



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA - SIG –  
PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL MUNICIPIO DE  
CHINIQUE, QUICHÉ**

**Cesar Guillermo Sánchez Montufar**

**Julio Fredy Simón Caná**

**Ángel Aníbal Ovalle Urizar**

**Edgar Humberto Castillo Montes**

**José Ramón López**

**Edwin Daniel Gamboa Palacios**

**Dionisio Estuardo Velásquez Méndez**

Guatemala, Noviembre de 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA –SIG-  
PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS EN EL MUNICIPIO DE  
CHINIQUE, QUICHE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CESAR GUILLERMO SANCEHZ MONTUFAR**

**JULIO FREDY SIMÓN CANÁ**

**ÁNGEL ANÍBAL OVALLE URÍZAR**

**EDGAR HUMBERTO CASTILLO MONTES**

**JOSÉ RAMÓN LÓPEZ**

**EDWIN DANIEL GAMBOA PALACIOS**

**DIONISIO ESTUARDO VELÁSQUEZ MÉNDEZ**

A RECONOCERSE COMO:

**ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Justificación de la investigación.....	2
1.4. Marco conceptual .....	3
1.5. Marco referencial.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Mapa base.....	15
2.2. Producción Cartográfica para el casco urbano .....	16
2.2.1. Fotogrametría .....	16
2.2.2. Vehículo Aéreo No Tripulado.....	19
2.2.3. Aplicaciones de VANT en fotogrametría .....	20
2.3. Mapa de infraestructura y servicios .....	20
2.3.1. Callejero .....	20
2.3.2. Calles y polígonos área urbana .....	21
2.3.3. Lugares poblados, equipamiento urbano y servicios.....	21
2.4. Mapa de Análisis Multi temporal de perdida de cobertura vegetal.....	22
2.4.1. Teledetección .....	22
2.5. Mapa de precipitación y temperatura .....	28

2.5.1.	Temperatura y precipitación .....	28
2.6.	Mapa de Recursos Hídricos .....	31
2.6.1.	Ríos en el municipio de Chinique .....	31
2.6.2.	Nacimientos en el municipio de Chinique.....	34
2.7.	Mapa de Uso Potencial del suelo .....	34
3.	METODOLOGÍA .....	37
3.1.	Mapa base .....	37
3.2.	Producción Cartográfica para el casco urbano .....	41
3.2.1.	Montaje de Vant .....	41
3.2.2.	Identificación de la región a mapear.....	42
3.2.3.	Creación del plan de vuelo .....	44
3.2.4.	Obtención de datos y post proceso .....	46
3.3.	Mapa de Infraestructura y Servicios .....	47
3.3.1.	Callejero .....	47
3.3.2.	Calles y polígonos área urbana.....	50
3.3.3.	Lugares poblados, equipamiento urbano y servicios .....	55
3.4.	Mapa de análisis multi temporal de pérdida de cobertura vegetal.....	59
3.4.1.	Descarga de imágenes satelitales.....	59
3.4.2.	Recorte de bandas .....	60
3.4.3.	Generación de archivo multi bandas .....	62
3.4.4.	Clasificación supervisada .....	64
3.4.5.	Recorte de la imagen clasificada y transformación a formato vectorial .....	66
3.4.6.	Disolver polígonos.....	68
3.4.7.	Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal.....	69
3.5.	Mapa de precipitación y temperatura .....	71

3.5.1.	Procesamiento y análisis de la información .....	71
3.5.2.	Modelación de la precipitación y temperatura empleando un software GIS .....	72
3.6.	Mapa de recursos hídricos .....	79
3.6.1.	Metodología de elaboración.....	79
3.6.1.1.	Sistematización de la información en SIG .....	79
3.7.	Mapa de uso potencial del suelo .....	83
3.7.1.	Metodología .....	83
4.	RESULTADOS .....	85
4.1.	Mapa base .....	86
4.2.	Producción cartográfica para el municipio .....	87
4.3.	Mapa de infraestructura y servicios .....	94
4.4.	Mapa de análisis multi temporal de perdida de cobertura vegetal .....	101
4.5.	Mapa de precipitación y temperatura .....	106
4.6.	Mapa de recursos hídricos .....	108
4.7.	Mapa de uso potencial del suelo .....	115
	CONCLUSIONES .....	119
	RECOMENDACIONES .....	121
	BIBLIOGRAFÍA .....	123
	ANEXOS .....	127



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de un SIG .....	5
2.	Microrregiones municipio de Chinique .....	7
3.	Área urbana del municipio de Chinique.....	8
4.	Día de mercado en Chinique.....	9
5.	Procesos básicos de teledetección o percepción remota.....	23
6.	Comparación de bandas entre sensores instalados en satélites Landsat 7 y 8.....	24
7.	Modalidad de funcionamiento SCL en Landsat 7. ....	26
8.	Estaciones meteorológicas aledañas al municipio de Chinique. ....	30
9.	Mapa 1 del municipio de Chinique .....	37
10.	Mapa 2 del municipio de Chinique .....	38
11.	Mapa 3 del municipio de Chinique .....	38
12.	Mapa 1 visto en Software Google Earth.....	39
13.	Mapa 2 visto en Software Google Earth.....	40
14.	Comparación de mapas existentes con mapa elaborado.....	41
15.	VANT utilizado para la toma de fotografías aéreas. ....	42
16.	Delimitación del Casco urbano de Chinique, Quiché. ....	42
17.	Áreas de despegue/aterrizaje del VANT. ....	43
18.	Estructuras a evitar durante el vuelo .....	44
19.	Plan de vuelo en mercado central de Chinique, Quiché.....	45
20.	Mosaico con GCP del mercado de Chinique.....	46
21.	Elaboración de mapa Callejero .....	48
22.	Selección de mapa base en software Arc Gis 10 .....	48

23.	Visualización de capas y mapa base en software Arc Gis 10 .....	49
24.	Modificación de mapa callejero en software Arc Gis 10.....	49
25.	Vista de orto foto de un sector del área urbana cargada en software Arc Gis 10 .....	50
26.	Acercamiento a ortofoto de un sector del área urbana .....	51
27.	Creación de polígonos para un sector del área urbana .....	51
28.	Creación de polígonos por inmueble .....	52
29.	Sección de ortofoto utilizada para generar el mapa base .....	53
30.	Ejemplo de mapa base generado con la utilización de fotografías de un VANT .....	53
31.	Cálculo de distancia entre dos puntos .....	54
32.	Importar puntos desde una archivo .xls a software Arc Gis 10 .....	56
33.	Selección de coordenadas en Arc Gis 10 .....	56
34.	Puntos importados .....	57
35.	Creación de capa.....	57
36.	Visualización de información de mapa de servicios.....	58
37.	Banda 1 de imagen satelital Landsat 7 .....	60
38.	Banda de imagen Landsat luego de la utilización de la herramienta Clip      62	
39.	Imagen multi bandas, en la combinación de color natural .....	63
40.	Clasificación supervisada de una imagen Landsat 7 .....	66
41.	Imagen Landsat clasificada del municipio de Chinique, en formato vectorial .....	67
42.	Mapa de cobertura forestal sin editar.....	69
43.	Resultado del álgebra de mapas de cobertura forestal 2000 y 2013. ...	70
44.	Curvas de intensidad – duración - frecuencia.....	72
45.	Isoyetas del municipio de Chinique.....	75
46.	Variación de la temperatura vrs altitud.....	77
47.	Temperatura mínima absoluta .....	78



48.	Limite municipal Chinique e hidrografía .....	81
49.	Layout de mapa en proceso .....	82
50.	Insertar elementos al mapa .....	83
51.	Mapa Base del municipio de Chinique, Quiché .....	86
52.	Área cubierta por VANT .....	87
53.	Orto fotografía Municipalidad de Chinique, Quiché .....	88
54.	Orto fotografía Mercado municipal de Chinique, Quiché .....	89
55.	Orto fotografía Centro de Asistencia Permanente de Chinique, Quiché	90
56.	Modelo de elevación digital Municipalidad de Chinique, Quiché .....	91
57.	Modelo de elevación digital Mercado municipal de Chinique, Quiché ..	92
58.	Modelo de elevación digital Centro de Asistencia Permanente de Chinique, Quiché .....	93
59.	Mapa Callejero .....	94
60.	Mapa de calles y polígonos, área urbana .....	95
61.	Mapa de lugares poblados .....	96
62.	Mapa de comunidades incluidas en Censo 2002 .....	97
63.	Mapa de equipamiento urbano (cobertura institucional) .....	98
64.	Mapa de equipamiento urbano (servicios) .....	99
65.	Mapa de equipamiento urbano (escuelas públicas por Micro Región)	100
66.	Mapa de cobertura forestal del municipio de Chinique, Quiché en el año 2000 .....	103
67.	Mapa de cobertura forestal del municipio de Chinique, Quiché en el año 2013 .....	104
68.	Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal del año 2013 ..	105
69.	Mapa de temperatura mínima absoluta, municipio de Chinique .....	106
70.	Mapa de isoyetas del municipio de Chinique. ....	107
71.	Red hidrográfica del municipio de Chinique, Quiché .....	112

72.	Ubicación de nacimientos de agua, municipio de Chinique, Quiché... 113
73.	Nacimientos de agua al nor-este, municipio de Chinique, Quiché..... 114

## TABLAS

I.	Clasificación de VANT de acuerdo a sus características [4]..... 19
II.	Satélites que conforman la constelación Landsat.....25
III.	Combinaciones de bandas y sus aplicaciones en los satélites Landsat 7 y 8 .....27
IV.	Ríos, municipio de Chinique .....32
V.	Capacidad de uso de la tierra por superficie en hectáreas y porcentaje .....34
VI.	Parámetros de configuración para el vuelo.....45
VII.	Parámetros del sistema de coordenadas GTM.....58
VIII.	Criterios de búsqueda de imágenes Landsat.....59
IX.	Valores de píxel para las diferentes categorías en que se clasificaron las imágenes Landsat .....65
X.	Intensidades máximas para diferentes períodos de retorno. ....71
XI.	Intensidades de lluvia a distintos periodos de retorno para los municipios de Nebaj y Chuitinamit, del departamento de Quiché ..... 73
XII.	Temperatura mínima absoluta, para los municipios de Nebaj y Chuitinamit, del departamento de Quiché ..... 74
XIII.	Estaciones meteorológicas para el análisis en un sistema de información geográfica..... 76
XIV.	Representación de la temperatura absoluta en función de la altitud ....77
XV.	Orto fotos que demarcan el municipio de Chinique. ....80
XVI.	Área de cobertura por categoría en los años 2000 y 2013. .... 102
XVII.	Ríos, municipio de Chinique, Quiché. .... 109

XVIII.	Ubicación de nacimientos, municipio de Chinique, Quiché .....	111
XIX.	Capacidad de uso de la tierra por superficie en hectáreas y porcentaje .....	116
XX.	Datos de temperatura mínima absoluta mensual (°C) .....	127
XXI.	Datos de precipitación mensual (mm/h) .....	128
XXII.	Ubicación de nacimientos, municipio de Chinique .....	129
XXIII.	Coordenadas UTM de puntos de servicios. ....	130



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
<b>.shp</b>	Archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos
<b>.xls</b>	Archivo que contiene hojas de cálculo que permiten efectuar operaciones aritméticas y funciones con datos dispuestos en forma de tablas.
<b>.kmz</b>	Lenguaje de marcado basado en XML para representar datos geográficos en tres dimensiones



## **GLOSARIO**

<b>Banda</b>	Intervalo de longitud de onda dentro del espectro electromagnético. Se denomina banda a cada uno de los canales de adquisición de datos de un sensor.
<b>Cartografía</b>	Ciencia que se encarga del trazado y el estudio de mapas geográficos.
<b>Color natural</b>	Determinada combinación de bandas de una imagen satelital, que permite apreciar los objetos del color que lo percibe el ojo humano y que regularmente se encuentran dentro del intervalo de longitud de onda del espectro electromagnético entre 0.4 y 0.7 nanómetros.
<b>DMP</b>	Dirección Municipal de Planificación.
<b>Edafología</b>	Ciencia que se ocupa del estudio de la naturaleza y condiciones que presentan los suelos y la relación que estos mantienen con los seres vivos que viven sobre ellos.
<b>Firma espectral</b>	Longitud de onda específica que emite o refleja un cuerpo.

<b>Fotogrametría</b>	Técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas.
<b><i>Fotoprint</i></b>	Área en el suelo a cubrir por una sola fotografía aérea.
<b>Geografía</b>	Ciencia que se estudia y describe la tierra en su aspecto físico o natural.
<b>Heliosincrónica</b>	Tipo de órbita de un satélite que establece que éste pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar.
<b>In situ</b>	En el lugar, en el sitio.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>MAGA</b>	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
<b>Mapa Temático</b>	Mapa que basado en un mapa topográfico, representa cualquier fenómeno de la superficie terrestre que sea cartografiable.
<b>Ortofoto</b>	Producto cartográfico generado a partir de aerofotografías verticales obtenidas con cámara métrica.
<b>Proyección GTM</b>	Sistema de coordenadas específico para Guatemala.



<b><i>Raster</i></b>	Cualquier tipo de imagen digital representada en mallas.
<b>Resolución espacial</b>	Se refiere al tamaño de un área u objeto de la realidad, expresada en metros y que se representa en un pixel de una imagen satelital.
<b>RGB</b>	Intervalo de 0.4 a 0.7 nanómetros en el espectro electromagnético, que corresponde a la escala de los colores primarios: rojo (red), verde (Green) y azul (blue).
<b>SCL - on</b>	Modalidad de funcionamiento del satélite Landsat 7, conocido como Corrector de la Línea de Escaneo, que evitaba la duplicación de datos al capturar imágenes satelitales y funcionó hasta el año 2003.
<b>SEGEPLAN</b>	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
<b><i>Software</i></b>	Término que se aplica a los componentes no físicos de un sistema informático.
<b><i>Shapefile</i></b>	Formato vectorial de almacenamiento digital donde se guarda la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.

<b>Topografía</b>	Conjunto de técnicas y conocimientos para describir y delinear la superficie de un terreno.
<b>Tabulador</b>	Tecla que se presiona para separar concepto de significado.
<b>VANT</b>	Vehículo Aéreo No Tripulado.

## **RESUMEN**

El trabajo de graduación que se presenta a continuación, contiene un informe sobre el municipio de Chinique que se ubica en el departamento de El Quiché, para el cual se elaboró una investigación sobre distintas características físicas y ambientales así como de servicios básicos e infraestructura del lugar, lo cual se tradujo en la elaboración de un mapa base del municipio actualizado, el cual sirvió de plataforma para la elaboración de distintos mapas temáticos.

Los mapas temáticos elaborados fueron: a) Mapa base, b) Producción Cartográfica para el Casco Urbano. c) Mapa de Infraestructura y Servicios, el cual contiene las capas: Callejero, calles y polígonos área urbana, lugares poblados, equipamiento urbano y servicios, d) Mapa de Análisis Multi Temporal de Perdida de Cobertura Vegetal, e) Mapa de Precipitación y Temperatura, f) Mapa de Recursos Hídricos y de Nacimientos de agua, g) Mapa de Uso Potencial del Suelo.

La metodología utilizada para la elaboración de los distintos mapas fue variada, dependiendo del tema. Por ejemplo, para la elaboración de la Cartografía para el Casco Urbano, se utilizó un Vehículo aéreo no Tripulado (VANT) ensamblado y operado por la empresa ImásD Guatemala, el cual transportaba una cámara de alta resolución y para la cual fue necesario elaborar un plan de vuelo para la obtención de las imágenes aéreas. Para la elaboración de los Mapas, fue imperativo realizar visitas y reconocimiento de campo en el municipio de Chinique para observar las características físicas y ambientales actuales.

El estudio priorizó las áreas de interés dentro del Plan de Desarrollo Municipal de Chinique, enfocando el trabajo en congruencia con las necesidades de manejo de los recursos naturales e infraestructura local, traduciendo los resultados en forma gráfica y digital (mapas temáticos), que puedan servir de base para elaborar planes de ordenamiento y desarrollo territorial a mediano y largo plazo.

# **1. GENERALIDADES**

## **1.1. Planteamiento del problema**

Durante años, ciertas acciones antrópicas han supuesto una fuerte agresión sobre el medio, cuyas consecuencias, en muchas ocasiones, pueden considerarse hasta cierta forma irreversibles. Guatemala es uno de los países ubicados en la región de Mesoamérica que en las últimas décadas ha sido afectada y está continuamente expuesta a diferentes tipos de amenazas naturales y al alto grado de vulnerabilidad existente. Aunado a ello, y en la mayoría de los casos, la falta de estudios y programas sobre el tema de la prevención de desastres naturales para el país y la poca disponibilidad en la actualidad de información cartográfica generada al respecto, que en algunos casos es insuficiente y desactualizada o en otros casos, existe información pero es muy general, son situaciones que no permiten la creación de planes de contingencia o mitigación del impacto ambiental a nivel local, ni mucho menos planes de ordenamiento territorial, lo cual afecta negativamente el desarrollo local y pone en riesgo no solo a las poblaciones de las comunidades, sino a la infraestructura física y sobre todo a los recursos naturales.

## **1.2. Objetivos**

### **General**

Generar material cartográfico basado en la aplicación de los SIG, para contribuir al proceso de planificación y manejo sostenible de los recursos naturales, así como las actividades relacionadas al ordenamiento y desarrollo territorial municipal de Chinique, Quiché.

## **Específicos**

1. Crear una base de datos a través de la georreferenciación y digitalización de datos espaciales y tabulares para la planificación sustentable de los recursos naturales en el municipio.
2. Elaborar mapas temáticos ubicando las áreas de: Nacimientos de agua, zonas de incendios forestales, Centros de Salud, Centros Escolares y servicios.
3. Editar e imprimir los productos elaborados como resultado del análisis de información generada, adaptada y/o procesada.
4. Crear una página Web donde se pueda exponer y compartir el trabajo realizado a fin de que autoridades, académicos, estudiantes y de más sectores interesados puedan interactuar en el análisis de los mapas temáticos del municipio.

### **1.3. Justificación de la investigación**

Chinique ubicado en el departamento de El Quiché, es un municipio sometido a acciones antrópicas, con una degradación ambiental de 45%. Dentro del departamento, es uno de los municipios con mayor influencia de la agricultura en detrimento de la cobertura boscosa y de otros recursos naturales como el agua, suelos, etc., sin que en la actualidad se cuente con información técnica y cartográfica que sirva de base para la realización de planes de contingencia para minimizar el impacto ambiental o para planes de ordenamiento territorial.

Para la mayoría de los pobladores del municipio, la única forma de conocer la situación prevaleciente con respecto a los recursos naturales, es al recibir información de otras personas o realizar observaciones in situ. Desde esta perspectiva, son pocos los cambios ambientales que se perciben directa y conscientemente, pues no existen registros sistemáticos de los cambios provocados por el ser humano.

Dentro de este contexto se propone realizar el siguiente proyecto el cual tiene como objetivo, la generación y digitalización de mapas temáticos de las principales características biofísicas del municipio de Chinique a fin de poder dotar de un instrumento visual para que autoridades y población en general conozcan la situación actual con relación a los recursos naturales.

#### **1.4. Marco conceptual**

Como parte del acelerado desarrollo tecnológico de la presente era, se han generado herramientas fundamentales para el análisis de datos espaciales de gran aplicación a diversos campos, entre los que destacan los sistemas de información geográfica

Peña, J. (2006) señala que la utilización de los Sistemas de Información Geográfica –SIG- son una tecnología reciente que se fundamenta en el uso de datos espaciales y que se aplica actualmente a varias disciplinas. (pag. 1)

Por otro lado, expresa “Desde las más tempranas civilizaciones hasta la actualidad los datos espaciales han sido recopilados por los navegantes, geógrafos y agrimensores para ser almacenados en un código o forma pictórica por los cartógrafos.” (pag, 1 )

Ya en los albores del siglo XVII, cartógrafos especializados como Mercator demostraron que no sólo el uso de un sistema de proyección matemático y un

ajustado sistema de coordenadas mejoraba la fiabilidad de las medidas y la localización de las áreas de tierra, sino que el registro de fenómenos espaciales a través de un modelo convenido de distribución de fenómenos naturales y asentamientos humanos era de un valor incalculable para la navegación, para la búsqueda de rutas y en la estrategia militar. (Pag. 1)

En el siglo XVIII, los países europeos habían llegado a un estado de organización en el que la mayoría de gobiernos se había dado cuenta del valor del cartografiado sistemático de sus tierras. La Geographical Information Society fue creada a partir del establecimiento de los organismos de gobierno nacional cuyo mandato fue la producción de mapas catastrales y topográficos de todos los países. (pag 1.)

En el siglo XX la demanda de mapas topográficos y de recursos naturales ha acelerado el desarrollo de técnicas de estereofotogrametría e imagen de satélite, para la elaboración de éstos para grandes áreas con gran precisión. Al haber gran cantidad de características espaciales que pueden ser representadas en un mismo mapa, aparecen los primeros mapas temáticos creados con un propósito específico, debido a que éstos contienen la información sobre un propósito o tema único, por ejemplo: mapa geológico, topográfico, etc. (Pag. 2)

En los 60's y 70's se marca el inicio como componentes importantes, el uso de las computadoras para las tareas aplicadas a la cartografía y análisis espacial. Entre las múltiples aplicaciones de estos, se aplican actualmente en disciplinas como: La topografía, cartografía temática, geografía, ingeniería civil, planificación territorial tanto rural como urbana, fotogrametría, etc. (Pag. 2)



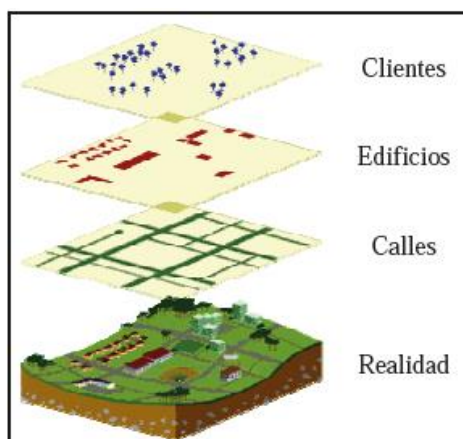
#### 1.4.1.1. Definición de los SIG

Los Sistemas de Información Geográfica –SIG-, son una tecnología nueva que permite gestionar y analizar la información espacial.

Peña, J. (2006) se refiere a Sistema de Información como la unión de la información y herramientas informáticas (programas o software) para su análisis con unos objetivos concretos. Por otra parte, al incluir el término “Geográfica” se asume que la información es especialmente explícita, es decir, incluye la posición en el espacio. (Pag. 3)

La base de un SIG, es, por tanto, una serie de capas de información espacial en formato digital que representas diversas variables (formato ráster), o bien capas que representan objetos (formato vectorial) a los que corresponden varias entradas en una base de datos enlazada. Esta estructura permite combinar en un mismo sistema, información con orígenes y formatos muy diversos, incrementando la complejidad del sistema (Pag. 3).

Figura 1. **Ejemplo de un SIG**



Fuente: Sistemas de Información Geográfica Aplicados a La Gestión del Desarrollo. 4ta. 2006.  
Edición. Alicante. 3 p.

#### **1.4.1.2. Aplicaciones de los SIG**

Las aplicaciones más usuales de los Sistemas de Información Geográfica son:

- Científicas: ciencias medioambientales y relacionadas con el espacio, desarrollo de modelos empíricos, modelización cartográfica, modelos dinámicos y teledetección.
- Gestión: cartografía automática, información pública, catastro, planificación física, ordenamiento territorial, planificación urbana, estudios de impacto ambiental, evaluaciones de recursos y seguimiento de actuaciones.
- Empresarial: marketing, estrategias de distribución, planificación de transportes y localización óptima.

#### **1.4.1.3. Definición de mapa**

Rioduero (1972 citado en X encuentro de geógrafos de A. L. 2005) define el mapa “como la representación reducida, simplificada (convencional) y generalmente plana de la superficie terrestre o de cualquier fenómeno concreto o abstracto localizable en el espacio con una determinada relación entre la extensión real y su representación, tomando en cuenta la curvatura terrestre”.

#### **1.4.1.4. Definición de mapa temático**

La Asociación Internacional de Cartografía (citado en el X encuentro de geógrafos de A. L. 2005) define “Un mapa temático es aquél que está diseñado para mostrar características o concepto particulares. En el uso convencional de los mapas, este término excluye los mapas topográficos”. (Pág. 94)

## 1.5. Marco referencial

### 1.5.1.1. Localización geográfica de Chinique

La cabecera está al oeste del riachuelo Poseleu y al este del riachuelo El Cojudo. Por la ruta departamental Quiché 2 hacia el sur-suroeste son 7½ km. a la cabecera del municipio Chiché. De allí rumbo oeste-noroeste hay 11 km. a la cabecera departamental Santa Cruz del Quiché

### 1.5.1.2. Extensión y ubicación administrativa

Chinique es un municipio del departamento del Quiché, con un área aproximada 64 km<sup>2</sup>. Colinda al norte con Santa Cruz del Quiché y San Andrés Sajcabajá; al este con Chiché y Zacualpa; al sur y al oeste con Chiché y Santa Cruz del Quiché. Actualmente se divide en 3 microrregiones conformada de la siguiente forma:

Figura 2. **Microrregiones municipio de Chinique**

MICROREGION I	MICROREGION II	MICROREGION III
Chinique Pueblo -6 Barrios -4 Zonas  Aldeas: -Ximbaxuc I -Ximbaxuc II -Las Vigas -Cordoncillo -Choaxan I  Caseríos: -Potrero Viejo -Tizatal -El Manzanillo -El Manzanillo II -Parraxquin -El Madrón -Choaxan II	Aldeas: -Tapesquillo I -Cacabal I  Caseríos: -Tapesquillo II -Tapesquillo III -Tapesquillo IV -Buena Vista I -Buena Vista II -Cacabal II -Cacabal III -Nueva Esperanza	Aldeas: -La Puerta -Agua Tibia I  Caseríos: -Agua Tibia II -Loma Alta  Colonias: -Nueva Jerusalem -Buena Vista.

Fuente: Plan de Desarrollo Chinique 2010 – 2025 SEGEPLAN.

### **1.5.1.3. Demografía**

#### **1.5.1.3.1. Población**

Según el Centro de Atención Permanente de Chinique, CAP (2010 citado en el Diagnóstico del Municipio de Chinique 2010), El municipio cuenta con 10,900 habitantes. El 82 % vive en el área rural y el 18% vive en el área urbana, encontrándose 620 viviendas en el área urbana y 1,544 viviendas en el área rural. El 51 % de los habitantes son mujeres y el 49% son hombres. (Pág. 10)

Figura 3. **Área urbana del municipio de Chinique**



Fuente: Elaboración propia.

### **1.5.1.4. Aspectos socio económicos**

#### **1.5.1.4.1. Economía**

De acuerdo al Diagnóstico del Municipio de Chinique (2010), en el ámbito de la economía local, gran parte de los habitantes se dedican a la agricultura tradicional, como lo es la siembra de maíz, papa, haba, hortalizas, y otros, así como también a la transacción de los granos básicos todos los días de la

semana, principalmente los días viernes y domingos de cada semana, donde se inicia dese muy temprano en la plaza del municipio, asistiendo vecinos de la localidad así como comerciante de varios lugares y municipios vecinos. (Pág. 10)

Figura 4. **Día de mercado en Chinique**



Fuente: Elaboración propia.

#### **1.5.1.4.2. Agricultura**

La mayor parte de las tierras que comprende el municipio de Chinique son de propiedad privada. Según los datos reportados por el III Censo Nacional Agropecuario de 1979, la mayor parte de las tierras ocupadas, tienen una extensión de 1 a 7 hectáreas. Los habitantes del municipio, conservan de 1 a 7 hectáreas por familia de éstos el 98% es propietario y el 2% es beneficiario o arrendador.

La economía del municipio se basa en la agricultura, destacándose principalmente los cultivos de maíz y frijol, sembrándose un área aproximada de 673 hectáreas, con lo que se obtiene una producción promedio de 48 quintales

de maíz por hectárea y 12 quintales de frijol por hectárea y respecto a los cultivos secundarios se mencionan: papa, repollo, coliflor y hielvas en general, aguacate, durazno y cítricos.

#### **1.5.1.4.3. Silvicultura**

Chinique tiene potencial boscoso, cuenta con especies de pino y ciprés y otras especies de árboles, pero debido a la tala inmoderada y al no contar con programas municipales que velen por el manejo de los mismos no se cuenta con prácticas de manejo adecuado de los bosques en el área.

#### **1.5.1.4.4. Pecuario**

En este aspecto en el ámbito municipal, las principales especies que se encuentra son las aves de corral, y se emplean para la venta y consumo, lo que les genera un ingreso monetario a los propietarios.

#### **1.5.1.4.5. Ganadería**

Se trabaja especialmente ganado, ovejas y cabras. Les ha dado buenos resultados a aquellas personas que no tienen terrenos para ocuparse de la actividad agronómica.

#### **1.5.1.4.6. Turismo**

Actualmente el municipio cuenta con un área de potencial turístico declarado, es el parque regional municipal la Vega del Zope, es un lugar caracterizado por tener un bosque antiguo, que al proporcionarle un manejo adecuado, puede constituirse en un área turística natural. Otras áreas de

atracción turística son el centro Recreativo Agua Tibia y El Chorro Blanco ambas con áreas verdes perfectas para días de campo.

#### **1.5.1.5. Aspectos físico socio económicos**

##### **1.5.1.5.1. Climatología**

El clima que predomina es templado, debido a la altitud donde se encuentra ubicado el lugar, existen temperaturas que oscilan entre 6 a 26° centígrados, con una temperatura media de 15° centígrados.

##### **1.5.1.5.2. Zonas de vida**

La zona ecológica de vida que se encuentra es. Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical Y Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical. Zonas de vida que abarca la extensión territorial del municipio, con bosques mixtos con cierta dominancia de coníferas.

##### **1.5.1.5.3. Áreas protegidas**

Hoy en día solo existe un área protegida como parque Regional Municipal identificada así por el Consejo Nacional de áreas Protegidas CONAP, se trata de la Vega del Zope con un área de 39 Hectáreas.

##### **1.5.1.5.4. Situación Edáfica**

Los suelos del municipio presentan varios tipos de textura, que van de francos arcillosos a limosos, por lo que siempre se mantienen húmedos y moderados drenajes, compuestos con un buen porcentaje de materia orgánica.

De acuerdo a la clasificación de los suelos de Guatemala: según Charles S. Simmons, José Manuel Tarano T. y José Humberto Pinto Z. Clasificándose en el grupo I. De suelos. La topografía de los suelos del municipio oscila entre el 5% al 56% de pendiente.

#### **1.5.1.5.5. Hidrografía**

Entre los principales ríos se encuentran: el río Cucabaj, el río Pactzé, el río Tupilaj y el río Cacabal.

#### **1.5.1.5.6. Flora**

Las especies más comunes que se encuentran en el municipio son las siguientes:

Ciprés (*Cupresus lusitánica*), pinabete (*Abiesguatemalensis*), eucalipto (*Eucaliptus Sp*), aliso (*Alnuspp*), roble (*Quercusspp*), encino (*Quercusspp*), madron (*Quercusspp*), cerezo (*Prunusavium*), canaque (*Chiranthadendrom*), salvia (*Salvia impia alba*) pino blanco. (*Pinus ayacahuite*), saúco (*Sanbucus mexicana*).

Dentro de las principales especies, frutales de la región se encuentran las siguientes: Cerezo (*Prunusavium*), Manzano (*Maluscomunis*), Durazno (*Prunus pérsica*), Ciruelo (*Prunus azulado*).

Las principales especies ornamentales encontramos las siguientes: Crisantemo (*Crisantemun*), Gladiolo (*Gladiola sp*), Clavel (*Dyanthuscaryophilus*), Dalia (*Dalia sp*), Rosa (*Rosa chinensis*), Margarita (*Chrysanthenumsp*), Cartucho (*Anturiummontanum*), Geranio (*Pelargoniumchinensis*), Pensamiento (*Viola sp*), Petunia (*Petunia híbrida*), Pitalla (*Hylocereusspp*), Violeta (*Santpauliainoanthawendi*), Gladeola (*Gladiolos spp*), Azucena (*LiliIMSpp*), China (*Himpatienssuktani*).



Dentro las especies medicinales se encuentran, ruda, (*Ruta clalepensis*), Salvia santa (*Buddleja americana*), sábila (*Aloe vera*), hierbabuena (*Menthacitrata*), hinojo (*Foeniculumvulgare*), mejorana (*Ajeratumconyzoides*), altamisa (*Chrysanthnumparthenium*), apasote (*Teloxisambrosioides*), Verbena (*Verbena litoralis*), manzanilla (*Crotaecus pubescen*). Además se encuentran especies forrajeras tales como. Maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), dácilo (*Dactylusglomerata*), cebada (*Hordeumvulgare*), setaria (*Setariasp*), y Kikuyu (*Penisetumclandestinum*).



## **2. MARCO TEÓRICO**

A continuación se presentan los fundamentos teóricos específicos para la realización de cada uno de los mapas.

### **2.1. Mapa base**

El municipio de Chinique, departamento de Quiché, actualmente cuenta en la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad con distintos mapas que representan su delimitación geográfica. Según información proporcionada por ésta Dirección de uno de los mapas se desconoce sobre su elaboración y otro fue elaborado con personal de la Secretaria General de Planificación, personal de la Dirección Municipal de Planificación, Consejos Comunitarios de Desarrollo y vecinos de Chinique, como parte de la realización del plan de desarrollo municipal 2010 – 2025.

Al hacer una revisión detallada de cada uno de los mapas mencionados anteriormente, así como realizar una comparación entre algunos de estos que muestran información de límites geográficos de municipios vecinos, se pudo concluir que ninguno de los anteriores representa los límites reales del municipio, esto en base a información de la Dirección Municipal de Planificación, vecinos de las comunidades ubicadas sobre el perímetro del municipio y comparaciones realizadas con información de los municipios vecinos al municipio, Zacualpa, Santa Cruz del Quiché, San Andrés y Santo Tomás Chiché.

De esta manera para éste proyecto se realizó un nuevo mapa, como un aporte de un documento técnico sobre el cual se trabajarán los distintos mapas temáticos.

## **2.2. Producción Cartográfica para el casco urbano**

### **2.2.1. Fotogrametría**

De acuerdo a la Sociedad Americana de Fotogrametría y Teledetección, «la fotogrametría es el arte, ciencia y tecnología para la obtención de medidas fiables de objetos físicos y su entorno, a través de grabación, medida e interpretación de imágenes y patrones de energía electromagnética radiante y otros fenómenos.» [1] Por lo tanto es preciso afirmar que la fotogrametría es la ciencia que permite obtener mediciones de un objeto a partir de fotografías del mismo.

En 1859 el arquitecto Meydenbauer utilizó intersecciones de fotografías para elaborar levantamientos, a esta técnica la denominó fotogrametría, dando origen al nombre. En 1901 Pulfrich inventó el estereocomparador, el cual permite identificar puntos homólogos a partir de la visión estereoscópica. Con la aparición de los aviones en 1909 se inicia la captura de fotografías aéreas, las cuales se habían realizado con globos aerostáticos. [1]

En 1960 se inicia el desarrollo de la fotogrametría analítica, gracias a la aparición de los ordenadores, los cuales remplazaron el proceso de restitución mediante métodos ópticos y mecánicos por el poder computacional. La fotogrametría digital inicia en los años 90, con los restituidores digitales, lo cual permite orientar en tiempo real las imágenes digitales. [1]

En la actualidad se trabaja utilizando fotogrametría digital, con lo que se obtienen imágenes aéreas o de satélite. Para obtener las imágenes se utilizan cámaras aerotransportadas, estas cámaras pueden ser analógicas o digitales.

En el caso de las primeras es necesario realizar un escaneo para posteriormente poder realizar el proceso fotogramétrico digital. [1]

#### **2.2.1.1. Tipos de Fotografías Aéreas**

Las fotografías aéreas se pueden clasificar de acuerdo al ángulo de la fotografía, especificaciones técnicas y uso de la fotografía, a continuación se detallan las características de cada una de ellas.

##### **2.2.1.1.1. Según el ángulo de la fotografía**

- Fotografía vertical: El lente de la cámara al momento de la exposición se encuentra paralelo a la línea cenit-nadir, es decir vertical.
- Fotografía oblicua: Fotografías obtenidas con cierto ángulo de inclinación, este tipo de fotografía permite cubrir una extensión muy grande de terreno. Este tipo de fotografía se utiliza únicamente como referencia debido a que la generación de mapas es extremadamente difícil.

##### **2.2.1.1.2. Especificaciones técnicas**

- Según la escala: En el campo forestal, fotointerpretación y cartografía de recursos naturales se emplean usualmente escalas entre 1:10,000 y 1:20,000, por otro lado las escalas de 1:1,000 a 1:10 000 se utiliza para fotointerpretación detallada y mapas a gran escala.

- Lente y cámara: De acuerdo a la longitud(es) de onda que la cámara puede captar.
- Estación del año: La estación del año puede modificar en gran medida los resultados, principalmente en fotografía de cultivos. Por otro lado las condiciones climáticas para el vuelo afectan factores como la nubosidad y lluvias en la región de interés.

#### **2.2.1.1.3. Uso de las fotografías**

- No corregidas: Es una imagen sin ningún tipo de corrección o post proceso, son aptas para la mayoría de usos, requieren menos espacio en bytes para almacenarlas.
- Rectificadas: En este tipo de fotografía se ha compensado la inclinación para poder preparar impresiones rectificadas, lo cual permite obtener fotografías corregidas y proyectadas a un plano horizontal.
- Mosaicos: Grupo de fotografías que forman una fotografía compuesta.

#### **2.2.1.1.4. Problema fundamental de la fotogrametría**

Para generar la reconstrucción geométrica a partir de una fotografía aérea es necesario generar la reconstrucción de rayos homólogos, los cuales comparten puntos en común en tierra y puntos de vista distintos. [1] A continuación se presenta gráficamente la explicación.

Los puntos S1 y S2 representan los dos puntos de vista de las imágenes que se proyectan a los mismos puntos A, B, C en tierra.

#### 2.2.1.1.5. Proceso fotogramétrico

- Conocer las propiedades y características físicas de la cámara.
- Determinar la posición relativa de un haz respecto a otro a partir de puntos homólogos en la fotografía.
- Adición de sistemas de coordenadas de terreno, orientación absoluta.
- Identificación de rayos homólogos y puntos del objeto. Restitución.

#### 2.2.2. Vehículo Aéreo No Tripulado

El nombre de vehículo aéreo no tripulado (VANT por sus siglas en español) se refiere a todo vehículo que tenga la capacidad de volar sin ninguna persona a bordo que la controle. Los modelos de radio control (RC) forman parte también de los VANT en la clasificación de corto y medio alcance, dependen de factores como el tamaño, rango de control y altitud de vuelo. [3]

Tabla I. Clasificación de VANT de acuerdo a sus características [4]

Categoría	Masa [kg]	Rango [kg]	Altitud de vuelo [m]	Tiempo de vuelo [h]
Micro	<5	<10	250	1
Mini	<35	<10	150-300	<2
Rango Corto	35-150	10-30	3000	2-4
Rango Medio	50-250	30-70	3000	3-6
Rango Largo	>250	>70	>3000	>6

Fuente: Tahar, K. Ahmad, A. (2012). *A simulation study on the capabilities of rotor wing unmanned aerial vehicle in aerial terrain mapping*. Página 2.

### **2.2.3. Aplicaciones de VANT en fotogrametría**

Las principales aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados son en el campo de la observación para realizar mantenimientos, vigilancia y monitoreo remoto. [3]

Debido a la practicidad que ofrecen los VANT para volar a alturas menores a 300m son una plataforma ideal para transportar cámaras y fotografiar el terreno o las regiones de interés.

### **2.3. Mapa de infraestructura y servicios**

El mapa de infraestructura y servicios contiene las siguientes capas:

- Callejero
- Lugares poblados
- Equipamiento urbano
- Servicios.

#### **2.3.1. Callejero**

Como parte de la realización del plan de desarrollo municipal 2010 – 2025 la Secretaria General de Planificación, con sede Departamental en Santa Cruz del Quiché realizó una capa callejera del municipio, para lo cual se utilizaron como base las ortofotos realizadas al país en el año 2006, por lo que para este proyecto se buscó actualizar la información de ésta capa debido a las ampliaciones o aperturas de nuevos caminos que pudieron realizarse en los últimos 8 años. Para ello era necesario contar con información cartográfica más reciente, por lo que se recurrió a una herramienta del software ArcGis versión 10.0, la cual permite agregar un mapa base, si se cuenta con una conexión a internet.



### **2.3.2. Calles y polígonos área urbana**

Utilizando las fotografías generadas a través del vehículo aéreo no tripulado para ciertas zonas del área urbana, se realizó un ejemplo del mapa base que puede generarse aprovechando la precisión de éstas fotografías, el cual puede ser de bastante utilidad para las municipalidades en temas de control de recaudación como el IUSI, servicio de agua potable, alcantarillado sanitario, etc.

### **2.3.3. Lugares poblados, equipamiento urbano y servicios**

#### **2.3.3.1. Equipo y procedimiento para recopilación de información**

En la actualidad para realizar un levantado de información se cuenta con dispositivos que permiten realizar la toma de datos de una manera práctica y eficiente, entre ellos están:

Aplicación GPS Status: esta aplicación utiliza una interfaz estándar para el sistema operativo android (gris, blanco y negro), es de descarga gratuita y permite obtener la posición geográfica utilizando un sistema convencional de satélites. Al abrir la aplicación en un teléfono inteligente aparecerá en pantalla:

Un círculo exterior que representa el horizonte

Otro círculo central que corresponde al cenit sobre la posición de la persona.

La flecha roja que representa el norte real y la flecha azul que representa el sur.

Cada satélite se presenta como un punto que variará de color según la intensidad de la señal

La latitud y longitud en coordenadas geográficas (grados, minutos y segundos)

GPS Garmin: con este GPS se tomaron también algunos puntos para la ubicación de los servicios. La latitud y longitud en coordenadas geográficas.

Con los dos dispositivos anteriores se logra una precisión al georreferenciar puntos de hasta 3 a 4 metros.

## **2.4. Mapa de Análisis Multi temporal de perdida de cobertura vegetal**

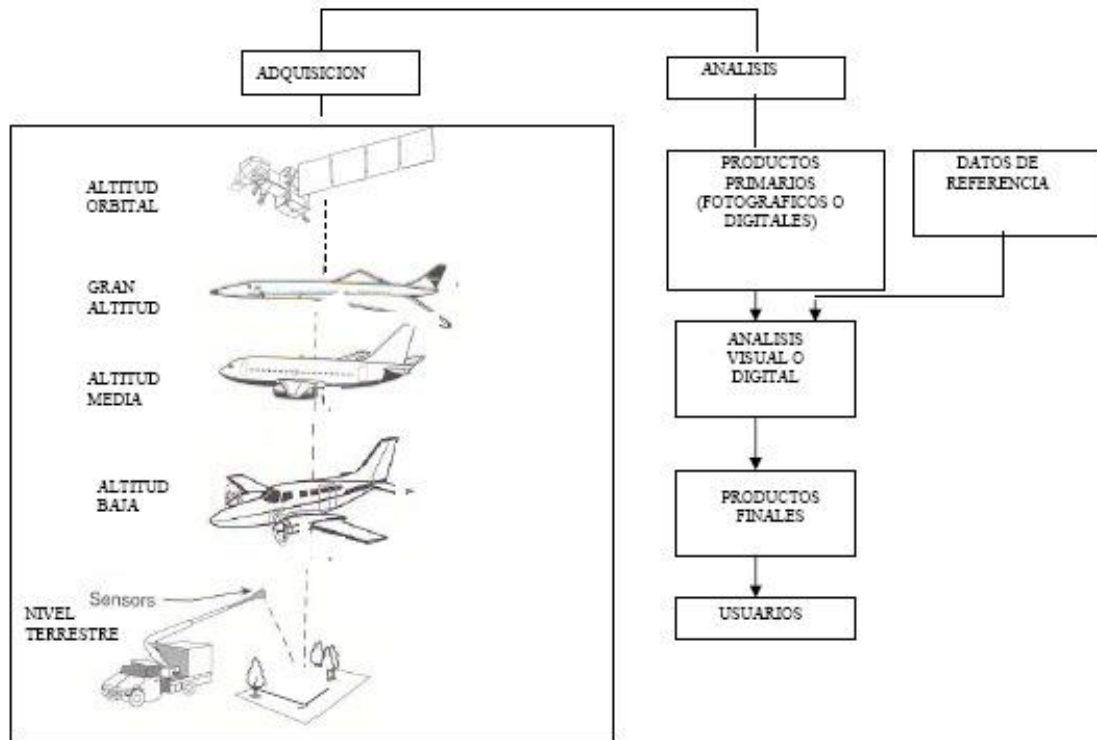
### **2.4.1. Teledetección**

La teledetección o percepción remota consiste en obtener información de un área, objeto o fenómeno a través del análisis de datos adquiridos mediante algún dispositivo, o sensor, que no está en contacto físico con el objeto, área o fenómeno investigados. La percepción remota involucra dos procesos básicos:

- Adquisición de datos desde plataformas con sensores adecuados.
- Análisis de los datos, mediante dispositivos visuales o digitales.

Muchas veces la información adquirida se complementa con datos de referencia ya existentes de la región de estudio (mapas de suelos, estadísticas de cosechas, planos catastrales, etc.). Toda esta información es combinada en capas de información en lo que usualmente se denomina un SIG.

Figura 5. **Procesos básicos de teledetección o percepción remota.**

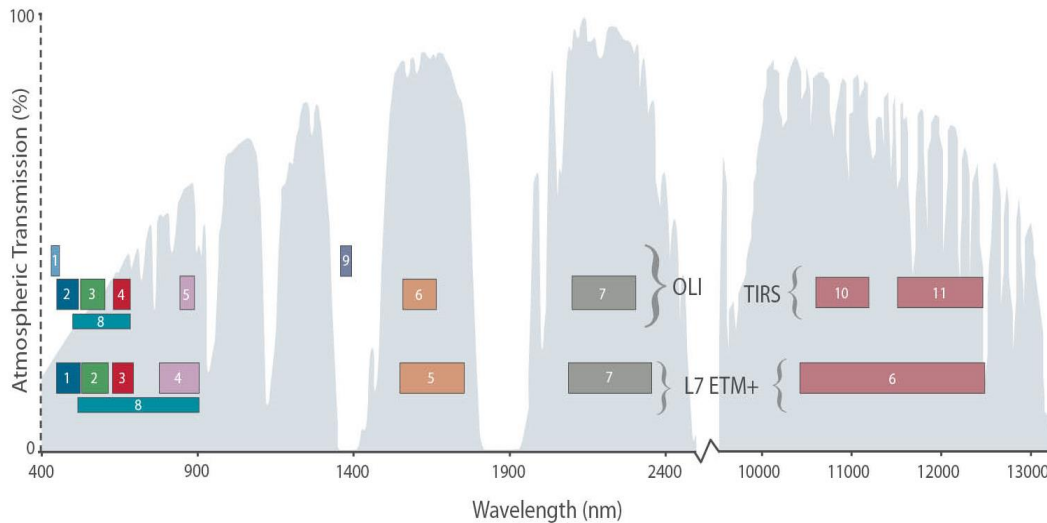


Fuente: Sitio web [www.teledet.com.uy](http://www.teledet.com.uy)

La información contenida en la radiación electromagnética, producto de la emisión o reflectancia de los cuerpos, puede capturarse para posteriormente procesarse mediante el uso de dispositivos conocidos como sensores.

Satélites equipados con diferentes sensores, constituyen en la actualidad una de las formas más avanzadas de teledetección, por ejemplo, el satélite Landsat 7 contiene el sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), mientras que el satélite Landsat 8 contiene los sensores OLI y TIRS; todos los sensores anteriormente mencionados permiten capturar información de radiación electromagnética y organizarla en bandas según su longitud de onda, tal como se muestra en la figura 7.

**Figura 6. Comparación de bandas entre sensores instalados en satélites Landsat 7 y 8**



Fuente: USGS (United States Geological Survey)

La tecnología de los satélites surgió inicialmente con fines bélicos y posteriormente fue adaptada para otros fines antropogénicos como el monitoreo de los recursos terrestres. La constelación Landsat fue conformada por 8 satélites que provenían conceptual y estructuralmente de los satélites Nimbus y paralelamente a los avances tecnológicos, fueron equipados con instrumentos para captar mayor información de la superficie terrestre, aumentando su precisión y detalle, de ahí sus mejoras radiométricas, geométricas y espaciales.

De la constelación Landsat actualmente se encuentran activos y en órbita sólo el Landsat 5, 7 y 8, tal como se detalla en la tabla 2.

Tabla II. **Satélites que conforman la constelación Landsat**

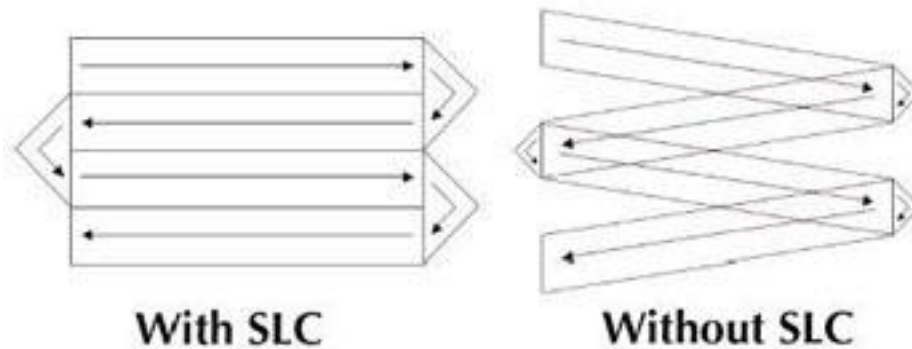
<b>Satélite</b>	<b>Fecha de lanzamiento</b>	<b>Fin de operación</b>
ERTS 1 ó Landsat 1	23-julio-1972	05-enero-1978
Landsat 2	22-enero-1975	27-julio-1983
Landsat 3	05-marzo-1978	07-septiembre-1993
Landsat 4	16-julio-1982	1983
Landsat 5	01-marzo-1984	EN OPERACIÓN
Landsat 6	03-octubre-1993	03-octubre-1993
Landsat 7	1998	EN OPERACIÓN
Landsat 8	11-feb-2013	EN OPERACIÓN

Fuente: INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)

De acuerdo con el *Servicio Geológico de los Estados Unidos –USGS–* (por sus siglas en inglés) el Landsat-7 tiene la capacidad de recolectar y transmitir 532 imágenes por día y es capaz de recorrer la superficie terrestre en un lapso de 15 días, en una órbita heliosincrónica (Tipo de órbita de un satélite que establece que éste pasa siempre a la misma hora por un determinado lugar). Este satélite se encuentra equipado con el sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) que es un escáner óptico-electrónico que enfoca la radiación sobre un arreglo de líneas de detectores, conocido como modo SCL (Scan Line Corrector).

La modalidad SCL permitía al Landsat 7 capturar imágenes sin que existieran áreas de traslape muy grandes entre cada línea de barrido, lo que se reflejaba en no repetir datos de la imagen en sus diferentes bandas. En el año 2003 el Landsat 7 sufrió desperfectos técnicos que inhabilitaron la modalidad de funcionamiento SCL, por lo que ahora las líneas de barrido realizan un movimiento de zigzag (imagen 2) que se refleja en la duplicación de la información capturada y se evidencia al observar líneas negras longitudinales intermitentes (anexo 1) que se reducen a manera que se acerca al centro de la imagen y son más pronunciadas en los extremos.

Figura 7. **Modalidad de funcionamiento SCL en Landsat 7.**



Fuente: USGS (Geological Survey, US)

El satélite Landsat 8 fue declarado operacional el 30 de mayo de 2013. Este satélite de órbita heliosincrónica se encuentra equipado con el sensor OLI (*Operational Land Imager*) que capta el espectro visible, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta y el sensor TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) que mide la temperatura de la superficie terrestre mediante dos bandas del infrarrojo térmico. El Landsat 8 tiene un tiempo de revisita de 16 días, realizando 233 ciclos orbitales y ofrece imágenes compuestas por 11 bandas, con resolución espacial de 30 m en multiespectral y 15 m en pancromático.

Las imágenes que proporcionan los satélites Landsat 7 y 8 se encuentran compuestas por 6 y 11 bandas respectivamente. Debido a que los cuerpos terrestres emiten diferentes longitudes de onda medibles en el espectro electromagnético, las bandas se pueden combinar para analizar una faja espectral que tiene una aplicación determinada.

Tabla III. **Combinaciones de bandas y sus aplicaciones en los satélites Landsat 7 y 8**

Color	Combinación de bandas		Aplicación
	Landsat 7	Landsat 8	
Natural	3, 2, 1	4, 3, 2	Realzar la información del agua: turbidez, corrientes y sedimentos en suspensión. Las áreas urbanas aparecen en tonos marrón y la vegetación en tonos verdes. Representa las imágenes de igual forma que las percibe el ojo humano.
Infrarrojo cercano	4, 3, 2	5, 4, 3	Identificar los límites entre suelo y agua. La banda del infrarrojo es sensible a la clorofila, permitiendo la identificación de variaciones de la vegetación, que aparece en tonos rojos.

Fuente: USGS (United States Geological Survey) e INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía)

La información proporcionada por los satélites Landsat debe procesarse para poder ser analizada. Actualmente existen diferentes programas que facilitan este proceso, siendo ERDAS y ArcGis algunos de los más usados. Una de las opciones que ofrece ERDAS es la clasificación de imágenes satelitales para determinar el tipo de cuerpo u objeto que se está observando de acuerdo a su longitud de onda emitida.

La clasificación de imágenes en ERDAS puede hacerse de manera supervisada y no supervisada y la diferencia principal radica que en la clasificación supervisada es el usuario quien le define al programa las firmas espectrales (longitud de onda específica que emite o refleja un cuerpo) para identificar los cuerpos, mientras que en la clasificación no supervisada el programa define las firmas espectrales por sí mismo.

Un análisis multi temporal consiste en procesar, estudiar, analizar y comparar bajo los mismos parámetros dos imágenes satelitales de diferente fecha y de un mismo lugar con el objetivo de determinar cambios durante un período determinado. La identificación de cuerpos u objetos en un área mediante una clasificación supervisada con el programa ERDAS, como parte de un análisis multi temporal, se complementa con análisis raster, vectorial y de edición de mapas con el programa ArcGis 10.1.

Al contar con dos mapas de cobertura forestal de diferentes fechas, se puede obtener un mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal mediante sobre posición de mapas, que es posible con el programa ArcGis 10.1. Este tipo de análisis proporciona herramientas para mejorar la administración de recursos naturales, ya que identifica cambios que ocurren en un área o ecosistema.

## **2.5. Mapa de precipitación y temperatura**

### **2.5.1. Temperatura y precipitación**

El clima que predomina en el municipio de Chinique es regularmente templado, debido a su altitud que varía de 1,648 a 2,400 metros sobre el nivel del mar respectivamente. La biotemperatura varía de 15°C a los 23°C, con una precipitación promedio anual de 800 mm

Para la interpretación de los datos de precipitación mensual y obtener una ecuación matemática, se representa por medio de las curvas de intensidad-duración-frecuencia, la cual es generalmente empírica. Entre la intensidad de una precipitación, su duración y la frecuencia con la que se observa el evento. La frecuencia de una precipitación puede caracterizarse mediante periodos de retorno, definiéndose como la inversa de la frecuencia.



Las curvas IDF, pueden tomar diferentes expresiones matemáticas, teóricas o empíricas. Ajustándose los datos de una estación meteorológica para cada duración, por ejemplo 5, 10, 15 minutos; se fija una frecuencia o periodo de retorno determinado. Por lo tanto, la curva viene dada por la unión de los puntos de igual frecuencia de ocurrencia y diferente duración e intensidad cuya variable se justifica físicamente, pero presenta parámetros que deben estimarse mediante ajustes empíricos. En la actualidad la manera de construir las curvas IDF, es considerar que la probabilidad con la que se describen estos fenómenos esta entrelazada a una expresión empírica; pues muchas no se dispone de datos suficientes, recurriendo a las curvas generadas correspondientes a el lugar de estudio.

### **Duración de la lluvia**

Normalmente la duración de la lluvia de diseño considerada, es igual al tiempo de concentración  $t_c$  para el área de drenaje en estudio, debido a que al cabo de dicho tiempo la escorrentía alcanza su máximo valor, al contribuir toda la zona de influencia aportante al flujo en la salida.

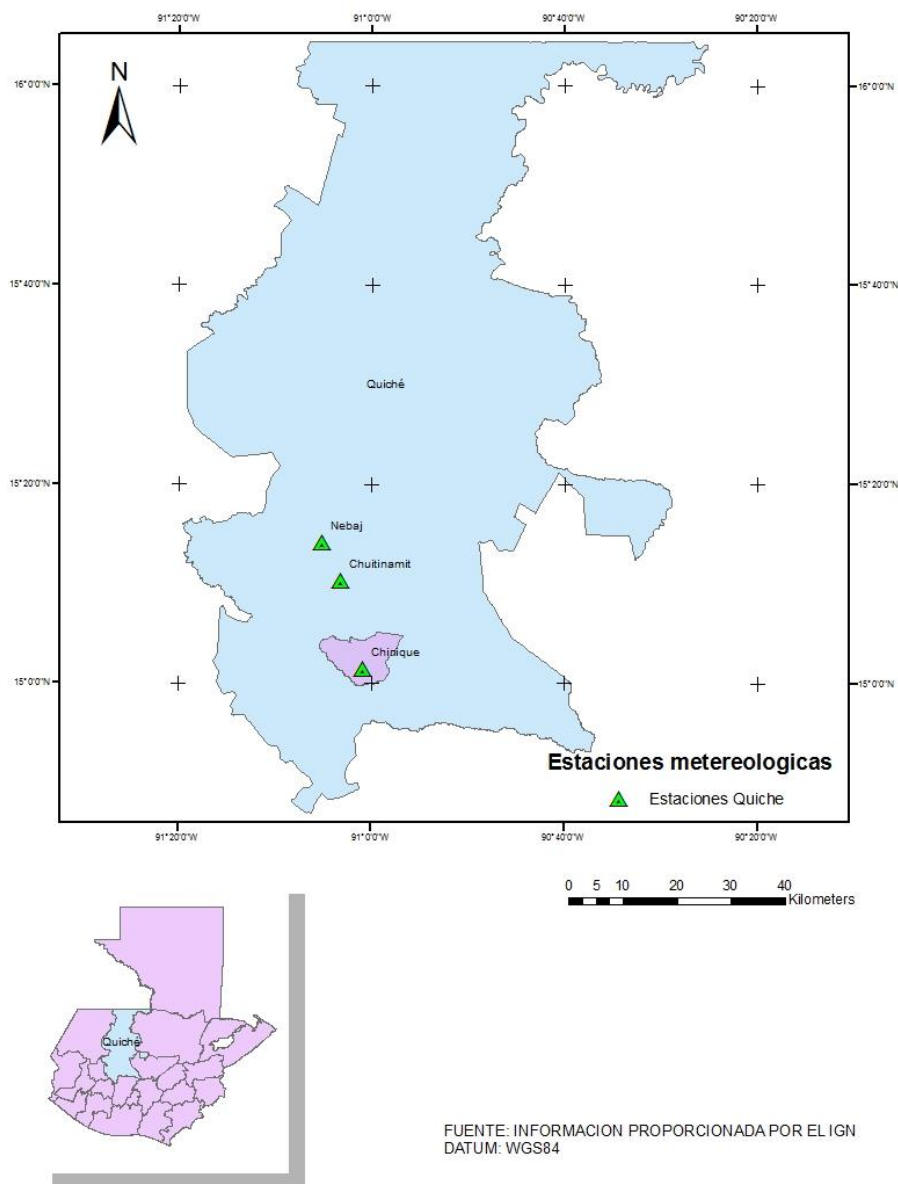
### **Periodo de retorno**

El periodo de retorno  $T_r$ , está ligado a la importancia de la obra. Así, para efectos de diseño dicho valor, se selecciona de acuerdo a los estándares o requerimiento de diseño y/o por juicio de un experto.

### **Información utilizada**

Se emplearon los registros de precipitación horaria del INSIVUMEH, con periodos de registro de 30 años, en las tablas: Datos de temperatura mínima absoluta mensual y Datos de precipitación mensual en el anexo de este documento puede apreciarse los datos como la lluvia promedio mensual.

Figura 8. **Estaciones meteorológicas aledañas al municipio de Chinique.**



Fuente: Elaboración propia.

## **2.6. Mapa de Recursos Hídricos**

### **2.6.1. Ríos en el municipio de Chinique**

- Patzé, el cual se utiliza como desfogue de las aguas servidas municipales y de la aldea Agua Tibia.
- Cucabaj, el cual es límite entre los municipios de Chinique y Chiché, ambos del departamento de El Quiché.
- Ximbaxuc
- Tupilaj
- Cacabal
- Sibacá
- Cojotz, nace en Buena vista, Primer Centro.
- La Quebrada Parraxquim

Todos los ríos son afluentes del río Motagua, y en época de verano su caudal disminuye en un 60% y no son navegables. Todos están contaminados con desechos sólidos y líquidos (cuadro 3). Existen 2 sub cuencas y la más grande es la del Rancho Viejo con 5,571 hectáreas, la cual es la más degradada, la que posee los ríos y 5 de los 6 nacimientos que abastecen el municipio; comprende el 80% de los lugares poblados, excepto El Chalum, El Coyegual, San José el Coyegual y Los Cipresales.

En la mayor parte del territorio de Guatemala se ha demostrado que la contaminación de los ríos, la falta de leyes y reglamentos para la administración eficiente de los recursos hídricos, la débil administración de las municipalidades, la poca sensibilización de la sociedad civil en el cuidado del agua, hace que exista una débil gobernabilidad en el tema del agua.

La contaminación de los recursos hídricos tiene un gran impacto en la salud de las mujeres y de los niños y niñas. Esto se refleja claramente en la morbilidad y mortalidad de menores de 4 años en el municipio de Chinique, en donde la atención a las enfermedades como diarreas ha aumentado en la población infantil dándose 88 casos en el 2009, esto debido a la aparición de enfermedades como el rotavirus y consumo de agua contaminada, (tomando en cuenta que los mantos freáticos se encuentran contaminado en su mayor parte). (Plan de Desarrollo Municipal Chinique. SEGEPLAN. 2010.).

Tabla IV. **Ríos, municipio de Chinique**

No.	NOMBRE	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN	ESTADO ACTUAL	NATURALEZA
1	Cucabaj	Río	Sirve de límite entre el municipio de Chinique y el municipio de Chiché	Contaminado	Curso de agua intermitente (Wadi o Aluvión), menor de 18 metros de ancho.
2	Pactzé	Río	Se utiliza como desfogue de las aguas servidas municipales y de la aldea Agua Tibia.	Contaminado	Río perenne, menor de 18 metros de ancho.
3	Tupilaj	Río	Ubicado al norte de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 metros de

					ancho.
4	Sibacá	Río	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho.
5	Ximbacuc	Río	Ubicado al noroeste del municipio	Contaminado	Curso de agua intermitente (aluvión).
6	Cacabal	Río	Ubicado al noreste de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho.
7	Cojotz	Río	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho
8	Parrax-quim	Quebrada	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Curso de agua intermitente (aluvión).

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior muestra las condiciones de la red hidrográfica del municipio de Chinique, los cuales se han deteriorado por el uso inadecuado de la población, muestra de ello es que dos riachuelos se utilizan como drenajes. La pérdida del caudal ha sido hasta en un 50%.

## 2.6.2. Nacimientos en el municipio de Chinique

Para la elaboración del mapa se siguió la misma metodología utilizada en el mapa de red hidrográfica. Se ha determinado un total de 42 nacimientos de agua para Chinique, de estos, el 50% se ubican dentro del municipio y el otro 50% se ubican en otros municipios colindantes. En el anexo de este documento se muestra la tabla: Ubicación de nacimientos, municipio de Chinique en la cual se describen algunos de los nacimientos georreferenciados en el municipio.

## 2.7. Mapa de Uso Potencial del suelo

La Republica de Guatemala se encuentra situada en América Central entre las coordenadas geográficas: 13° 44' – 18° 3' Latitud Norte y 87° 03'- 92° 13' Longitud oeste en el meridiano de Greenwich. Limita al norte y oeste con México; al sur con el océano pacifico, al Este con Belice, Honduras, El Salvador y el océano Atlántico posee una extensión territorial de 108,889 Kilómetros cuadrados.

Tabla V. **Capacidad de uso de la tierra por superficie en hectáreas y porcentaje**

No.	Clase de capacidad	Capacidad	Aptitud de uso	Superficie		
				ha	%	%/Tipo de Uso
1	I	Cultivos agrícolas	Sin Limitaciones	119,782,7	1,1	34.4
2	II			744,149,8	6,9	
3	III		Con limitaciones	1,829,649,2	16,9	
4	IV			1,035,945,8	9,5	
5	V	Cultivos agrícolas no arables	Pecuario	243,799,9	2,3	17
6	VI		Pecuario/Forestal	1,592,488,8	14,7	

7	VII	Cultivos no agrícolas	Forestal	4,475,521,1	41,2	41.2
8	VIII	Tierras de protección	Protección	774,723,1	7,1	7.1
	Cuerpos de Agua			32194,8	0,3	0,3
TOTAL				10,848,255.30		100

Fuente: MAGA (2000) Utilizando para ello la clasificación de tierras por capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (1961).

### **Tipos de Suelos en Chinique:**

Los suelos en el municipio de Chinique se clasifican según su tipo en: Franco arcilloso, Franco arenoso y Franco limoso idóneo para la siembra de maíz, frijol, y haba.

El municipio de Chinique posee 6,400 hectáreas, según las clases agrologicas corresponde a la III con 379,43 hectáreas las cuales son aptas para cultivos, pero requieren prácticas de conservación de suelos con un manejo intensivo; posee también 251.59 hectáreas de la clase VI con pendientes fuertes lo cual es apto para fines forestales y frutales.

La clase VIII con 5,489.98 hectáreas tierra no cultivables aptas solos para producción forestal, 279 hectáreas están destinadas para áreas urbanas de los centros poblados del municipio.

La mayoría de los suelos son profundos y de textura pesada a mediana, en donde la mediana la que predomina, cuando son modernamente bien drenados el color es pardo, pero los suelos bien drenados son de color grises o negros.

La pendiente del municipio de Chinique está comprendida entre 0.5 a 12%, de 12 a 32%, y de 32 a 45%, la profundidad y la textura de estos representan un potencial para la producción de árboles frutales, así como el maíz y frijol de zonas templadas y frías.

Las plantaciones de coníferas, el diseño de sistemas agroforestales para la sustentabilidad del micro-parcela miento son alternativas que se están impulsando.

El principal cultivo en el orden de importancia es el maíz, con 1484 fincas con 1111 manzanas sembradas que producen 66.6 quintales por manzana y una producción anual de 73,993 quintales de producción.

El segundo cultivo de importancia es el frijol negro con 806 manzanas cultivadas la cuales generan una producción por manzana de 2.78 quintales y una producción de 2241 quintales anuales.

El tercer cultivo en importancia es la cebolla con 6 manzanas sembradas las cuales producen 232.94 quintales por manzana y una producción total de 1405 quintales de producción anual.

En los bosques de Chinique los árboles que más prevalecen son los Pinos colorados y blancos, los Cipreses, Pinabetes, Eucaliptos, Aliso, Roble, Encino, Sauco entre otras. El 85% del área del Chinique es de vocación forestal.



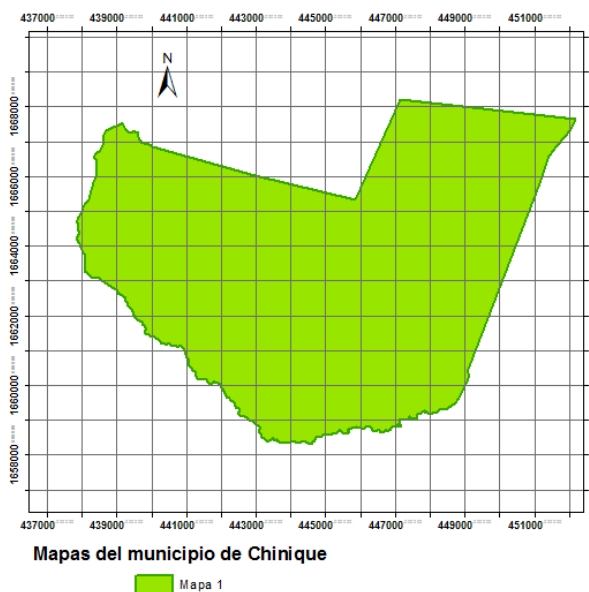
### 3. METODOLOGÍA

A continuación se presentan la metodología utilizada para la realización de cada uno de los mapas.

#### 3.1. Mapa base

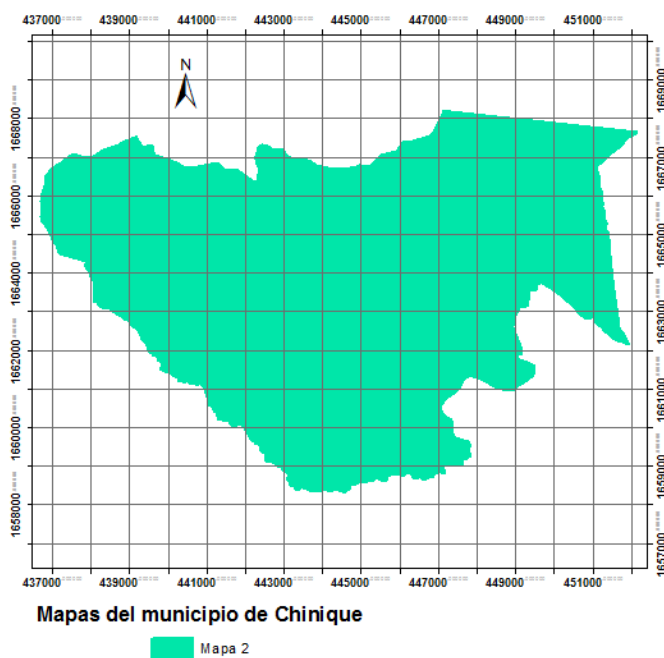
Para la elaboración del nuevo mapa se utilizaron como base los mapas proporcionados por la Dirección Municipal de Planificación Y la sede departamental de la Secretaria General de Planificación, dos de ellos se encontraban en formato .shp y otro que únicamente se encontraba impreso del cual no se disponía formato digital.

Figura 9. **Mapa 1 del municipio de Chinique**



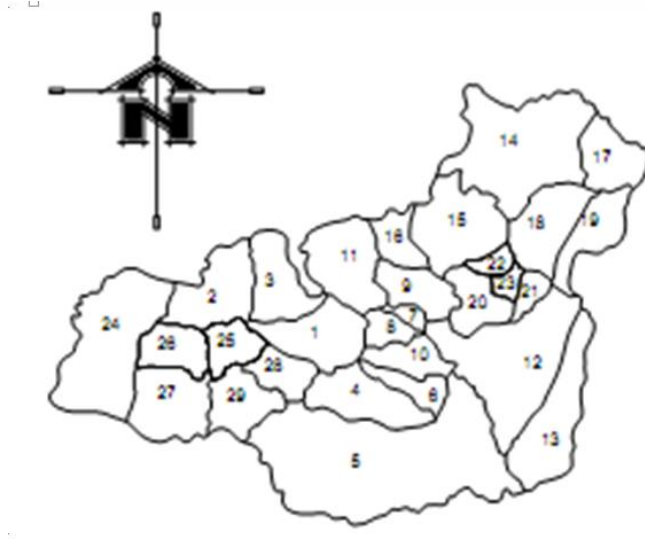
Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2010 – 2025, SEGEPLAN.

Figura 10. **Mapa 2 del municipio de Chinique**



Fuente: Plan de Desarrollo Municipal 2010 – 2025, SEGEPLAN.

Figura 11. **Mapa 3 del municipio de Chinique**

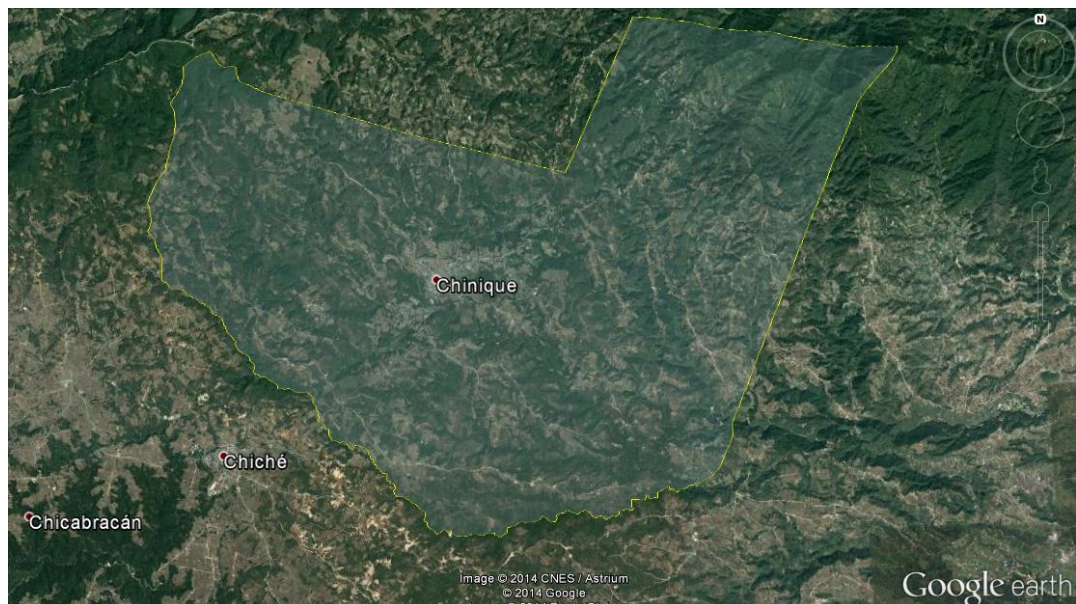


Fuente: Diagnóstico del Municipio de Chinique, 2014.

Como puede observarse en las figuras 1, 2 y 3 cada uno de los mapas muestra distintos límites para el municipio

Se tomaron los mapas en formato digital y se exportaron a un formato .kmz en donde se utilizó el software Google earth, que para el área de interés cuenta con imágenes satelitales de fecha 14 de febrero del presente año, se presentó ante personal de la Dirección Municipal de Planificación de la municipalidad para identificar puntos sobre los cuales deberían ubicarse los límites municipales reales del municipio.

Figura 12. **Mapa 1 visto en Software Google Earth**



Fuente: Elaboración propia.

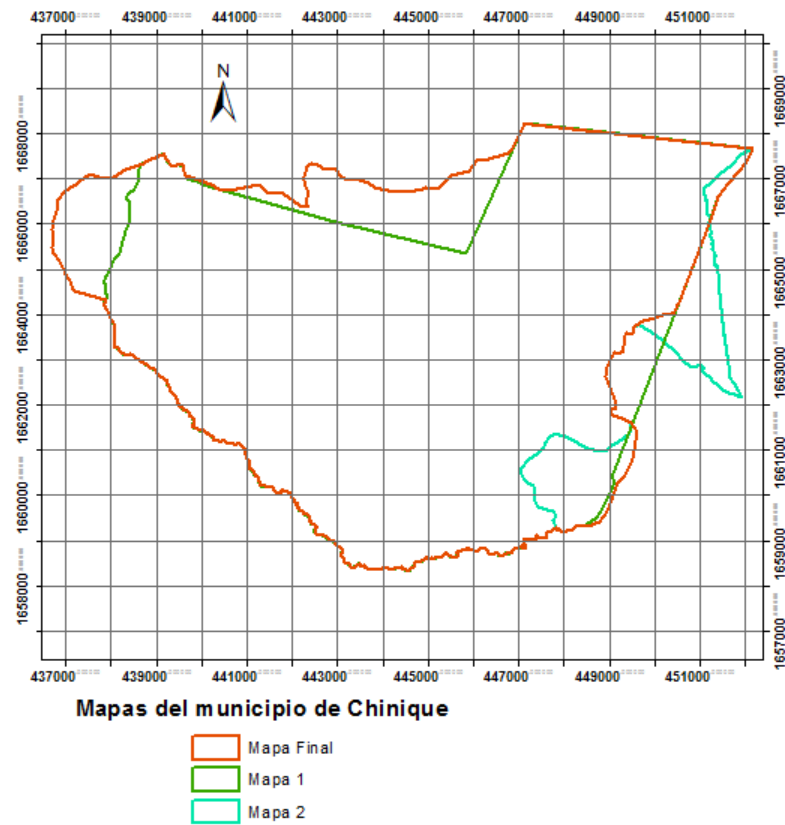
Figura 13. **Mapa 2 visto en Software Google Earth**



Fuente: Elaboración propia

Ya identificados los puntos sobre los cuales debería ubicarse los límites reales del municipio se procedió a obtener las coordenadas de estos. Es así como se utilizó un software GIS para la modificación de los mapas existentes, utilizando herramientas como: “Clip”, “Merge” y el editor de vértices para un polígono, conociendo previamente las coordenadas de puntos sobre los cuales se trazaría la nueva delimitación. Se obtuvo entonces el mapa final, el cual con fines de la elaboración de este proyecto fusiona los anteriores además de integrar áreas que no se habían tomado en cuenta y se excluyen áreas pertenecientes a otros municipios.

Figura 14. **Comparación de mapas existentes con mapa elaborado**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.2. Producción Cartográfica para el casco urbano

#### 3.2.1. Montaje de Vant

Se utilizó un vehículo aéreo ensamblado y operado por la empresa ImásD Guatemala, el cual transportaba una cámara de alta resolución, sin embargo la teoría relacionada a su construcción, programación y ensamblaje se aleja de los objetivos de esta investigación, por lo tanto se indagará en los procesos de planeación de vuelo y restitución fotogramétrica.



Figura 15. **VANT utilizado para la toma de fotografías aéreas.**

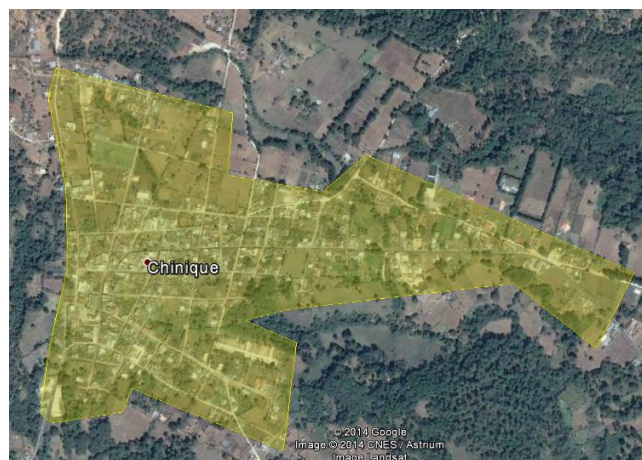


Fuente: Elaboración propia, VANT en mapeo aéreo en el casco urbano de Chinique.

### 3.2.2. Identificación de la región a mapear

Con el fin de preparar la misión de recolección de fotografías es necesario identificar la región a mapear, de ella es de vital importancia identificar zonas de despegue/aterrizaje del VANT, estructuras de gran altitud, áreas que no sean de interés o elementos que puedan ocasionar fallas en la transmisión inalámbrica de datos.

Figura 16. **Delimitación del Casco urbano de Chinique, Quiché.**



Fuente: Elaboración propia, Google Earth.

En la figura 5 se presenta el límite del casco urbano de Chinique. Este comprende una región de 55 hectáreas. Luego de determinar la región de interés se prosiguió a determinar las áreas para despegue/aterrizaje del VANT, así como las estructuras de gran altitud que podrían afectar la comunicación.

Figura 17. **Áreas de despegue/aterrizaje del VANT.**



Fuente: Elaboración propia, Google Earth.

Figura 18. **Estructuras a evitar durante el vuelo**



Fuente: Google Earth.

Finalmente se coordinaron los accesos con las autoridades municipales y cuerpo de bomberos para utilizar las azoteas del mercado municipal y la estación de bomberos como zona de control del VANT. En la Figura 18 se puede observar el marcador rojo, el cual indica una torre de telecomunicaciones, la cual fue excluida del mapeo.

Una vez consideradas todas las variables es posible iniciar con la creación del plan de vuelo para la obtención de las imágenes aéreas.

### **3.2.3. Creación del plan de vuelo**

A continuación se presenta la estructuración del plan de vuelo para el área del mercado de Chinique.



Figura 19. Plan de vuelo en mercado central de Chinique, Quiché.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla VI. Parámetros de configuración para el vuelo.

Footprint [m]	110.9 x 83.2
Altura de vuelo [m]	90
Intervalo de imágenes [m]	19
Velocidad de vuelo [m/s]	5

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 19 muestra el plan de vuelo que se utilizó para el área del mercado, el paso de delimitación y ubicación de áreas de despegue y aterrizaje facilitan en gran medida la delimitación del espacio para la generación del plan de vuelo. La Tabla VI muestra los parámetros utilizados en todas las áreas mapeadas.

### 3.2.4. Obtención de datos y post proceso

Una vez recopilados las fotografías se procede a ubicar los puntos de control en tierra para enlazar los pixeles de las fotografías a marcas previamente georeferenciadas. Este es un trabajo exhaustivo, cada punto de control (GCP, ground control point por sus siglas en inglés) debe ser colocado en cada fotografía que aparezca. Para este caso en particular se utilizaron las tapas de algunos drenajes del casco urbano como GCP. Las coordenadas donde cada imagen fue tomada se incluyen en la etiqueta EXIF de cada fotografía, lo cual facilita el proceso de restitución fotogramétrica.

Figura 20. **Mosaico con GCP del mercado de Chinique**



Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente luego de añadir y ubicar todos los GCP se inicia el proceso completo de restitución y la generación de ortofotos y modelos de elevación digital (MED). Los resultados obtenidos se discuten en la sección siguiente.

### **3.3. Mapa de Infraestructura y Servicios**

El mapa de infraestructura y servicios contiene las siguientes capas:

- Calles urbanas, carreteras y caminos rurales.
- Comunidades: Aldeas y Caseríos
- Escuelas.
- Cobertura Institucional.
- Servicios.

A continuación se detalla la metodología utilizada para la obtención de las capas que lo conforman.

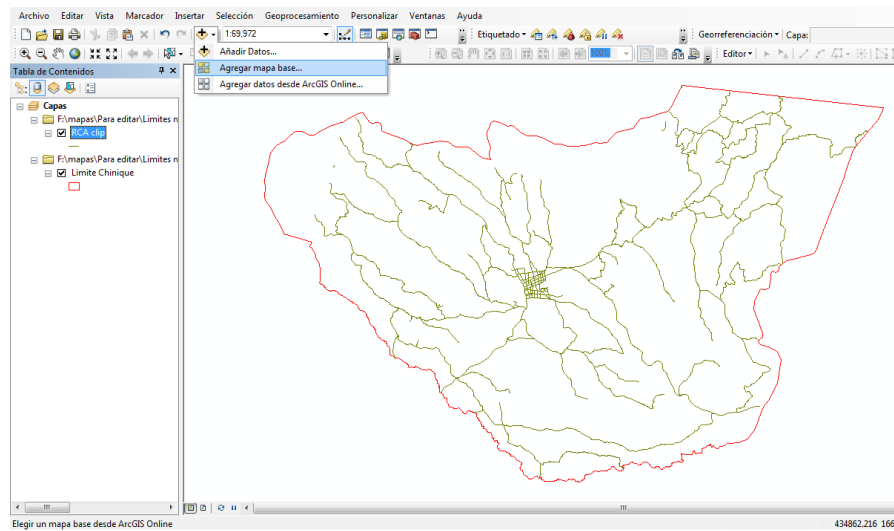
#### **3.3.1. Callejero**

Se utilizó para la realización de esta capa un mapa base que permite ser visto desde el software ArcGis versión 10.

Previo a cargarlo se debió cargar la capa de límites municipales elaborado anteriormente, así como la capa callejera que se obtuvo.

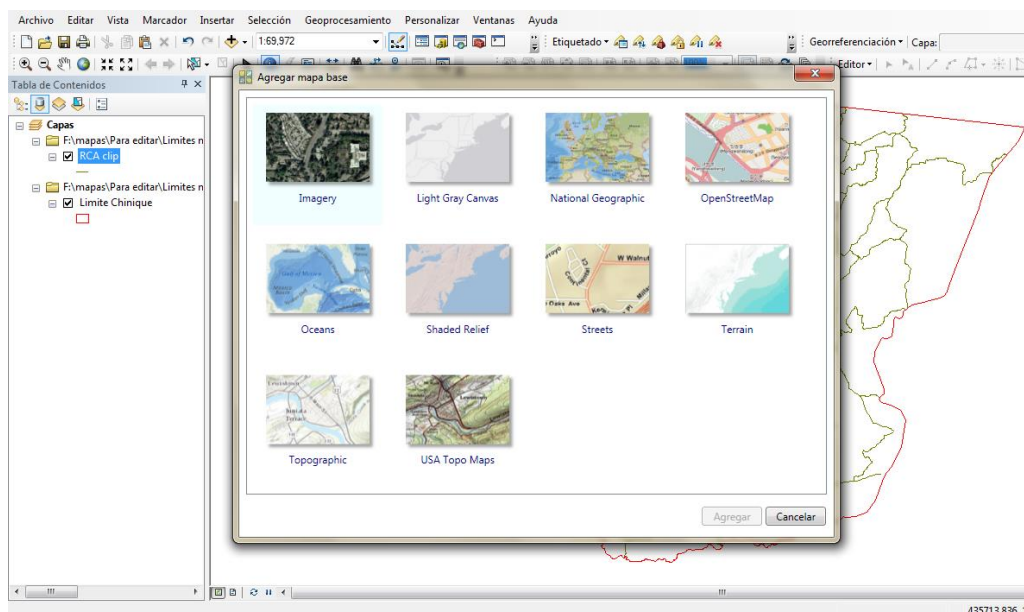
De esta manera el mapa base es cargado y referenciado a las capas cargadas anteriormente.

Figura 21. **Elaboración de mapa Callejero**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

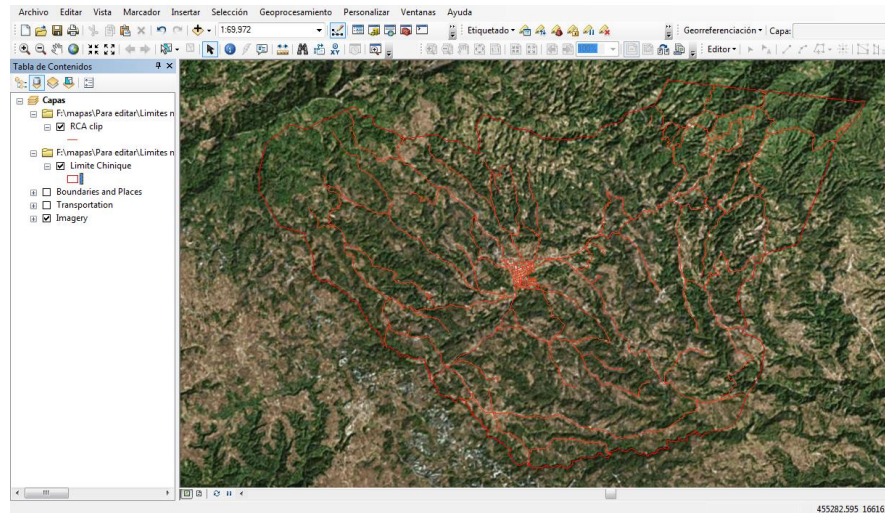
Figura 22. **Selección de mapa base en software Arc Gis 10**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



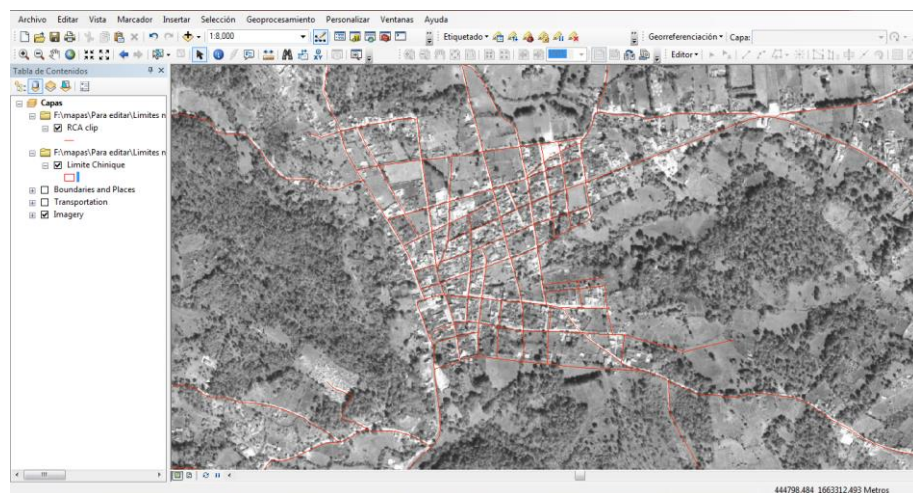
Figura 23. **Visualización de capas y mapa base en software Arc Gis 10**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Luego se procedió a utilizar herramientas de edición como: editor de vértices, formar entidades, creación de segmento recto, etc. y de esta manera obtener una actualización de la capa.

Figura 24. **Modificación de mapa callejero en software Arc Gis 10**



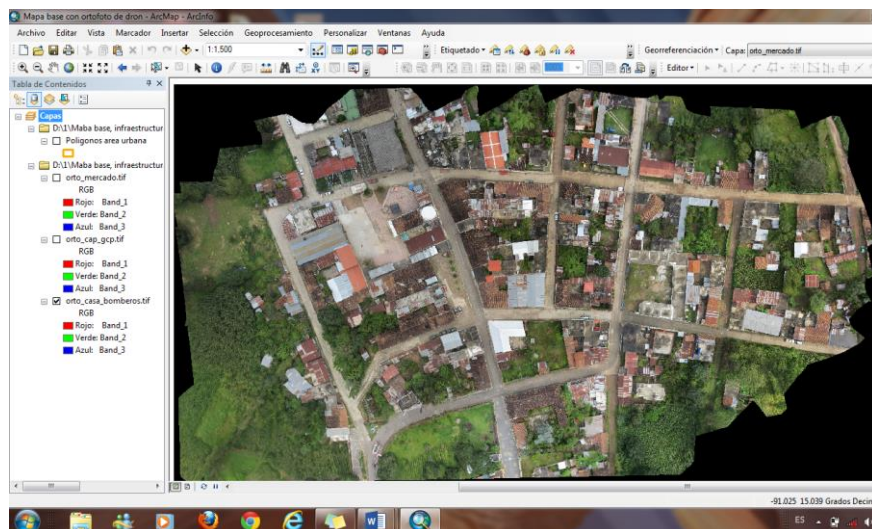
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.3.2. Calles y polígonos área urbana

Para la elaboración del mapa base de un sector del área urbana que fue cubierto por el vehículo aéreo no tripulado se procedió de la siguiente manera.

Inicialmente se obtuvieron las fotografías tomadas desde uno de los puntos base, las cuales luego de su respectivo post-proceso y georreferenciación ya pueden ser cargadas a un software GIS en formato *raster*,

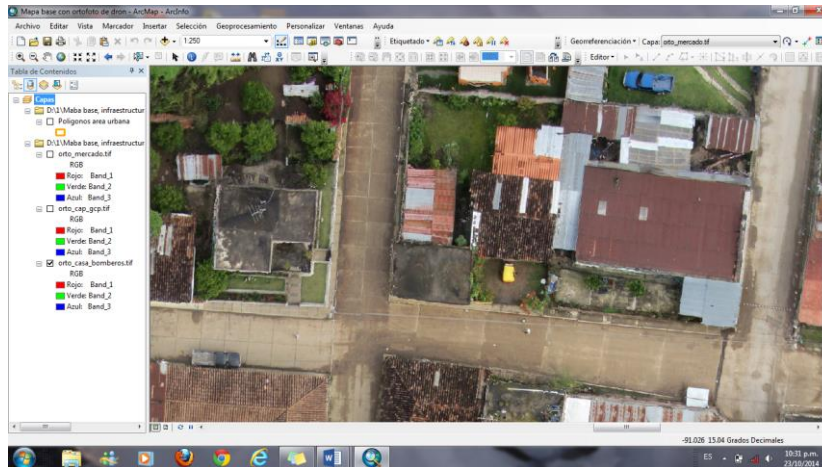
Figura 25. **Vista de orto foto de un sector del área urbana cargada en software Arc Gis 10**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Seguido de esto se creó un nuevo *shapefile* del tipo polígono, a través del cual se generarían los polígonos utilizando la herramienta de acercamiento, esto para aprovechar la precisión de las fotografías como puede apreciarse en la siguiente figura:

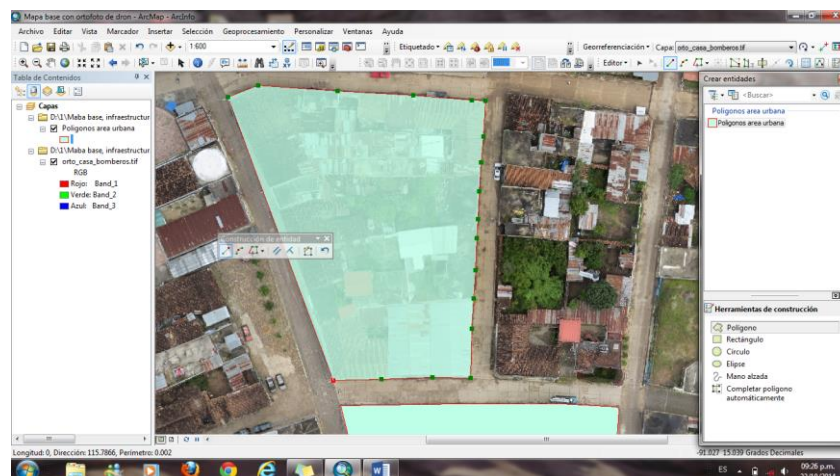
Figura 26. **Acercamiento a ortofoto de un sector del área urbana**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Para el trazo de los polígonos únicamente es necesario habilitar el editor, seleccionar la capa que se desea utilizar y elegir la opción herramientas de construcción “Polígono” luego posicionarse en cada uno de los vértices. El resultado se muestra en la siguiente figura:

Figura 27. **Creación de polígonos para un sector del área urbana**

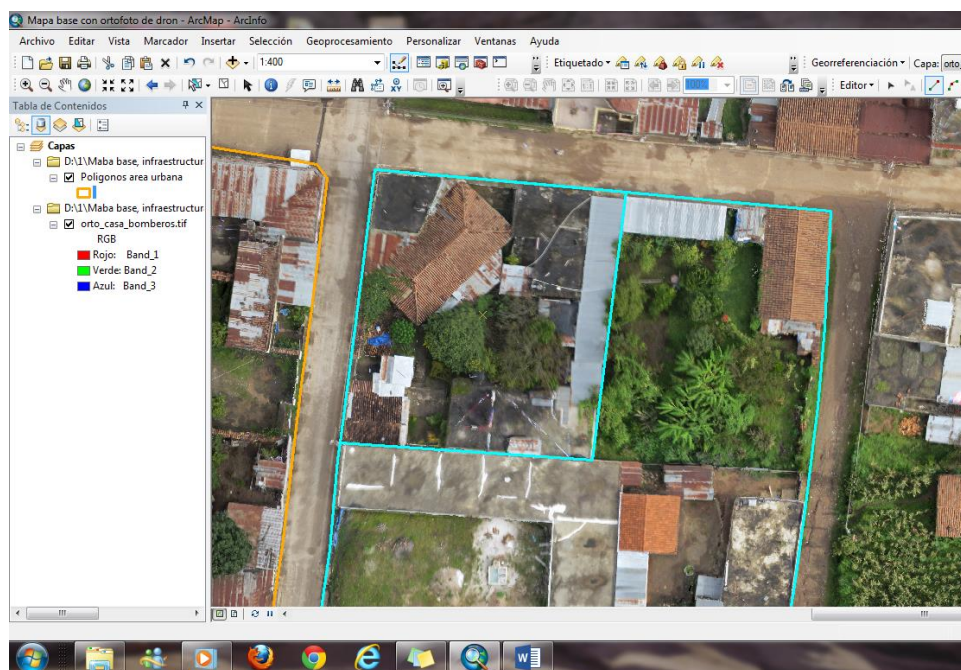


Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



Luego de generados todos los polígonos del área se procedió a utilizar la herramienta cortar polígonos para obtener también los polígonos representativos de los inmuebles de la zona, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 28. Creación de polígonos por inmueble**

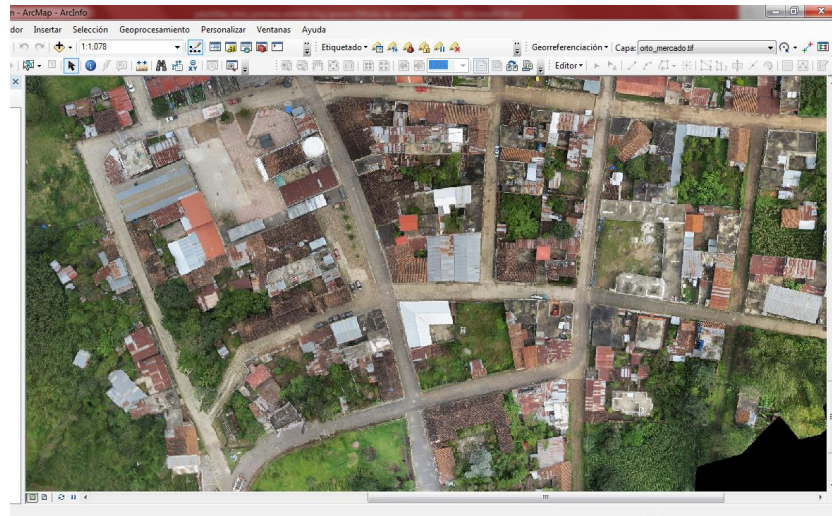


Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Como resultado se muestra un ejemplo de un mapa base obtenido a través del uso de fotografías generadas utilizando un vehículo aéreo no tripulado (VANT), las cuales aparte de ser más económicas, de fácil acceso, menor tiempo de trabajo, y actualizadas a la fecha que uno desee tomarlas, presentan una mejor resolución que una imagen satelital a la que podríamos tener acceso.

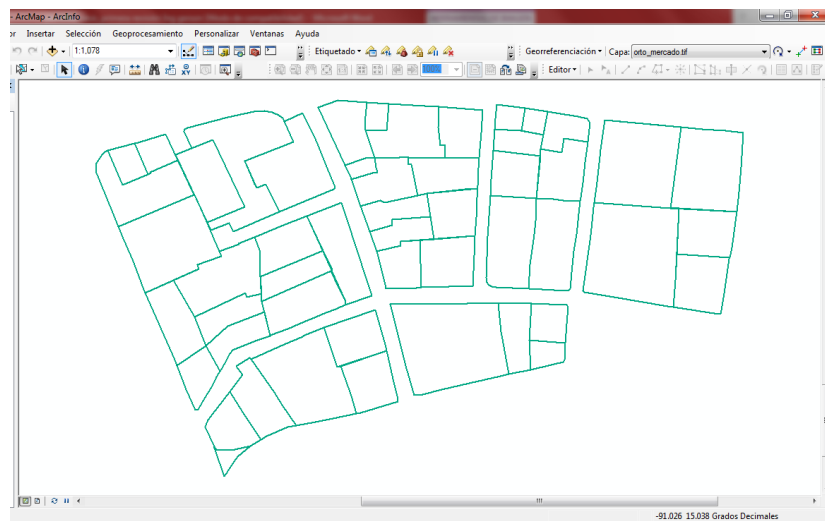


Figura 29. **Sección de ortofoto utilizada para generar el mapa base**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 30. **Ejemplo de mapa base generado con la utilización de fotografías de un VANT**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Con el objetivo de verificar la precisión de las dimensiones que pueden obtenerse para los polígonos realizados utilizando la ortofoto generada a través de las fotografías del VANT, se realizó una medición utilizando la herramienta “medir” del software ArcMap para posteriormente comparar esta longitud con la obtenida en campo con una cinta métrica. Como puntos de referencia se utilizaron dos tapaderas de pozos de visita, las cuales se muestran en la siguiente figura:

**Figura 31. Cálculo de distancia entre dos puntos**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Como puede apreciarse en la ventana ubicada en la parte superior izquierda de la imagen, la distancia obtenida utilizando la herramienta “medir” del software fue de: 38.61153 metros entre ejes de pozos, luego de realizar la medición entre estos mismos dos puntos con una cinta métrica el resultado fue de: 38.65 metros.

### **3.3.3. Lugares poblados, equipamiento urbano y servicios**

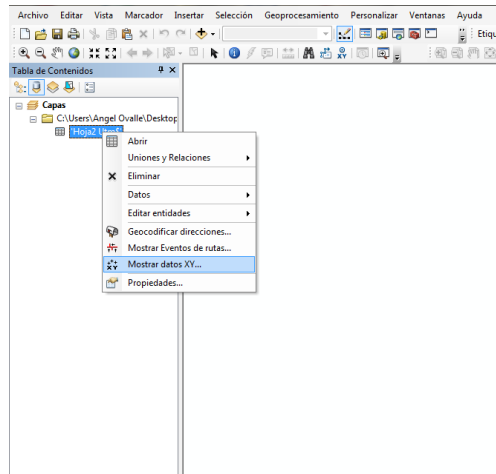
A continuación se detalla la metodología utilizada para la creación de las capas que conforman el mapa, siendo la misma metodología realizada para cada una de estas, a continuación se detalla la metodología para la realización de la capa de Servicios.

Inicialmente se obtuvieron las coordenadas de cada uno de los puntos a incluir en la capa de servicios. Para esto se recorrieron las calles del municipio y en cada punto de interés se obtuvieron las coordenadas utilizando para ello navegadores GPS. Al tener la información, por facilidad al momento de tabularla se llevaron todos los puntos a coordenadas UTM, utilizando para esto hojas de cálculo como la elaborada por Gabriel Ortiz, que contiene una implementación de las fórmulas de Alberto Cotticia y Luciano Surace, planteadas en el Bolletino di Geodesia e Science Affini No. 1.

Este archivo electrónico permite la transformación de coordenadas geográficas a UTM o, de forma inversa, de UTM a coordenadas geográficas. Se utilizó la primera opción, ingresando los datos de longitud y latitud, y obteniendo las coordenadas en metros para “X” y “Y”, respectivamente. Para los valores de “X” y “Y” se utilizaron dos cifras decimales. El programa automáticamente ubica también el huso al que corresponden las coordenadas. En el anexo de este documento se encuentra la tabla con las coordenadas UTM de los puntos de servicios del municipio.

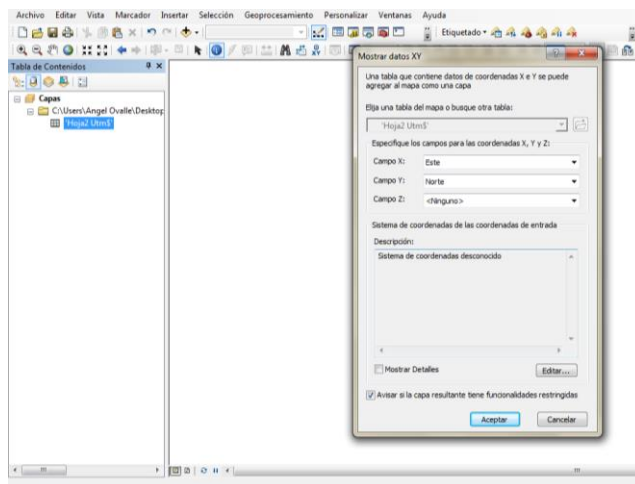
Se utilizó el software ArcGis, para cargar la información de la hoja de cálculo, para esto se agrega la hoja como si ésta fuera una capa, luego se elige la opción mostrar datos XY lo que permite elegir el origen de las coordenadas Este y Norte, de la siguiente manera:

Figura 32. **Importar puntos desde una archivo .xls a software Arc Gis 10**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

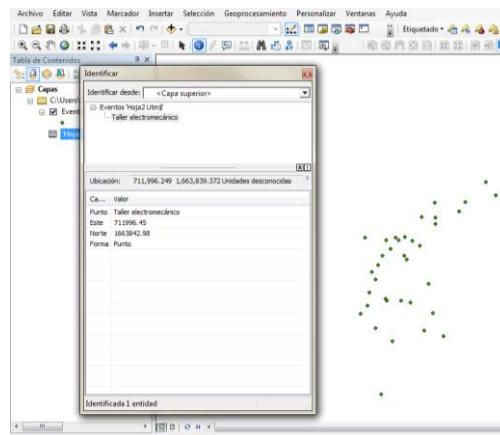
Figura 33. **Selección de coordenadas en Arc Gis 10**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Luego la información puede ser visualizada de tal manera que cada punto muestra datos como nombre y coordenadas.

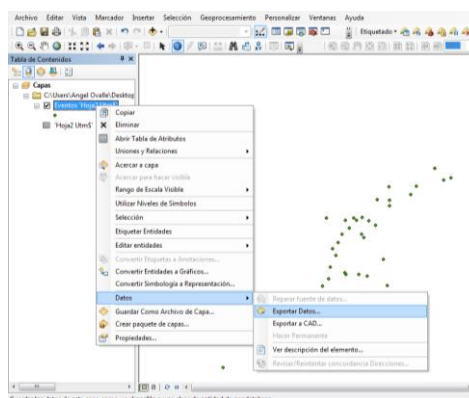
Figura 34. **Puntos importados**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Teniendo la información de los puntos ingresada, se procedió a exportarla como un archivo *Shapefile*, para luego ser proyectada a las coordenadas GTM.

Figura 35. **Creación de capa**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Para esto se utilizó dentro de Arc Toolbox, las herramientas de administración de datos. Acá la opción utilizada fue proyectar.

Esta opción permite cargar el archivo con coordenadas UTM y convertirlo en coordenadas GTM con los siguientes parámetros:

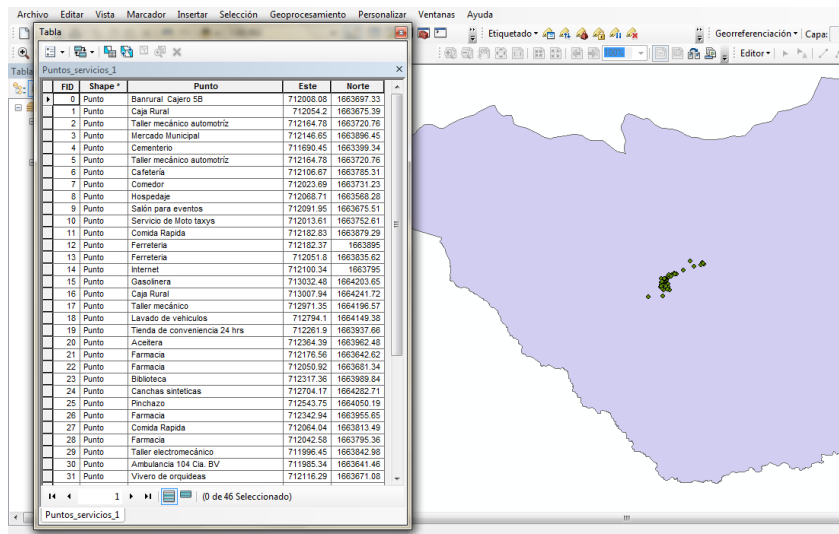
Tabla VII. **Parámetros del sistema de coordenadas GTM.**

Nombre:	GTM
Proyección:	Tranverse Mercator
Falso Este:	500000.00000000
Falso Norte:	0.00000000
Meridiano central:	-90.5000000000000000
Factor de escala:	0.999800000000000000

Fuente: Elaboración propia

Al tener las capas de información en coordenadas GTM, se procedió a cargarlas en el programa Arc Map 10, ESRI 2010.

Figura 36. **Visualización de información de mapa de servicios**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.4. Mapa de análisis multi temporal de pérdida de cobertura vegetal

El Análisis multi temporal de cobertura vegetal del Municipio de Chinique, se basó en el uso de imágenes satelitales Landsat de los años 2000 y 2014 para posteriormente realizar un mapa de pérdida o ganancia de cobertura forestal durante los años 2000 a 2013. La metodología se describe en los pasos siguientes:

#### 3.4.1. Descarga de imágenes satelitales

Las imágenes satelitales Landsat son gratuitas y se encuentran disponibles en sitios web administrados por el *Servicio Geológico de Los Estados Unidos –USGS–*, cuya dirección electrónica es la siguiente: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Las imágenes satelitales Landsat pueden descargarse con todas sus bandas o sólo algunas de ellas, según sea el interés. Es necesario registrarse gratuitamente en este sitio web para obtener un usuario que permita la descarga de las imágenes satelitales con bandas. Una vez completado el registro y adquirido un usuario se buscaron imágenes satelitales de los años 2000 y 2014 con base en los criterios descritos en la tabla VII.

Tabla VIII. **Criterios de búsqueda de imágenes Landsat**

<b>Criterio</b>	<b>Año 2000</b>	<b>Año 2014</b>
Coordenada	Latitud: 15° 2'23.20"N Longitud: 91° 1'40.88"W	Latitud: 15° 2'23.20"N Longitud: 91° 1'40.88"W
Rango de fecha	01-ene-2000 al 31-ene-2000	01-ene-2014 al 30-ene-2014
Conjunto de datos de archivos Landsat	L7 ETM+ SLC-on (1999- 2003)	L8 OLI/TIRS

Fuente: Elaboración propia





Este procedimiento se realizó usando el programa ArcGis 10.1, se cargaron las bandas de interés en formato raster y la capa del límite municipal de Chinique en formato vectorial. Ambos archivos se encontraban en el sistema de coordenadas *Proyección UTM, Zona 15N* y para cortar las bandas se utilizó la secuencia de menús siguiente:

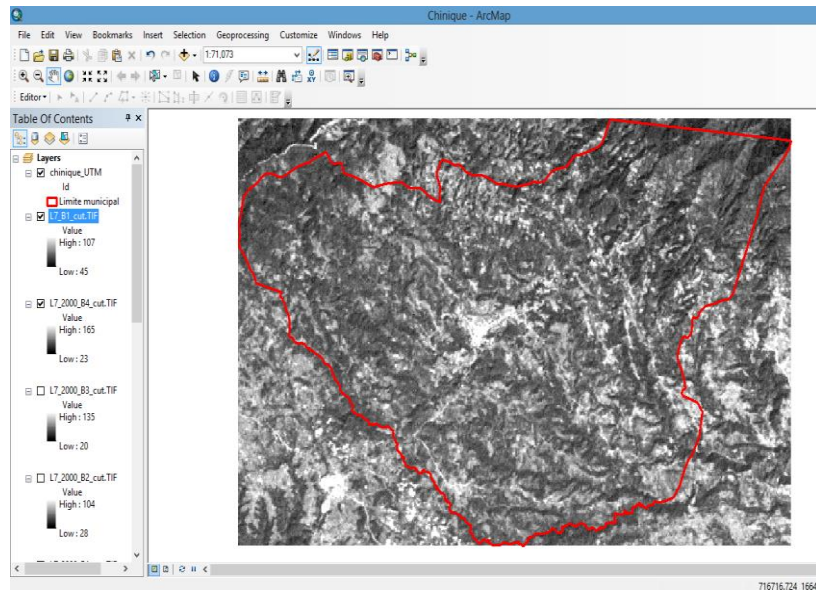
- Arc Toolbox
- Data Management Tools
- Raster
- Raster Processing
- Clip.

En el recuadro de la función *Clip* los criterios utilizados fueron los siguientes:

- Input Raster: Archivo en formato raster de la banda a cortar.
- Output Raster: Archivo en formato vectorial del límite municipal de Chinique.
- Output Raster Dataset: Se nombró el archivo y se guardó en el Disco local (C).

El procedimiento anterior se repitió con cada una de las bandas de las dos imágenes satelitales y se obtuvieron nuevos archivos de cada banda, como se muestra en la imagen 4.

Figura 38. **Banda de imagen Landsat luego de la utilización de la herramienta Clip**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.4.3. Generación de archivo multi bandas

Un archivo multi bandas permite unir varias bandas de una imagen satelital, para posteriormente formar combinaciones que faciliten la identificación de los cuerpos u objetos en el proceso de clasificación. El archivo multi bandas se formó usando el programa ERDAS IMAGINE 2010.

En el menú “Abrir” se cargó una de las bandas recortadas, luego el archivo multibandas se formó utilizando la secuencia de menús siguientes:

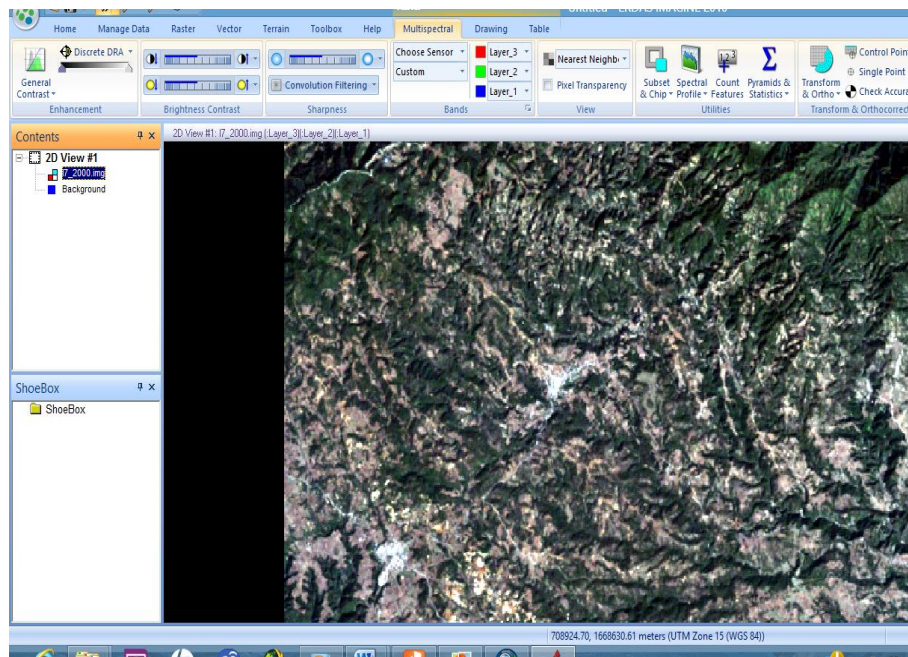
- Raster
- Spectral
- Layer Stack

En la ventana emergente de la función *Layer Stack* se utilizaron los siguientes criterios:

- Input file: Archivo en formato raster de la primera banda a cargar y posteriormente se agregó haciendo click en el botón Add. Este procedimiento se repitió con cada banda cargada.
- Output file: Se nombró el archivo raster y se guardó en el Disco local (C).

Se verificó la creación del archivo multi bandas accediendo al menú Abrir y se navegó hasta la ubicación del archivo recién creado, con extensión \*.img y automáticamente se cargó el archivo, tal como se observa en la imagen 5.

Figura 39. **Imagen multi bandas, en la combinación de color natural**



Fuente: Elaboración propia en software ERDAS.

#### **3.4.4. Clasificación supervisada**

La imagen multi bandas se clasificó con el programa ERDAS 2010, a partir de un archivo de firmas espectrales que sirvió para identificar los objetos en la imagen. El archivo multi bandas se generó usando con la función Signature editor, en la secuencia de menús siguiente:

- Raster
- Supervised
- Signature editor.

Se generaron las firmas espectrales de 5 categorías: Urbanización, agricultura, pastura o matorrales, bosque disperso y bosque denso. Se realizó una clasificación supervisada, por medio de la siguiente secuencia de menús:

- Raster
- Supervised
- Supervised Classification

A cada firma espectral se le asignó un valor de pixel (cuadro 4), con la finalidad de reconocer el tipo de cobertura en los años 2000 y 2013, para después con el programa ArcGis 10.1 aplicar un álgebra de mapas en la calculadora raster que nos permita determinar el mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal.

Tabla IX. **Valores de píxel para las diferentes categorías en que se clasificaron las imágenes Landsat**

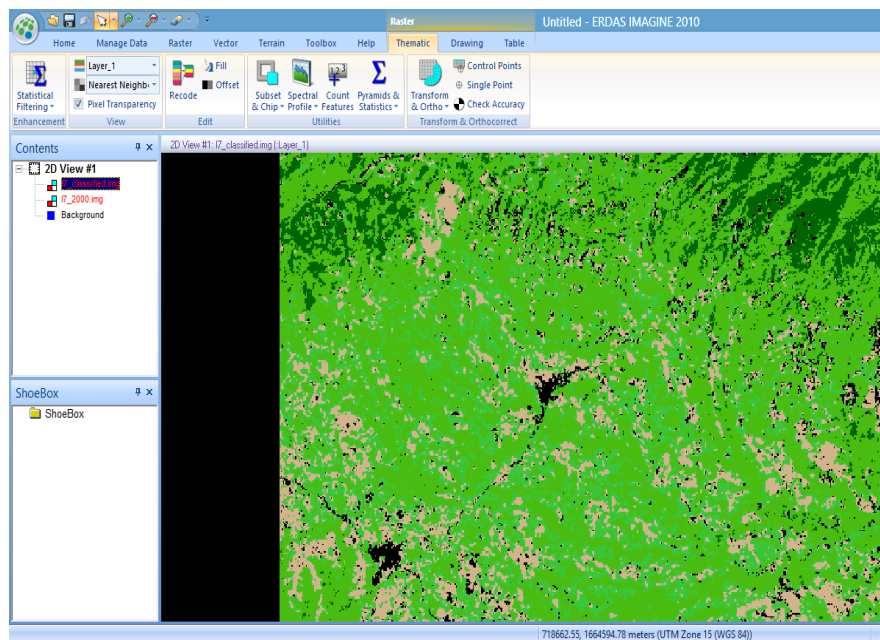
Categoría	Valor de píxel	
	Año 2000	Año 2013
Urbanización	6	5
Agricultura	11	4
Pastura o matorrales	16	3
Bosque disperso	21	2
Bosque denso	26	1

Fuente: Elaboración propia.

En la ventana emergente de la función *Supervised Classification* se aplicaron los criterios siguientes:

- Input Raster File: La imagen multi bandas generada en el paso 3.
- Input Signature File: El archivo de firmas espectrales generados en el paso anteriores.
- Classifiel File: Se nombró el archivo raster y se guardó en el Disco local (C).

Figura 40. **Clasificación supervisada de una imagen Landsat 7**



Fuente: Elaboración propia en software ERDAS.

### 3.4.5. Recorte de la imagen clasificada y transformación a formato vectorial

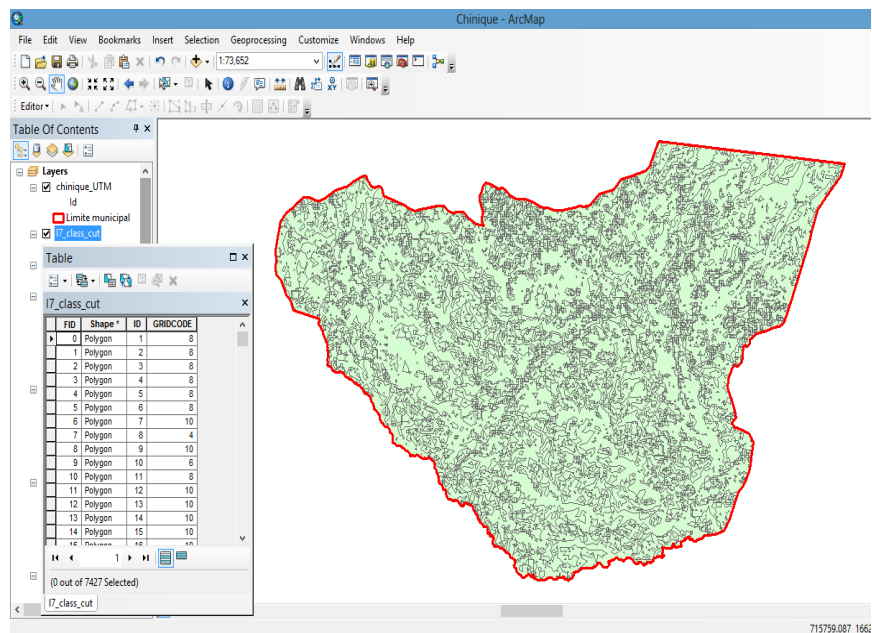
Las características de la imagen clasificada se ajustaron al límite perimetral del municipio de Chinique. Para esto se repitió la secuencia de menús descritos en el paso 2 y se aplicaron los criterios siguientes:

- Input raster: Archivo en formato raster de la imagen clasificada.
- Output extend: Archivo en formato vectorial del límite municipal de Chinique.
- Se chequeo la opción: *Use Input Features for Clipping Geometry*.
- Output Raster Dataset: Se nombró el archivo y se guardó en el Disco local (C).

Se obtuvo una imagen en formato raster que se ajusta al perímetro del límite municipal de Chinique. Este archivo se transformó a formato vectorial con la secuencia de menús siguiente:

- Arc Toolbox
- Conversion Tools
- From Raster
- Raster to Polygon

Figura 41. **Imagen Landsat clasificada del municipio de Chinique, en formato vectorial**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.4.6. Disolver polígonos

Disolver polígonos del mapa en formato vectorial generado en el paso 5, ayuda a formar un solo polígono por cada categoría en la que se clasificó la imagen satelital en el paso 4. Esta función se aplica con la secuencia de menús siguiente:

- Geoprocessing
- Dissolve

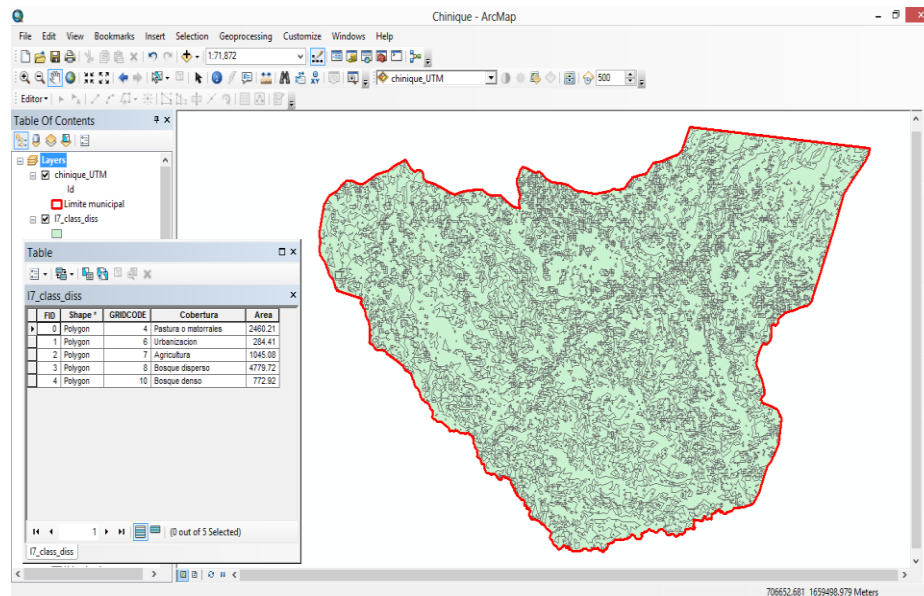
En la ventana emergente de esta función, se aplicaron los criterios siguientes:

- Input Feature: Mapa generado en el paso 5.
- Output Feature Class: Se nombró el archivo vectorial y se guardó en el Disco local (C).
- Se chequeó la opción *GRIDCODE* en el recuadro *Dissolve fields(s)*.
- Se chequeó la opción *Create multipart features*.

Debido a que Guatemala cuenta con un sistema de coordenadas propio, este mapa se proyectó al sistema de coordenadas *GTM, Zona 15N*.



Figura 42. **Mapa de cobertura forestal sin editar**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.4.7. Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal

Las imágenes satelitales clasificadas, de enero de 2000 y diciembre de 2013, que fueron generadas en el paso 4 y posteriormente en formato raster recortadas en el paso 5 se utilizaron para generar el mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal a través del procedimiento conocido como álgebra de mapas, que permite realizar procesos algebraicos de sustracción para determinar la prevalencia o cambios en el valor de cada uno de los píxeles que conforman las imágenes satelitales.

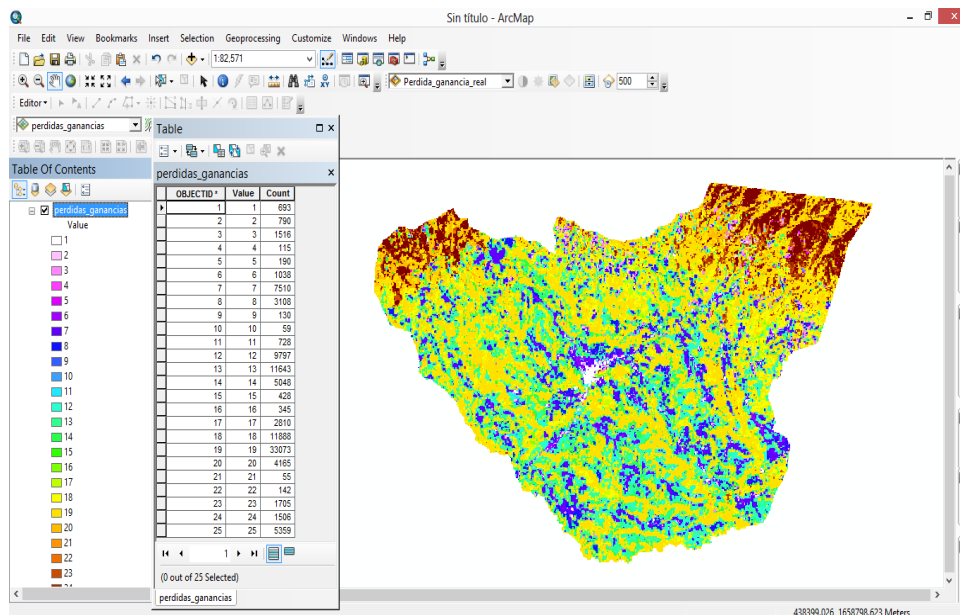
El álgebra de mapas se realizó con la secuencia de menús siguiente:

- Se activó la barra Spatial Analyst.
- Raster Calculator

En el recuadro de la ventana emergente de esta función y con la ayuda de la interface del lenguaje de programación Python, en forma de calculadora, en el recuadro inferior al listado Layers and variables escribimos la expresión: “cobertura\_forestal\_2000” – “cobertura\_forestal\_2013”. En la opción Output Raster se nombró el archivo de salida y se guardó en el Disco local (C).

Para el mapa de Pérdidas y Ganancias de Cobertura forestal se enfatizó en los cambios de las categorías Bosque disperso y Bosque denso y para la interpretación del resultado del álgebra de mapas se utilizó el cuadro en el anexo 4). El archivo raster, producto del álgebra de mapas, se transformó a formato vectorial (paso 5) y con la función Merge se unificaron los polígonos correspondientes a las áreas de ganancias de cobertura forestal, pérdida de cobertura forestal y las áreas sin cambio de cobertura forestal.

Figura 43. **Resultado del álgebra de mapas de cobertura forestal 2000 y 2013.**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

### 3.5. Mapa de precipitación y temperatura

#### 3.5.1. Procesamiento y análisis de la información

Se ajustó para cada duración, los valores de intensidad de precipitación a una distribución de probabilidad, con la finalidad de determinar cuál de las distribuciones probabilísticas consideradas se ajusta mejor a la serie histórica de datos.

Ello permitirá seleccionar la distribución con la cual se efectuara las proyecciones de intensidades máximas para diferentes periodos de retorno.

En la tabla I, se visualiza los valores de intensidades correspondientes a un periodo de retorno  $T= 2, 5, 10, 25, 50, 100$  y  $500$  años.

Tabla X. **Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno.**

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	649.26	422.79	328.96	275.32	239.81	214.22	194.73	179.28	166.68	156.16	147.21	139.50
5	786.32	512.04	398.41	333.44	290.43	259.44	235.84	217.13	201.87	189.13	178.29	168.95
10	908.92	591.88	460.53	385.42	335.71	299.89	272.61	250.98	233.34	218.61	206.09	195.29
25	1100.80	716.83	557.75	466.79	406.58	363.20	330.16	303.97	282.60	264.76	249.60	236.51
50	1272.42	828.59	644.71	539.57	469.98	419.83	381.63	351.36	326.66	306.04	288.51	273.39
100	1470.81	957.78	745.23	623.70	543.25	485.29	441.13	406.15	377.59	353.76	333.50	316.01
500	2059.05	1340.83	1043.28	873.14	760.52	679.37	617.56	568.58	528.61	495.24	466.88	442.40

Fuente: Elaboración propia

Las distintas curvas IDF, pueden quedar descritas estadísticamente mediante la siguiente ecuación que relaciona a las tres variables: 1) factores característicos de la zona de estudio, 2) periodo de retorno y 3) duración de la precipitación.

$$I = \frac{1520.7109 * T^{0.209034}}{t^{0.61885}}$$

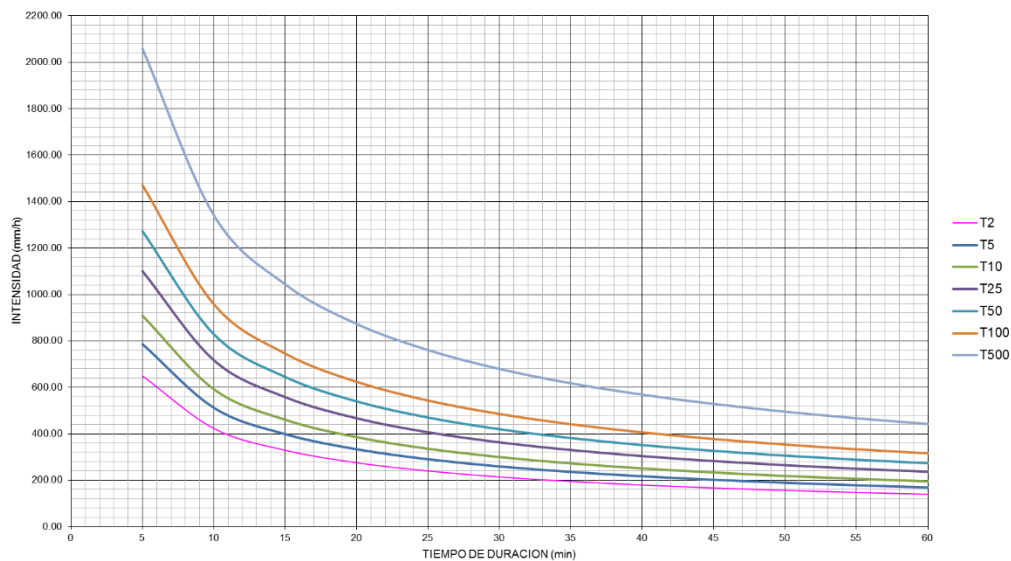
Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Período de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

Figura 44. Curvas de intensidad – duración - frecuencia



Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Modelación de la precipitación y temperatura empleando un software GIS

Completando el análisis se revisaron los datos de precipitación promedio mensual, asociada a un periodo de retorno determinado. Los avances en informática han permitido el desarrollo de los SIG y de los modelos hidrológicos, en la última década aumento la disponibilidad de datos espaciales.

A continuación se muestra las estaciones meteorológicas del departamento de Quiché, con tiempos de concentración de 60 minutos a distintos periodos de retorno, con ello se generara curvas isobáricas e isotermas, para que el análisis obtenido sean valores representativos para el área de estudio.

Tabla XI. **Intensidades de lluvia a distintos periodos de retorno para los municipios de Nebaj y Chuitinamit, del departamento de Quiché**

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	724.39	471.72	367.04	307.18	267.56	239.01	217.26	200.03	185.97	174.23	164.25	155.64
5	818.39	532.93	414.66	347.04	302.28	270.03	245.46	225.99	210.10	196.84	185.57	175.84
10	897.52	584.46	454.76	380.59	331.50	296.13	269.19	247.84	230.42	215.87	203.51	192.84
25	1013.99	660.30	513.77	429.98	374.52	334.56	304.12	280.00	260.32	243.88	229.92	217.86
50	1112.03	724.14	563.45	471.56	410.73	366.91	333.53	307.07	285.49	267.47	252.15	238.93
100	1219.55	794.16	617.92	517.15	450.45	402.39	365.77	336.76	313.09	293.33	276.53	262.03
500	1511.03	983.97	765.61	640.75	558.11	498.56	453.19	417.25	387.92	363.43	342.62	324.66

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	724.39	471.72	367.04	307.18	267.56	239.01	217.26	200.03	185.97	174.23	164.25	155.64
5	818.39	532.93	414.66	347.04	302.28	270.03	245.46	225.99	210.10	196.84	185.57	175.84
10	897.52	584.46	454.76	380.59	331.50	296.13	269.19	247.84	230.42	215.87	203.51	192.84
25	1013.99	660.30	513.77	429.98	374.52	334.56	304.12	280.00	260.32	243.88	229.92	217.86
50	1112.03	724.14	563.45	471.56	410.73	366.91	333.53	307.07	285.49	267.47	252.15	238.93
100	1219.55	794.16	617.92	517.15	450.45	402.39	365.77	336.76	313.09	293.33	276.53	262.03
500	1511.03	983.97	765.61	640.75	558.11	498.56	453.19	417.25	387.92	363.43	342.62	324.66

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	383.59	249.79	194.36	162.66	141.68	126.56	115.05	105.92	98.48	92.26	86.98	82.42
5	442.65	288.25	224.28	187.70	163.49	146.05	132.76	122.23	113.64	106.47	100.37	95.11
10	493.29	321.23	249.94	209.18	182.20	162.76	147.95	136.22	126.64	118.65	111.85	105.99
25	569.24	370.69	288.42	241.39	210.25	187.82	170.73	157.19	146.14	136.91	129.07	122.31
50	634.37	413.10	321.42	269.00	234.31	209.31	190.26	175.17	162.86	152.58	143.84	136.30
100	706.95	460.36	358.20	299.78	261.12	233.26	212.03	195.22	181.49	170.04	160.30	151.89
500	909.14	592.02	460.64	385.52	335.79	299.97	272.67	251.05	233.40	218.67	206.14	195.33

Fuente: Elaboración propia

Tabla XII. **Temperatura mínima absoluta, para los municipios de Nebaj y Chuitinamit, del departamento de Quiché**

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1990	7.80	4.00	4.00	5.00	8.00	8.20	6.20	6.00	8.00	4.00	5.00	3.20	5.78
1991	2.00	0.20	3.00	7.20	8.00	8.00	7.00	6.00	8.00	7.00	0.20	3.00	4.97
1992	3.00	3.00	2.00	6.00	3.00	8.00	7.00	6.00	7.20	7.00	5.00	1.00	4.85
1993	3.00	1.00	0.10	6.00	7.00	7.20	4.00	7.20	7.20	7.00	3.20	0.00	4.41
1994	0.00	2.20	0.00	4.20	7.20	5.00	6.00	7.00	6.20	4.20	3.20	3.20	4.03
1995	1.00	1.20	1.20	6.00	7.20	3.00	5.20	5.20	8.20	6.20	4.20	0.00	4.05
1996	-5.00	-0.10	1.20	5.20	4.20	3.20	6.20	2.00	5.00	4.20	2.00	1.00	2.43
1997	1.20	3.00	3.20	5.00	4.00	6.20	6.20	5.20	7.00	4.20	3.20	2.20	4.22
1998	2.20	0.00	-4.00	2.20	0.00	7.00	6.00	6.20	6.20	7.20	2.20	2.20	3.12
1999	1.00	-0.20	-2.00	-0.20	3.20	7.20	5.20	5.00	6.20	5.50	-1.00	1.20	2.59
2000	0.00	0.20	1.00	1.00	4.20	5.00	3.00	5.00	6.00	0.00	0.00	0.00	2.12
2001	-2.00	-1.20	0.20	1.00	6.00	6.00	6.20	6.00	4.00	5.00	2.20	2.20	2.97
2002	-4.00	-0.20	0.20	3.00	4.00	8.00	6.00	5.00	6.20	5.00	0.00	3.00	3.02
2003	1.00	0.20	1.20	1.20	6.20	0.00	5.00	5.00	7.20	8.00	0.00	0.00	2.92
MIN	-5.00	-1.20	-4.00	-0.20	0.00	0.00	3.00	2.00	4.00	0.00	-1.00	0.00	2.12

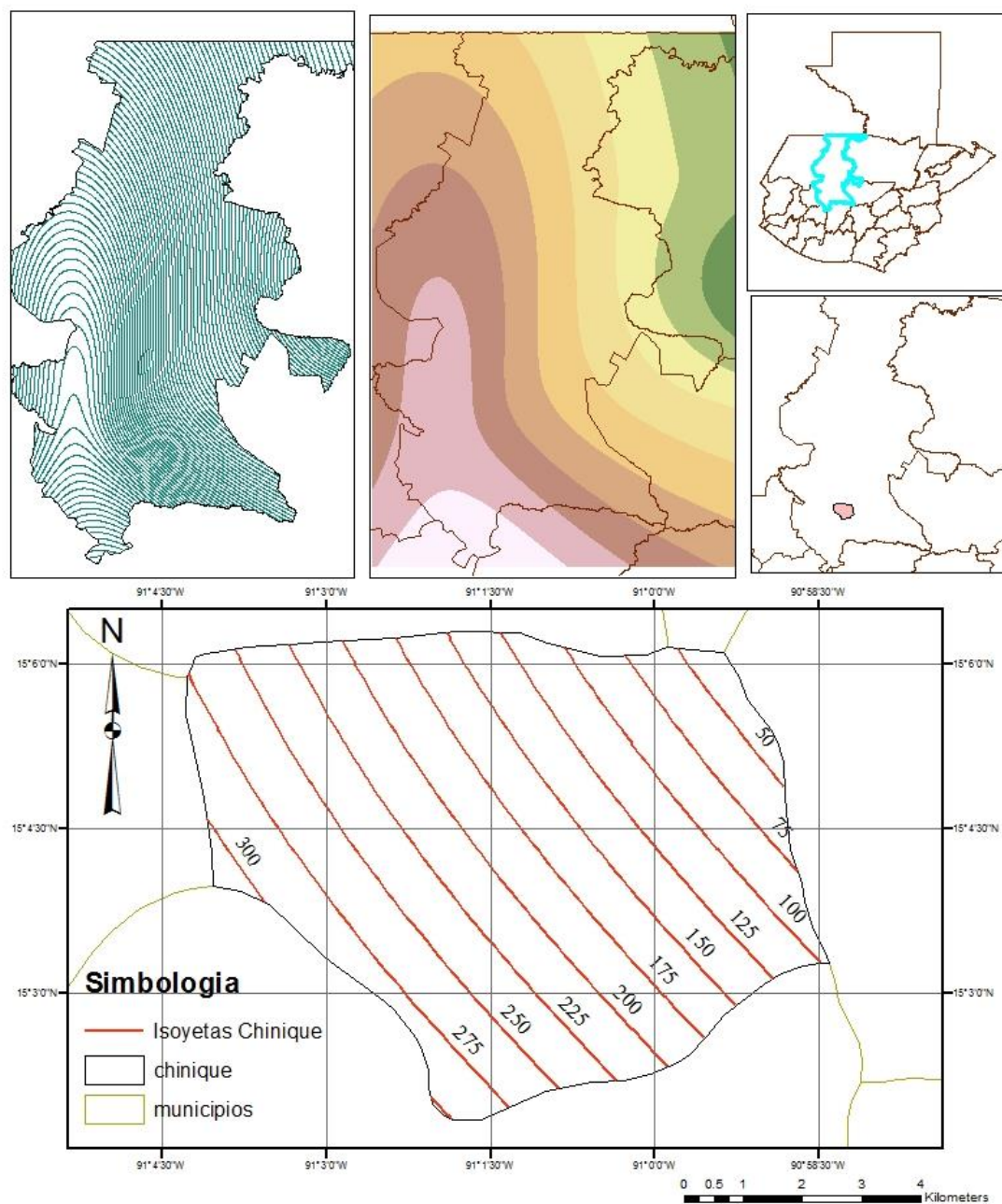
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1990	7.20	9.00	9.20	10.00	10.40	14.20	12.20	10.40	14.20	5.80	9.20	9.20	10.08
1991	7.20	6.20	6.20	10.50	10.20	10.20	0.00	10.40	13.00	13.90	6.40	7.40	8.47
1992	10.00	6.40	10.20	13.50	11.50	15.50	13.60	13.00	14.60	13.90	11.00	9.60	11.90
1993	8.40	8.40	9.80	14.60	15.80	16.50	11.50	14.50	14.00	14.50	8.50	7.00	11.96
1994	5.40	7.50	6.50	11.50	8.10	12.50	12.40	13.00	11.50	10.50	9.00	8.00	9.66
1995	7.20	7.50	9.00	13.50	14.50	15.60	14.00	16.00	16.00	14.50	9.00	9.00	12.15
1996	4.00	5.00	6.00	14.50	14.50	16.00	14.00	12.00	14.40	9.50	8.50	7.50	10.49
1997	7.00	9.50	10.50	12.50	13.00	15.50	15.00	13.50	15.00	10.50	12.40	8.00	11.87
1998	4.60	5.50	8.00	13.00	10.60	15.00	13.00	15.00	16.00	14.00	12.50	9.50	11.39
1999	8.00	8.00	9.00	11.00	13.00	14.00	14.00	14.00	16.50	8.50	7.50	4.00	10.63
2000	7.00	6.00	8.50	8.50	14.50	12.50	12.00	12.50	15.00	10.50	10.50	5.50	10.25
2001	4.50	8.50	9.00	10.00	14.50	16.00	11.60	14.00	13.50	13.00	0.50	9.50	10.38
2002	-3.00	10.50	10.50	0.00	13.00	16.50	14.50	12.00	15.00	12.50	7.50	10.00	9.92
2003	8.50	9.00	9.00	6.50	14.00	16.50	13.00	14.00	14.50	16.00	13.00	0.00	11.17
MIN	-3.00	5.00	6.00	0.00	8.10	10.20	0.00	10.40	11.50	5.80	0.50	0.00	8.47

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis se procedió a la modelación de la intensidad de lluvia para un periodo de retorno de 50 años y un tiempo de concentración de 60 minutos. La temperatura para el caso de estudio es el promedio de la mínima absoluta. El análisis para la evaluación de la precipitación, es la teoría de polígonos de thiessen.

Se procedió a la utilización de la herramienta *spline*, dentro de las opciones de *raster interpolation* del sistema de información geográfica.

Figura 45. Isoyetas del municipio de Chinique



Fuente: Elaboración propia

Tabla XIII. **Estaciones meteorológicas para el análisis en un sistema de información geográfica**

Estacion	Longitud	Latitud	Altitud	Datos registrados	Precipitacion en mm/h	Temperatura minima absoluta (°C)
Chinique	-91.0128	15.0238	1880	1990-2003	273.39	7.8
Nebaj	-91.0832	15.2353	1906	1990-2003	238.93	5.78
Chixoy	-90.3938	15.2122	680	1990-2003	218.8	11.2
Chinguila	-91.0627	15.1718	2025	1990-1997	179.3	5.8
Chuitinamit	-91.051	15.1718	1180	1990	136.3	7.2

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de análisis utilizada para la modelación de temperatura, estará en función de la altitud del municipio de Chinique, para el estudio se estimó a 1,620 msnm.

$$T_{deter} = T_{mensual} + r(Z_{deter} - Z_{estacion})$$

Donde:

Tdeter= temperatura a determinar (°C)

Tmensual= temperatura mensual (°C)

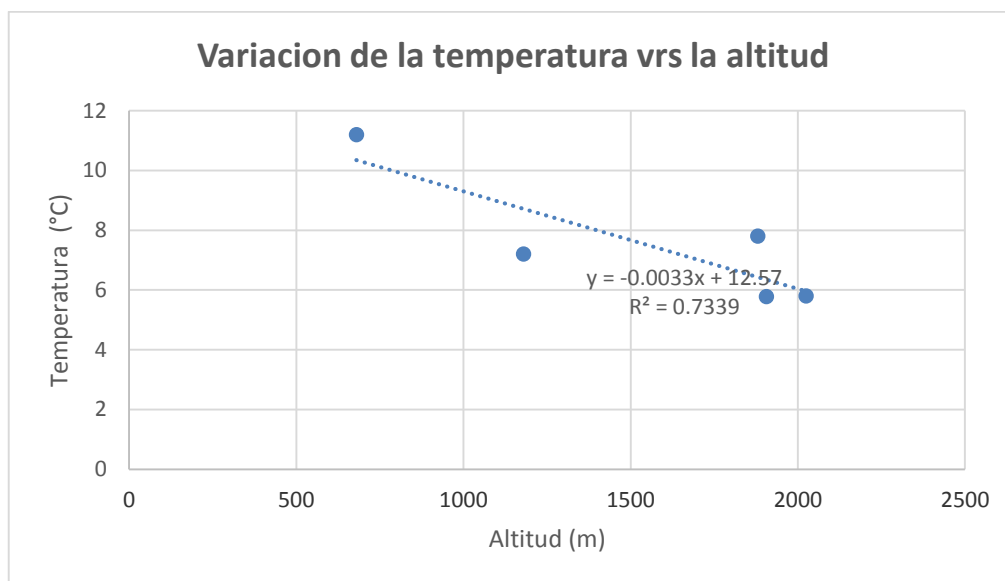
r= gradiente de temperatura

Zdet= altitud a determinar

Zestacion= altitud de la estación



Figura 46. **Variación de la temperatura vrs altitud**



Fuente: Elaboración propia

Determinada la ecuación que representa los datos de temperatura, se realiza el análisis para una altura de 1625 msnm.

Tabla XIV. **Representación de la temperatura absoluta en función de la altitud**

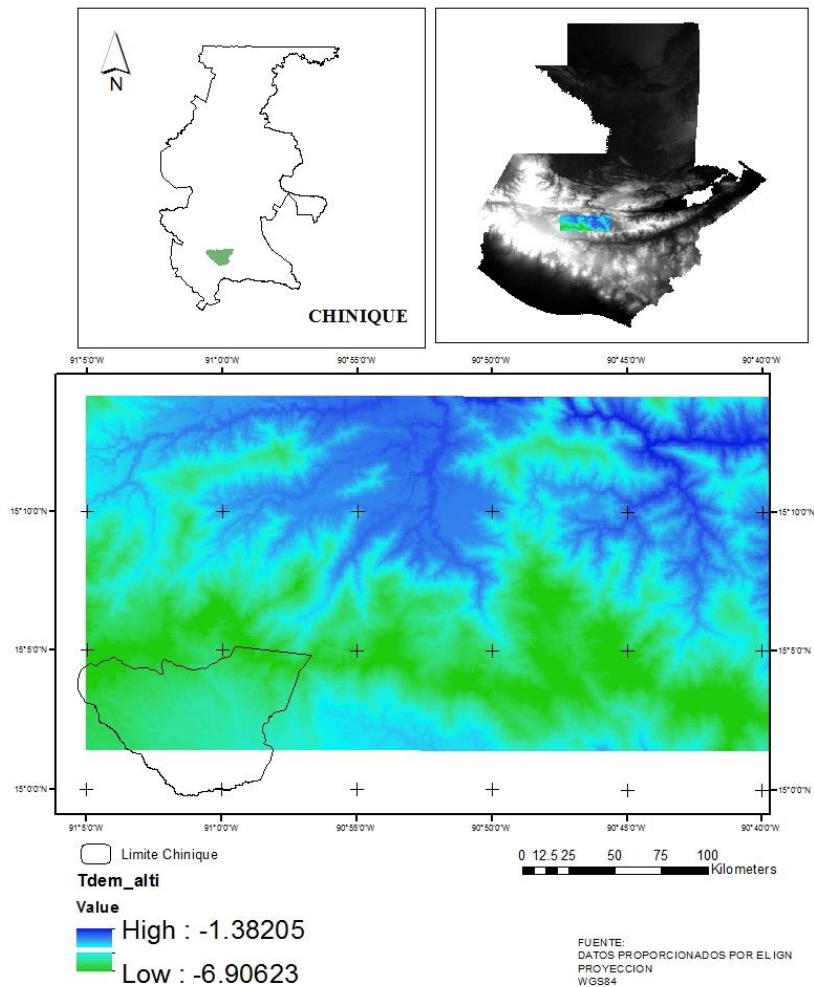
Estacion	Longitud	Latitud	Altitud	Datos registrados	Precipitacion en mm/h	Temperatura mínima absoluta (°C)	Temperatura determinada
Chinique	-91.0128	15.0238	1880	1990-2003	273.39	7.8	9.776
Nebaj	-91.0832	15.2353	1906	1990-2003	238.93	5.78	7.9536
Chixoy	-90.3938	15.2122	680	1990-2003	218.8	11.2	4.056
Chinguila	-91.0627	15.1718	2025	1990-1997	179.3	5.8	8.878
Chuitinamit	-91.051	15.1718	1180	1990	136.3	7.2	3.856

Fuente: Elaboración propia

Con la tabla VIII, se procede a la modelación para la obtención de las curvas isotermas, para el área de estudio. Por el tipo de datos se observa que son heterogéneos, pero por la cantidad de datos se hará el análisis con la opción kriging.

Para la determinación de las isotermas, es necesario generar un TIN, obteniendo una relación de la temperatura en función de la altitud.

Figura 47. **Temperatura mínima absoluta**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis

### **3.6. Mapa de recursos hídricos**

#### **3.6.1. Metodología de elaboración**

El desarrollo del mapa temático sobre red hidrográfica y nacimientos de agua está basado íntegramente en estudios realizados sobre el tema, además de información hidrometeorológica recopilada e información temática obtenida.

Esta información se afianza con el reconocimiento del municipio bajo estudio, y fase de campo realizado. La sistematización y cálculos de la información recopilada se desarrollaron con herramientas computacionales.

A continuación se detallan la metodología empleada para la sistematización y elaboración del mapa temático, y el programa o software empleado.

##### **3.6.1.1. Sistematización de la información en SIG**

La sistematización de la información se realizó de la siguiente manera.

#### **Recopilación de datos**

En esta etapa se buscó toda la información relacionada al municipio de Chinique, Quiché, en los diferentes estudios realizados e información básica del mismo.

#### **Selección de datos**

Se depuró la información no válida o poco consistente para utilizar las más actualizadas y consistentes.

## Delimitación del municipio

Este paso fue importante debido a que trabajos previos realizados por el IGN y SEGEPLAN presentan una delimitación que según personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación no se asemeja a los límites reales del municipio en su totalidad, es por ello que para fines del presente proyecto se trabajó en un nuevo mapa de límites municipales en consenso con personal de la municipalidad basado en el reconocimiento y observación de campo.

## Información Temática

La información temática se estandarizó para las proyecciones utilizadas en el país. Así mismo, se utilizó un levantamiento de puntos realizado en un mapeo participativo en el 2010 para ubicar los nacimientos de agua. Además se utilizaron ortofotos del 2006 del MAGA, que pertenecen al área del municipio de Chinique, las cuales fueron las siguientes:

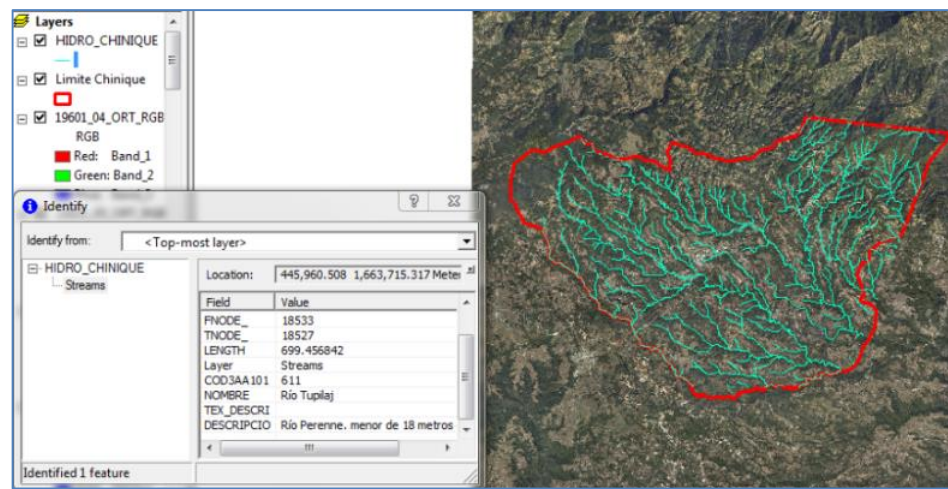
Tabla XV. **Orto fotos que demarcan el municipio de Chinique.**

Ortofotos	
Bloque 2	Bloque 4
2061-II-7, 2061- III-12, 2061-III-22 y 2060-IV-2	1961-II-14, 1961-II-15, 1961-II-19, 1961-II-20, 2061-III-11, 2061-III-16, 1961-II-25, 1961-II-10, y 1961-II-9.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinadas las ortofotos, se utilizó el software ArcGis, y se cargó la capa Lim\_chinique\_GTM.shp. preparada previamente. Luego se cargaron las ortofotos, marcando de color rojo el límite municipal de chinique (imagen 5). Posteriormente se cargó la capa HIDRO\_CHINIQUE, (la fuente de esta capa se obtuvo como producto del Plan de Desarrollo Municipal de Chinique 2010 – 2025, elaborado por SEGEPLAN en el 2010). para poder observar la red hidrográfica del municipio y las características de cada río tales como: Nombre, longitud, naturaleza, etc.

Figura 48. **Limite municipal Chinique e hidrografía**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

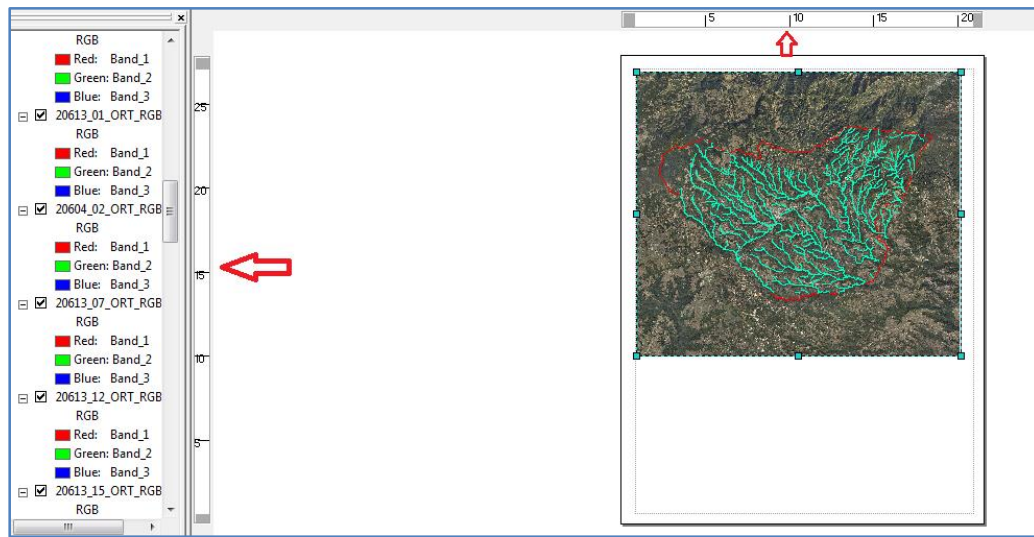
## Diseño de salida del mapa

ArcMap permite trabajar en la Data View (Vista de Datos) o LayoutView (Vista de Salida o Impresión). El Data View se enfoca sobre un Data Frame en particular. El Data View muestra como el mapa se ve dentro de una página.

## Pasos realizados.

Se hizo clic en el menú View y después se seleccionó Layout View. La barra de Layout aparece y el despliegue cambia para mostrar la página de Layout con reglas a los lados.

Figura 49. Layout de mapa en proceso



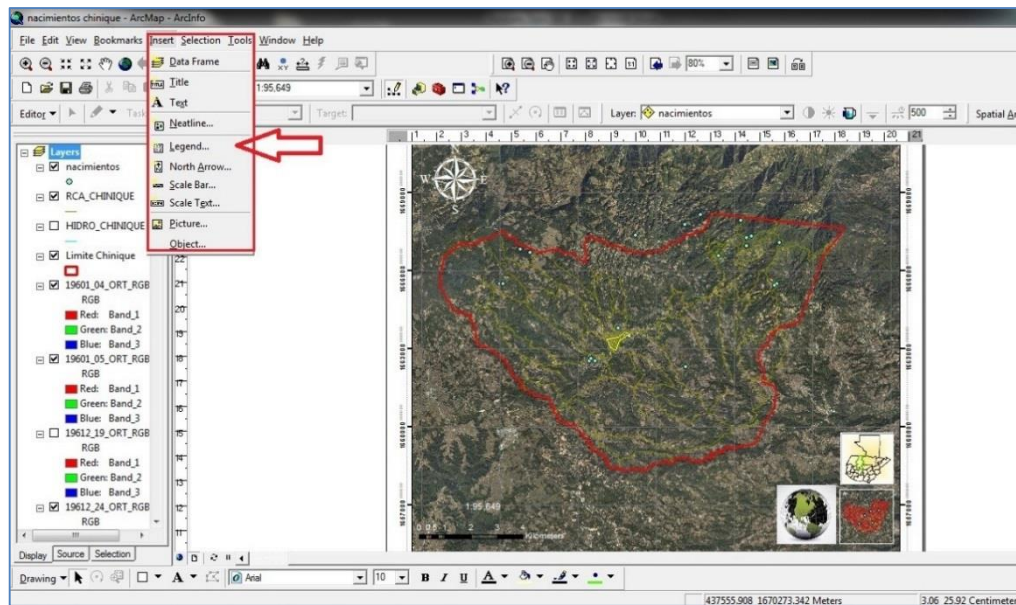
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Clic derecho en cualquier parte sobre la parte de atrás del Layout y nuevamente clic en Page and PrintSetUp. También es posible acceder al Page SetUp del menú de File.

## Insertando Elementos al Mapa.

ArcMap facilita agregar títulos, leyendas, flechas de Norte, grillas y Barras de Escala a los Mapas. Para esto se debe tener activa la vista de Layout y utilizar el menú de Insert en el menú principal.

Figura 50. Insertar elementos al mapa



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

## 3.7. Mapa de uso potencial del suelo

### 3.7.1. Metodología

El mapa temático sobre uso del suelo se basó en la siguiente metodología.

## **Recopilación de datos**

Se buscó información relacionada al municipio de Chinique con respecto al uso del suelo y otros recursos relacionados.

## **Delimitación real del municipio**

A través de la Corporación Municipal de Chinique y personal técnico de la Dirección Municipal de Planificación se realizó una delimitación actualizada del municipio.

## **Información Temática**

Se utilizó ortofotos del 2006 del MAGA, que pertenecen al área del municipio de Chinique, las cuales fueron las siguientes: Bloque 2 (2061-II-7, 2061- III-12, 2061-III-22 y 2060-IV-2) y bloque 4 (1961-II-14,1961-II-15,1961-II-19, 1961-II-20, 2061-III-11, 2061-III-16, 1961-II-25, 1961-II-10, y 1961-II-9.)

Una vez determinadas las ortofotos, se utilizó el software ArcGis, y se cargó la capa Lim\_chinique\_GTM.shp. preparada previamente. Luego se cargaron las ortofotos, se marcó de color rojo el límite municipal de chinique. Posteriormente se cargó la capa OCS\_CHINIQUE, (Obtenida del trabajo realizado por SEGEPLAN para el Plan de Desarrollo Municipal de Chinique en el 2010) para poder observar las características y áreas que cubren los distintos usos del suelo en el municipio.

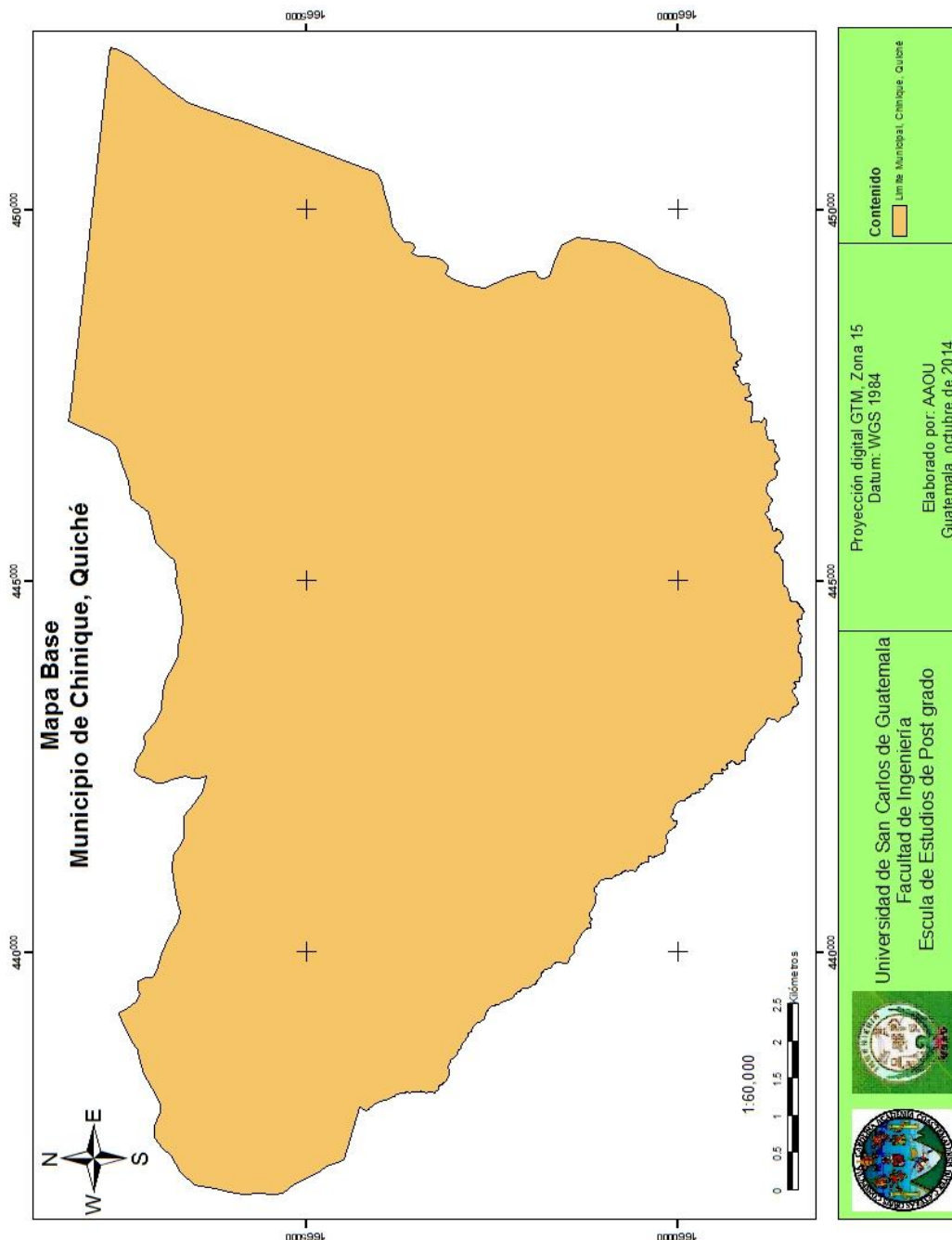


## **4. RESULTADOS**

A continuación se presentan los mapas e interpretaciones como resultado del presente trabajo.

#### 4.1. Mapa base

Figura 51. **Mapa Base del municipio de Chinique, Quiché**



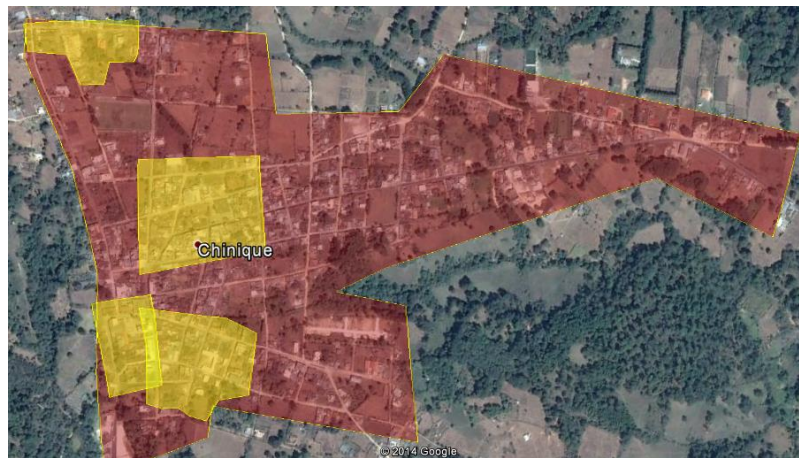
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

#### 4.2. Producción cartográfica para el municipio

A continuación se discuten los resultados obtenidos.

El área cubierta por el VANT fue de 18.6ha, lo cual equivale al 33% del área que conforma el casco urbano. Únicamente se logró cubrir esta cantidad debido a inclemencias climáticas y limitaciones de tiempo para la recolección de datos. La imagen muestra en un polígono rojo el área completa del casco urbano de Chinique y en polígonos amarillos las áreas cubiertas por el VANT.

Figura 52. **Área cubierta por VANT**



Fuente: Elaboración propia, Google Earth.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la ortofotografía de las áreas mapeadas fue muy buena, consiguiendo GSD de hasta 2.6cm por pixel, como se había previsto en el diseño de la planificación de vuelo. Otro factor que influyó en la calidad de las imágenes fue la nubosidad, esto impide que exista una buena iluminación natural, lo cual se traduce en imágenes con colores naturales más reales.

Figura 53.

**Orto fotografía Municipalidad de Chinique, Quiché**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



Figura 54. Orto fotografía Mercado municipal de Chinique, Quiché



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 55.

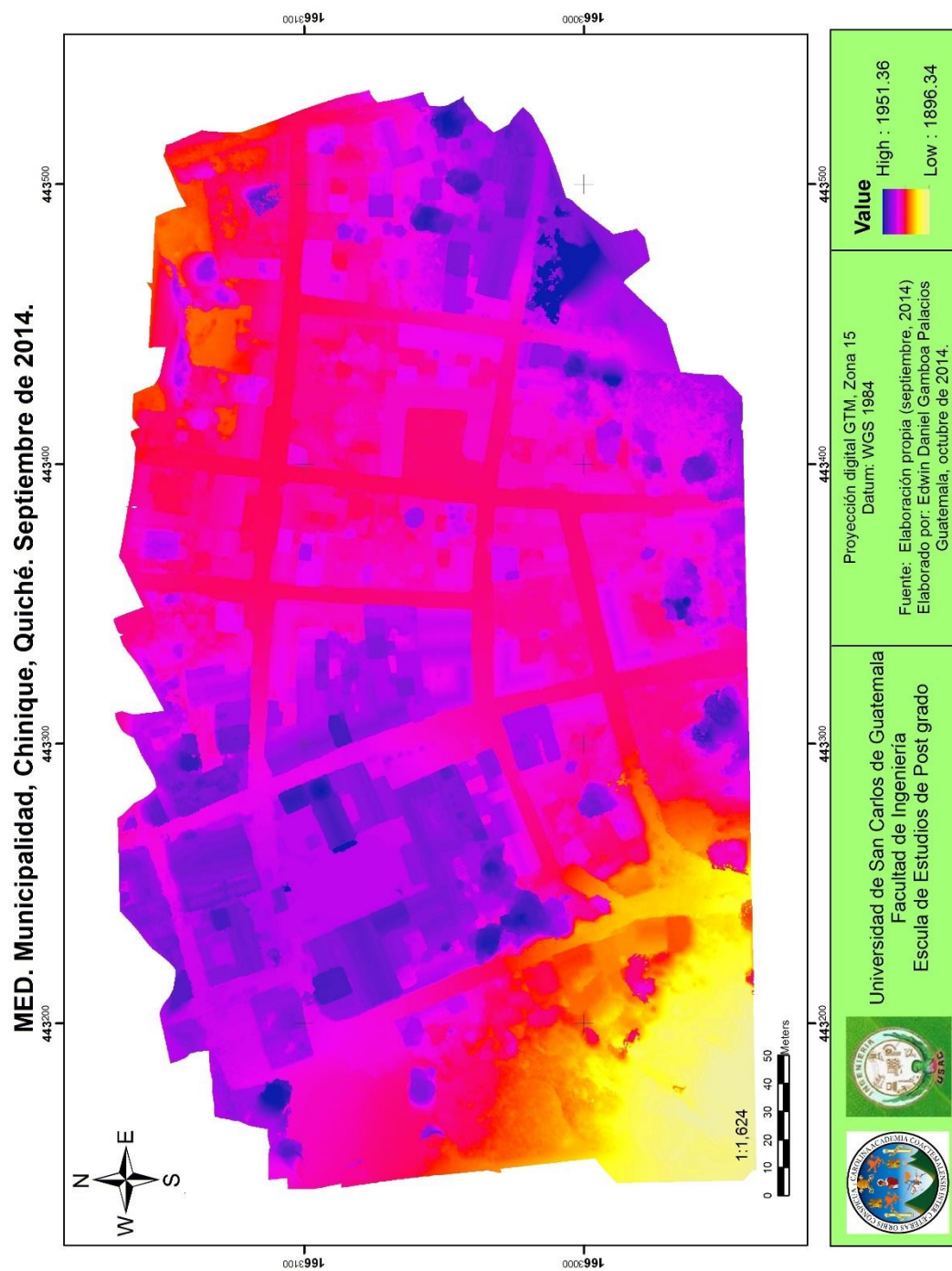
## Orto fotografía Centro de Asistencia Permanente de Chinique, Quiché



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



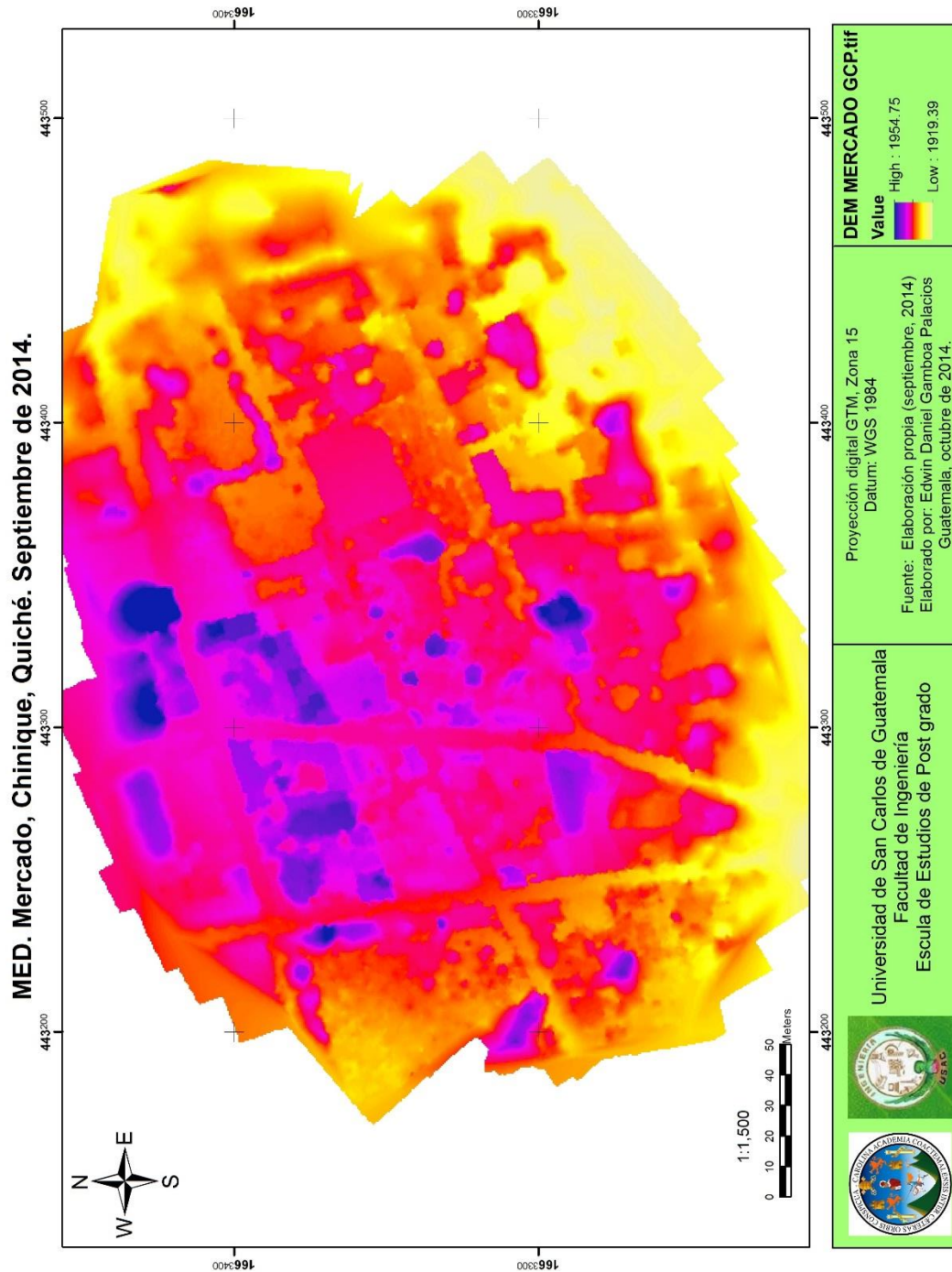
Figura 56. **Modelo de elevación digital Municipalidad de Chinique, Quiché**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 57.

# **Modelo de elevación digital Mercado municipal de Chinique, Quiché**

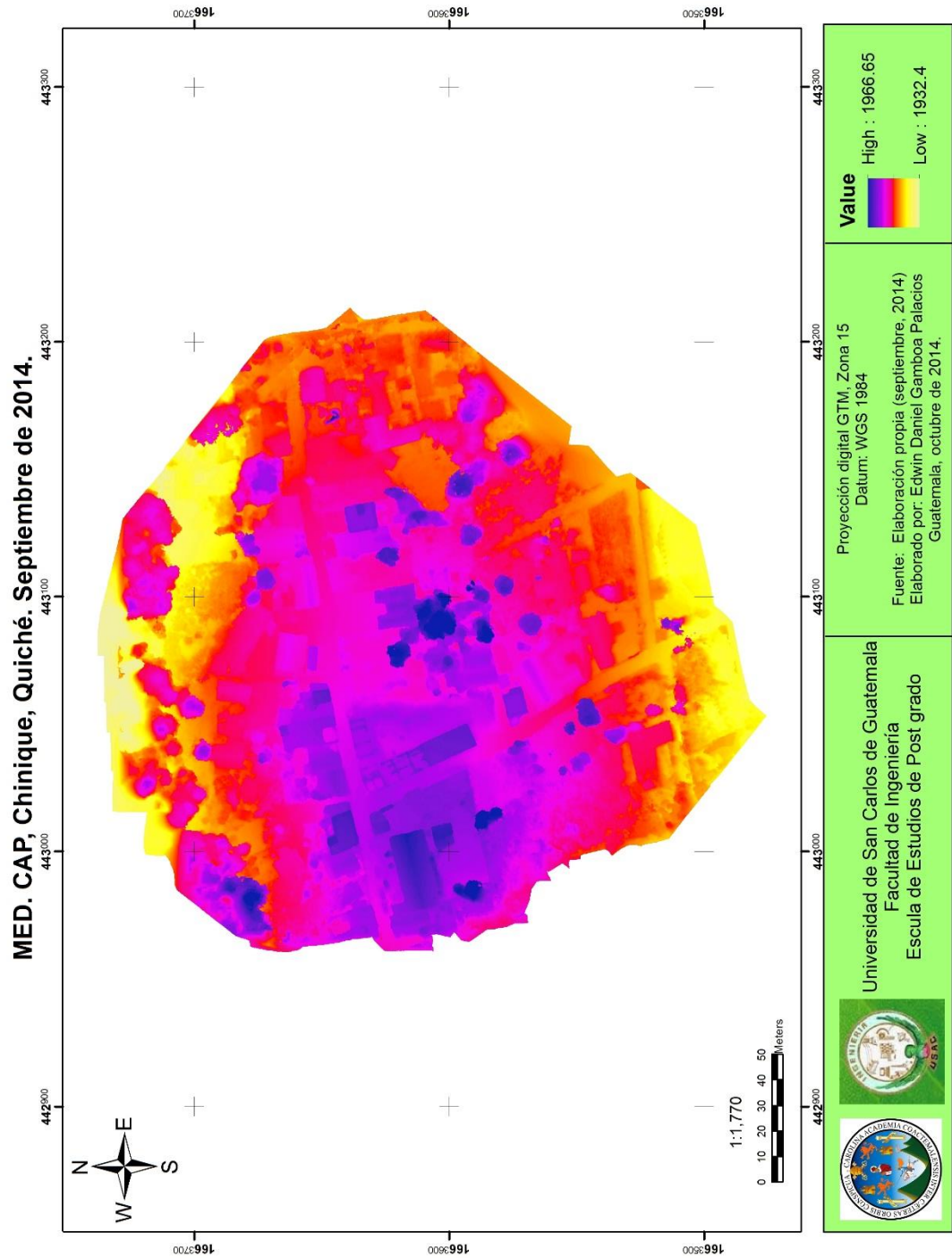


Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



Figura 58.

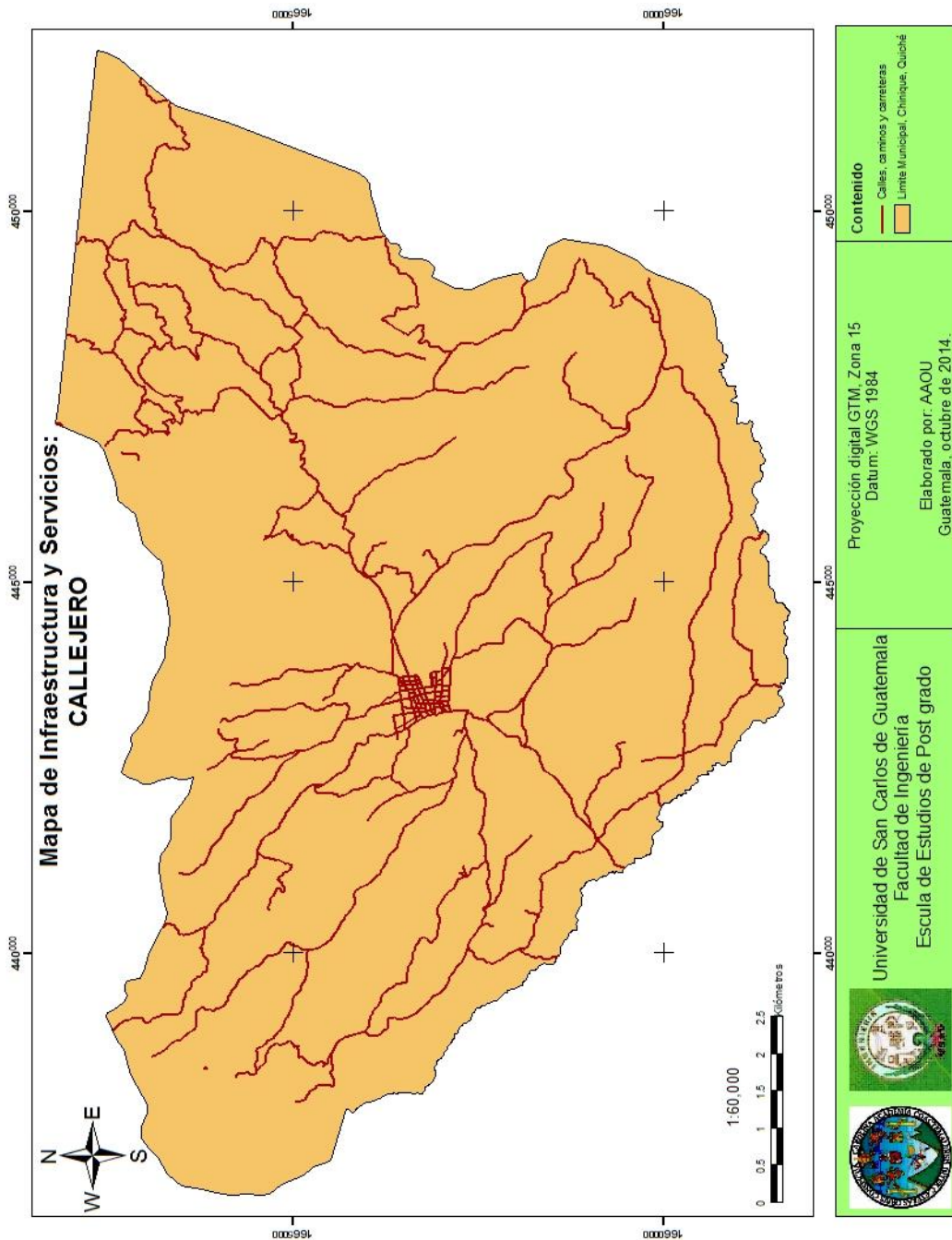
# **Modelo de elevación digital Centro de Asistencia Permanente de Chinique, Quiché**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

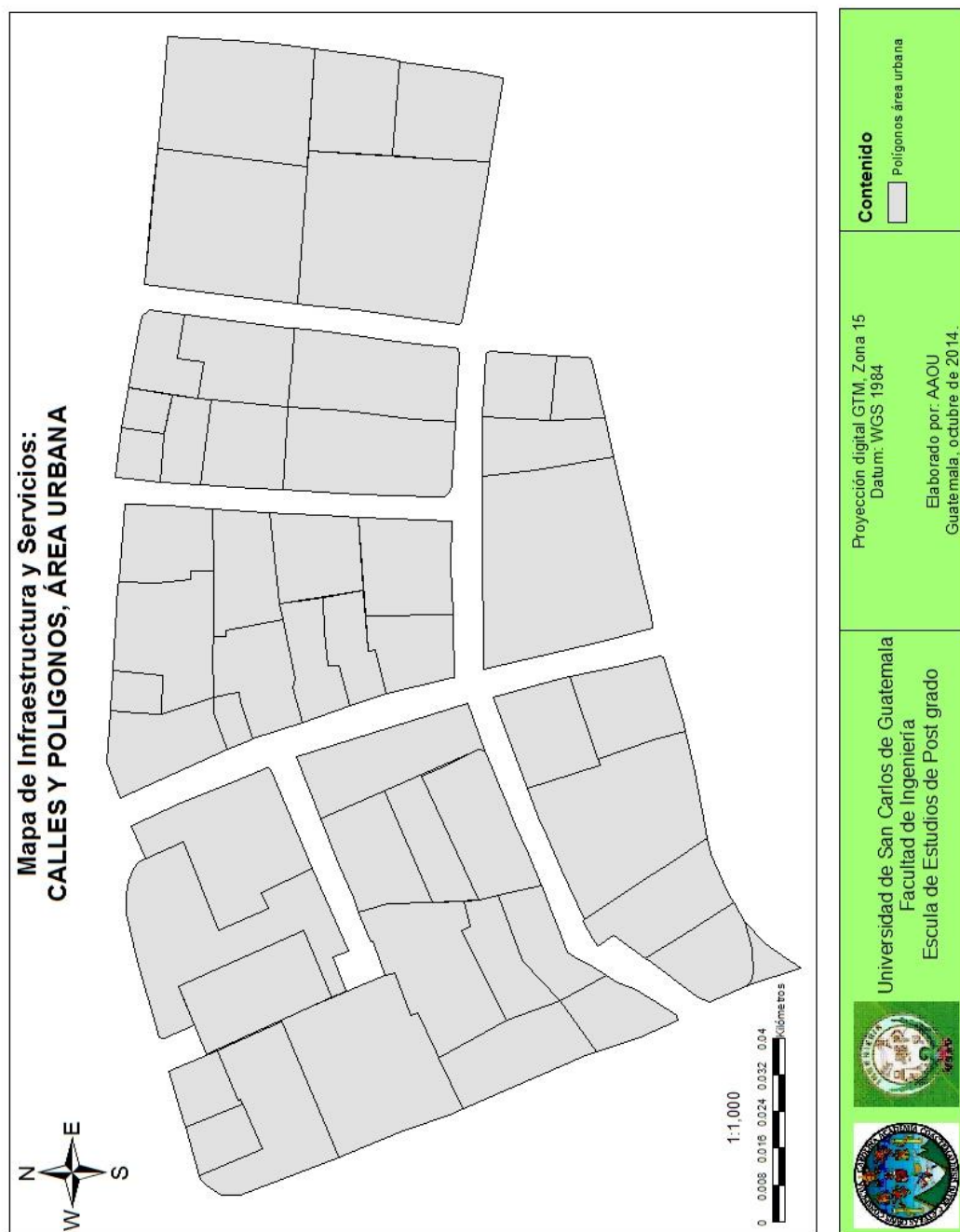
### 4.3. Mapa de infraestructura y servicios

Figura 59. Mapa Callejero



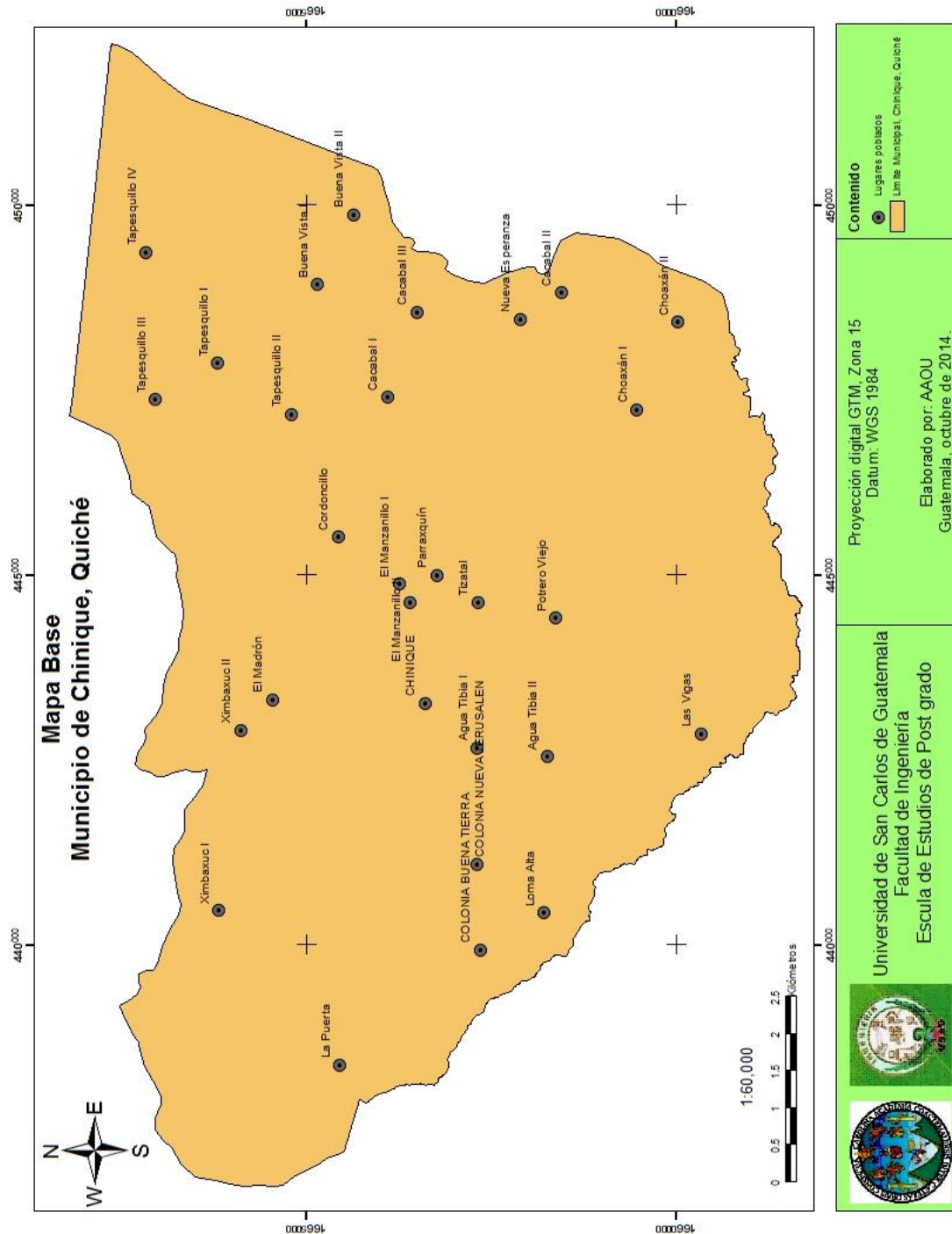
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 60. **Mapa de calles y polígonos, área urbana**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

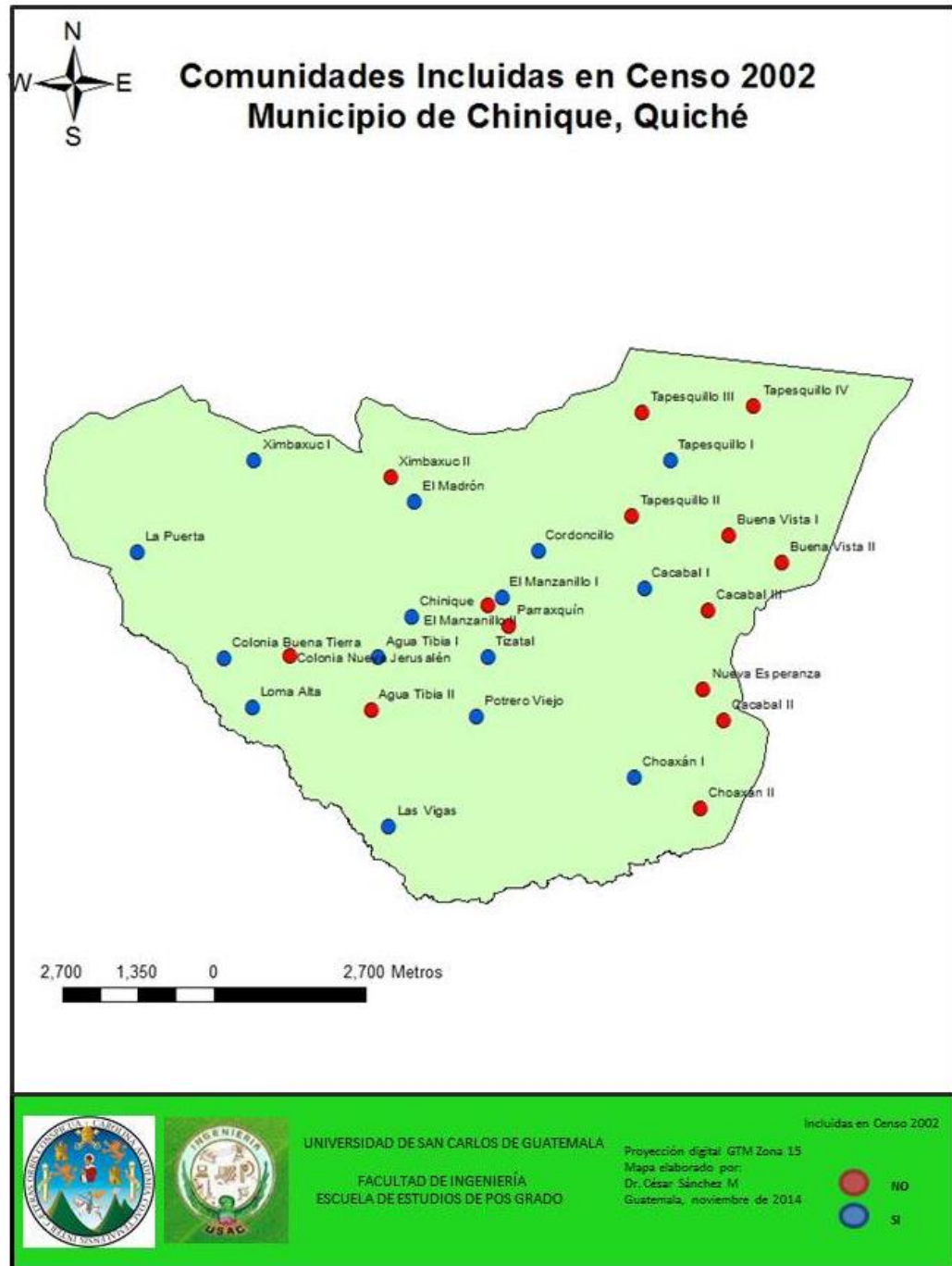
Figura 61. Mapa de lugares poblados



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 62.

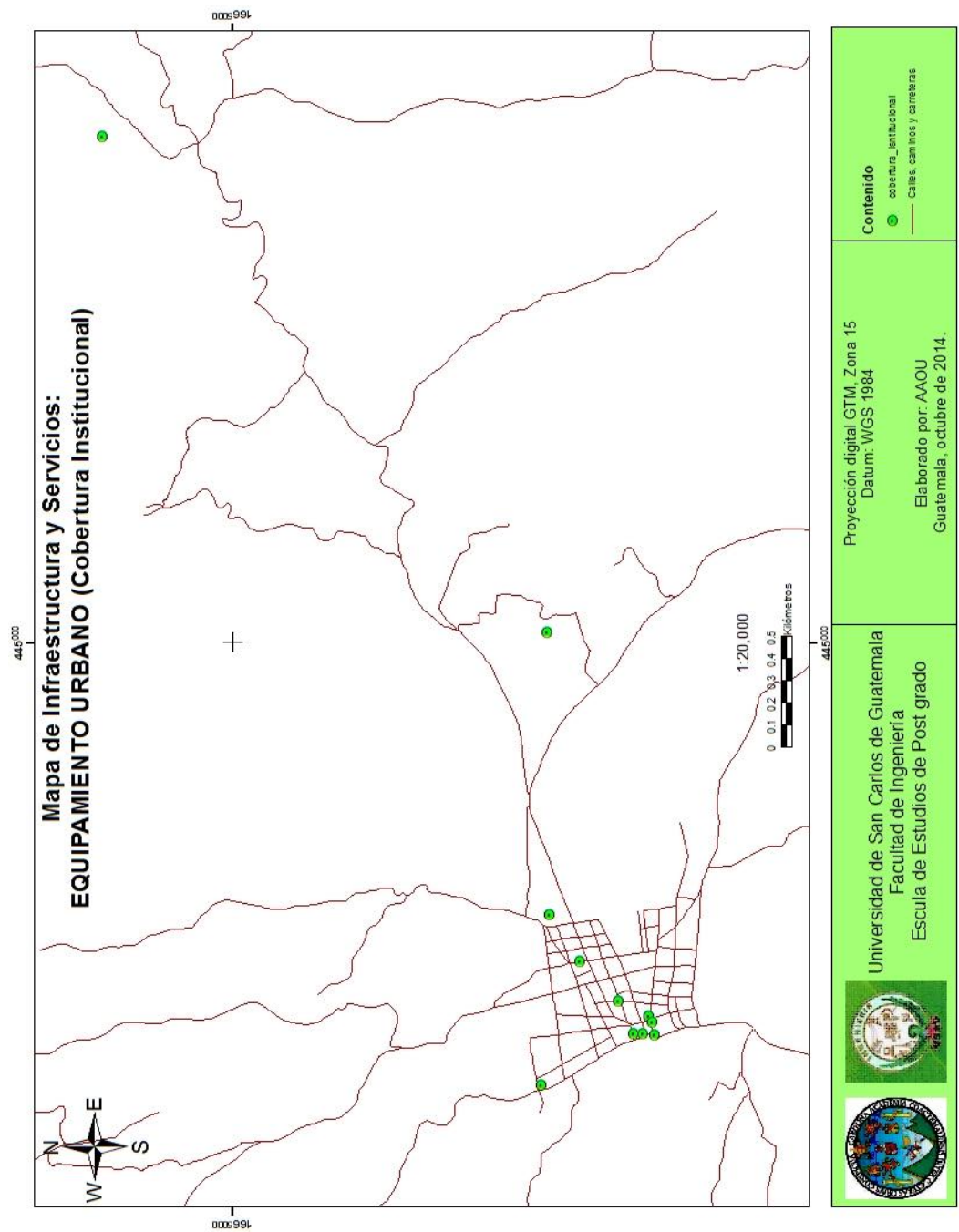
**Mapa de comunidades incluidas en Censo 2002**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

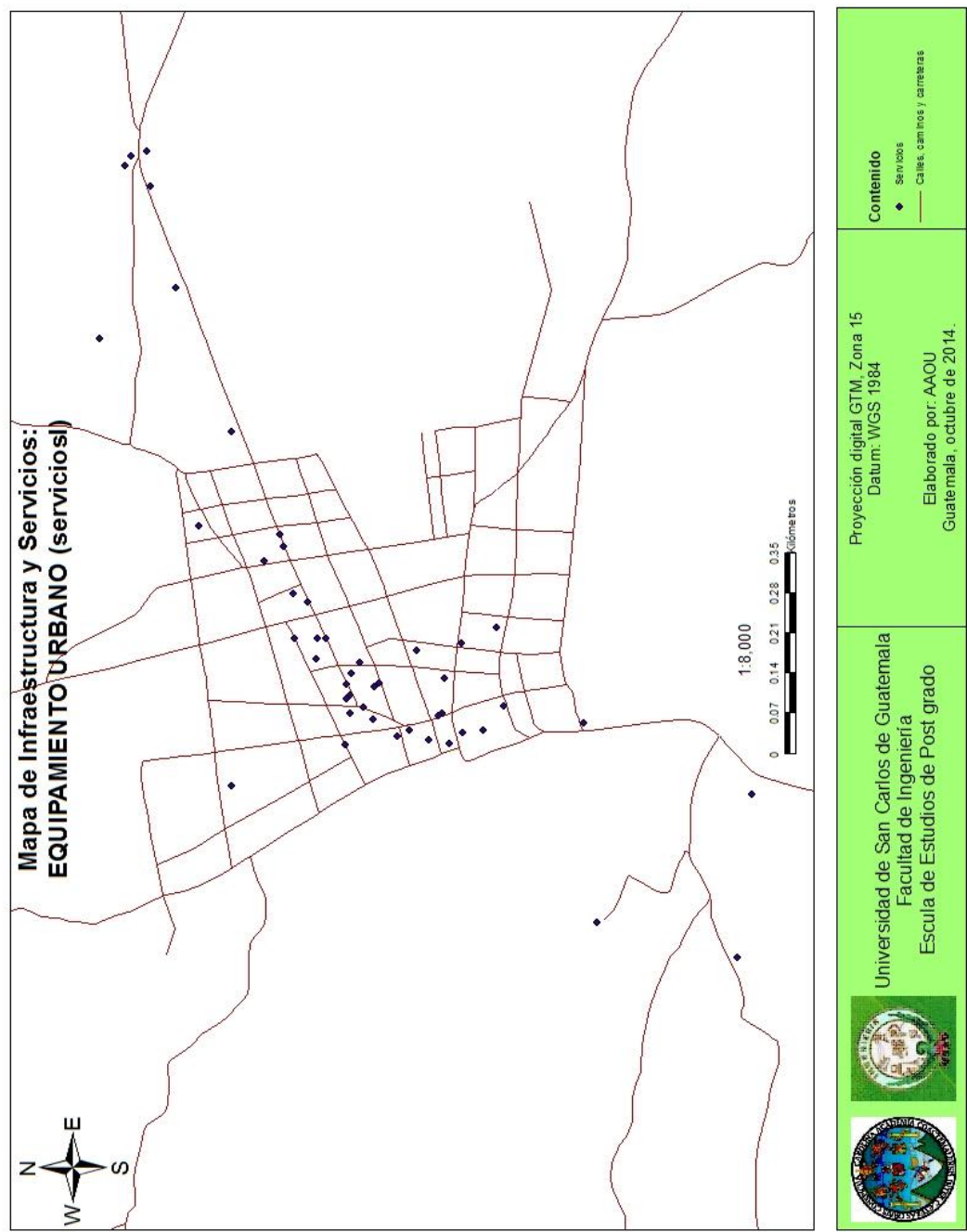


Figura 63. Mapa de equipamiento urbano (cobertura institucional)



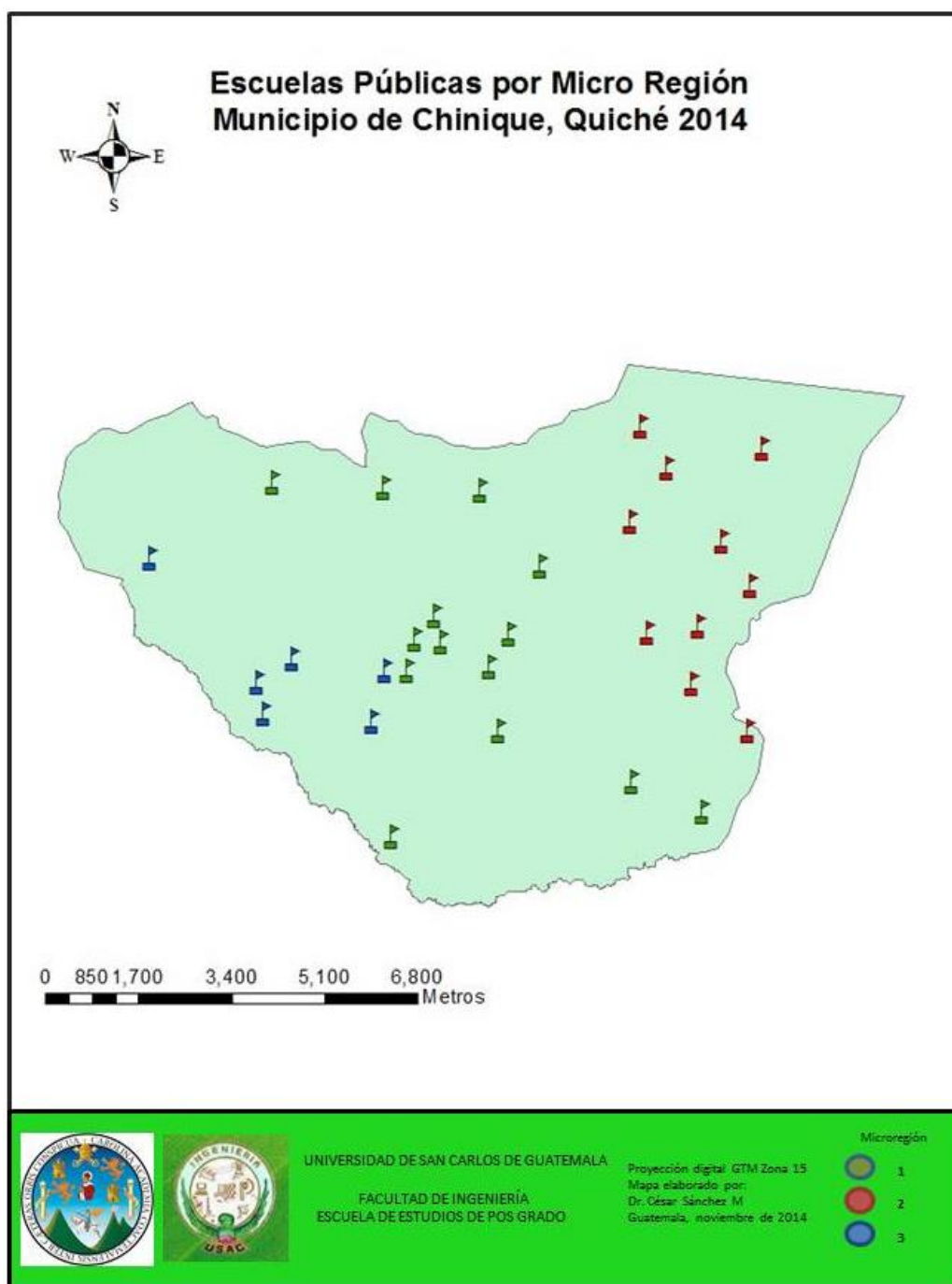
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 64. **Mapa de equipamiento urbano (servicios)**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 65. **Mapa de equipamiento urbano (escuelas públicas por Micro Región)**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



#### **4.4. Mapa de análisis multi temporal de perdida de cobertura vegetal**

Con base en los el procesamiento y análisis de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8 de enero de 2000 y diciembre de 2013 respectivamente, se generaron los siguientes mapas:

- Mapa de cobertura forestal del año 2000.
- Mapa de cobertura forestal del año 2013.
- Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal.

Se determinó que durante el período del 2000 al 2013 se han perdido 1,620.56 Ha de bosque y se han recuperado 881.01 Ha. La pérdida de cobertura forestal se ha ocasionado principalmente en los bosques dispersos de las partes de pié de monte de las montañas ubicadas al norte y noreste de la cabecera municipal, que se han reducido 24.96% con relación al año 2000, equivalente a 1,144.82 Ha; mientras la mayor ganancia de cobertura forestal se ha observado en los bosques densos, en las cima y ladera, de las montañas ubicadas al noreste y noroeste de la cabecera municipal, ya que se han incrementado en 143.11 Ha, equivalente a 18.52% con relación al año 2000.

El área destinada a la agricultura se ha incrementado 81.79% con relación al año 2000, equivalente a 854 Ha, reemplazando los bosques dispersos en el valle de Chinique y áreas con arbustos (clasificados como pastura y matorrales) del pié de monte de las montañas del norte y noreste a una tasa de 65.72 Ha anuales.

Los cambios de cobertura del municipio de Chinique, se reflejan en el cuadro siguiente.

Tabla XVI. **Área de cobertura por categoría en los años 2000 y 2013.**

<b>Categoría</b>	<b>Área (Ha)</b>	
	<b>Año 2000</b>	<b>Año 2013</b>
Urbanización	284.27	242.79
Agricultura	1,044.61	1,899.03
Pastura o matorrales	2,459.07	2,647.84
Bosque disperso	4,777.49	3,632.67
Bosque denso	772.54	915.65
<b>Total</b>	<b>9,337.98</b>	<b>9,337.98</b>

Fuente: Elaboración propia.

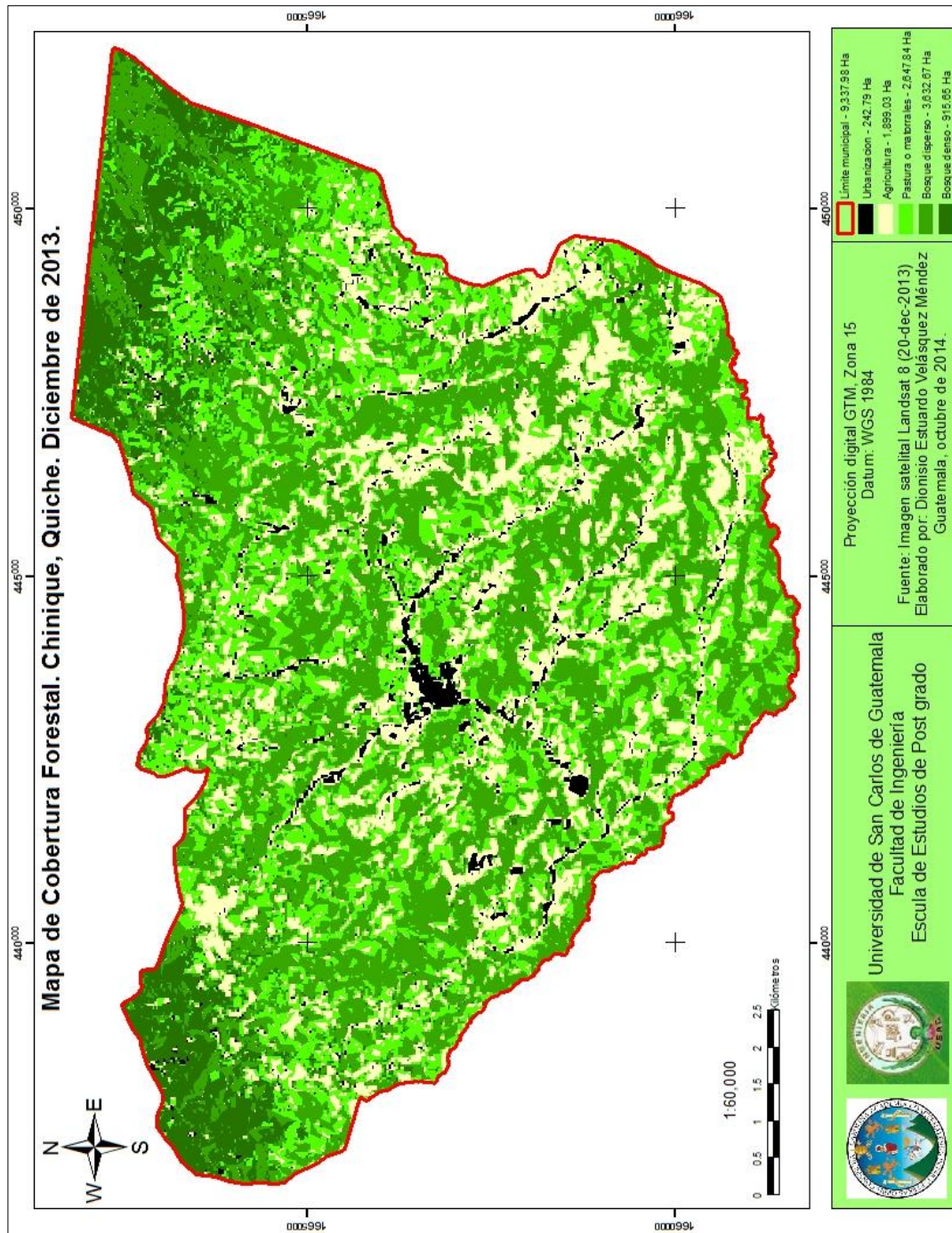
Figura 66. **Mapa de cobertura forestal del municipio de Chinique, Quiché en el año 2000**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 67.

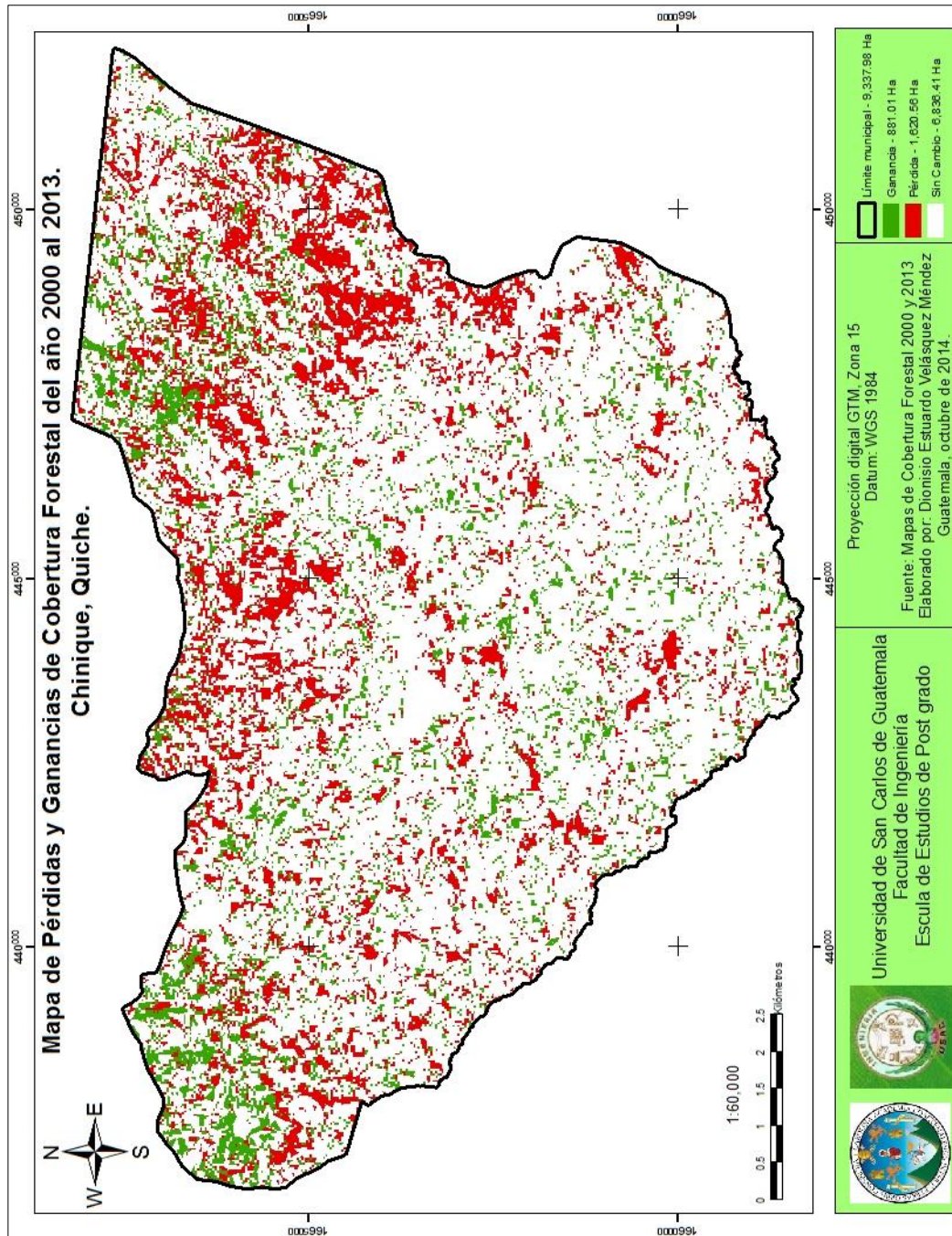
# **Mapa de cobertura forestal del municipio de Chinique, Quiché en el año 2013**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



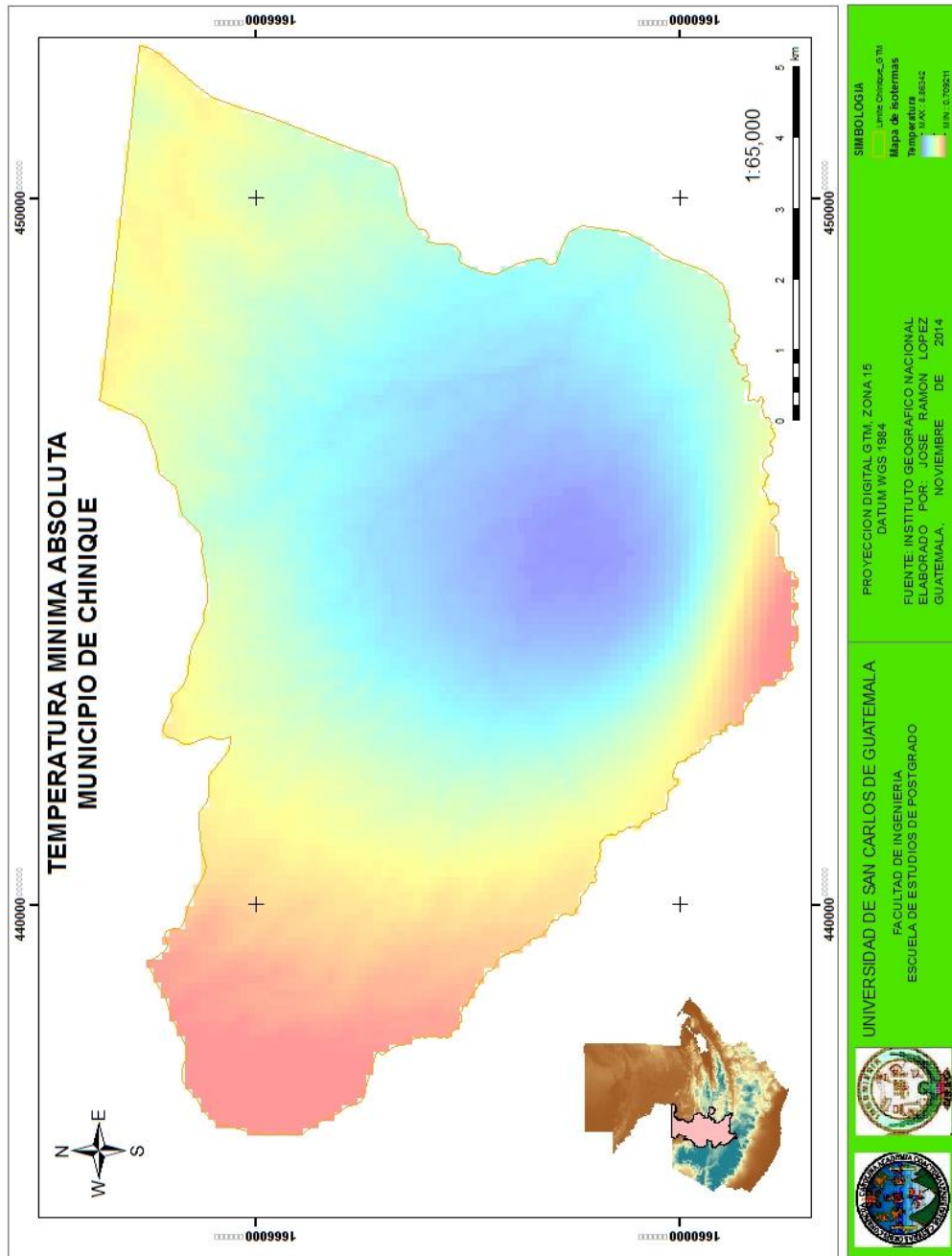
Figura 68. **Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura forestal del año 2013.**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

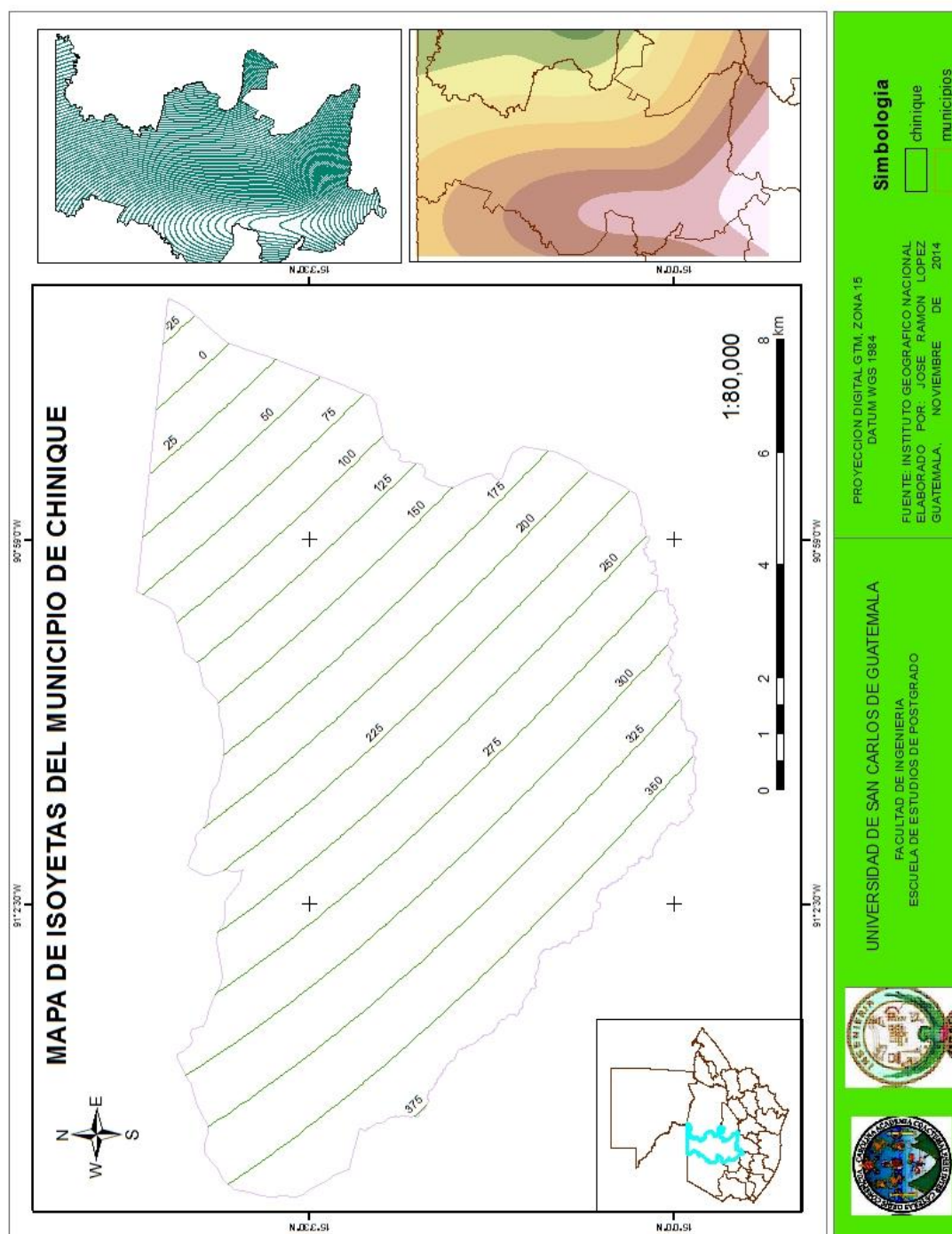
#### 4.5. Mapa de precipitación y temperatura

Figura 69. **Mapa de temperatura mínima absoluta, municipio de Chinique.**



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Figura 70. Mapa de isoyetas del municipio de Chinique.



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

#### **4.6. Mapa de recursos hídricos**

La información digitalizada del mapa sobre recursos hídricos (ríos y nacimientos), es un producto de vital importancia para los diversos usos que se le pueda dar, por ejemplo, la realización de un futuro inventario hídrico, para conocer la cantidad y calidad de agua en el municipio, determinar las zonas de recarga hídrica para su protección, etc.

Del mapa temático elaborado sobre ríos, se puede acceder a información importante tal como el nombre de cada río, naturaleza, descripción, etc. Dicha información se describe en el cuadro 3.

Entre los ríos que cruzan el municipio de Chinique están:

- Patzé, el cual se utiliza como desfogue de las aguas servidas municipales y de la aldea Agua Tibia.
- Cucabaj, el cual es límite entre los municipios de Chinique y Chiché, ambos del departamento de El Quiché.
- Ximbaxuc
- Tupilaj
- Cacabal
- Sibacá
- Cojotz, nace en Buena vista, Primer Centro.
- La Quebrada Parraxquim

Todos los ríos son afluentes del río Motagua, y en época de verano su caudal disminuye en un 60% y no son navegables. Todos están contaminados con desechos sólidos y líquidos (cuadro 3). Existen 2 sub cuencas y la más



grande es la del Rancho Viejo con 5,571 hectáreas, la cual es la más degradada, la que posee los ríos y 5 de los 6 nacimientos que abastecen el municipio; comprende el 80% de los lugares poblados, excepto El Chalum, El Coyegual, San José el Coyegual y Los Cipresales.

En la mayor parte del territorio de Guatemala se ha demostrado que la contaminación de los ríos, la falta de leyes y reglamentos para la administración eficiente de los recursos hídricos, la débil administración de las municipalidades, la poca sensibilización de la sociedad civil en el cuidado del agua, hace que exista una débil gobernabilidad en el tema del agua.

La contaminación de los recursos hídricos tiene un gran impacto en la salud de las mujeres y de los niños y niñas. Esto se refleja claramente en la morbilidad y mortalidad de menores de 4 años en el municipio de Chinique, en donde la atención a las enfermedades como diarreas ha aumentado en la población infantil dándose 88 casos en el 2009, esto debido a la aparición de enfermedades como el rotavirus y consumo de agua contaminada, (tomando en cuenta que los mantos freáticos se encuentran contaminado en su mayor parte). (Plan de Desarrollo Municipal Chinique. SEGEPLAN. 2010.)

**Tabla XVII. Ríos, municipio de Chinique, Quiché.**

o.	NOMBRE	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN	ESTADO ACTUAL	NATURALEZA
1	Cucabaj	Río	Sirve de límite entre el municipio de Chinique y el municipio de Chiché	Contaminado	Curso de agua intermitente (Wadi o Aluvión), menor de 18 metros de

					ancho.
2	Pactzé	Río	Se utiliza como desfogue de las aguas servidas municipales y de la aldea Agua Tibia.	Contaminado	Río perenne, menor de 18 metros de ancho.
3	Tupilaj	Río	Ubicado al norte de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 metros de ancho.
4	Sibacá	Río	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho.
5	Ximba-Xuc	Río	Ubicado al noroeste del municipio	Contaminado	Curso de agua intermitente (aluvión).
6	Cacabal	Río	Ubicado al noreste de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho.
7	Cojotz	Río	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Río perenne, menor de 18 mts., de ancho
8	Parrax-quim	Quebrada	Ubicado al sur este de la cabecera municipal	Contaminado	Curso de agua intermitente (aluvión).

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro anterior muestra las condiciones de la red hidrográfica del municipio de Chinique, los cuales se han deteriorado por el uso inadecuado de la población, muestra de ello es que dos riachuelos se utilizan como drenajes. La pérdida del caudal ha sido hasta en un 50%.

### Mapa temático de nacimientos de agua.

Se ha determinado un total de 42 nacimientos de agua para Chinique, de estos, el 50% se ubican dentro del municipio y el otro 50% se ubican en otros municipios colindantes. En el siguiente cuadro se describen algunos de los nacimientos georeferenciados en el municipio.

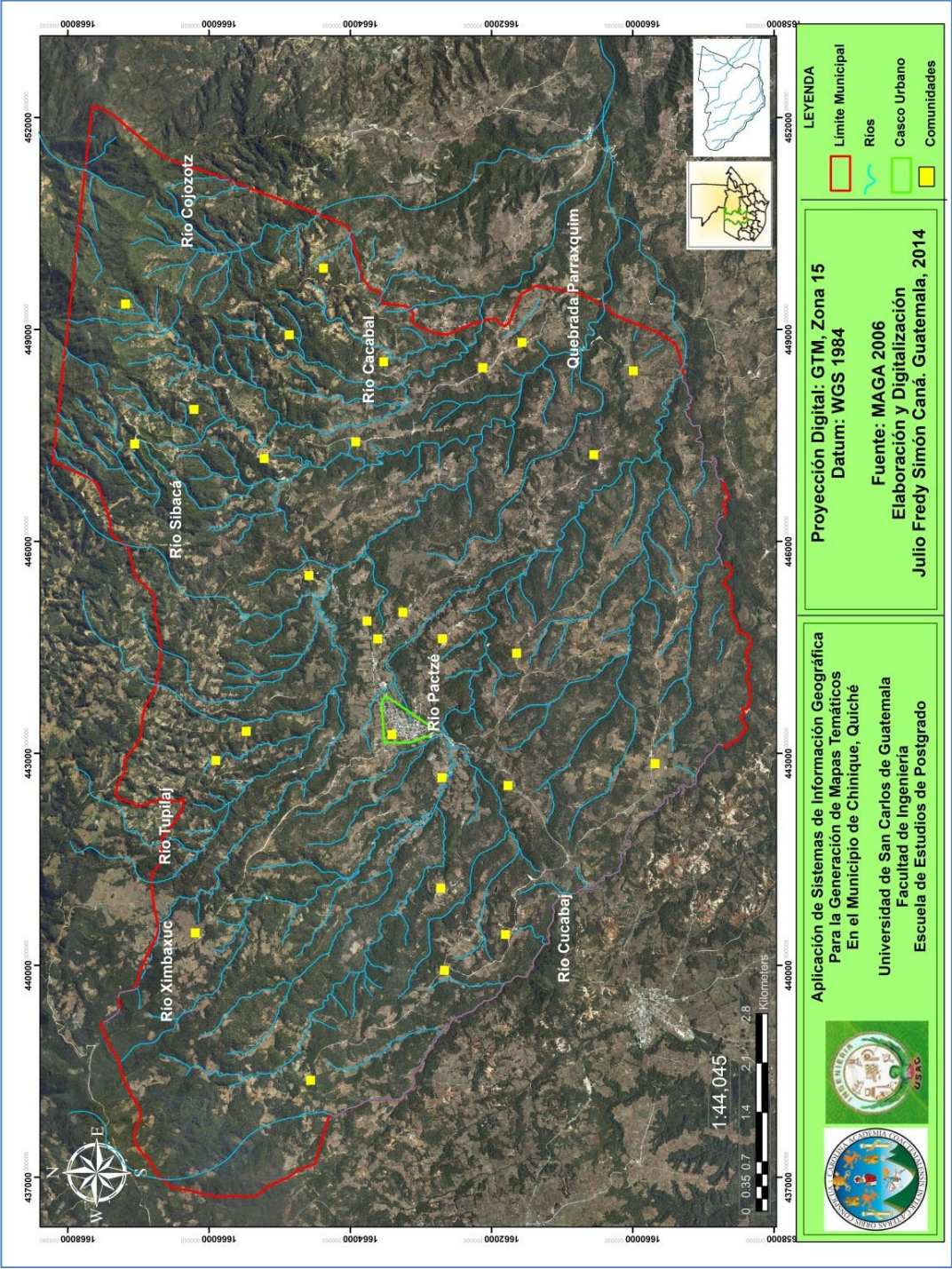
Tabla XVIII. **Ubicación de nacimientos, municipio de Chinique, Quiché**

Nacimientos				
Punto	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud
1	La Laguna	15° 4'2.58"N	91° 3'31.20"O	2224
2	Chumalena	15° 4'50.04"N	91° 3'39.60"O	2362
3	Chiul	15° 4'21.30"N	91° 3'55.02"O	2364
4	Ximbaxuc I	15° 3'28.24"N	91° 3'55.02"O	2097
5	Tzucac 1	15° 4'29.82"N	91° 3'9.96"O	2197
6	Tzucac 2	15° 4'19.96"N	91° 2'39.72"O	2216
7	Tzucac 3	15° 4'38.88"N	91° 2'47.40"O	2233
8	Tzucac 4	15° 4'44.22"N	91° 2'31.74"O	2308
9	Tzucac 5	15° 4'35.88"N	91° 2'43.68"O	2230
10	Paquinac	15° 4'23.52"N	91° 1'53.40"O	2193
11	Vega del Sope	15° 4'45.59"N	91° 58'54.72"O	2292
12	Buena Vista I	15° 3'39.54"N	91° 58'32.40"O	2064
13	Tapesquillo IV	15° 4'28.10"N	91° 57'58.70"O	2321
14	Tapesquillo IV 2	15° 4'17.10"N	91° 57'55.92"O	2180
15	Agua Tibia I	15° 2'33.54"N	90°2'42.66"O	1974
16	Agua Tibia I 2	15° 2'7.17"N	90°2'18.61"O	1938
17	Tapesquillo III	15° 4'50.7"N	90°59'18.06"O	2232

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71.

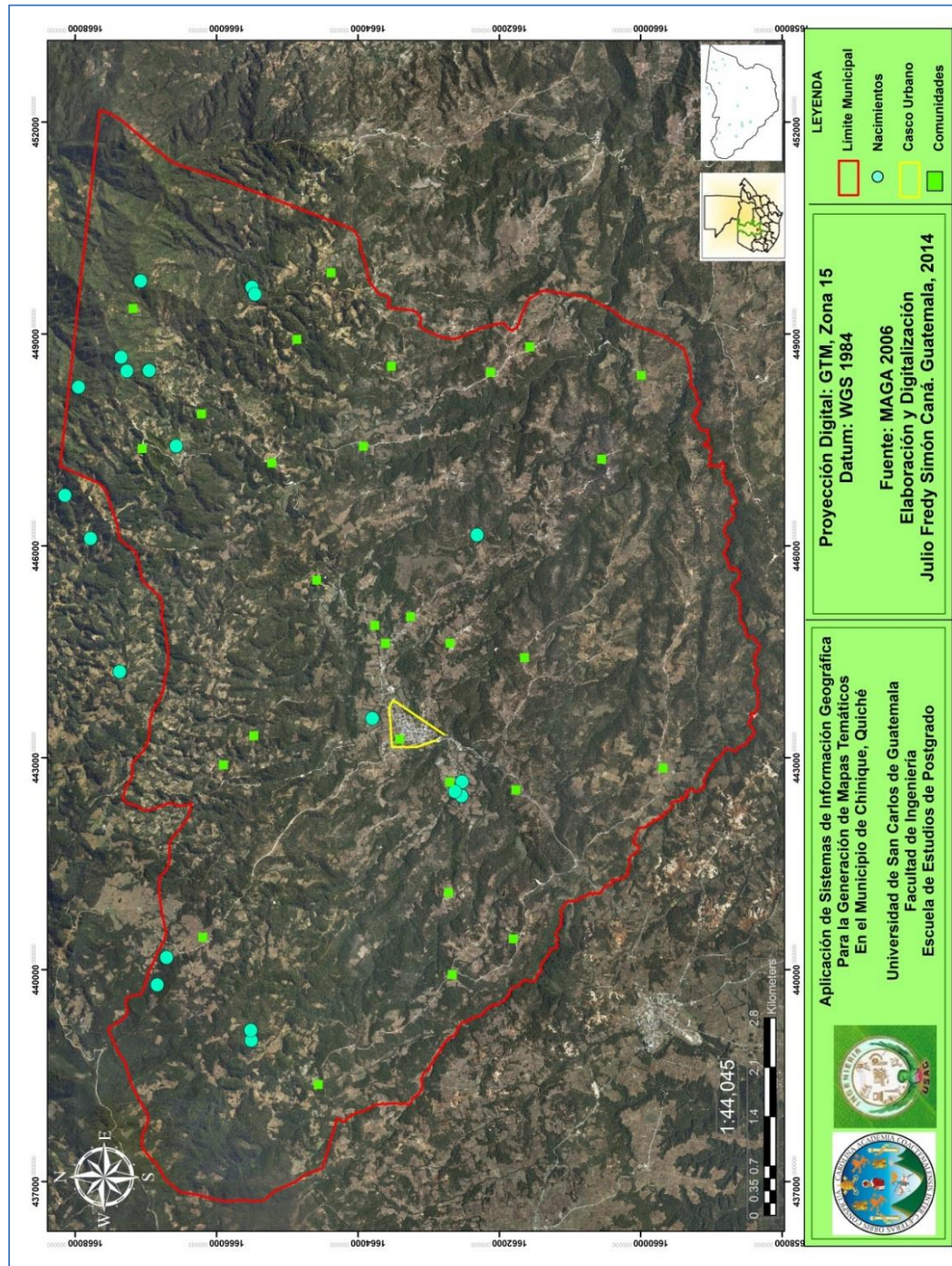
Red hidrográfica del municipio de Chinique, Quiché.



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.



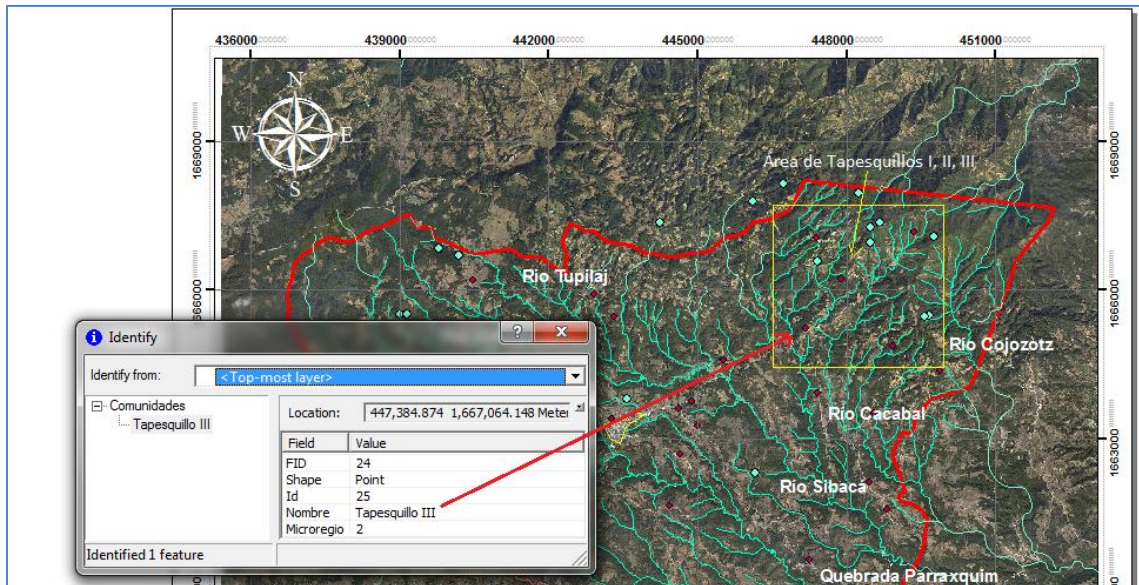
Figura 72. Ubicación de nacimientos de agua, municipio de Chinique, Quiché.



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

Varios de los nacimientos de agua se localizan en la Aldea Tapesquillo I, 14 nacimientos de diferentes caudales se encuentran en esta área de los cuales tres están captados para abastecer a los Tapesquillos I, II y III, ubicados en el noreste del municipio.

Figura 73. **Nacimientos de agua al nor-este, municipio de Chinique, Quiché.**



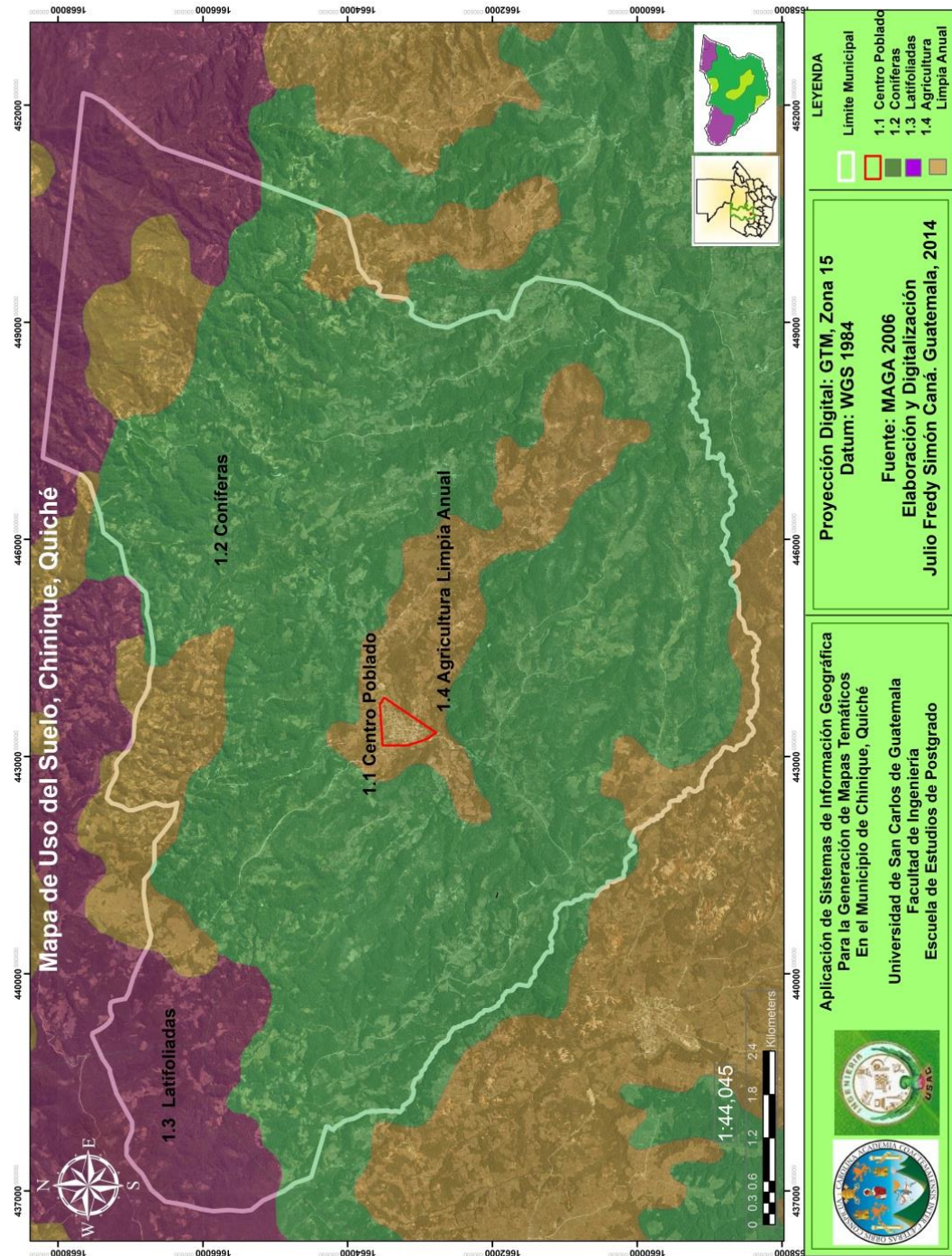
Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

El resto forman un río el cual se dirige a San Andrés Sajcabaja.. Otros nacimientos se localizan en las comunidades de El Manzanillo, Agua Tibia I y II, La Puerta, Las Vigas, en el Parque La Vega del Zope, Condorcillo, y Ximbaxuc II.

La problemática principal de los nacimientos de agua en Chinique se debe a que varios de ellos han sido vendidos a otros municipios como Joyabaj y Zacualpa, esto genera algún tipo de conflictos.



#### 4.7. Mapa de uso potencial del suelo



Fuente: Elaboración propia en software ArcGis 10.

## Estado del uso de la tierra.

La Republica de Guatemala se encuentra situada en América Central entre las coordenadas geográficas: 13° 44' – 18° 3' Latitud Norte y 87° 03'- 92° 13' Longitud oeste en el meridiano de Greenwich. Limita al norte y oeste con México; al sur con el ocena pacifico, al Este con Belice, Honduras, El Salvador y el océano Atlántico posee una extensión territorial de 108,889 Kilómetros cuadrados.

Tabla XIX. **Capacidad de uso de la tierra por superficie en hectáreas y porcentaje**

No.	Clase de capacidad	Capacidad	Aptitud de uso	Superficie		
				ha	%	%/Tipo de Uso
1	I	Cultivos agrícolas	Sin Limitaciones	119,782,7	1,1	34.4
2	II			744,149,8	6,9	
3	III		Con limitaciones	1,829,649,2	16,9	
4	IV			1,035,945,8	9,5	
5	V	Cultivos agrícolas no arables	Pecuario	243,799,9	2,3	17
6	VI		Pecuario/Forestal	1,592,488,8	14,7	
7	VII	Cultivos agrícolas no	Forestal	4,475,521,1	41,2	41.2
8	VIII	Tierras de protección	Protección	774,723,1	7,1	7.1
	Cuerpos de Agua			32194,8	0,3	0,3
TOTAL				10,848,255.30		100

Fuente: MAGA (2000) Utilizando para ello la clasificación de tierras por capacidad de Uso del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (1961).



## **Tipos de suelos en Chinique.**

Los suelos en el municipio de Chinique se clasifican según su tipo en: Franco arcilloso, Franco arenoso y Franco limoso idóneo para la siembra de maíz, frijol, y haba.

El municipio de Chinique posee 6,400 hectáreas, según las clases agrologicas corresponde a la III con 379,43 hectáreas las cuales son aptas para cultivos, pero requieren prácticas de conservación de suelos con un manejo intensivo; posee también 251.59 hectáreas de la clase VI con pendientes fuertes siendo aptos para fines forestales y frutales.

La clase VIII con 5,489.98 hectáreas tierra no cultivables aptas solos para producción forestal, 279 hectáreas están destinadas para áreas urbanas de los centros poblados del municipio.

La mayoría de los suelos son profundos y de textura pesada a mediana, siendo la mediana la que predomina, cuando son modernamente bien drenados el color es pardo, pero los suelos bien drenados son de color grises o negros.

La pendiente del municipio de Chinique está comprendida entre 0.5 a 12%, de 12 a 32%, y de 32 a 45%, la profundidad y la textura de estos representan un potencial para la producción de árboles frutales, así como el maíz y frijol de zonas templadas y frías.

Las plantaciones de coníferas, el diseño de sistemas agroforestales para la sustentabilidad del micro-parcela miento son alternativas que se están impulsando.

El principal cultivo en el orden de importancia es el maíz, con 1484 fincas con 1111 manzanas sembradas que producen 66.6 quintales por manzana y una producción anual de 73,993 quintales de producción.

El segundo cultivo de importancia es el frijol negro con 806 manzanas cultivadas la cuales generan una producción por manzana de 2.78 quintales y una producción de 2241 quintales anuales.

El tercer cultivo en importancia es la cebolla con 6 manzanas sembradas las cuales producen 232.94 quintales por manzana y una producción total de 1405 quintales de producción anual.

En los bosques de Chinique los árboles que más prevalecen son los Pinos colorados y blancos, los Cipreses, Pinabetes, Eucaliptos, Aliso, Roble, Encino, Sauco entre otras. El 85% del área del Chinique es de vocación forestal.

## CONCLUSIONES

5. El trabajo realizado sobre mapas temáticos ha permitido ordenar y homogenizar un gran volumen de información básica de muy variada naturaleza, imprescindible en cualquier ejercicio de planificación y ordenamiento territorial.
6. La fotografía aérea obtenida con un VANT permitió generar material cartográfico del casco urbano en condiciones climáticas de alta nubosidad
7. La utilización de un vehículo aéreo no tripulado como propuesta para la generación de un mapa de calles y polígonos en el área urbana del municipio significa una solución práctica y eficiente para la generación de información geográfica al servicio de la municipalidad para distintas aplicaciones como una base inmobiliaria geográfica por ejemplo.
8. La generación de un mapa de infraestructura y servicios para el municipio de Chinique es de mucha utilidad, siendo esta una fuente de información geográfica de puntos importantes ubicados en el municipio.
9. El territorio que comprende el municipio, de acuerdo a lo que muestra el mapa de ríos y nacimientos, es un área específica de recarga hídrica, sumamente sensible y vulnerables que debe de manejarse adecuada e integralmente para evitar conflictos o ingobernabilidad a futuro derivado de la escasez o insuficiencia de agua.

10. Los ríos que componen la red hidrográfica de Chinique están contaminados en un 100%.
11. El uso del suelo en el municipio de Chinique en un 85% es de vocación forestal
12. Los cultivos más importantes en el municipio de Chinique son el maíz, frijol y cebolla.
13. Las principales pérdidas de cobertura forestal en el municipio de Chinique han sido ocasionadas por el avance de la frontera agrícola y aprovechamiento forestal. El área destinada a la agricultura se incrementa a una tasa de 6.29% anual, afectando principalmente los bosques dispersos del valle de Chinique, mientras el efecto del aprovechamiento forestal se refleja principalmente en el pie de monte y ladera de los bosques de las montañas del noreste, en las comunidades Buena Vista I, Buena Vista II y Nueva Esperanza.
14. La principal ganancia de cobertura forestal se observa en las cimas de las montañas ubicadas al noreste y noroeste, producto de que se han declarado áreas protegidas y se han implementado programas de reforestación.

## RECOMENDACIONES

1. En el futuro se requiere un estudio y control más preciso de los recursos hídricos y sus usos, (cantidad y calidad), para poder tomar decisiones adecuadas para la conservación del recurso tomado como base cartográfica precisa sobre los recursos naturales locales.
2. Se debe buscar la estrategia para evitar la mezcla de las aguas limpias con aguas contaminadas, ya que esto requerirá un tratamiento de un volumen menor de las aguas, lo que resultará más barato y demandará obras más sencillas y de menor costo.
3. Se debe buscar el uso eficiente del agua, adoptando aquellas medidas que conduzcan a la reducción del consumo específico de agua usada en una actividad determinada tratando de mantener o mejorar la calidad del agua..
4. Se recomienda seguir implementando diseños de sistemas agroforestales para la sustentabilidad del micro-parcelamiento por medio del consejo municipal y otras instituciones.
5. Se recomienda instruir en las escuelas sobre lo importante que es conservar nuestro medio ambiente y el uso adecuado de los recursos naturales que poseen.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Chinique, Quiché. *Diagnóstico del municipio de Chinique*. Chinique, Quiché 2014. 31 p.
2. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, ME). Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. ASPECTOS TÉCNICOS DE LAS IMÁGENES LANDSAT (en línea). Consultado 15 oct. 2014. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/>
3. TELEDET Tutorial – Introducción a la Percepción Remota (en línea). Consultado 30 sep. 2014. Disponible en <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/imagenes-satelitales-tutorial.htm>
4. USGS (Geological Survey, US). 2000. (Imagen satelital digital Landsat 7 del 20 de enero): archivos Landsat L7 ETM+ SLC-on (en línea) Estados Unidos. Res. 30 m (path 20, row 50). Consultando 2 oct. 2014. Formato TIFF. Disponible en <http://earthexplorer.usgs.gov>
5. USGS (Geological Survey, US). 2003. (Imagen satelital digital Landsat 8 del 20 de diciembre): archivos Landsat L8 OLI/TIRS (en línea). Estados Unidos. Res. 30 m (path 20, row 50). Consultando 2 oct. 2014. Formato TIFF. Disponible en <http://earthexplorer.usgs.gov>

6. USGS (Geological Survey, US). S.f. Product information (en línea). Estados Unidos. Consultado 9 oct. 2014. Disponible en [http://landsat.usgs.gov/L8\\_band\\_combos.php](http://landsat.usgs.gov/L8_band_combos.php)
7. EISENBEISS, Henri. *A mini unmanned aerial vehicle (UAV): System overview and image acquisition*. Zurich: Institute for Geodesy and Photogrammetry, 2004.
8. GOUGIS, Lise. *La révolution lidar*. Science & Vie, Julio 2014. 76 p.
9. OTERO, A. EZQUERRA, R. y L. MARTÍN. *Fotogrametría*. Madrid: UPM,s.f.
10. BOCQUET, P. GOUGIS, L. *La révolution drones*. Science & Vie. Mayo 2014. 54 p.
11. TAHAR, K. AHMAD, A. *A simulation study on the capabilities of rotor wing unmanned aerial vehicle in aerial terrain mapping*. Malasia: International Journal of Physical Sciences, 2012.
12. SOBRINO, José. *Introducción a la fotogrametría*. Madrid: E.T.S.I, 2007.
13. MONSALVE SAENZ, German. *Hidrología en la ingeniería*. 2ª. ed. Colombia 2011. 382 p.



14. SAMPIERI HERNANDEZ, Roberto; COLLADO-FERNANDEZ, Carlos y LUCIO BAPTISTA, Pilaf, *Metodología de la investigación*. 4ª. ed. México: Mcgraw-Hill 2006.265 p.
15. Cruz, C., Gutiérrez C. & Quintero Q. (2005, marzo). Utilidad del Mapa Temático en la Enseñanza de las Ciencias Sociales en la Educación Básica y Media en instituciones Oficiales y Privadas de Medellín Colombi, Ponencia presentada en el X encuentro de Geógrafos de América Latina, Sao Paulo, Brasil.
16. Llopis P. J.; 2006. Sistemas de Información Geográfica Aplicada a la Gestión del Territorio. Entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales. Teoría y práctica para ESRI ArcGis 9. Cuarta Edición. Alicante España. 1-3 pp.



## ANEXOS

### Datos de temperatura mínima absoluta mensual (°C)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1990	0.5	5.0	6.5	8.0	9.0	9.0	9.5	9.0	9.0	6.0	5.5	6.5	7.0
1991	4.5	2.5	2.0	7.5	9.0	10.0	9.0	6.5	8.5	8.5	5.0	2.0	6.3
1992	3.0	1.5	4.0	6.0	8.0	10.0	9.0	9.5	9.0	9.5	8.0	3.0	6.7
1993	0.0	0.0	5.0	6.0	6.0	6.0	4.0	9.0	7.0	7.5	4.0	3.0	4.8
1994	4.0	4.0	2.5	5.0	6.0	5.5	8.0	7.0	6.0	7.0	5.0	3.0	5.3
1995	2.5	4.0	3.0	5.0	8.0	6.0	7.0	6.0	8.0	5.0	6.0	4.5	5.4
1996	2.0	4.6	2.5	5.0	5.0	7.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.5
1997	5.0	5.0	5.0	7.0	7.0	5.0	6.0	6.0	7.0	5.0	5.0	1.0	5.3
1998	3.0	2.0	4.0	7.0	7.0	7.0	5.5	5.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.8
1999	3.0	3.0	3.0	6.0	9.0	7.0	6.0	6.0	5.0	3.0	3.0	3.0	4.8
2000	1.0	1.0	1.0	3.0	7.0	6.0	8.0	14.5	11.0	11.5	10.5	6.0	6.7
2001	4.0	9.0	7.5	10.5	10.5	14.0	12.5	13.5	7.5	5.0	0.0	0.0	7.8
2002	0.0	9.2	10.3	12.5	9.0	9.9	10.1	8.5	8.5	7.0	3.0	5.0	7.8
2003	0.0	5.5	8.0	10.5	0.0	13.4	7.6	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
2006	-4.0	-4.5	1.5	2.0	7.0	6.5	6.5	5.5	7.5	0.0	0.0	0.0	2.3

Fuente: INSIVUMEH

Datos de precipitación mensual (mm/h)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1980	13.30	2.70	0.60	4.60	224.90	240.90	244.90	330.80	354.60	106.60	55.60	4.90	354.60
1981	0.00	14.00	11.50	65.80	227.50	984.70	304.70	353.40	413.40	257.40	4.40	3.80	984.70
1982	0.70	13.00	4.60	8.30	204.80	302.60	286.60	127.60	285.00	169.50	74.10	13.30	302.60
1983	0.00	42.30	27.40	16.60	21.30	354.30	325.30	220.50	194.80	144.70	86.10	6.00	354.30
1984	1.40	13.30	30.20	46.20	314.20	325.00	416.10	330.90	393.40	102.50	8.90	9.30	416.10
1985	0.00	5.80	49.60	33.90	0.00	269.40	262.10	246.50	228.60	275.20	58.50	50.40	275.20
1986	1.60	2.00	13.60	32.70	149.70	305.60	346.90	226.70	282.00	199.90	42.30	7.60	346.90
1987	2.40	0.00	44.10	114.00	54.70	757.80	357.10	252.40	235.10	7.00	3.80	1.80	757.80
1988	1.00	9.20	5.40	52.20	45.20	394.80	193.20	600.60	287.50	237.30	33.60	1.60	600.60
1989	29.50	11.50	2.40	98.80	191.20	314.90	291.60	273.50	438.00	253.30	43.30	4.10	438.00
1990	12.10	3.10	22.90	69.70	220.00	340.80	397.90	153.90	453.30	188.90	26.20	29.20	453.30
1991	7.10	5.60	1.30	1.00	146.30	353.70	133.60	106.80	317.00	194.20	7.20	46.30	353.70
1992	0.00	3.60	1.40	77.20	94.00	366.10	230.40	227.80	533.90	236.60	76.80	41.80	533.90
1993	34.30	0.00	35.00	85.30	133.80	360.00	287.20	523.60	508.10	282.30	34.30	9.50	523.60
1994	19.40	46.00	9.80	105.40	243.10	238.90	306.20	395.80	285.00	239.30	56.20	4.90	395.80
1995	0.80	2.50	9.60	94.90	224.80	273.10	277.70	302.50	338.00	210.70	10.80	47.00	338.00
1996	2.00	16.30	23.20	171.90	260.30	473.70	509.80	217.40	305.52	57.10	48.90	1.80	509.80
1997	8.90	7.00	8.40	2.40	66.40	351.90	212.80	199.10	341.80	138.00	113.80	10.20	351.90
1998	4.40	0.00	0.30	4.20	32.90	229.90	217.20	217.50	145.70	216.90	174.30	10.50	229.90
1999	0.20	2.20	14.80	3.60	58.90	467.40	219.70	351.70	387.60	261.30	74.80	5.80	467.40
2000	11.70	0.00	2.30	1.20	237.30	218.80	96.30	251.60	185.20	131.90	10.10	2.30	251.60
2001	2.20	14.90	18.90	82.10	176.40	122.00	203.70	203.90	351.60	150.80	0.00	0.00	351.60
2002	0.00	0.60	0.00	5.30	37.00	141.90	251.90	117.80	116.30	106.50	34.30	0.00	251.90
2003	0.00	28.50	30.80	4.10	0.00	122.50	107.60	106.10	0.00	148.90	26.10	16.10	148.90
2004	7.70	25.50	11.30	0.00	81.00	117.50	172.00	132.10	0.00	117.50	41.90	4.40	172.00
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	111.20	172.00	146.90	0.00	117.50	41.90	4.40	172.00
2006	11.20	0.00	5.90	47.90	164.40	191.70	153.20	212.00	240.10	149.20	32.70	18.00	240.10
2007	9.10	0.00	4.50	45.50	46.30	219.90	202.10	153.20	200.30	110.00	14.90	1.00	219.90
2008	3.00	2.60	1.00	13.40	50.20	222.10	208.00	207.50	229.30	181.20	0.00	0.00	229.30
2009	1.50	1.80	0.00	32.70	273.10	153.50	84.40	32.20	104.20	32.20	36.60	53.00	273.10
2010	0.70	4.00	13.10	71.40	184.70	232.20	264.30	486.90	304.90	0.00	0.00	0.00	486.90
MAX	34.30	46.00	49.60	171.90	314.20	984.70	509.80	600.60	533.90	282.20	174.30	53.00	984.70

Fuente: INSIVUMEH

### Ubicación de nacimientos, municipio de Chinique

Nacimientos				
Punto	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud
1	La Laguna	15° 4'2.58"N	91° 3'31.20"O	2224
2	Chumalena	15° 4'50.04"N	91° 3'39.60"O	2362
3	Chiul	15° 4'21.30"N	91° 3'55.02"O	2364
4	Ximbaxuc I	15° 3'28.24"N	91° 3'55.02"O	2097
5	Tzucac 1	15° 4'29.82"N	91° 3'9.96"O	2197
6	Tzucac 2	15° 4'19.96"N	91° 2'39.72"O	2216
7	Tzucac 3	15° 4'38.88"N	91° 2'47.40"O	2233
8	Tzucac 4	15° 4'44.22"N	91° 2'31.74"O	2308
9	Tzucac 5	15° 4'35.88"N	91° 2'43.68"O	2230
10	Paquinac	15° 4'23.52"N	91° 1'53.40"O	2193
11	Vega del Sope	15° 4'45.59"N	91° 58'54.72"O	2292
12	Buena Vista I	15° 3'39.54"N	91° 58'32.40"O	2064
13	Tapesquillo IV	15° 4'28.10"N	91° 57'58.70"O	2321
14	Tapesquillo IV 2	15° 4'17.10"N	91° 57'55.92"O	2180
15	Agua Tibia I	15° 2'33.54"N	90°2'42.66"O	1974
16	Agua Tibia I 2	15° 2'7.17"N	90°2'18.61"O	1938
17	Tapesquillo III	15° 4'50.7"N	90°59'18.06"O	2232

Fuente: Elaboración propia.

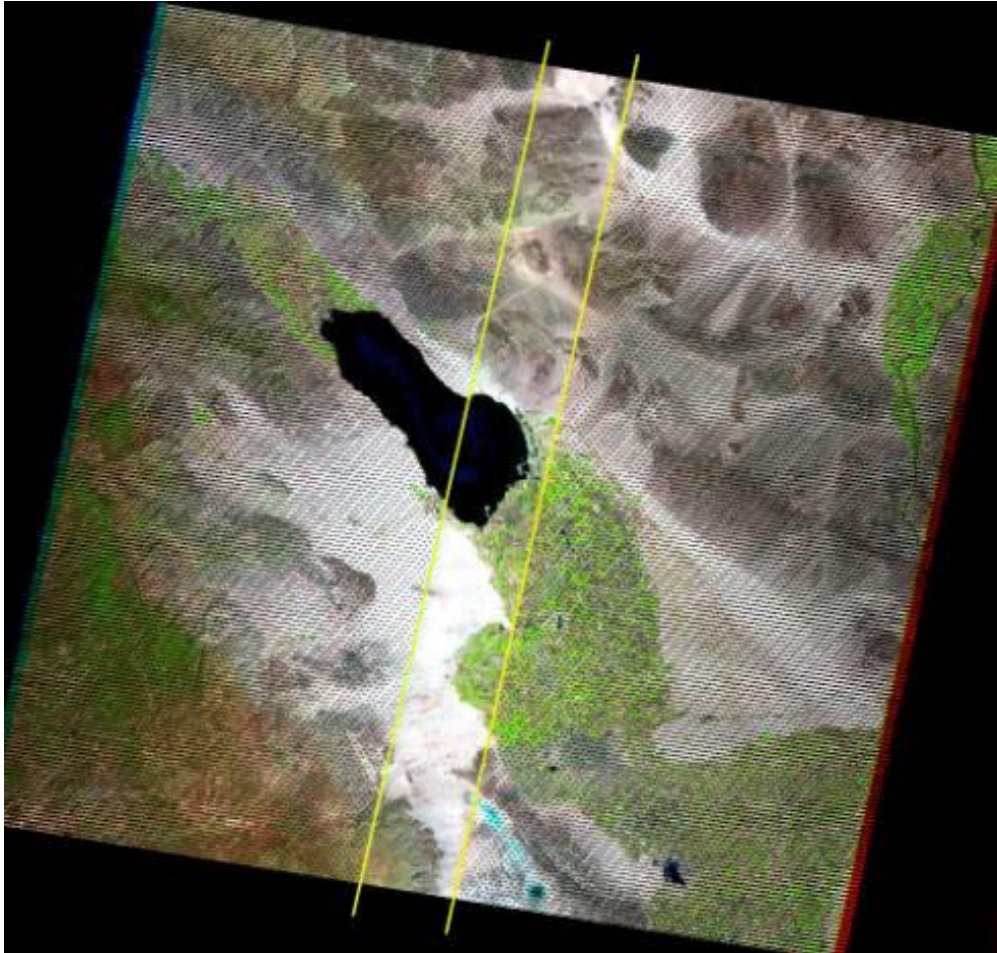
### Coordenadas UTM de puntos de servicios.

Punto	Este	Norte	CLACIFICACIÓN
<b>ALIMENTACIÓN</b>			
Cafetería	712106.67	1663785.31	1
Comedor	712023.69	1663731.23	1
Comida Rápida	712064.04	1663813.49	1
Comida Rápida	712182.83	1663879.29	1
Comida Rápida	712181.9	1663935.83	1
<b>BANCA</b>			
Banrural Cajero 5B	712008.08	1663697.33	2
Caja Rural	712054.2	1663675.39	2
Caja Rural	713007.94	1664241.72	2
<b>COMERCIO</b>			
Aceitera	712364.39	1663962.48	3
Carnicería	712077.33	1663843.04	3
Cementerio	711690.45	1663399.34	3
Ferretería	712182.37	1663895.00	3
Ferretería	712051.8	1663835.62	3
Ferretería	712102.7	1663843.82	3
Ferretería	712246.21	1663911.95	3
Gasolinera	713032.48	1664203.65	3
Hospedaje	712068.71	1663568.28	3
Internet	712100.34	1663795	3
Internet	712025.16	1663602.86	3
Lavado de vehículos	712794.1	1664149.38	3
Mercado Municipal	712146.65	1663896.45	3
Mini despensa	712121.39	1663834.91	3
Panadería	712084.92	1663835.58	3
Tienda de conveniencia 24 hrs	712261.9	1663937.66	3
Vivero	712039.52	1663428.35	3
Vivero de orquídeas	712116.29	1663671.08	3
<b>RECREACIÓN/ENTRETENIMIENTO</b>			
Biblioteca	712317.36	1663989.84	4
Cancha de baloncesto	712020.11	1663638.32	4
Cancha polideportiva	711918	1663131.04	4
Cancha polideportiva	712378.22	1664103.98	4
Canchas de gramilla sintética	712704.17	1664282.71	4

Centro recreativo	711632.65	1663153.35	4
Estadio Municipal	711923.13	1664042.07	4
Internet inalámbrico	712002.04	1663662.42	4
SALUD			
Farmacia	712176.56	1663642.62	5
Farmacia	712050.92	1663681.34	5
Farmacia	712342.94	1663955.65	5
Farmacia	712042.58	1663795.36	5
SERVICIOS TÉCNICOS			
Pinchazo	712543.75	1664050.19	6
Taller electromecánico	711996.45	1663842.98	6
Taller mecánico	712971.35	1664196.57	6
Taller mecánico	712141.09	1663820.37	6
Taller Mecánico	712205.07	1663581.34	6
Taller mecánico automotriz	712164.78	1663720.76	6
Taller mecánico automotriz	712164.78	1663720.76	6
TRANSPORTE			
Servicio de Moto taxys	712013.61	1663752.61	7
Terminal de microbuses	713025.14	1664230.36	7

Fuente: Elaboración propia en software Microsoft Excel

**Imagen satelital Landsat 7 capturada en modalidad SCL – off.**





**Cuadro para la interpretación de resultados del algebra de mapas.**

<b>Cobertura forestal 2000</b>	<b>Cobertura forestal 2013</b>	<b>Diferencia raster calculator</b>	<b>Interpretación</b>
6	5	1	Sin cambio
6	4	2	Sin cambio
6	3	3	Sin cambio
6	2	4	Ganancia cobertura
6	1	5	Ganancia cobertura
11	5	6	Sin cambio
11	4	7	Sin cambio
11	3	8	Sin cambio
11	2	9	Ganancia cobertura
11	1	10	Ganancia cobertura
16	5	11	Sin cambio
16	4	12	Sin cambio
16	3	13	Sin cambio
16	2	14	Ganancia cobertura
16	1	15	Ganancia cobertura
21	5	16	Pérdida cobertura
21	4	17	Pérdida cobertura
21	3	18	Pérdida cobertura
21	2	19	Sin cambio
21	1	20	Ganancia cobertura
26	5	21	Pérdida cobertura
26	4	22	Pérdida cobertura
26	3	23	Pérdida

			cobertura
26	2	24	Pérdida cobertura
26	1	25	Sin cambio



