera, O. (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: 69-77. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.esp02.07/46894>
26. Schmidt, W., Ondraczek, L., González, E. & Ruiz, U. (2010). Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados. Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2011/CD000953.pdf>
27. SEMAHN (2019). Guía para el manejo adecuado de los RSU y RME. SEMAHN. Disponible en: https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/medio_ambiente/residuos

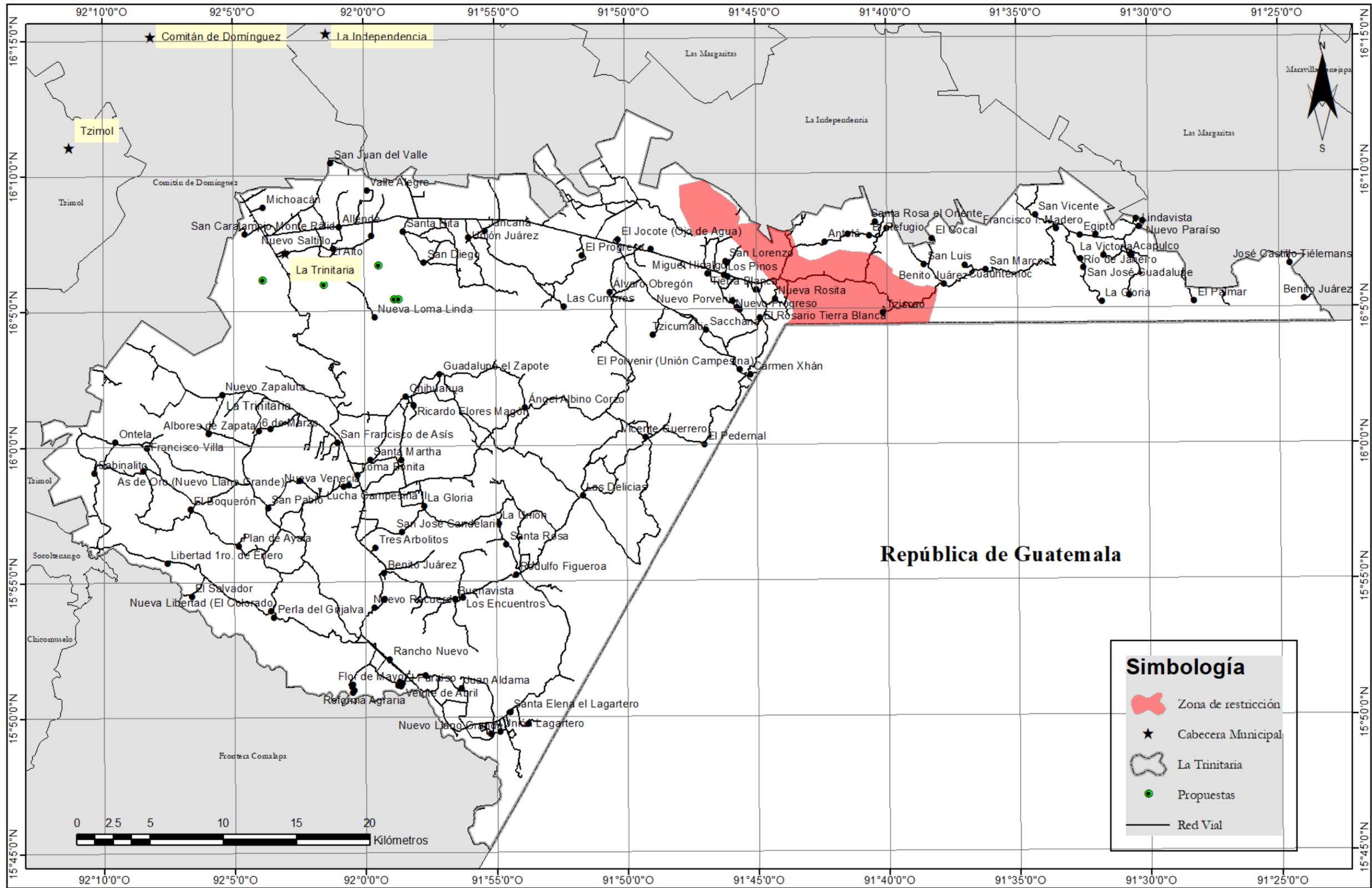
28. SEMAHN (2022). Programa Municipal Para La Prevención Y Gestión Integral De Los Residuos Sólidos Urbanos De Tuxtla Gutiérrez. SEMAHN. Disponible en: <https://www.tuxtla.gob.mx/admin/php/descargar.php?obj=MTY3MzU=&post=MTk=>
29. SEMARNAT (2004). NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanas y de manejo especial. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación.
30. Semmartin, M., Amdan, M., Fredes, M., Mazzeo, N., Pierini, V., Uijt, J., Ventura, L. & Vogrig, J. (2010) “Los residuos sólidos urbanos. Doscientos años de historia porteña,” Sociales y escuela, Disponible en, <http://socialesyescuela.com.ar/items/show/121>.
31. Tovar, M., Lozada, G. & Garcia, T. (2015). Impacto en la salud por el inadecuado manejo de los residuos peligrosos. Ingenierías USBMed, 6(2), 46–50. Disponible en: <https://doi.org/10.21500/20275846.1731>
32. Ullca, J. (2005). LOS RELLENOS SANITARIOS. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, (4),2-17.[fecha de Consulta 21 de Julio de 2021]. ISSN: 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388001>

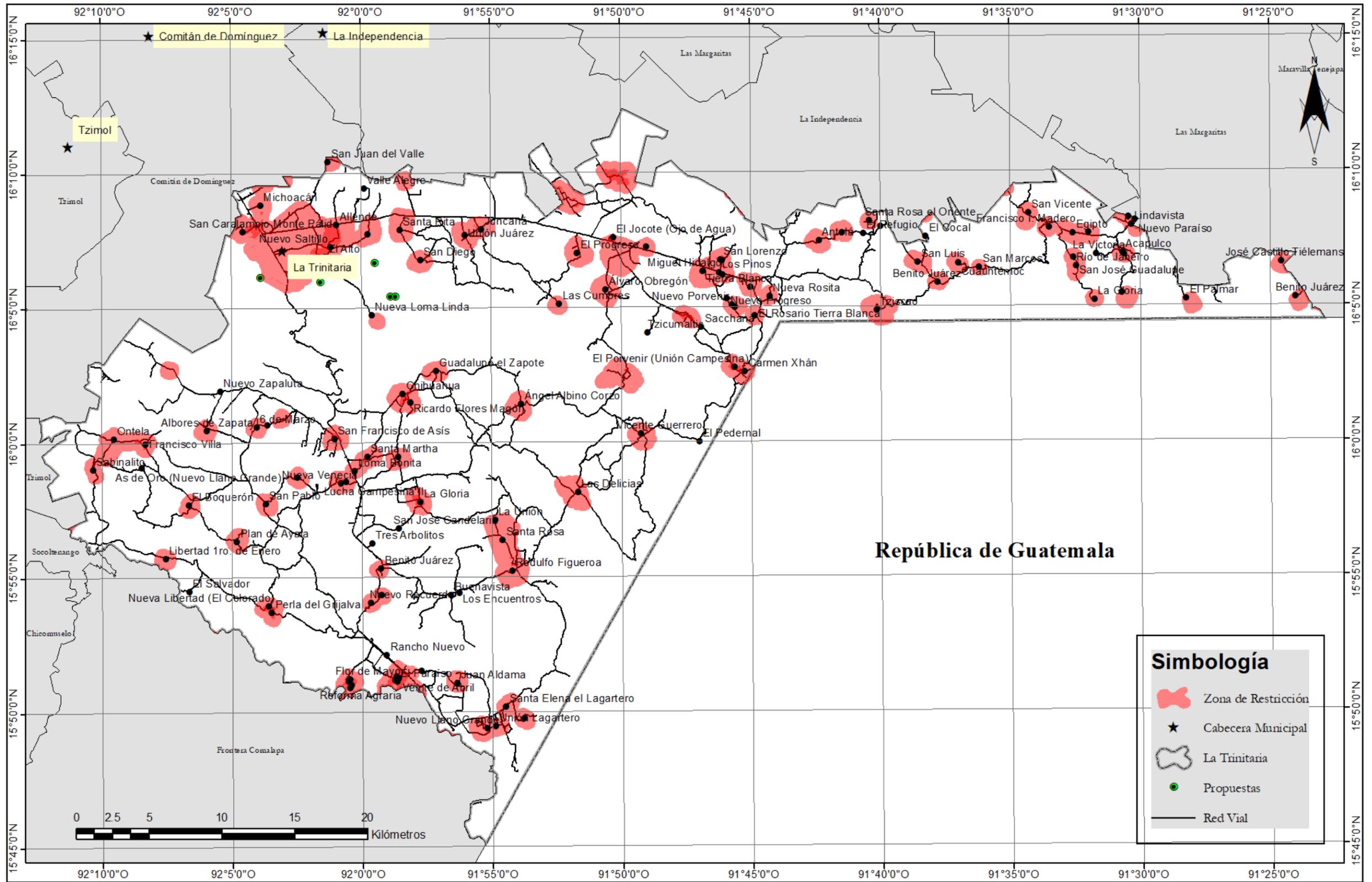
Anexos

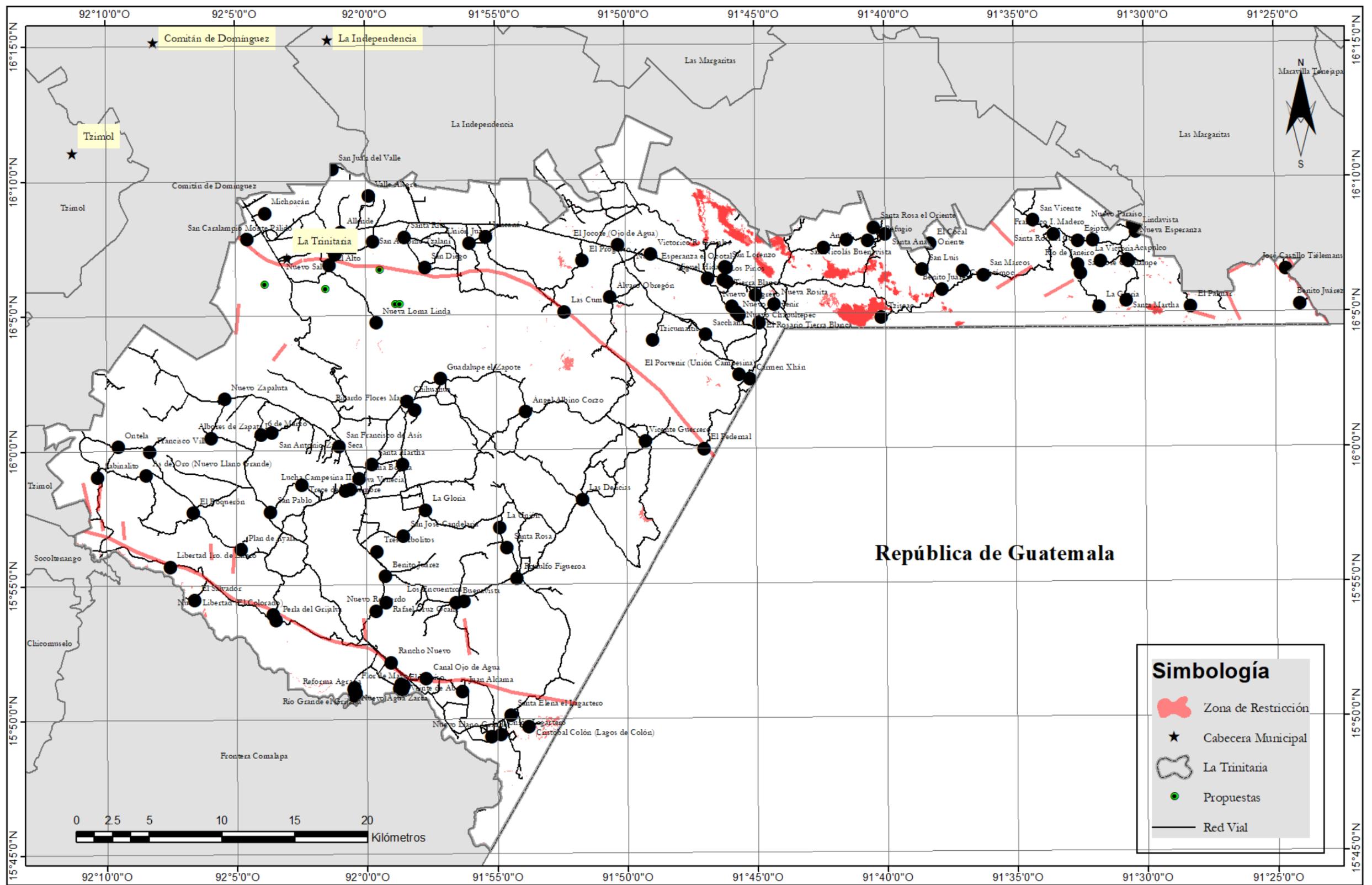


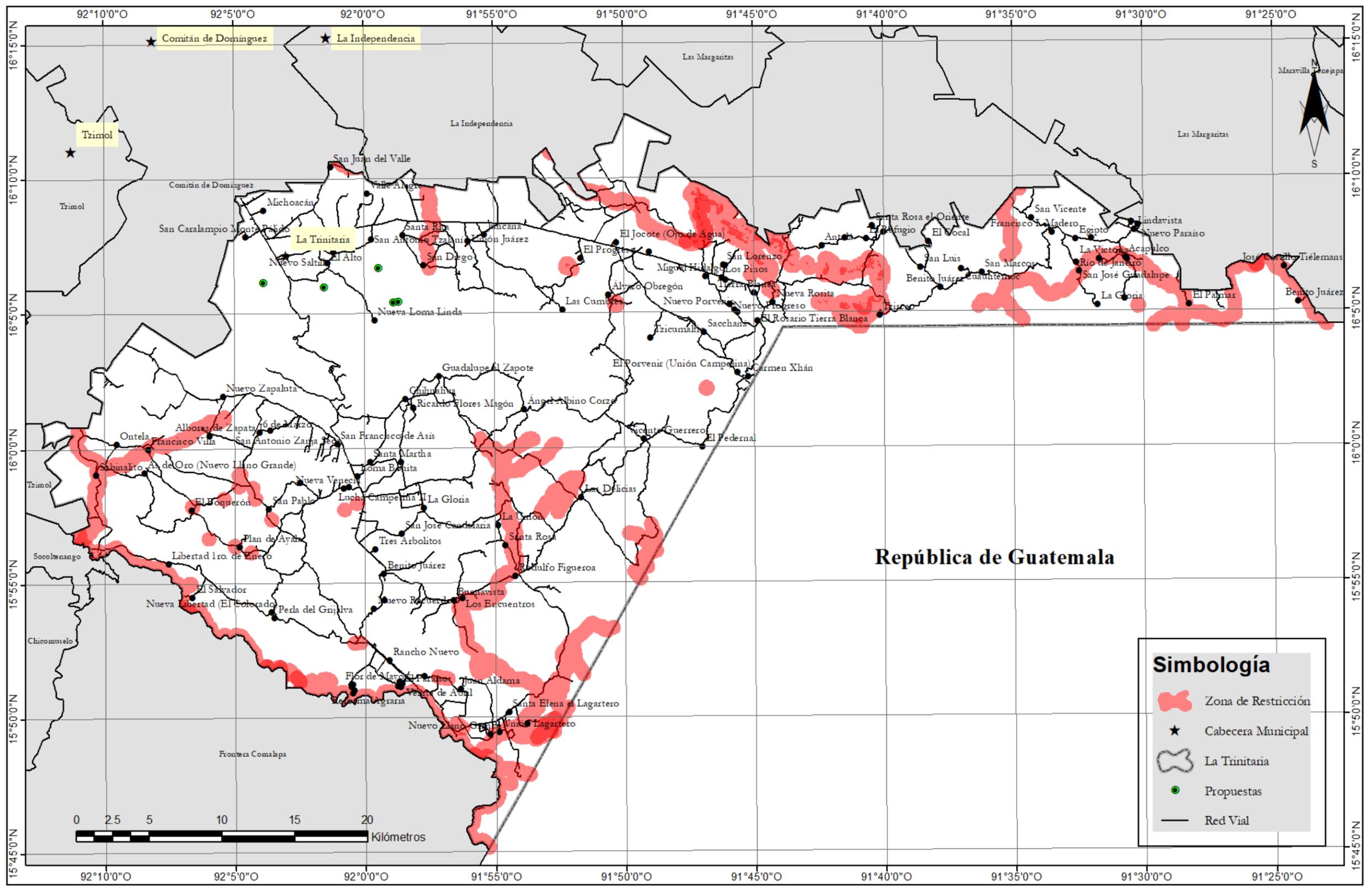
Simbología

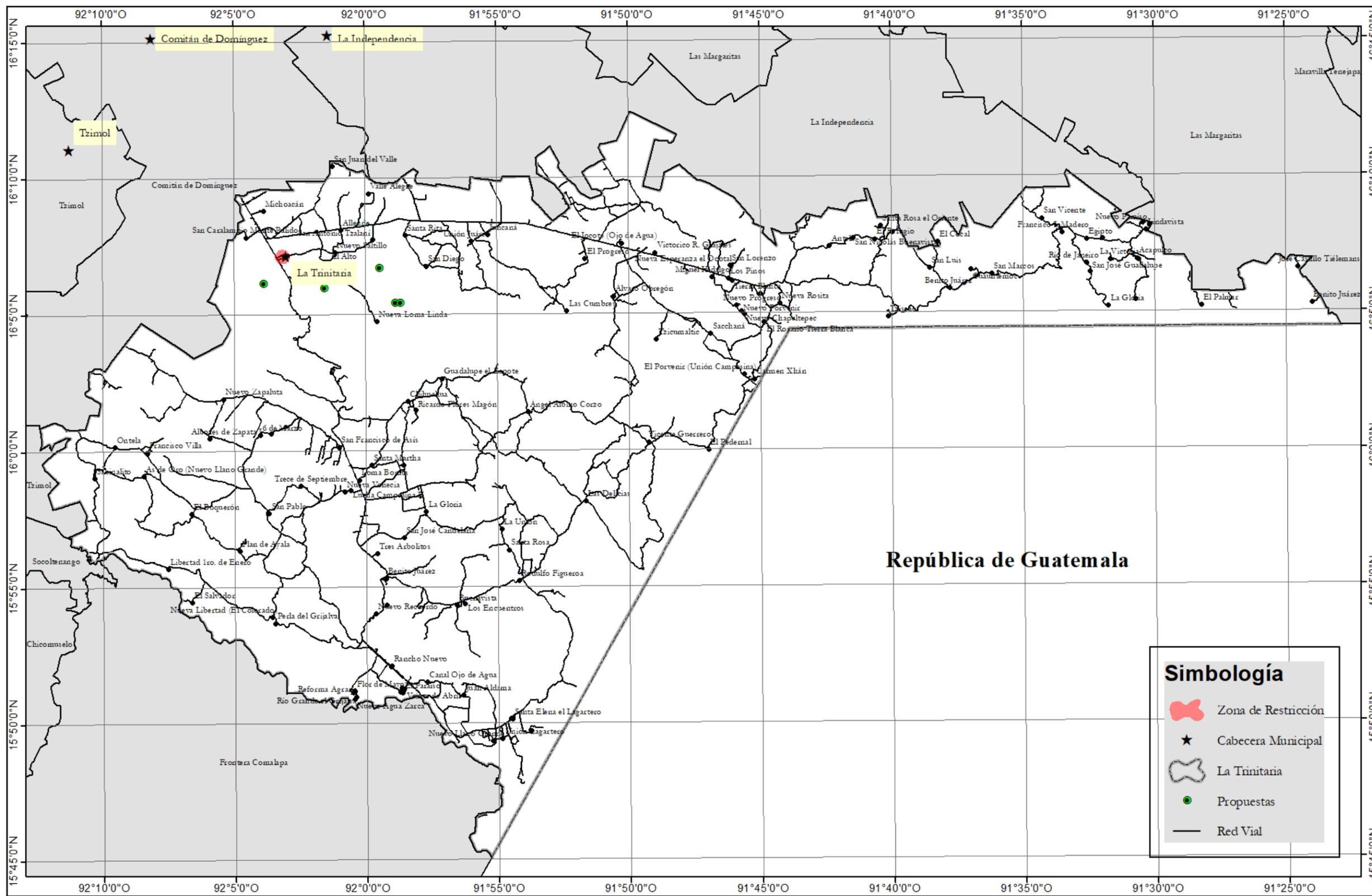
-  Zona de Restricción
-  Cabecera Municipal
-  La Trinitaria
-  Propuestas
-  Red vial

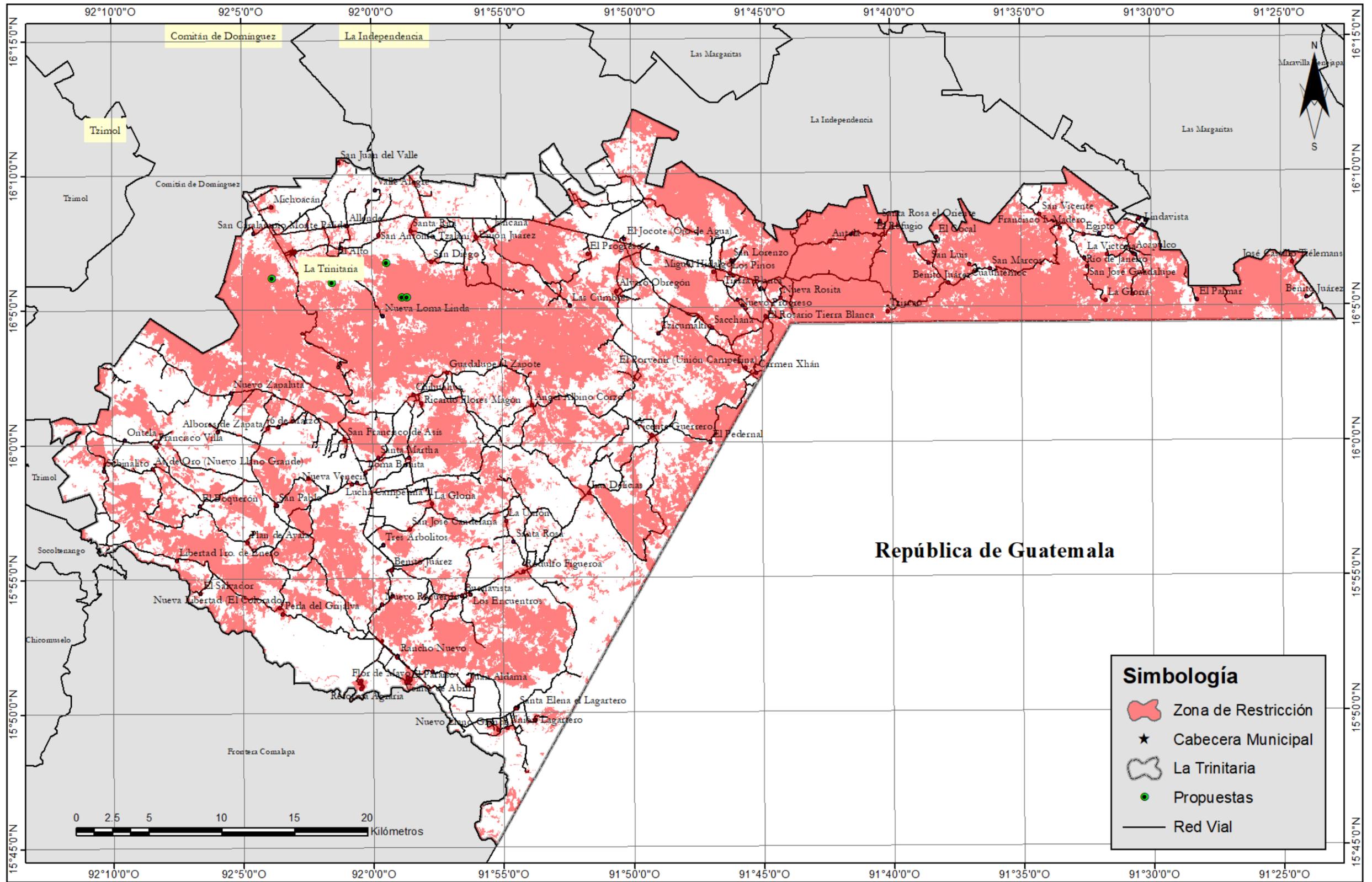


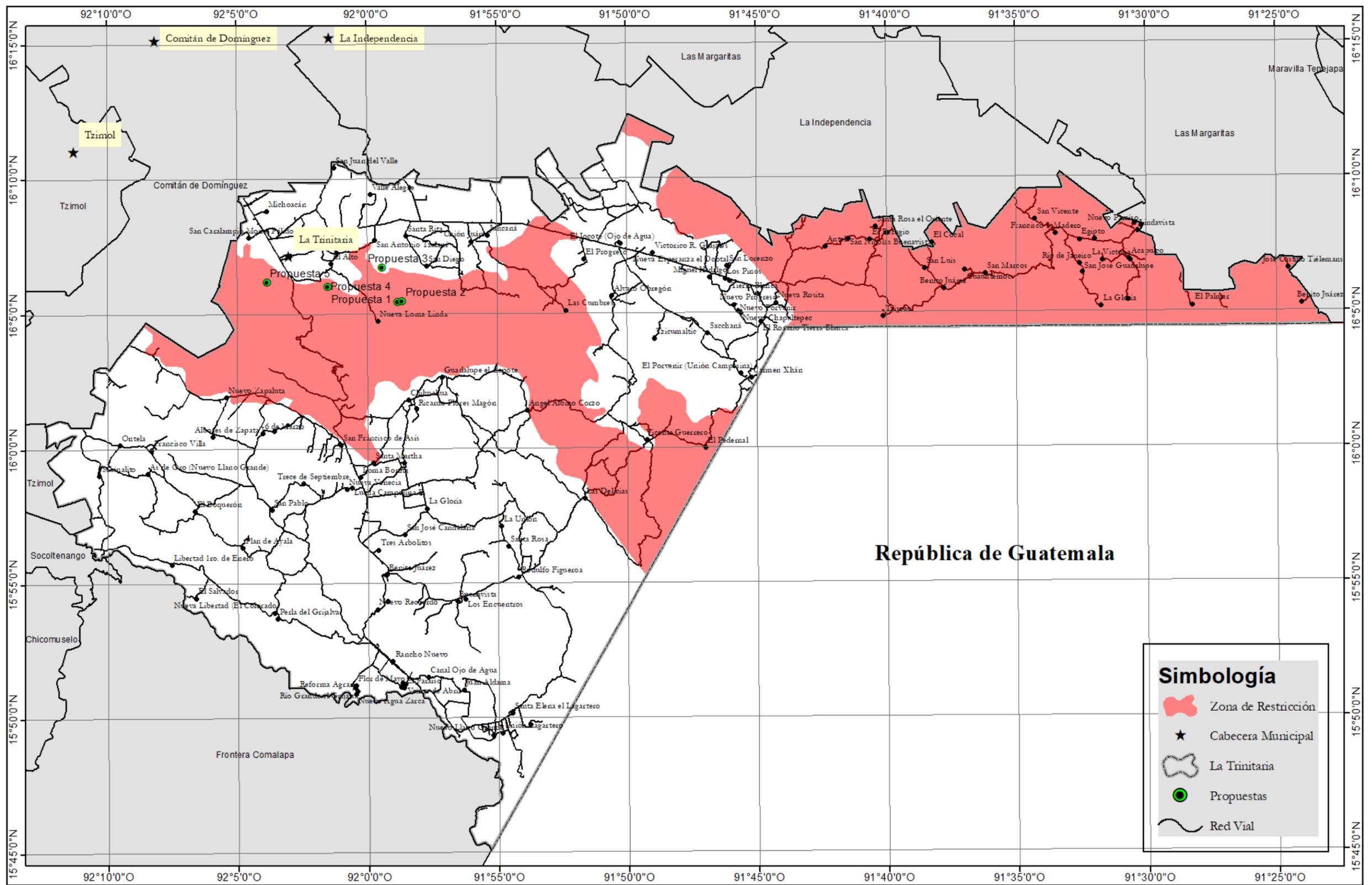












Simbología

- Zona de Restricción
- ★ Cabecera Municipal
- ⬭ La Trinitaria
- Propuestas
- Red Vial

