

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Metodología para diagnosticar la relevancia de la microcuenca del río  
La Campana del municipio de Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por Carlos Enrique Luna Barahona para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2022



**Metodología para diagnosticar la relevancia de la microcuenca del río  
La Campana del municipio de Guatemala**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
Facultad de Ingeniería



**Metodología para diagnosticar la relevancia de la microcuenca del río  
La Campana del municipio de Guatemala**

Trabajo de graduación presentado por Carlos Enrique Luna Barahona para  
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2022

Vo.Bo.

(f)   
\_\_\_\_\_

Ing. Otoniel Echeverría

Tribunal Examinador:

(f)   
\_\_\_\_\_

Ing. Otoniel Echeverría

(f)   
\_\_\_\_\_

Ing. Roberto Godo

(f)   
\_\_\_\_\_

Ing. Rodrigoandres Morales

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de junio de 2022.

## **PREFACIO**

El siguiente trabajo de investigación, de una forma general, busca abordar un tema, el cual complementa estudios relacionados al ordenamiento territorial y al aprovechamiento de los recursos del territorio. Además de permitir realizar un diagnóstico del área de estudio, utilizando sistemas de información geográfica y conocimientos hidrológicos para determinar las características físicas de la cuenca. Y, a su vez, se expone un área desde distintos puntos de vista, presentando variables desde varios ejes temáticos propuestos, los cuales permitan definir la procedencia de las variables y el valor que puede presentar al estudio realizado. Esto permitió identificar puntos de correlación entre los distintos ejes temáticos y las variables propuestas lo que permitió realizar un diagnóstico de la relevancia del área de estudio. Finalmente, la intención de este trabajo de investigación recae en presentar o exponer sus alcances de manera gráfica, mostrando cartografías de la información obtenida y generada. Así se podrán llevar a cabo realizar distintos análisis y distintas conclusiones. La razón de este trabajo de investigación es presentar la cantidad de territorio que se tiene dentro de la ciudad y el aprovechamiento que se le están dando a los recursos y de esta manera poder aportar a los trabajos de ordenamiento territorial, los cuales se están llevando a cabo.

# CONTENIDO

	Página
<b>PREFACIO</b> .....	IV
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	VII
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	IX
<b>RESUMEN</b> .....	X
<b>Abstract</b> .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>IV. OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>A Objetivo general</b> .....	5
<b>B Objetivos específicos</b> .....	5
<b>V. ALCANCE</b> .....	<b>6</b>
<b>VI. Marco teórico</b> .....	<b>7</b>
<b>A Fisiografía y vulnerabilidad de los barrancos en el municipio de Guatemala</b> .....	7
<b>1 Riesgo a deslizamientos de tierra en los barrancos del municipio de Guatemala</b> .....	9
<b>2 Clasificación geomorfológica en los barrancos en Guatemala</b> .....	12
<b>3 Estratigrafía del suelo en los barrancos de Guatemala</b> .....	16
<b>4 Estado del recurso hídrico en los barrancos del municipio de Guatemala</b> .....	26
<b>B La economía y los barrancos</b> .....	27
<b>1 Uso de suelo</b> .....	28
<b>2 Ordenamiento territorial en Guatemala</b> .....	29
<b>C Sociedad y los barrancos</b> .....	30
<b>1 Densidad poblacional en los barrancos</b> .....	30
<b>2 Asentamientos precarios urbanos</b> .....	32
<b>3 Ocupación en los barrancos del municipio de Guatemala</b> .....	34
<b>D Impacto ambiental de los barrancos</b> .....	35
<b>1 Precipitación</b> .....	35
<b>2 Temperatura</b> .....	35
<b>3 Vegetación</b> .....	35
<b>4 Índices de vegetación</b> .....	36

5	Contaminación en los barrancos del municipio de Guatemala	37
6	El recurso hídrico en la ciudad de Guatemala	40
E	Herramientas	41
1	Sistemas de información geográfica	41
2	Imágenes satelitales	41
3	Análisis territorial con SIG	43
<b>VII.</b>	<b>Metodología de trabajo</b>	<b>47</b>
A	Descripción del estado actual de la microcuenca	47
1	Parámetros morfométricos generales:	47
2	Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca y al relieve	47
B	Identificación de variables para el estudio de la microcuenca del Río La Campana	50
1	Eje temático impacto ambiental	51
2	Eje temático social	55
3	Eje temático geológico	59
4	Eje temático económico	62
<b>VIII.</b>	<b>Análisis de resultados</b>	<b>65</b>
A	Eje temático social	65
B	Eje temático impacto ambiental	66
C	Eje temático económico y geológico	68
D	Temperatura superficial y densidad vial	68
E	Densidad poblacional e índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI)	70
F	Densidad poblacional, índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI) y probabilidad a deslizamiento	71
G	Densidad vial, densidad poblacional y mercado inmobiliario	72
H	Densidad poblacional, índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI), probabilidad a deslizamiento y mercado inmobiliario	74
<b>IX.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>76</b>
<b>X.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>77</b>
<b>XI.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>78</b>
<b>XII.</b>	<b>APÉNDICES</b>	<b>80</b>
<b>XIII.</b>	<b>GLOSARIO</b>	<b>81</b>



## LISTA DE GRÁFICOS

Ilustración	Página
1 Localización geográfica del departamento de Guatemala. . . . .	7
2 Vertientes y cuencas en el departamento de Guatemala. . . . .	7
3 Municipio y Área Metropolitana de Guatemala. . . . .	8
4 Relieve del Municipio de Guatemala. . . . .	9
5 Mapa de deslizamientos provocados por diferentes eventos Departamento de Guatemala. . . . .	11
6 Mapa de susceptibilidad a deslizamientos Departamento de Guatemala. . . . .	12
7 Mapa de geomorfología a nivel de paisaje Departamento de Guatemala. . . . .	14
8 Paisaje, tipos de relieves y formas del terreno. . . . .	15
9 Mapa geológico simplificado de la zona de sutura y el Bloque Chortí Departamento de Guatemala. . . . .	17
10 Mapa geológico Departamento de Guatemala. . . . .	18
11 Mapa de materiales parentales Departamento de Guatemala. . . . .	19
12 Pirámide multicategoría del sistema norteamericano de clasificación de suelos y sus relaciones con escala, detalle y objetivos. . . . .	20
13 Características importantes de los Inceptisoles . . . . .	22
14 Características importantes de los Molisoles . . . . .	22
15 Características importantes de los Andisoles . . . . .	23
16 Características importantes de los Entisoles . . . . .	23
17 Características importantes de los Alfisoles . . . . .	23
18 Muestra de perfiles para cada uno de los suelos representativos identificados en el departamento de Guatemala. A) Andisol; B) Molisol; C) Inceptisol; D) Entisol; E) Alfisol. . . . .	24
19 Mapa de suelos a nivel de orden Departamento de Guatemala . . . . .	25
20 Gradiente de precios del suelo. . . . .	29
21 Mapa de Zonas G del municipio de Guatemala. . . . .	30
22 Densidad poblacional en el municipio de Guatemala. . . . .	31
23 Cantidad de habitantes en el Municipio de Guatemala. . . . .	32
24 Región metropolitana, número de lotes y porcentaje acumulado por año de surgimiento de APU. . . . .	33
25 Región metropolitana: promedio anual de lotes según décadas. . . . .	34
26 Comportamiento de la reflectancia de la banda infrarroja contra la banda roja . . . . .	37
27 Disposición de la basura en el hogar, a nivel nacional . . . . .	38
28 Disposición de la basura en el hogar, a nivel nacional, con recolección y sin recolección . . . . .	38
29 Cobertura de servicio de recolección de basura departamental . . . . .	39
30 Características de ciertos basureros municipales a nivel nacional . . . . .	40
31 Representación gráfica de la metodología de caracterización . . . . .	44

32	Representación gráfica de la metodología de análisis-diagnóstico	45
33	Cartografía propuesta para la caracterización y diagnóstico territorial	46
34	Parámetros morfométricos generales.	47
35	Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca.	48
36	Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve.	48
37	Histograma de Frecuencias Altimétricas.	48
38	Parámetros morfométricos asociados a la Altimetría.	49
39	Parámetros morfométricos asociados a la Altimetría.	49
40	Curva Hipsométrica.	49
41	Red de drenajes cauce principal y delimitación de la cuenca.	50
42	Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).	51
43	Clasificación por zonas de vida de Holdridge.	52
44	Penetración de la radiación en la atmosférica.	53
45	Temperatura superficial terrestre.	54
46	Densidad poblacional por kilómetro cuadrado.	56
47	Densidad vial	57
48	Ocupación del suelo.	58
49	Curvas de nivel a cada 10 metros.	59
50	Clasificación de suelos a partir del orden.	60
51	Clasificación por probabilidad de deslizamiento.	61
52	Análisis económico de vivienda vertical dentro de la cuenca.	63
53	Precio promedio de la vivienda vertical en las zonas dentro de la cuenca.	63
54	Análisis económico de vivienda horizontal dentro de la cuenca.	64
55	Precio promedio de la vivienda horizontal en las zonas dentro de la cuenca.	64
56	Análisis social	66
57	Leyenda	66
58	Análisis de impacto ambiental.	67
59	Leyenda	67
60	Temperatura superficial y densidad vial (análisis).	69
61	Leyenda	69
62	densidad poblacional y NDVI	70
63	Leyenda	71
64	Densidad poblacional, NDVI y probabilidad a deslizamiento	72
65	Leyenda	72
66	Densidad vial, densidad poblacional y mercado inmobiliario	73
67	Leyenda	74
68	Densidad poblacional, NDVI, probabilidad a deslizamiento y mercado Inmobiliario	75
69	Leyenda	75

## RESUMEN

Analizando el municipio de Guatemala, se ve claramente que, a lo largo de los años, los barrancos han sido afectados por varios factores como lo es el mal ordenamiento, la saturación de construcción, asentamientos precarios, contaminación y escasez de agua. Es importante sentar las bases de los objetivos que queremos lograr en este trabajo de investigación. Por lo que, al analizar la microcuenca del río La Campana ubicada en el municipio de Guatemala, desde el punto de vista de la reactivación de los barrancos, se vio la importancia de establecer el valor agregado que ofrece a la ciudad y la importancia para nuestro entorno y nuestro estilo de vida.

Es importante tomar en cuenta que para este trabajo de investigación se tendrá un impacto a nivel de microcuenca. Con el mismo se busca generar una metodología para intervenir un barranco. Analizando los siguientes aspectos: el impacto social, el medio ambiental, el aspecto físico o de forma y el económico. Además, que se tiene como objetivo utilizar esta metodología para la intervención de otras microcuencas. Los alcances que se plantearon para este trabajo de investigación son evaluar cómo los barrancos en el municipio de Guatemala afectan nuestro estilo de vida y cómo generar una reactivación de los mismos, partiendo de su clasificación y el entorno que lo rodean.

Al observar que la ciudad de Guatemala ha sufrido a lo largo de los años un mal ordenamiento territorial, el cual se sigue manejando, se verifica la importancia de tomar en cuenta las siguientes variables a analizar, ya que, a partir de eso se partiría para clasificar los barrancos de Guatemala, lo cual es el objetivo general de este trabajo de investigación, pero siempre con un enfoque en la utilización de los sistemas de información geográfica.

El espacio de los barrancos en nuestro territorio está demasiado desperdiciado por lo que se propone en este trabajo de investigación generar una metodología para intervenir cualquier tipo de barranco dentro del país. Siempre teniendo en consideración que las variables pueden cambiar en función de los retos que presenten los nuevos lugares. Por lo que más adelante se muestran los fundamentos teóricos, que se utilizarán como referencia, así como toda la metodología que se trabajó y toda la información que fue necesaria para dar avala y sustento a la propuesta de investigación.

## ABSTRACT

Analyzing the municipality of Guatemala, it is clearly seen that over the years the ravines have been affected by several factors such as poor ordering, saturation of construction, precarious settlements, pollution and water scarcity. It is important to lay the foundations of the objectives that we want to achieve in this research work. Therefore, analyzing the La Campana river micro-basin located in the municipality of Guatemala, from the point of view of the reactivation of the ravines. It is important to establish what added value it offers to the city and how important it is for our environment and lifestyle.

It is important to take into account that this research work will have an impact at the micro-basin level. It seeks to generate a methodology to intervene in a ravine. Analyzing the following aspects: the social impact, the environment, the physical aspect, the geological aspect and the economic one. In addition, the objective is to use this methodology for the intervention of other micro-basins. The scope that was raised for this research work is to evaluate how the ravines in the municipality of Guatemala affect our lifestyle and how to generate a reactivation of them, based on their classification and the environment that surrounds it.

Observing that the city of Guatemala has suffered over the years a bad territorial order, which is still being managed, we see with this the importance of also taking into account the following variables to be analyzed, since, from that, it would start to classify the ravines of Guatemala, which is the general objective of this research work, but always with a focus on the use of geographic information systems.

The space of the ravines in our territory is too wasted for what is proposed in this research work is to generate a methodology to intervene any type of ravine within the country. Always taking into consideration that the variables vary depending on the challenges presented by the new places. Therefore, later on we will show a bit of the theoretical foundations, which will be used as a reference, as well as all the methodology that was worked on and all the information that was necessary to give endorsement and support to the research proposal.



## I. INTRODUCCIÓN

El municipio de Guatemala durante su crecimiento y desarrollo ha ido presentando nuevos problemas y retos, los cuales, algunos atentan directamente con la salud y la vida de las personas que se encuentran tanto cercanas como retiradas de las zonas de conflicto. Este tipo de problemas abarcan temas económicos, sociales, medio ambientales y geológicos, lo cual limita la gestión para presentar soluciones a los problemas. Incluyendo el tiempo como factor esto puede afectar directamente a cualquier plan de gobierno o municipalidades. Los riesgos que se corren dentro del municipio de Guatemala es un tema al que se le debe tomar cuidado, ya que, durante años y con antecedentes de las tragedias que se han suscitado dentro del municipio como a sus alrededores, se tiene claro cuáles son estas zonas de conflicto. Lamentablemente no existe una continuidad o seguimiento al tema, lo cual permita exponer o presentar tanto nuevas zonas de conflicto, como reducir el nivel de riesgo de las zonas conocidas y su estado actual.

El trabajo de investigación de forma específica busca centrarse en la microcuenca del río La Campana. Esta microcuenca se tomó en consideración por presentar la zona estratégica que presenta para el municipio y para enriquecer aún más la información actual de la microcuenca. Lo que permita en un futuro tener un mayor control sobre la microcuenca. Para definir el alcance que se desea con la investigación partimos del objetivo de desarrollar una metodología la cual permita diagnosticar la relevancia de la microcuenca. Una vez establecido el objetivo a alcanzar, se realizaron varios objetivos específicos los cuales marcaron de una forma más definida lo que se deseaba exponer.

Como primer objetivo específico se tomó en consideración realizar un análisis morfométrico lo cual permitió definir el comportamiento de la cuenca y sus características, como la longitud de cauce, el tiempo de concentración, la densidad de drenaje y varias más. Una vez obtenido esta información se puede concluir que el estado actual desde un punto de vista de la forma y el comportamiento es una microcuenca vieja la cual presenta poca variación en su relieve a excepción de las zonas con barranco que son zonas las que presentan cambios más repentinos y rápidos, además por su forma y tipo de cuenca la concentración de agua es muy poca, lo que nos dice que el caudal del río no es grande.

Los últimos objetivos específicos se plantearon a partir de definir cuáles son los ejes temáticos permiten exponer la situación de la microcuenca desde varios puntos de vista, por lo que se definió un eje temático económico, social, ambiental y geológico. Estos ejes permitieron exponer varias zonas de conflicto dentro de la cuenca, las cuales en un futuro no muy lejano pueden verse afectadas por la mala gestión urbana y por la manipulación de los cuerpos de agua dentro de la cuenca. A partir de definir las variables más relevantes para cada eje temático se hizo un análisis de cada una de ellas de forma individual lo cual permitió detectar problemas o situaciones que generen riesgo, como por ejemplo la probabilidad de un deslizamiento dentro de la cuenca, la densidad poblacional y vial dentro de la cuenca, el estado actual de la cobertura vegetal entre otras. Finalmente, para el último objetivo se hizo un análisis de cruce de información, relacionando variables que mostraron las mismas zonas de conflicto, lo cual permitió clasificar dentro de la cuenca estas zonas. Este último análisis nos permite cumplir con nuestro objetivo general, ya que, exponemos la relevancia que posee la cuenca para el municipio de Guatemala desde distintos puntos de vista, clasificando sus zonas de conflicto y enriqueciendo la información previa.

## II. ANTECEDENTES

Dentro de la literatura y referencias bibliográficas se pudo obtener trabajos similares los cuales alcanzan objetivos similares como, por ejemplo, el siguiente trabajo el cual nos muestra cómo en los países en desarrollo hay enormes disparidades sociales, económicas y territoriales que afectan directamente a la calidad de vida de la población y su posibilidad al desarrollo. En lo que se puede destacar la mala planificación territorial que existe en la zona urbana. Hasta hace poco tiempo se hacía ausente cualquier tipo de política territorial, situación que ha detenido la implementación de procesos de desarrollo local destinadas a lograr una mejora integral de sus ciudadanos. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

Finalmente, en el trabajo se muestra cómo en los últimos años el crecimiento demográfico trae consigo un aumento progresivo del consumo de suelo y de recursos naturales y cada vez más intenso. Y se puede ejemplificar más claramente en las zonas urbanas, las cuales presentan un crecimiento mal controlado y espontáneo de sus periferias próximas, como lo son las áreas rurales. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

Una fuente bibliográfica que nos permite entender y aplicar metodologías similares a la utilizada en esta investigación, señala que el diagnóstico de las cuencas hidrográficas, es un proceso dirigido a determinar el estado actual de la cuenca o microcuenca, considerando su capacidad natural y las tendencias de las intervenciones humanas sobre los recursos naturales y el ambiente. Además, presenta cómo debería realizarse un plan de ordenamiento territorial y qué aspectos se deben considerar dentro del mismo, para que las soluciones sean integrales. (Gabriela Chaves, 2015)

Un diagnóstico debe permitir conocer las características, potencialidades, oportunidades, interacciones con los problemas, causas, consecuencias y soluciones a esos problemas de la cuenca, interpretando cómo funciona todo el sistema en conjunto, desde el punto de vista biofísico, socio-económico y ambiental. Finalmente, el trabajo hace énfasis en cuanto a cómo el diagnóstico es una etapa fundamental en el proceso de planificación, ya que, nos permite visualizar las necesidades y posibles soluciones, relevantes en el plan de acción dentro de la cuenca. (Gabriela Chaves, 2015)

El ordenamiento territorial, siendo un proceso político administrativo, debe entender la dinámica bajo la cual se ha desarrollado las relaciones sociales del ser humano. Minimizando los desequilibrios ambientales, sociales, culturales y económicos, presentando una soluciones conjuntas e integrales. La importancia de un ordenamiento territorial debe permitir establecer políticas de ocupación y de uso de cada espacio o lugar de un territorio. Todo esto expresando de una manera técnica y normativa que indica cómo se deben utilizar los recursos de un territorio, señalar sitios o zonas vulnerables, definir la capacidad de carga del territorio, zonificación por actividades productivas, ubicación de asentamientos humanos, exponer la necesidad de infraestructura y servicios que requiera la población dentro del territorio. (Gabriela Chaves, 2015)

### III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala se encuentra en una transición constante, ya que, nuestros dirigentes y entidades públicas no se dan abasto con la cantidad de problemas que hay que resolver en nuestra sociedad. Es importante recalcar que nuestro país está lleno de oportunidades para generar desarrollo. Para dar a sus habitantes una calidad de vida digna y ser un ejemplo para las demás naciones. Aunque para dar paso a afrontar los problemas en nuestro país, inicialmente es importante reconocer nuestro entorno y saber que nuestra ciudad más grande está rodeada por barrancos y cambios de relieve abruptos.

Un claro ejemplo de que debemos manejar cierto orden al momento de ocupar un espacio es el caso de Xela ya que la municipalidad en el año 2019 se ve con el problema de invasión de espacios públicos, como lo es la 4a. calle la cual es ocupada para ventas informales y además están frente al Templo a Minerva. (Toc, 2019)

Una vez reconocemos nuestro entorno, debemos seleccionar qué superficie funciona como vivienda o desarrollo urbano y qué parte de esta superficie debemos conservar como un espacio de naturaleza. Esto para poder dar un balance a nuestros recursos más importante para vivir, como lo es el aire y el agua.

Vemos que para el año 2018 el diario Nómada, publica un artículo con relación al día del agua, donde se hace un enfoque a la problemática del mal manejo de las aguas residuales, por parte del sector empresarial, residencial y municipal. Ya que se les da permiso a estos sectores de arrojar el agua no tratada a los barrancos, las cuales conducen el agua a ríos que posteriormente llegan al mar. (Nómada, 2018)

Para establecer las variables es indispensable hacer un levantamiento de información a partir de una búsqueda de referencias bibliografías con relación a las microcuencas del municipio de Guatemala y el impacto que generan en el entorno donde se encuentran, así como también los aportes que generar a nuestro entorno y nuestro estilo de vida. Un aspecto relevante que cobra mucho sentido para nuestro trabajo es lo que comenta la Organización de Naciones Unidas (ONU), ya que, estima un aumento de la población en asentamientos precarios. Y América Latina es un claro ejemplo del crecimiento de estos, para tomar un ejemplo más específico podemos decir que Colombia no es ajena al escenario de una rápida urbanización el cual implica crecimiento de habitantes en asentamientos. La ONU estima que en Colombia para el año 2020 el país tendrá alrededor de 8.7 millones de habitantes en asentamientos de un total de 42.5 millones. (Tovar, 2010)

Vemos también como El Periódico para el año 2015 publicó un artículo donde se menciona que al menos 500 mil personas se encuentran en riesgo por derrumbes. Y dentro del artículo nos menciona el desastre ocurrido en el caserío El Cambray II, en Santa Catarina Pinula. Además, menciona cómo se había advertido en varias ocasiones que esa zona ya había sido declarada inhabilitada siete años antes. El artículo nos hace referencia que en el país existen cientos de lugares con la misma situación en la que se encontraba El Cambray II. Según un levantamiento realizado por Conred, se tienen documentados 497 asentamientos, de los cuales 232 se encuentran situados en el departamento de Guatemala y estos se encuentran en condiciones severas. Y se cataloga al municipio de Villa Nueva como uno de los municipios más vulnerable y con una alta tendencia a que sucedan ese tipo de desastres. (Quintale, 2015)

Por último, es importante hacer mención a un tema que está ligado directamente a la ocurrencia de derrumbes, incendios y contaminación de los cuerpos de agua. Y para estos recurrimos a un ar-



título publicado por Prensa Libre en el año 2019 el cual nos menciona que existen alrededor de 80 vertederos clandestinos, los cuales en su mayoría se encuentran en el departamento de Guatemala. Este artículo nos hace entender que tanto el cuerpo de Bomberos voluntarios como municipales coinciden en opinión que estos basureros generan un aumento en plagas de ratas y se convierten en zonas vulnerables a incendio. Añadiendo a este punto el artículo hace mención a que la mayoría de basureros clandestinos se encuentran ubicados en barrancos o terrenos baldíos. Al estar ubicados en estos puntos cubiertos por vegetación, se da paso a la ocurrencia de incendios. (Patzán, 2019)

El área de estudio se seleccionó por la facilidad y disponibilidad de información que existe, en relación al área de estudio, ya que, existen trabajos previos los cuales ayudaron a establecer una base para iniciar la investigación. Se tomó como documento de apoyo el trabajo de investigación realizado por el departamento de Biología de la Universidad del Valle de Guatemala, el cual no habla de la caracterización de la microcuenca del río La Campana mediante parámetros morfométricos y de calidad del agua que revelan el estado actual. Por lo que el poder desarrollar una metodología para diagnosticar la importancia de la microcuenca del río La Campana ubicado en el municipio de Guatemala es vital para generar un desarrollo sostenible para el resto del país, ya que los barrancos son un gran aporte para la recarga hídrica y para la limpieza del aire. Clasificar los espacios dentro de nuestro territorio es de gran ayuda para poder dar paso al desarrollo urbano y el crecimiento de la ciudad. Un aporte que se busca lograr es el de poder potencializar su capacidad como un bien económico. Además, que sea evidenciada la necesidad del cuidado y mantenimiento de estos.

## **IV. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo general**

Proponer una metodología para diagnosticar la relevancia de la microcuenca del río La Campana ubicado en el municipio de Guatemala.

### **B. Objetivos específicos**

- Describir el estado actual según las características físicas de la microcuenca del área de estudio propuesta.
- Identificar variables relevantes para el estudio de la microcuenca propuesta, las cuales permitan generar una correlación.
- Analizar las variables propuestas para el estudio de la microcuenca propuesta.
- Aplicar la metodología a partir del cruce de variables y dar una interpretación a los resultados, para el área de estudio propuesta.

## V. ALCANCE

El trabajo de investigación que se presenta a continuación muestra la aplicación de una metodología que permita describir las características de una microcuenca ubicada dentro de un centro altamente poblado. Esta metodología tiene como fin exponer la microcuenca desde distintos puntos de vista, los cuales nos permitirán dar un diagnóstico de la zona y mostrar la relevancia del lugar de estudio. Cabe resaltar que dentro de la metodología propuesta se planteó presentar al menos una variable para cada eje temático trabajado, esto para poder presentar resultados consistentes, los cuales a partir de su análisis nos permitan alcanzar los objetivos planteados.

Es importante mencionar que la siguiente investigación se limitó a trabajar con una microcuenca, ubicada en la capital de Guatemala, esto para facilitar la búsqueda y disponibilidad de información requerida para elaborar las cartografías. El alcance dentro de la investigación se llevó a un nivel teórico, exponiendo cada una de las variables y presentando su correlación entre ellas, utilizando cartografías como fuente de información lo cual permitió realizar el análisis y alcanzar los objetivos planteados. Sin embargo, si se desea el alcance de esta investigación puede llevarse a nuevas instancias, las cuales permitan exponer información más certera y veraz. A pesar de los límites planteados para esta investigación, la metodología puede utilizarse para nuevas áreas de estudio, además que se pueden plantear nuevos ejes temáticos y nuevas variables.

## VI. Marco teórico

### A. Fisiografía y vulnerabilidad de los barrancos en el municipio de Guatemala

Para abarcar este tema tan amplio se hizo uso de un estudio realizado por el MAGA. El estudio consta de un semi detallado de los suelos del departamento de Guatemala el cual se dividió en dos volúmenes. Para iniciar el volumen 1 en el capítulo 1 nos menciona las características generales que se investigaron.

Inicialmente se realizó una localización del área de estudio. En el cual se menciona el departamento de Guatemala y dónde está localizado en la región central del país o Región 1 Metropolitana. La cabecera departamental es la Ciudad de Guatemala, ubicado en el Valle de la Ermita parte central del departamento. La unidad político-administrativa, ocupa una extensión territorial de 220,450 hectáreas. El cual limita al norte con el departamento de Baja Verapaz; al este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; al sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa y al oeste, con los departamentos de Sacatepequéz y Chimaltenango. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Coordenadas WGS84 GTM	X	Y
Norte	500709	1647066
Oeste	531124	1622131
Sur	490771	1574851
Este	471739	1628987

Figura 1. Localización geográfica del departamento de Guatemala.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

El departamento presenta diferentes gradientes de altitud sobre el nivel del mar; al sur, cerca del río Aguacapa, tiene alturas de 270 msnm y asciende en la parte central, hasta una altitud 2561 msnm en el cerro grande. A partir de esa altitud comienza un descenso hacia el norte del departamento hasta el río Motagua, ubicado en su punto más bajo a una altura de 410 msnm. Mencionando un poco el tema hidrográfico, el departamento posee dos grandes vertientes: La del Mar Caribe y la del Océano Pacífico y cuatro cuencas Hidrográficas correspondientes a los ríos Motagua, María Linda, Los Esclavos y Achiguate. A continuación, podemos ver el área que abarcan y el porcentaje del departamento que abarcan. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Vertiente	Cuenca	Superficie	
		ha	%
Vertiente del Caribe	Motagua	138,816.95	62.98
	María Linda	68,525.40	31.09
Vertiente del Océano Pacífico	Los Esclavos	13,013.55	5.90
	Achiguate	74.10	0.03
<b>Total</b>		<b>220,450.00</b>	<b>100.00</b>

Figura 2. Vertientes y cuencas en el departamento de Guatemala.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

La ciudad de Guatemala en promedio se conoce que se mantiene dentro de los 1500 msnm. En

una zona que se denomina el Altiplano sobre la región fisiográfica de tierras altas volcánicas. El relieve de la ciudad mantiene un relieve moderado, el cual se divide en macro formas que conforman toda la ciudad de Guatemala. (Ortiz, 2011)

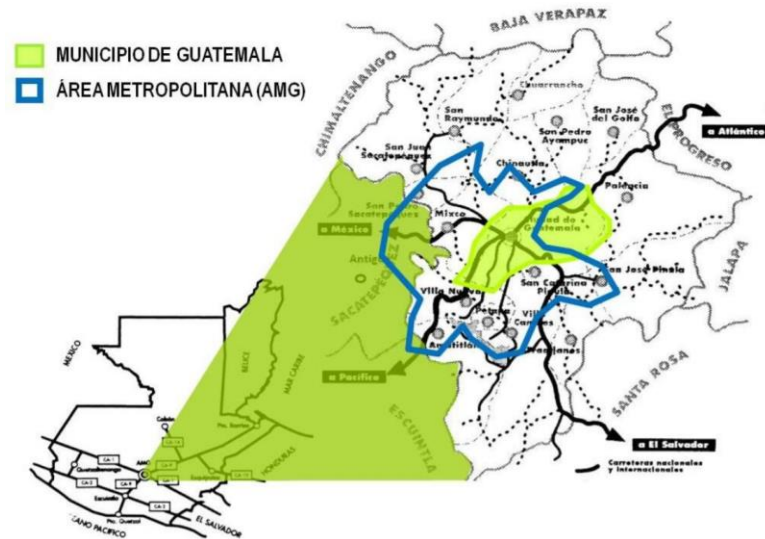


Figura 3. Municipio y Área Metropolitana de Guatemala.

(Ortiz, 2011)

Estas macroformas son:

- Zona montañosa con colinas de cima aguda
- Colinas bajas de cima redonda
- Estribaciones de montaña
- El pie de monte de Mixco (oeste)
- Terrazas inclinadas, onduladas y las planicies de Vista Hermosa (este)
- Una cadena volcánica cuaternaria se coloca en el sur.
- Terrazas en la parte norte que forman grandes barrancos de taludes casi verticales y de alta susceptibilidad a la erosión y movimiento en masa.

Sobre estas macro formas se asienta la ciudad de Guatemala. Al pasar de los años por temas de erosión hídrica y por factores externos como la presencia de gran cantidad de barrancos. La pérdida de cobertura vegetal en estas áreas genera que estas zonas montañosas sean susceptibles a la erosión. (Ortiz, 2011)

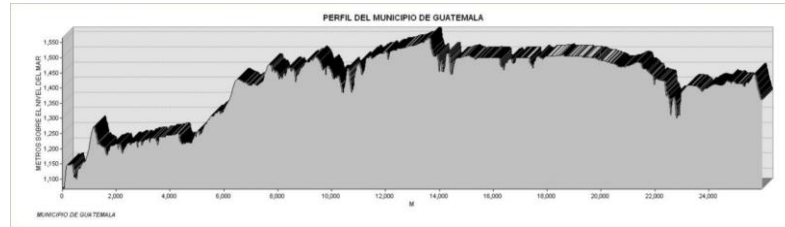


Figura 4. Relieve del Municipio de Guatemala.

(Ortiz, 2011)

Los barrancos en el Municipio de Guatemala corresponden al 41 % del territorio. Los barrancos son comprendidos como un territorio activo en el metabolismo y resiliencia urbana, en los cuales se necesitan de nuevos métodos de clasificación, lo cual permita disponer de ellos desde un punto de vista económico y que contribuyan en el desarrollo sostenible de la ciudad de Guatemala. (Juárez, 2014)

**1. Riesgo a deslizamientos de tierra en los barrancos del municipio de Guatemala.** Inicialmente debemos entender que un deslizamiento de tierra se califica como tal, cuando grandes cantidades de rocas, tierra o masa de tierra, baja por la pendiente del terreno. Las principales causas de estos eventos son principalmente alteraciones en el equilibrio natural, pero esto tampoco omite la actividad humana, como causante de que esto se presente. Estos eventos pueden presentarse tanto en época seca como en época lluviosa, pero también pueden ser ocasionados por movimientos sísmicos o erupciones volcánicas. Aunque la actividad humana, como mencionamos antes, es un causante indirecto de que estos eventos se presenten, ya que áreas donde se dan los incendios forestales o cambios en el terreno, lo cual lleva a que se destruya o elimine la vegetación. Son áreas particularmente propensas a presentar deslizamientos. (CDC, 2018)

Es importante mencionar que los deslizamientos de terreno o tierra se presentan en su mayoría en la estación de invierno (mayo-octubre). Pero los deslizamientos que ocurren dentro del departamento de Guatemala, son afectados no solo por la saturación de agua del terreno, sino que también por la topografía irregular que se presenta dentro del departamento, ya que, la mayoría de los deslizamientos se presentan en su mayoría en lugares con pendientes bastante fuertes. Y finalmente un atributo de los barrancos que ayuda a que estos eventos sucedan son las características del suelo del que están conformados. (Barrilas, 2008)

Sin embargo, vemos que las lluvias fueron catalogadas como un elemento disparador de los deslizamientos ocurridos en la época de invierno dentro del departamento de Guatemala. Por lo que llevar un control y monitoreo es un procedimiento clave, para adentrarnos a temas como la prevención y la seguridad de personas o comunidades completas. Los sistemas para supervisar la precipitación consisten en una red de pluviómetros y estaciones meteorológicas. Estas redes se manejan con ciertos niveles, ya que se supervisa las precipitaciones a un nivel comunitario, nivel municipal y nivel metropolitano. Es importante aclarar que para cada nivel se utiliza un distinto método de control. Para el nivel comunitario se utiliza estaciones con pluviómetros. Para el nivel municipal se utilizan estaciones meteorológicas electrónicas y para el nivel metropolitano se utilizan estaciones meteorológicas satelitales. (Barrilas, 2008)

A pesar de que las lluvias son un elemento disparador de los deslizamientos, sabemos también que existen otros elementos importantes los cuales debemos considerar para diagnosticar y analizar para poder prevenir daños por un deslizamiento. Enfocándose y siempre dentro de la época

de invierno. Un buen indicador que nos permite evaluar si se presentara un deslizamiento son los movimientos de lodos, ya que, estos nos muestran como el suelo está sufriendo erosión lo cual directamente afecta a nuestra vivienda y la vía pública. Un claro ejemplo de estos sucesos sucedió el año 2007 en El Cerrito y Las Torres, a los alrededores del puente incienso, ya que varias personas locales mencionaron que antes de que se presentara el deslizamiento, varios pedazos de los taludes comenzaron a desprenderse de talud, así como también se mostraban varios ríos de lodo bajar por el talud. (Barrilas, 2008)

Otro indicador importante que se debe tomar en cuenta son los sismos, ya que, estos no pueden ser pronosticados y se desconoce su magnitud durante el evento. Un claro ejemplo que podemos tomar como referencia es lo ocurrido en la ciudad de Guatemala en el año 1976, ya que, para este año se presentó un terremoto de 7.5 grados de intensidad en la escala de Richter, falleciendo alrededor de 23 mil personas. Esto a su paso trajo alrededor de 10,000 derrumbes por inducción, los cuales solo presentaron movimientos de ciertas rocas y deslizamientos superficiales de menos de 15,000 m<sup>3</sup>. El equipo de geólogos de Edwin L. Harp menciona que la incidencia más fuerte ocurrió en los valles de los ríos Xayá y Xaltaya en el occidente del país. En relación al año 2016 y las condiciones actuales, el incremento de las poblaciones. Generan una alarmante situación para la ciudad de Guatemala. (Santos, 1988)

Según un estudio del Maga el cual nos presenta las amenazas por deslizamiento y el mapa de susceptibilidad en el departamento de Guatemala, se observó que más del 70 % de los deslizamientos tienen una conjugación de factores, tales como el paisaje de montañas con altas pendientes, materiales geológicos poco consolidados, erosionabilidad, escasa cobertura vegetal, inadecuado uso de la tierra y eventos climáticos extremos.

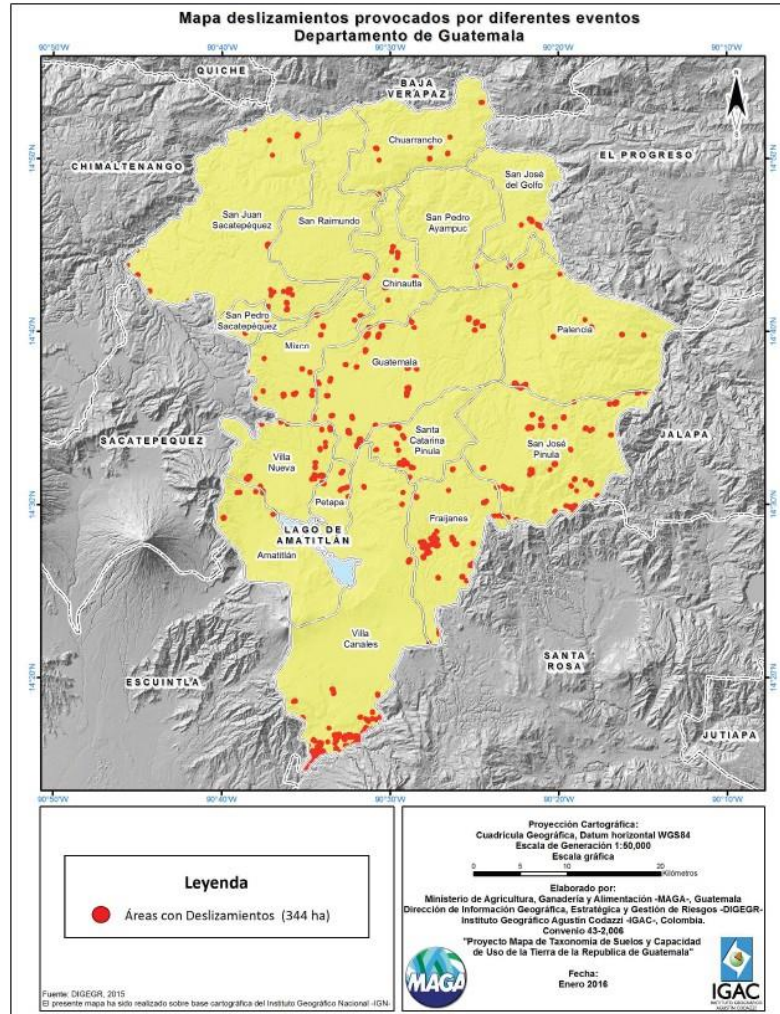


Figura 5. Mapa de deslizamientos provocados por diferentes eventos Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)



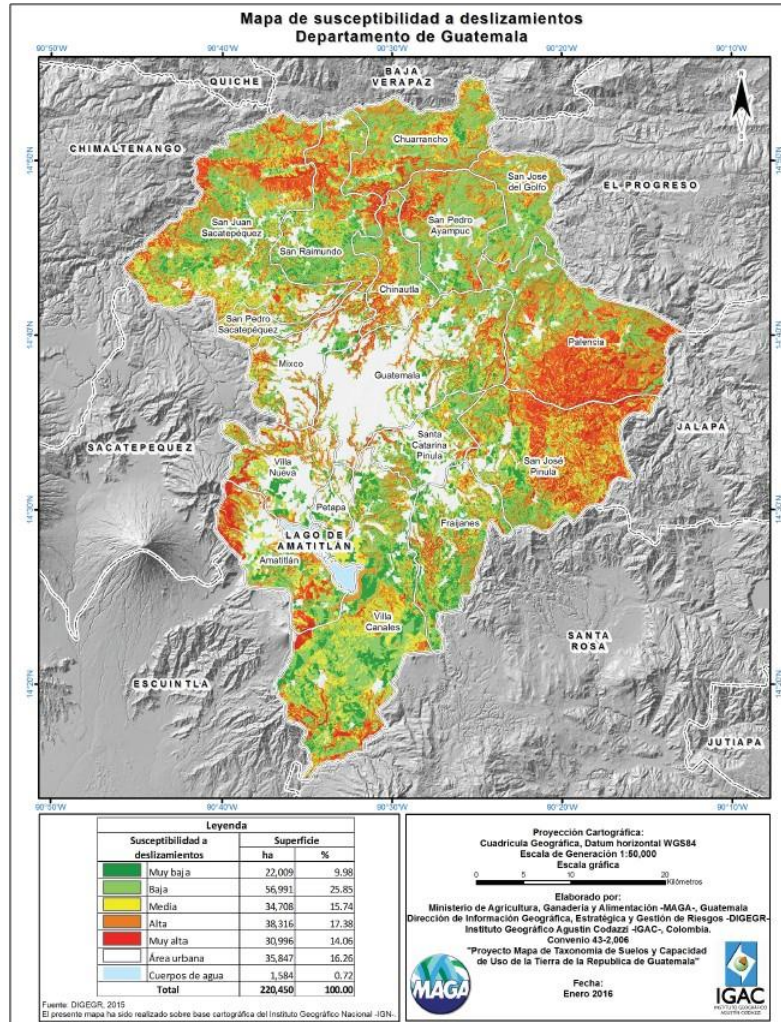


Figura 6. Mapa de susceptibilidad a deslizamientos Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

**2. Clasificación geomorfológica en los barrancos en Guatemala.** La geomorfología describe y explica las diferentes formas de la Tierra, el relieve de la superficie terrestre, los materiales, la composición y el tiempo que lleva en evolución. Su utilización práctica se fundamenta en que permite la descripción y el análisis de las formas del terreno, y la evolución del relieve mediante su estudio. Su importancia se hace presente en los estudios de suelos, ya que, se vincula con la relación directa que existe entre las unidades geomorfológicas y las unidades de suelo (relación paisaje-suelo). Los rasgos geomorfológicos que ha heredado el departamento del Guatemala, son el producto de la acción conjunta de fuerzas endógenas (fuerzas internas) y exógenas (fuerzas externas) de las tierras tales como el levantamiento de los continentes, las erupciones volcánicas, los procesos y eventos de carácter tectónico (choque entre placas tectónicas), estructural (afectación de rocas sedimentarias), erosionables y acumulativos, que han actuado con gran intensidad sobre las rocas existentes, permitiendo el modelado actual que presenta la superficie terrestre, a través del tiempo que lleva en formarse desde el período Terciario hasta el Cuaternario. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

En la delimitación de los paisajes y los tipos de relieve se incluyen los materiales presentes (con-

solidados y no consolidados) y los procesos (endógenos y exógenos) en función del tiempo. En los levantamientos de suelos la delineación de las geoformas permite la conformación de las unidades geomorfológicas, donde se describen paisajes, tipos de relieve, formas del terreno, pendientes y materiales que las componen. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

El número de paisajes identificados en el estudio del MAGA utilizando el análisis de imágenes y fotointerpretación. Dieron como resultado seis paisajes los cuales son los siguientes:

- **Montaña volcano-erosional:** Este paisaje se encuentra en la parte media y sur del departamento. Al sur, en el área de influencia de los volcanes los suelos presentan texturas gruesas, producto de las ganancias de piroclastos recientes; a medida que se aleja de los conos volcánicos y se desplaza hacia el norte, los suelos presentan mayor desarrollo y texturas más finas.
  
- **Montaña fallada o de convergencia erosional:** Este paisaje se encuentra en la parte norte del departamento, los suelos son más desarrollados a partir de rocas mezcladas, según su origen (sedimentarias, metamórficas e ígneas); en este paisaje la convergencia de placas tectónicas origina un intenso fracturamiento de los materiales geológicos; los suelos muestran limitaciones por fragmentos de roca en superficie y en el perfil de los mismo.
  
- **Lomerío volcano-erosional:** Este paisaje se identificó al noroeste del departamento, en límites con el departamento de Chimaltenango, los suelos desarrollados en este paisaje presentan limitantes severas por profundidad efectiva y altas pendientes, entre otras características.
  
- **Altiplano hidro-volcánico:** En este paisaje dominan las acumulaciones sobre las pérdidas de materiales; los suelos presentan buen desarrollo y buena profundidad efectiva; sin embargo, en algunos sectores tienen texturas finas moderadamente finas o muy susceptibles a compactación por sobre-utilización agropecuaria y la expansión urbana.
  
- **Planicie fluvio-lacustre:** Este paisaje de relieve plan; los suelos presentan las mejores características edafológicas para el desarrollo de cultivos, propiedades físicas y químicas adecuadas; el uso principal es la agricultura intensiva.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

En el siguiente mapa se muestra el resultado de la geomorfología a nivel de paisajes del departamento de Guatemala.

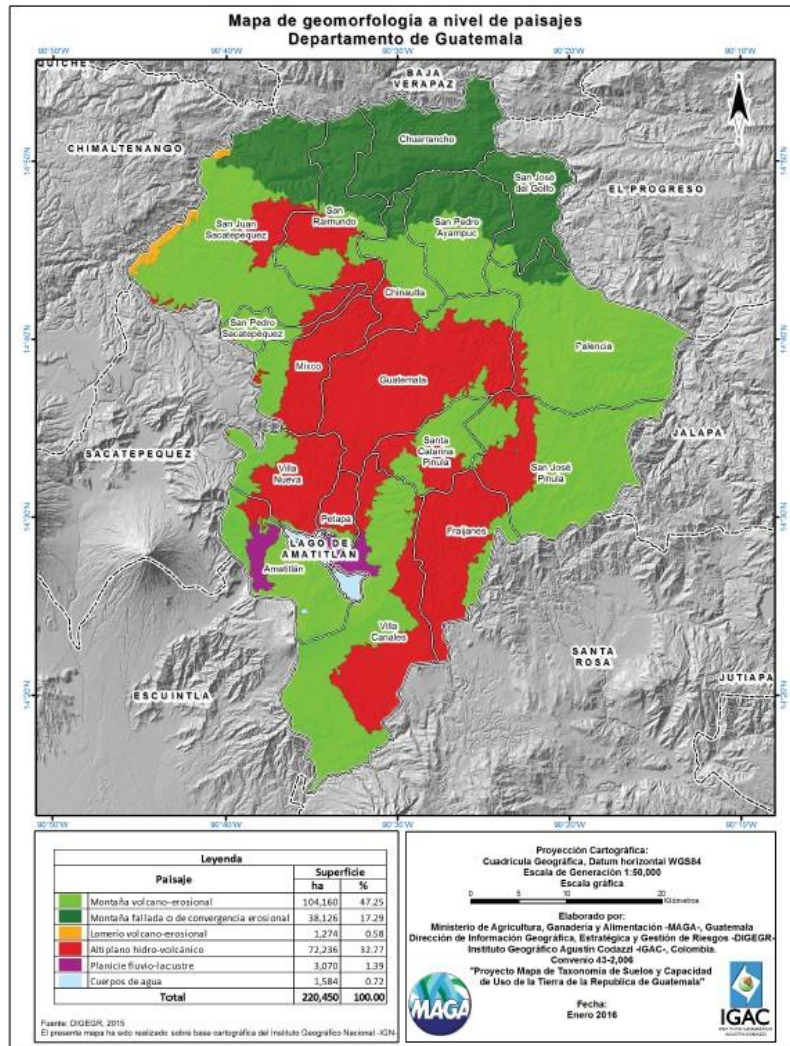


Figura 7. Mapa de geomorfología a nivel de paisaje Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

El estudio realizado por el MAGA nos presenta el siguiente cuadro que presentan los paisajes, tipos de relieve y formas del terreno del Departamento de Guatemala.

Paisajes	Tipos de relieve	Formas del terreno	Superficie	
			ha	%
Montaña volcano-erosional (M)	Estrato – volcán	Ladera	104,159	47.24
	Domo	Ladera		
	Filas y vigas	Ladera		
	Lomas	Ladera		
	Glacis	Cuerpo de glacis		
	Mesa	Plano de mesa		
	Escarpe	Escarpe		
	Cañones y cañadas	Ladera		
	Plano de inundación	Reborde de lago		
	Vallecito	Vega		
Montaña fallada o de convergencia erosional (X)	Filas y vigas	Ladera	38,127	17.30
	Lomas	Ladera		
	Glacis	Cuerpo de glacis		
	Mesa	Plano de mesa		
	Cañones y cañadas	Ladera		
Lomerio volcano-erosional (L)	Filas y vigas	Ladera	1,274	0.58
	Lomas	Ladera		
	Glacis	Cuerpo de glacis		
	Vallecito	Vega		
Altiplano hidro-volcánico (A)	Abanico	Cuerpo de abanico, talud de abanico	72,236	32.77
	Domo	Ladera		
	Lomas	Ladera		
	Glacis	Cuerpo de glacis		
	Terraza	Plano de terraza, talud de terraza, bajo de terraza		
	Cañones y cañadas	Ladera		
	Vallecito	Vega		
Planicie fluvio – lacustre (F)	Abanico aluvial	Cuerpo de abanico	3,070	1.39
Cuerpos de agua (CA)	Lago de Amatitlán, Laguna de Calderas, Laguneta Potreritos, Laguneta el Durazno, Embalse Teocinte, Lagunetas Flor del Campo, Laguneta Agua Tibia, Laguna Monja Blanca, Laguneta Pueblo Nuevo, Laguneta Cienaguilla, Laguneta Lourdes, Laguneta El Manantial y Laguneta La Danta.		1,584	0.72
<b>Total</b>			<b>220,450</b>	<b>100</b>

Figura 8. Paisaje, tipos de relieves y formas del terreno. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

a. **Clasificación de pendientes.** La inclinación de un terreno o pendiente está relacionada con la morfología y dinámica de todas las formas que puede tener el relieve, es decir que la pendiente o inclinación, delimitan procesos que se pueden dar. Como bien sabemos la clasificación a partir de pendientes nos permiten determinar la capacidad agrícola del suelo, obras ingenieriles y en geomorfológicas. Y vemos cómo nuestro país vecino México realizó un análisis de pendientes, tomando como zona de estudio la provincia de la llanura costera del Golfo sur en Veracruz y según lo que ellos encontraron decidieron clasificar las pendientes en cinco categorías las cuales son:

- Plana (de 0° a 1°)
- Ligeramente suave (1° a 3°)
- Suave (3° a 5°)
- Moderada (5° a 15°)
- Fuerte (mayor a 15°).

(Orozco, 2021)

Esta clasificación ha evidenciado la problemática en el incremento de asentamientos polucionales en las zonas de alto riesgo como lo son los barrancos y las ladera, las cuales forma parte del cinturón de la ciudad de Guatemala, estos asentamientos se han establecido sin control, planificación u ordenamiento territorial, esto asociado a las grandes diferencias económicas y sociales, lo cual sitúa a las personas que residen en colindancia con los barrancos dentro de la ciudad de Guatemala dejando a estar personas en una realidad muy alarmante.

**3. Estratigrafía del suelo en los barrancos de Guatemala.** La geología del departamento de Guatemala presenta contrastes bien marcados, desde la parte media hacia el norte se ubica el área o "Zona de Sutura", que se encuentra entre la falla del río Motagua y la falla de Jocotán Chamalencón, en esta zona se encuentran rocas de origen sedimentario, metamórfico e ígneo. De la parte media del departamento hacia el sur, se presenta el conjunto geológico o "Bloque Chortí", con amplio dominio de materiales ígneos, especialmente ceniza volcánica en pequeñas áreas se encuentran materiales de origen sedimentario y metamórfico. Las principales características a resaltar de estas dos zonas son:

- En la "Zona de Sutura", las rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas, han originado un variado sistema montañoso muy complejo o mixto, que además es afectado por fuerzas externas erosionales, pero que aún conservan huellas de sus formas ancestrales; geológicamente se ha denominado "Montañas fallas o de convergencia volcano-erosional".
- Los suelos presentan bajo grado de desarrollo genético, debido en gran parte a las exposición de materiales geológicos de difícil meteorización o transformación por agentes medioambientales, como el clima; además las altas pendientes, la distribución regular de las lluvias, el exceso de pedregosidad tanto superficial como en el perfil de suelo; estos aspectos favorecen más a la erosión que la formación de suelos, además presentan muchas limitantes para el uso agrícola.
- En el "Bloque Chortí", a diferencia de la zona de sutura, dominan los materiales piroclásticos no consolidados (tefras, ceniza y piedra pómez), existen también piroclásticos consolidados como tobas y rocas mezcladas en menor proporción, lo que se evidencia claramente en los suelos por su grado evolutivo.
- Los suelos desarrollados cerca de la zona volcánica son de baja evolución, ampliamente influenciados por la distribución de partículas; durante las explosiones volcánicas, los materiales más gruesos caen primero en los conos o en sus laderas, registrando en los suelos texturas medias a gruesas; a medida que la distancia hacia los conos es mayor, el aire transporta materiales de menores tamaños, por lo que los suelos registran medias a finas.
- Al igual que en la zona de sutura, las pendientes fuertes y los aspectos ambientales de algunos lugares no favorecen el desarrollo de los suelos; sin embargo, en las zonas planas del bloque Chortí, los suelos son más evolucionados, de texturas finas, con mayor retención de humedad y mejor fertilidad.
- La breve descripción realizada de algunos temas geológicos establece el marco general de referencia para entender la configuración del territorio y aplicarlo a la geomorfología y suelos del departamento.
- Los suelos, tiene importantes aplicaciones y aportes para establecer su composición granulométrica y mineralógica. Al tratar la génesis y la taxonomía de ellos, se explican con detalle estos aspectos.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

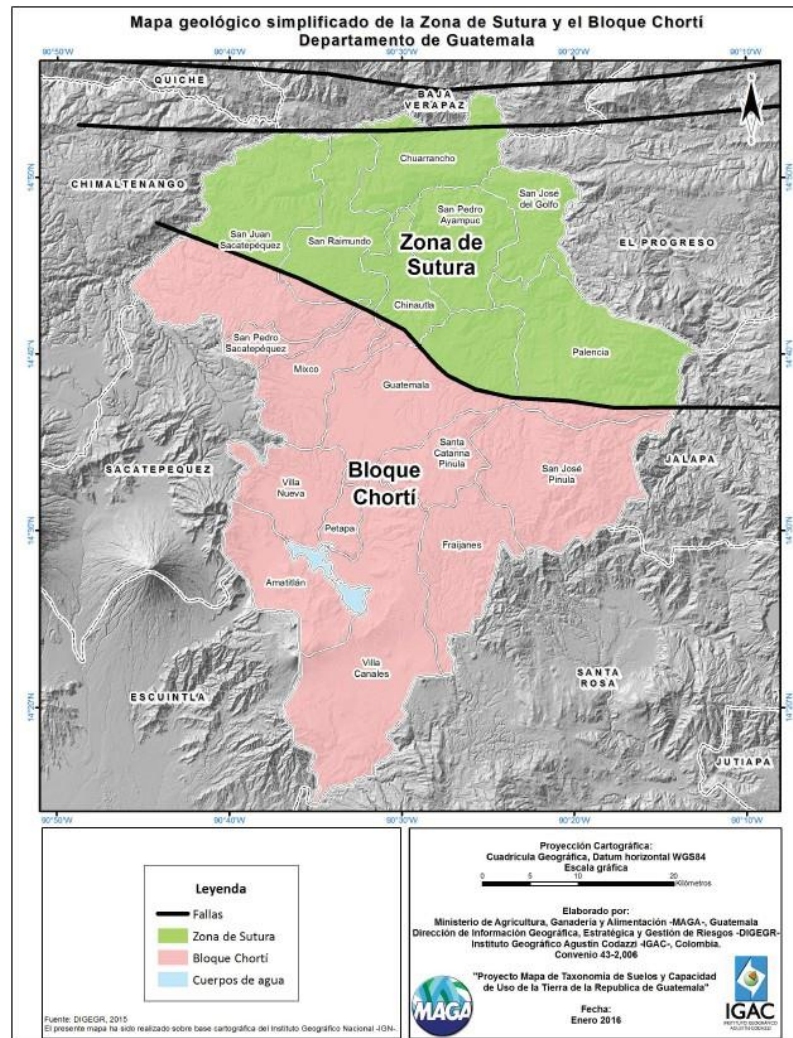


Figura 9. Mapa geológico simplificado de la zona de sutura y el Bloque Chortí Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

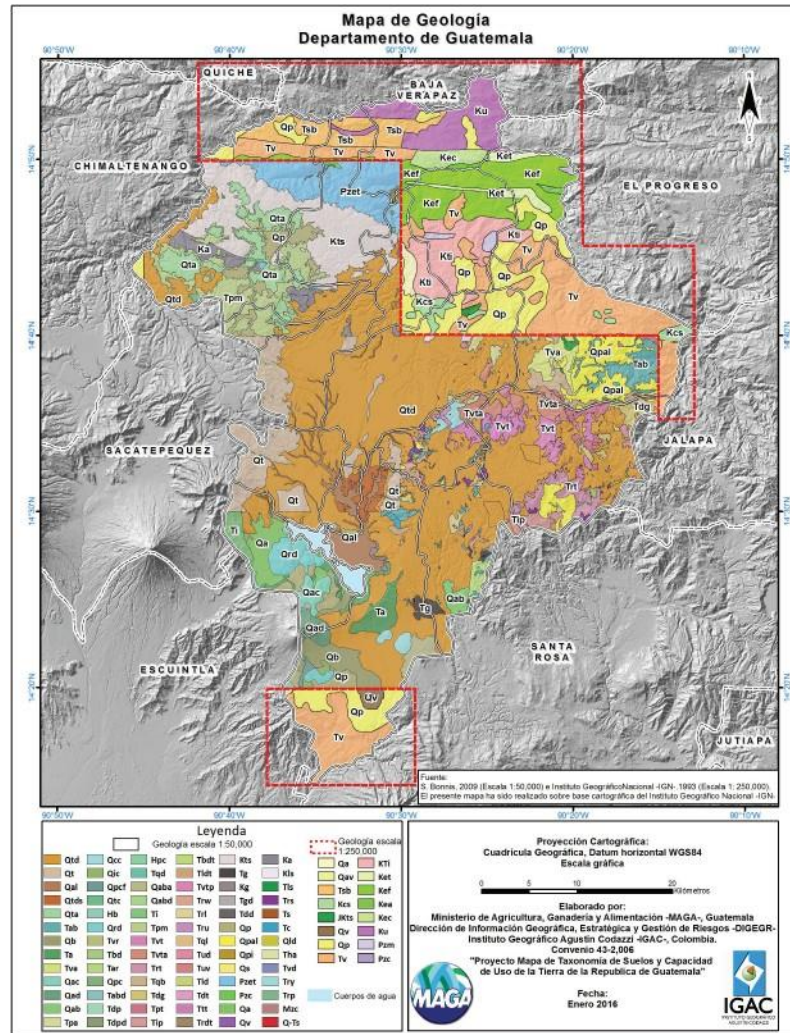


Figura 10. Mapa geológico Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Según Buol (1988), la génesis trata de la evolución de los suelos a partir de los materiales geológicos y los depósitos superficiales incluidos los de origen mineral y orgánico. Los suelos no se presentan en la naturaleza arbitrariamente, su presencia está determinada por la acción de factores y procesos formadores, tales como: la naturaleza del material parental, el clima, el relieve, los organismos vivos y el tiempo de su actuación. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Los materiales parentales son todos aquellos materiales depositados en superficie por diferentes eventos y percusores de los suelos, denominados "materiales parentales", incluye material in situ.<sup>o</sup> roca y material transportado, son de origen mineral y orgánico. Las rocas, los sedimentos y los materiales orgánicos se transforman por la acción de los agentes fisicoquímicos y biológicos para dar origen a los materiales parentales a partir de los cuales se forman los suelos, estos se consideran como un factor pasivo sobre el cual actúan los factores activos (clima y organismos vivos) a través del tiempo, en un espacio físico caracterizado por un paisaje y relieve determinados. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

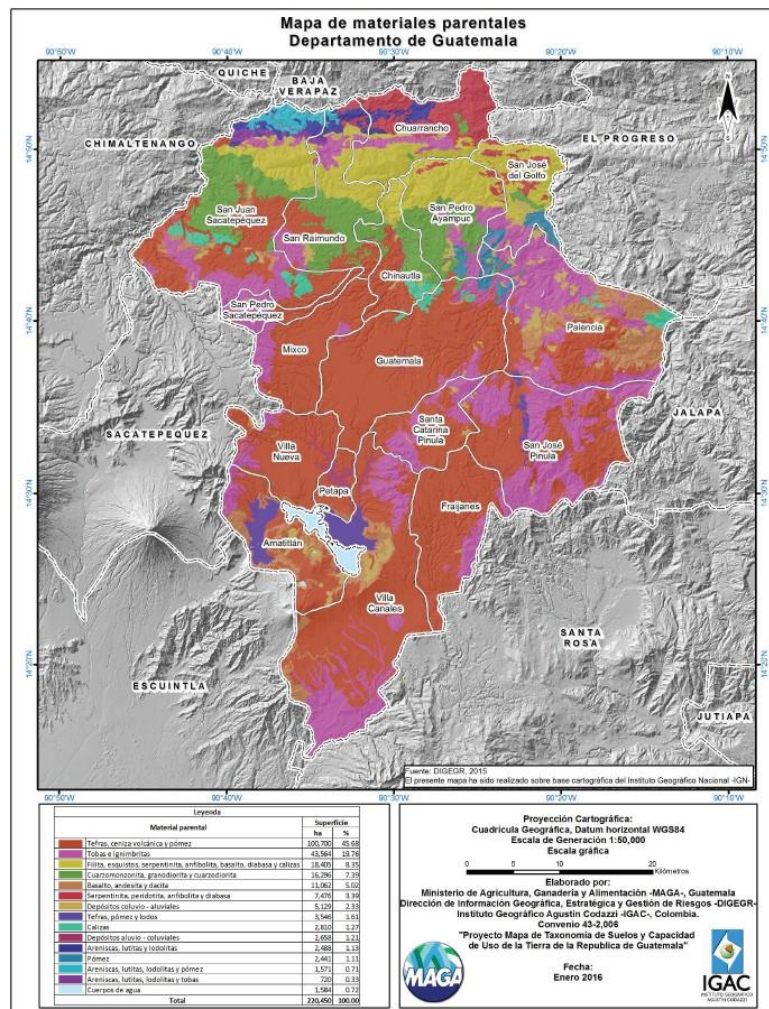


Figura 11. Mapa de materiales parentales Departamento de Guatemala. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Son tres acciones que influyen en el relieve en cuanto a la formación y evolución de los suelos.

- **Acción asociada al movimiento del agua:** Este agente influye en los procesos de pérdidas, ya sea por eliminación de materiales (erosión) o de productos solubles (lavado o lixiviación). La cantidad de humedad parental en el suelo se estima a través del drenaje natural: este incrementa a medida que lo hace la pendiente y se torna lento en las áreas planas. Los materiales parentales no consolidados o suelos, especialmente las cenizas o sus productos transformados son muy susceptibles a los procesos en remoción en masa, por lo que las altas precipitaciones en el departamento ocasionan el arrastre de grandes volúmenes de materiales de las zonas altas con poca vegetación hacia las zonas bajas, donde se identifican suelos más gruesos y espesos.
- **Acción vinculada con la fuerza de gravedad:** actúa constantemente sobre el relieve al ejercer su acción en las zonas de pendientes altas, arrastrando consigo las partículas de todo tipo de material hacia las zonas donde estos pueden guardar equilibrio con el medio. Mientras que en las partes altas los suelos suelen ser más delgados, en las partes bajas se produce acumulación, por lo tanto, los suelos generalmente son de mayor espesor. Las altas pendientes presentes en



el departamento, donde el 81.73 % del área total, es mayor a 12 %, a lo cual se le suman otros aspectos como el dominio de materiales sueltos en superficie, altas precipitaciones localizadas y tala de bosques, todo esto ocasiona que la fuerza de gravedad actúe con mayor intensidad, lo que trae consigo fenómenos de remoción en masa, desprendimientos, avalanchas a lo que se le conoce comúnmente en el país como "deslave".

- **Acción por el grado de inclinación de la pendiente:** Actúa como modificador del clima e influye en la temperatura y la humedad, generando microclimas, afecta la intensidad calórica de las radiaciones que recibe el suelo, con la orientación regula el tiempo de incidencia de las mismas y con la altitud interviene como modificador del clima en general.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

a. **Clasificación de suelos.** Los suelos como cuerpos naturales se deben clasificar con la finalidad de identificar sus características, poderlo comunicar a otras personas y en la práctica, transferirlo y aplicarlo. Ellos constituyen el criterio para conformar los "Sistemas taxonómicos". El conocimiento del suelo se sintetiza mediante las clasificaciones Naturales o Taxonómicas, las aplicaciones, llevándose a cabo a mediante las clasificaciones o prácticas técnicas. La clasificación taxonómica se fundamenta en la relación horizontes morfogénéticos (cualitativos), horizontes diagnósticos (cuantitativos), taxonomía de suelos. El sistema taxonómico utilizado para clasificar los suelos del departamento de Guatemala en la investigación realizada por el MAGA, puede resumirse en la pirámide taxonómica que se presenta a continuación. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)



Figura 12. Pirámide multicategoría del sistema norteamericano de clasificación de suelos y sus relaciones con escala, detalle y objetivos.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

b. **Categorías del sistema de clasificación.**

- **Orden:** Categoría con el máximo nivel más general. Se vincula con las marcas y las características dejadas por los procesos de formación del suelo, entre ellos la presencia o ausencia de horizontes diagnósticos.
- **Suborden:** Categoría superior que indica la homogeneidad genética, resaltando los aspectos

que la definen. Por ejemplo, las propiedades asociadas con la humedad del suelo, su temperatura, evolución y otras.

- **Gran grupo:**Categoría vinculada con mayor homogeneidad genética; explica además, las causas de ellos, por ejemplo condiciones de humedad, adicionales a las que definen el suborden.
- **Subgrupo:**Indica inter-gradaciones a otros suelos o extra-gradaciones a no suelos. Por ejemplo la palabra "humic" que lo vincula con esta categoría, se debe a que el suelo tiene un epipedón mólico o úmbrico, características que lo diferencia y por ello, se resalta, nombrándosele entonces como "Humic Ustivitrands.
- **Familia:**En esta categoría de mayor detalle, las principales clases que la integran está referidas a características y propiedades físicas, químicas y mineralógicas que lo tipifican y fundamentan posteriormente, su uso y manejo. Entre ellos destacan con la distribución de partículas que integran el suelo, la composición mineralógica de ellas, su actividad y el régimen de temperatura donde se encuentra.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Dentro del Departamento de Guatemala, el cual era el área de estudio de la investigación realizada por el MAGA se dio a conocer que el orden predominante son los Inceptisoles, seguido por los Molisoles, Andisoles, Entisoles y Alfisoles; algunos de ellos presentan intergradaciones ándicas debido a que han evolucionado a partir del materiales piroclásticos del Terciario y del Cuaternario; su diferenciación, en gran medida, está relacionado con la variación en el tamaño de las partículas, la composición química y la edad. Es importante exponer en que se diferencia cada uno de los órdenes. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

- **Inceptisoles:** Suelos de baja a moderada evolución genética, pero con horizontes bien diferenciados, generalmente presenta epipedón oscuro y friable, presenta contenidos variables de materia orgánica de acuerdo con la zona donde se encuentra, densidad aparente mayor a 1 gr/cc, media a alta capacidad de cambio y de saturación de bases. Varios presentan contenidos de materiales amorfos, especialmente en el epipedón.

Características	Descripción
Morfológicas	Perfiles con horizontes Ap-Bw-C, Ap-A2-Bw-C, Ap-Bw-Cqm, Ap-B-Cr; epipedón oscuro, suelos porosos, generalmente friables, ligeramente pegajosos y ligeramente plásticos. El horizonte B presenta bajo grado de desarrollo en su color y estructura, no presenta evidencias de iluviación; presencia de horizontes diagnóstico ócrico, úmbrico, mólico y cámbico.
Químicas	Contenido variable de materia orgánica, principalmente media a baja; presentan capacidad de intercambio de cationes alta a media; saturación de bases, varía de alta a baja; fertilidad actual alta a media; pH del suelo desde ligeramente ácidos a neutros, en algunos casos hasta ligeramente alcalinos.
Bioquímicas	Se inician procesos de formación de complejos órgano – minerales por la acumulación y transformación de la materia orgánica. No presentan procesos formadores específicos y solo responden a procesos generales.
Físicas	Densidad aparente mayor a 1 g/cc, excepto en los intergrados ándicos en las cuales varía entre 0.9 y 1.0 g/cc; los suelos tienen poco desarrollo de estructura, son de poco espesor, en algunos casos carecen de endopedón.
Minerales (analizado en 10 perfiles)	<p><b>Fración arcilla:</b> presentan dominio de material no cristalino y en cantidades menores de micas, metahalosita, cristobalita, micas, feldspatos, halosita, interstratificados, cristobalita, hornblenda, integrados 2:1 – 2:2, caolinita, montmorillonita y lepidocrocita.</p> <p><b>Fración arena:</b> presentan dominio de feldspatos; abundante hiperstena y vidrio volcánico, y en proporciones menores cuarzo, hornblenda, lamprobolita, diópsido, biotita, circón, granos alterados, fragmentos líticos, hematita, magnetita, fragmentos de toba, rutilo, magnetita, muscovita, granate, clorita y fitolitos.</p>

Figura 13. Características importantes de los Inceptisoles  
(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

- Molisoles:** Se caracterizan por presentar epipedones oscuros, generalmente friables, con estructura granular en bloques subangulares finos, porosos, densidad aparente mayor a 1 gr/cc, alta capacidad de cambio y de saturación de bases, complejo de cambio de saturado; algunos presentan porcentajes bajos de materiales amorfos, especialmente en los horizontes subsuperficiales.

Características	Descripción
Morfológicas	Perfiles con horizontes Ap-A2-C-Ab, Ap-Bw-C, Ap-B-R, A-B, A-C; los horizontes A son de colores oscuros y espesos.
Químicas	Contenidos de materia orgánica altos; capacidad de intercambio de cationes de alta a media; saturación de bases mayor a 50%; fertilidad actual alta a media; pH del suelo desde ligeramente ácidos a neutros, en algunos casos hasta ligeramente alcalinos.
Bioquímicas	Moderados contenidos de materiales orgánicos humificados, especialmente en suelos que permanecen con abundante vegetación, esto les imprime de baja a media melanización (proceso de oscurecimiento de los suelos); constituyendo su proceso predominante.
Físicas	Densidad aparente baja a media, baja a media retención de humedad, predominio de texturas francas. Propiedades físicas generalmente adecuadas para el desarrollo radicular, excepto donde existe contacto lítico y donde predominan las texturas gruesas.
Minerales (analizado en 3 perfiles)	<p><b>Fración arcilla:</b> presenta dominio de materiales no cristalino o amorfo y en menores proporciones metahalosita (halosita 7°A), feldspatos, cristobalita, micas, caolinita, gibsitita, calcita, goetitita, integrados 2:1 – 2:2 y cuarzo.</p> <p><b>Fración arena:</b> contiene abundantes minerales primarios como feldspatos (plagioclasas), y en menores proporciones vidrio volcánico, hornblenda, hiperstena, diópsido, lamprobolita, biotita, magnetita, hematita, fragmentos de toba, fitolitos, cuarzo, muscovita, fragmentos líticos, granos alterados, fragmentos de toba y calcita.</p>

Figura 14. Características importantes de los Molisoles  
(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

- Andisoles:** Suelen caracterizarse por presentar colores oscuros; presentan bajas densidades aparentes, consistencia en húmedo friable o suelta, alta porosidad, alta infiltración, alta aireación buena permeabilidad, alta retención de humedad. En los de mayor evolución se incrementa el contenido de alófanos y es mayor la retención de fosfatos y los contenidos de hierro y aluminio activos.

Características	Descripción
<b>Químicas</b>	Contenidos de materia orgánica altos en suelos conservados, formando complejos de adsorción orgánico-minerales; capacidad de intercambio de cationes alta a media; saturación de bases varía de alta a media, pH variable desde moderadamente ácidos hasta neutros y variable retención de fosfatos, principalmente de moderada a baja.
<b>Bioquímicas</b>	Relaciones variables ácidos húmicos (AH) sobre ácidos fúlvicos (AF), acordes con el grado y tipo de evolución, generando complejos órgano-minerales resistentes a la mineralización biológica.
<b>Físicas</b>	Densidad aparente muy baja, baja retención de humedad, excepto en texturas medias, sensación untuosa, cerosa o grasosa al tacto y, en pocos casos, tixotropía (fenómeno que presentan algunas alófanos que hace que disminuya su viscosidad al agitarlas, pero que la recuperan al dejarlas en reposo). Se recomienda usar las texturas organolépticas o al tacto.
Minerales (analizados en 1 perfil)	<b>Fracción arcilla:</b> dominan materiales no cristalinos o amorfos y en menor proporción haloisita. <b>Fracción arena:</b> dominan los feldespatos (plagioclasas) y en menores proporciones se presenta vidrio volcánico, cuarzo, hornblenda, lamprobolita, hiperstena, diópsido, biotita, magnetita, hematita, granos alterados, fragmentos líticos, fragmentos de toba y circón.

Figura 15. Características importantes de los Andisoles

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

- **Entisoles:** Son los suelos con grado evolutivo más bajo, con poco o ningún desarrollo pedogenético. Presenta epipedón Ótrico poco profundo y de color claro, con poca acumulación de materia orgánica.

Características	Descripción
Morfológicas	Presentan perfiles con horizontes A-C, Ap-C-Ab, Ap-C-Ab-2C, un epipedón ótrico poco profundo sobre capas C, de color claro, con poco o ningún grado de desarrollo pedogenético.
<b>Químicas</b>	Contenido de materia orgánica bajo; capacidad de intercambio de cationes alta a media; saturación de bases alta a baja y pH fuertemente ácido a neutro.
<b>Físicas</b>	Densidad aparente mayor a 1 g/cc, excepto en los intergrados ácidos donde varía de 0.9 a 1.0 g/cc, los suelos carecen de estructura o esta es muy débil, son de poco espesor, no presentan endopedón u horizontes diagnósticos subsuperficiales.

Figura 16. Características importantes de los Entisoles

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

- **Alfisoles:** Son suelos minerales con horizontes de iluviación de arcilla y alta saturación de bases en profundidad, presenta cutanes, delgados, continuos, de arcilla iluvial, en paredes, planos y canales.

Características	Descripción
Morfológicas	El perfil presenta horizonte de tipo Ap-AB-Bt-BC. Se caracterizan por poseer epipedón úmbrico y endopedón argílico con frecuentes argilanes, delgados, continuos, en paredes, planos y canales.
Micromorfológicas	Presentan frecuentes cutanes, delgados, continuos, de arcilla iluvial (argilanes), en paredes, planos y canales.
<b>Químicas</b>	Presentan capacidad de intercambio de cationes alta; saturación de bases alta a media; pH de ligeramente ácido a neutro.
<b>Físicas</b>	Alta densidad aparente, poca porosidad, alta retención de humedad, alta superficie específica, textura moderadamente finas a finas, estructuras en bloques angulares y prismática que rompe en bloques subangulares.
Minerales (analizado en 2 perfiles)	<b>Fracción arcilla:</b> presentan materiales no cristalinos o amorfos, metahaloisita (aloisita), caolinita, en porcentajes mucho menores: micas, feldespatos, cristobalita y goetita. <b>Fracción arena:</b> dominan los feldespatos (plagioclasas), vidrio volcánico, magnetita, cuarzo y en menores porcentajes se encuentra: hornblenda, lamprobolita, diópsido, hiperstena, biotita, cuarzo, fitolitos, hematita, circón, fragmentos de toba y granos alterados.

Figura 17. Características importantes de los Alfisoles

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

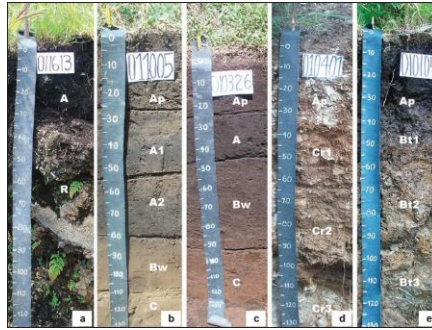


Figura 18. Muestra de perfiles para cada uno de los suelos representativos identificados en el departamento de Guatemala. A) Andisol; B) Molisol; C) Inceptisol; D) Entisol; E) Alfisol. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

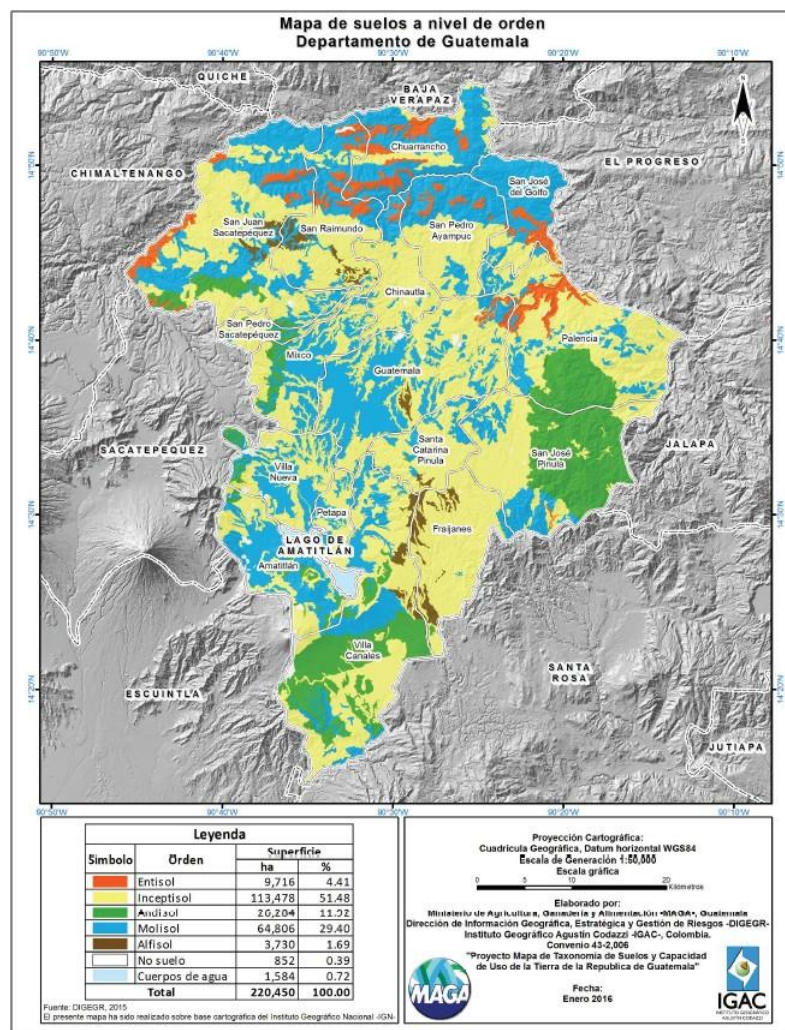


Figura 19. Mapa de suelos a nivel de orden Departamento de Guatemala (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Hay que reconocer que el suelo de nuestro territorio es algo indispensable, para el desarrollo seguro de un urbe, pero si buscamos en la literatura vemos que el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), menciona que después de la década de los años cincuenta se realizó un estudio de clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, el cual fue elaborado por Simmons Ch.S, Taráno J.M y Pinto J.H en el año 1959. Y desde esa fecha hasta la actual no se ha realizado otro estudio de ese tamaño, es importante recalcar que el MAGA utilizó este estudio para revelar el tipo de suelo superficial que existe en el país, por lo que los que la taxonomía de suelo está enfocada en el uso agrícola del suelo. Sin embargo, la taxonomía de suelos es vital para poder tener un control y que sea una fuente auxiliar de información la cual nos ayude a realizar una mejor planificación para el aprovechamiento de los recursos naturales. Pero no obstante en otra parte del mundo este tipo de estudios son utilizados de una forma oficial. Pero vemos que en Guatemala este estudio comenzó a ser utilizado en los años ochenta, con el fin de poder identificar y caracterizar suelos a nivel local, regional o en pequeñas cuencas. La taxonomía de suelos es una caracterización muy peculiar, ya que, a partir de obtener los nombres de cada suelo, podemos determinar sus características y su comportamiento. (Tobías [et al.](#), 2000)

Nuestro país ha sido capaz a lo largo de los años de realizar estudios similares en distintos sectores del país. Vemos que existen estudios en:

- Parte de la Costa del Pacífico
- Cuenca del río Achiguate
- Ciertas regiones de Petén
- Áreas de Interés del Trifinio
- Parte norte de El Quiché

(Tobías et al., 2000)

Y vemos también que las zonas las cuales no se habían realizado estudios con un enfoque similar, fueron sometidas a un tratamiento muy diferente, ya que para realizar la taxonomía en estos lugares se tomó en cuenta, factores como:

- Propiedades físicas y químicas que describen a cada estrato o serie de suelo.
- Establecer un régimen de humedad para cada unidad del mapeo, para este paso se utilizó el Mapa de Zonas de Vida de Guatemala.
- Estudiar las variaciones e inclusiones para cada serie o estrato.
- Comparar resultado entre los datos obtenidos de la medición con fuentes de información externa.

(Tobías et al., [2000](#))

**4. Estado del recurso hídrico en los barrancos del municipio de Guatemala.** Los usos que se le dan al recurso por parte de la población del departamento son principalmente domésticos, riego agrícola, industrial y para disposición de desechos sólidos y líquidos.

- **Aprovechamiento en el uso doméstico:** El aprovechamiento del recurso para el consumo humano se lleva a partir de fuentes superficiales (Lago de Amatitlán, ríos, arroyos manatales y nacimientos perennes) y subterráneas (Pozos perforados). Los sistemas de abastecimiento que existen son de tipo tradicional; es decir, consiste en la captación y consumo directamente de la fuente, sin ningún tipo de tratamiento para potabilizar el agua. El otro tipo se realiza mediante un sistema de captación, diseño de red de distribución, operados mediante sistemas de bombeo o gravedad.
- **Aprovechamiento en el uso agrícola:** Aunque la cantidad de agua precipitada es suficiente durante la época lluviosa para el desarrollo de cultivos agrícolas anuales y permanentes, durante la época seca y las "canículas", se hace necesario aplicar agua para el uso consuntivo de las plantas cultivadas, principalmente hortalizas y flores. Ante la carencia de fuentes de agua superficiales aprovechables, la principal práctica de riego realizada es por medio de aspersión.
- **Aprovechamiento en el uso industrial:** Generalmente por parte de empresas privadas (fincas y agroindustrias), se realizan otros usos de recursos, tales como: generación hidráulica de energía eléctrica, empleo de energía hidráulica para mover maquinaria agroindustrial y principalmente el beneficiado del café, producción pecuaria, piscicultura a pequeña escala
- **El agua como receptora de desechos líquidos y sólidos:** La mayoría de los municipios la utilizan como vía para el desecho de sólidos y líquidos. Ello afecta tanto la calidad del recurso como la salubridad de los pobladores aguas abajo.

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Según el MARN, para el 2015 Guatemala posee una disponibilidad hídrica anual promedio de 97,120 millones de metros cúbicos, equivalentes a 6875 metros cúbicos por personas. Pero pese a su aparente abundancia, el deterioro de la calidad del agua por descarga directa de aguas residuales municipales y agroindustriales, así como la mala administración del recurso, ha generado una paradoja de escasez, al igual que distintas problemáticas socioeconómicas y ambientales. (Elizabeth et al., 2019)

A pesar de que Guatemala cuenta con un Reglamento de Descargas y Reuso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, en el mismo existen varias deficiencias. El no definir la periodicidad con la que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) debe evaluar la calidad de los vestidos residuales que llegan a los cuerpos receptores es una de ellas. La falta de monitoreo, aunado al uso desmedido del agua y su degradación hace imperioso el mejorar los procesos de generación de información. (Elizabeth et al., 2019)

## B. La economía y los barrancos

Las principales fuentes de ingresos económicos del departamento de Guatemala se basa en actividades industriales, comerciales, turísticas, agrícolas, ganaderas, dorestales, mineras y artesanales. Para la distribución de la población en el tema de actividades económicas vemos que:

- La industria manufacturera 7.61 %.
- La comercial 30.44 %.
- Los servicios comunales 14.6 %.
- La construcción 3.53 %.
- La agricultura 2.52 %.
- Las actividades inmobiliarias 10.47 %.
- Actividades profesionales, científicas y técnicas 16.86 %.
- Área financiera y de seguros 1.81 %.
- El transporte 4.36 %
- Administración pública y defensa 6.3 %
- Otras actividades 5.24 %

(Ministerio de Agricultura et al., 2017)

Los principales productos industriales son: alimentos procesados, productos lácteos, textiles, vestuario, productos de cuero, madera y papel, imprentas, materiales de construcción, químicos, aceites, jabón ensamble de automóviles y electrodomésticos, aguas gaseosas, licores, cervezas, concentrados para animales, gases industriales, estructuras metálicas y otras. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

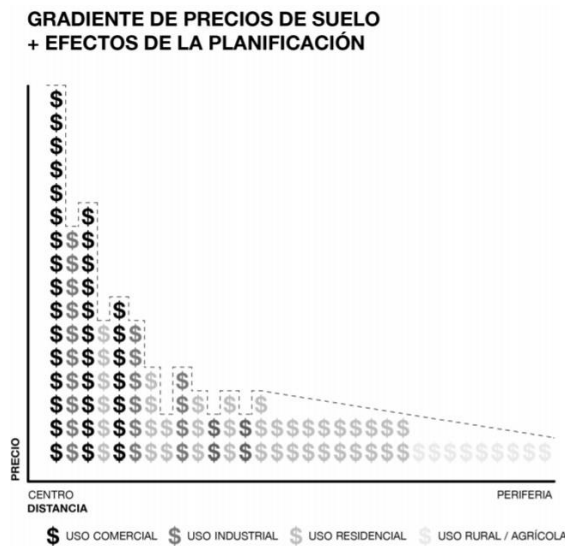
La actividad agrícola dentro del departamento se ubica, en tierras en la altiplanicie, la cual presenta buenas condiciones para la producción agrícola. Y las actividades ganaderas dentro del departamento de Guatemala son orientadas a la producción de lácteos, la cual se genera al norte, pero presenta limitantes de carácter físico para la producción agropecuaria. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)



El departamento de Guatemala concentra una actividad industrial y comercial bastante importante, lo que a su paso provoca una fuerte migración de mano de obra de otros municipios y departamentos; Este fenómeno se ha incrementado a partir del Decreto 29-89 "Ley de Fomento y Desarrollo de la Actividad Exportadora y Maquila", que permite a las industrias confeccionadoras de ropa contratar mano de obra barata y exportar mercancías a países del área (Ministerio de Agricultura et al., 2017).

**1. Uso de suelo.** El valor del suelo urbano es el tema principal del análisis económico en cuanto se refieren a la planificación territorial. El suelo urbano, se destaca por las características de ser un bien inamovible, escaso e irreproducible, lo cual es un diferenciador de otro bien en el mercado, y por ser un bien esencial (para la vivienda, la infraestructura y el equipamiento urbano), del cual se depende para que exista un funcionamiento social y económico de la ciudad. Por lo cual este tema se convierte en un tema central para analizar y lograr un ordenamiento territorial. En el sector económico se concluye que la determinación del valor del suelo está dada por la competencia que existe entre los múltiples actores por acceder a ese bien (escaso) y por los derechos o posibilidades de uso y disfrute que se tenga sobre el mismo. En este segundo aspecto es donde entra la parte social (sector público) que juega un papel importante en la generación de valor del suelo urbano, ya que, básicamente es a través dos formas el suelo toma valor estas son: la planificación de uso de suelo y la construcción, infraestructura y equipamientos urbanos. (Dr.Arq.Raul Estuardo Monterroso Juarez, 2014)

Sobre el cambio de uso de suelo de los barrancos de la ciudad y su impacto en la valorización. Podemos decir que más del 50 % del territorio de la Ciudad de Guatemala está compuesta por barrancos. Y la mayor parte de estos se ubican en cercanías a infraestructura y servicios. El 20 % de los barrancos en la ciudad de Guatemala son propiedad pública y el 80 % son de propiedad privada. (Dr.Arq.Raul Estuardo Monterroso Juarez, 2014)



*Figura 20.* Gradiente de precios del suelo.  
(Dr.Arq.Raul Estuardo Monterroso Juarez, 2014)

**2. Ordenamiento territorial en Guatemala.** Cuando se menciona el crecimiento y el desarrollo urbano es claro que se habla del mismo fin. Es importante dejar claro que cuando nos referimos a crecimiento estamos hablando de aumentar el tamaño o el número y cuando se habla de desarrollo se refiere a aumentar la capacidad. La economía de una ciudad puede abarcar diferentes ramas y cada rama y cada rama tiene diferentes especificaciones. Sin embargo, cada rama está conectada entre sí. Por lo que si en una rama es afectada las demás también son afectadas. Pero es importante mencionar que todos los problemas sociales y ambientales tienen origen en una falla económica y en debilidades del sistema, lo cual nos indica que los problemas mencionados no pueden ser resueltos si no se trabaja en las reestructuraciones económicas-políticas (Urrutia, 2008)

Según la información levantada por la Convergencia Ciudadana para la Gestión del Riesgo (CO-CIGER), revela el riesgo que corren las familias viviendo en los asentamientos, la falta de servicios básicos, construcciones en zonas no aptas para vivienda, vulnerabilidad ante las intensas lluvias y sismos, la desatención Estatal y la necesidad de una política de ordenamiento territorial. (Urrutia, 2008)

a. El POT en el municipio de Guatemala. El plan de ordenamiento territorial establece derechos de desarrollo clasificados en seis zonas generales distintas, determinadas a partir de una yuxtaposición de red vial y franjas de influencia, áreas específicas mono funcionales, áreas de conservación natural y de alto riesgo y cono de aproximación al aeropuerto. Por temas de entendimiento y razonamiento sencillo se compararán únicamente las zonas G5, G1 y G0. La zona G5, por su ubicación dentro de la estructura del territorio, se sirven de las vías principales de la ciudad (T4 catalogadas así por el POT), y que por la capacidad que tiene la ciudad en estas vías de mover cargas y pasajeros, otorga la máxima edificabilidad admitida. Los barrancos, por otro lado pueden ser considerados la antítesis de las vías T4, teniendo como resultado consolidado de las zonas G0 y G1 que otorga a estos la mínima edificabilidad admitida y protege su integridad como zonas de preservación y de valor medioambiental a la ciudad. (Dr.Arq.Raul Estuardo Monteroso Juarez, 2014)

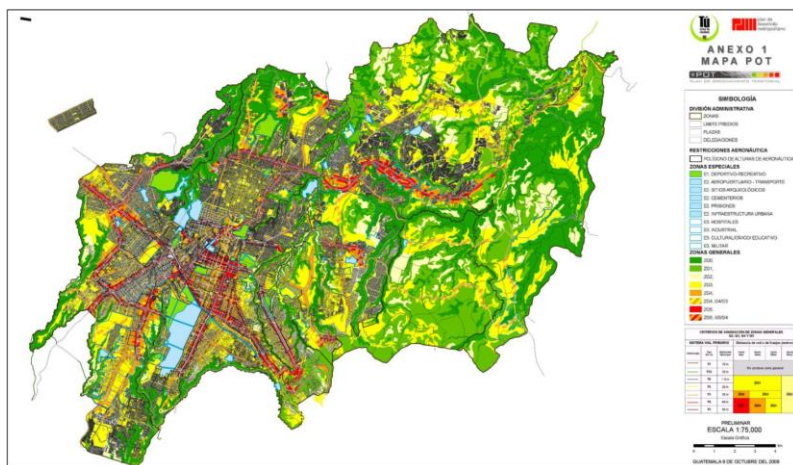


Figura 21. Mapa de Zonas G del municipio de Guatemala.

(Ortiz, 2011)

## C. Sociedad y los barrancos

**1. Densidad poblacional en los barrancos.** La ciudad de Guatemala es el principal núcleo urbano, alberga a más de la mitad de la población urbana del país; cuatro de cada diez migrantes internos tienen al departamento de Guatemala como su destino en búsqueda de mejores oportunidades económicas. Esta migración interna, genera un importante crecimiento de la población y la existencia de ciudades dormitorio alrededor de la capital, lo que implica que municipios aledaños a la ciudad de Guatemala, también incrementen su población. (Ministerio de Agricultura [et al.](#), 2017)

Entrando un poco en detalle del territorio de la ciudad de Guatemala en cuanto a la cantidad de habitantes y la extensión en donde se encuentran esos habitantes. Vemos que para el año 2011 habitaban 968 712 personas en una extensión de 228 km<sup>2</sup>. Pero si se considera el área metropolitana propuesta por el Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala, se alcanza un estimado de 3,103,685 de habitantes para el 2010, lo que la convierte en la aglomeración urbana más poblada de Guatemala y América Central. (Ortiz, [2011](#))

La ciudad de Guatemala se originó en el Municipio de Guatemala, la conurbación se ha ido extendiendo a los siete municipios más cercanos. No existe una precisa definición de la Ciudad de Guatemala, ni del Área Metropolitana (AMG), pero ambas tienen una interpretación similar localmente ya que ambas se localizan dentro del departamento de Guatemala. (Ortiz, [2011](#))

El municipio de Guatemala para el año 2011, muestra que la densidad poblacional era de 5264 habitantes por km<sup>2</sup>. Pero para ese año, dentro del municipio existe alrededor de 11 % del territorio por urbanizar y 37 % que no debería urbanizarse, ya que, esto supondría un riesgo urbano y ambiental. Por lo que esto supone que alrededor de 119 km<sup>2</sup> (52 %) ya se encuentra urbanizados y que la presión al territorio no solo ocurre por los municipios vecinos. Y para ejemplificar lo descrito anteriormente se presenta la ocupación y la extensión que se disponía para el año 2011. (Ortiz, [2011](#))

- Superficie urbana 55,000 Ha
- Superficie rural 10,994 Ha
- Población urbana 3,135,000 Hab
- Población rural 218,880 Hab
- Densidad bruta urbana 57 Hab/Ha
- Densidad bruta rural 20 Hab/Ha

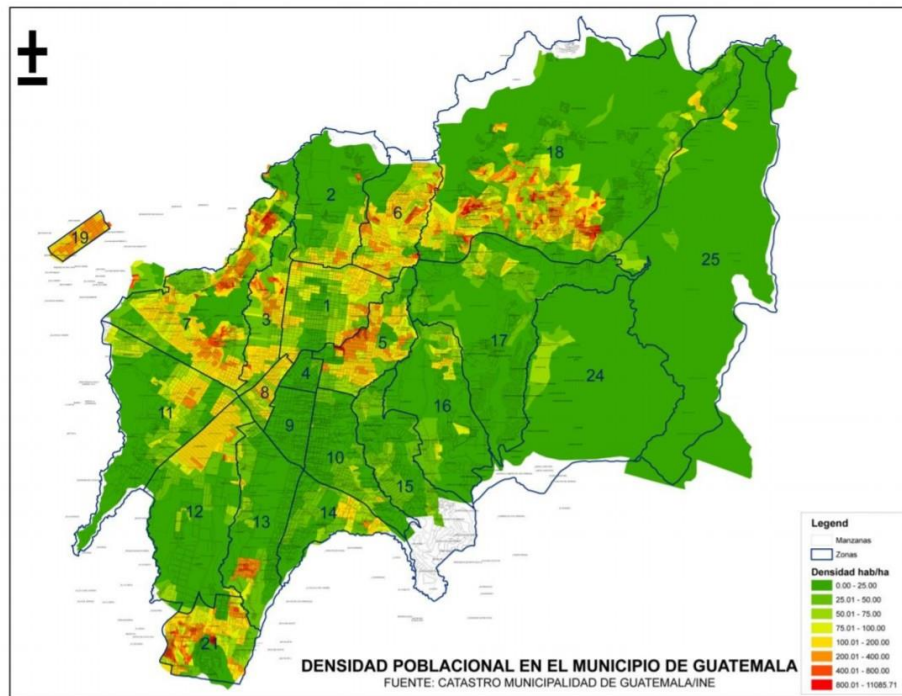


Figura 22. Densidad poblacional en el municipio de Guatemala.

(Ortiz, 2011)

La influencia que ejerce la ciudad de Guatemala afecta a todo el país por la razón de que en este lugar es donde se concentra la mayoría de servicios y sedes de gobierno local. Pero analizando la perspectiva espacial y consecuente, vemos que el área de influencia considerada como mancha urbana y medida con base en imágenes satelitales se pudo obtener su crecimiento a partir de medirlo en con respecto al tiempo transcurrido desde el año 1998 a 2010. (Ortiz, 2011)

- Año 1988, extensión 18,000 Ha
- Año 1990, extensión 24,000 Ha
- Año 1998, extensión 35,000 Ha
- Año 2010, extensión 55,000 ha

Viendo que en el último año de medición el crecimiento aumentaba a razón de 3.6 hectáreas anualmente. Se puede decir que el radio de influencia de la ciudad de Guatemala llegó para el año 2010 a 60 kilómetro. (Ortiz, 2011)

	Municipio	Habitantes
Departamento de Guatemala	1. Guatemala	968,712
	2. Villa Nueva	355,947
	3. San Miguel Petapa	101,228
	4. Mixco	403,428
	5. San Juan Sacatepéquez	152,548
	6. San José Pínula	63,436
	7. Santa Catarina Pinula	63,954
	8. Fraijanes	30,701
	9. Amatitlán	82,924
	10. Villa Canales	74,638
	11. Chinautla	43,409
	12. San Pedro Ayampuc	29,663
	13. Palencia	47,705
	14. San Raymundo	22,615
	15. San Pedro Sacatepéquez	31,503
	16. San Jose del Golfo	6,987
	17. Chuarrancho	11,653
	sub total	2,491,051

Figura 23. Cantidad de habitantes en el Municipio de Guatemala.

(Ortiz, 2011)

**2. Asentamientos precarios urbanos.** Manejando dos campos los cuales son el dominio de la tenencia y la urbanización podemos indicar que en Guatemala más que aplicarse en sentido estricto no existe una política de regulación de asentamientos. Lo cual lleva a Guatemala a clasificarse como un país de titulación de la tenencia. Estos criterios nos sirven para definir qué estamos denominándole asentamiento precario en el presente estudio. Es importante tener en cuenta que la definición en este caso debemos considerar tres dimensiones, las físicas en cuanto los subestándares en materia vivienda y los servicios, jurídicas respecto a la inseguridad de la zona y sociales, lo cual hace referencia a una población de bajos ingresos. (Juárez, 2014)

Contrario a los que se señala para otros países, los APU son fenómenos preeminentes metropolitanos. En el departamento de Guatemala aproximadamente el 96 % de los APU del país, correspondiente a 396 vecindarios (2011). Una lectura de la evolución de los asentamientos precarios urbanos (APU) en períodos sociopolíticos durante la transición democrática, a partir de 1986 en adelante se produjo un crecimiento del 78 por ciento de la vivienda y lotes que existen en el departamento. (Maltez, 2010)

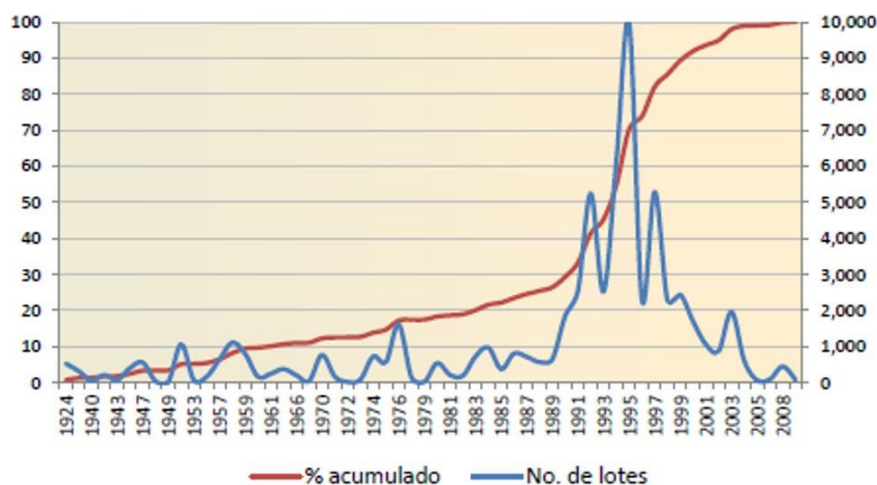


Figura 24. Región metropolitana, número de lotes y porcentaje acumulado por año de surgimiento de APU. (Maltez, 2010)

Analizando la administración gubernamental la cual se deriva del período de Jorge Serrano podemos ver que la mayor cantidad de viviendas y lotes se produjeron en ese período de gobierno, lo cual llegó a su punto máximo en el período De León Carpio y se culminó este crecimiento en el período de Álvaro Arzú. (Maltez, 2010)

Pese a la carencia de legislación especificada sobre la política territorial. Guatemala cuenta con diferentes normas jurídicas de incidencia directa en la planificación territorial. Aquellas que introducen criterios de compartimentación territorial, o establecen las diferentes escales en las que se puede estructurar el territorio desde el punto de vista político administrativo. De singular importancia y vinculado al proceso político de descentralización, es la aprobación en el 2002 del Código Municipal. Este código establece las competencias en el ámbito del ordenamiento territorial y urbano. Entre ello la elaboración de un Plan de Ordenamiento Territorial (POT) e impulsar el funcionamiento de Oficinas Técnicas Municipales para planificar y coordinar las diferentes políticas públicas del territorio. A su vez el Código establece mecanismos de coordinación conocidos como Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES) y el Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDES). A partir de los Acuerdos de Paz su finalidad es crear mecanismos de participación ciudadana, tanto en los ámbitos rurales como urbanos. Los municipios son las entidades responsables del ordenamiento y la gestión urbana. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

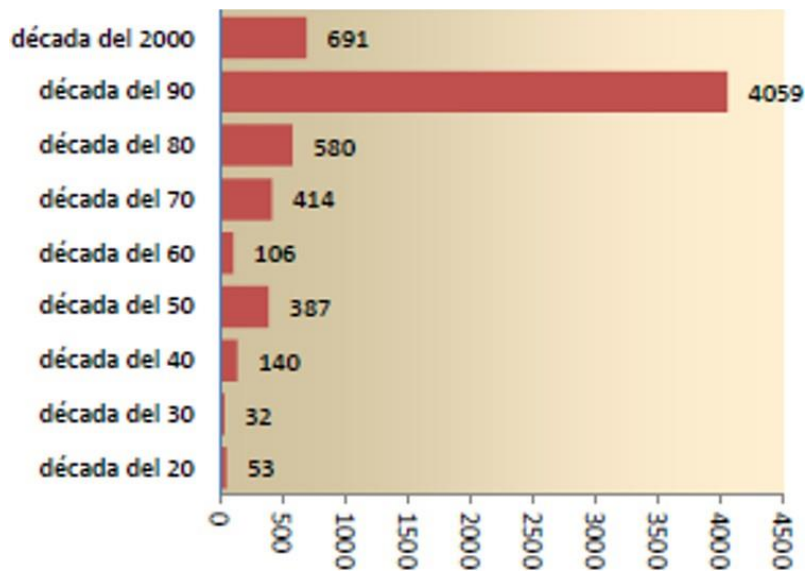


Figura 25. Región metropolitana: promedio anual de lotes según décadas. (Maltez, 2010)

Generalmente catalogamos a los barrancos como un espacio natural con un relieve demasiado cambiante y con una profundidad determinada, con el pasar del tiempo estos lugares han ido generándose a partir del movimiento de las placas tectónicas y la erosión ocasiona el agua y el aire. En el municipio de Guatemala los barrancos a partir de la iniciativa de un plan de ordenamiento territorial. Podemos decir que su valor económico se fue congelando y convirtieron meramente en territorio ambiental y de conservación, lo cual con el pasar de los años esto ha funcionado para evitar que este tipo de lugares sean afectados por el crecimiento de la mancha urbana. Es importante categorizar que no todos los barrancos en la ciudad de Guatemala no son iguales muchos de ellos, ya que tras el crecimiento de la mancha urbana estos barrancos han cambiado drásticamente, ya que muchos se han convertido vertederos sanitarios clandestinos afectando a la cuenta de diversas formas. (Juárez, 2014)

Desde la perspectiva ecológica, un área urbana es en sí misma un ecosistema que se mantiene en funcionamiento. La principal diferencia entre un ecosistema tradicionalmente conocido con un entorno urbano es que el entorno urbano está compuesto de zonas naturales y elementos producidos por el hombre. El cual no solo se enfoca en un entorno natural. Sino que involucra temas culturales y sociales los cuales se deben tomar en cuenta. (Juárez, 2014)

La planificación urbana debe contemplar que servicios de los ecosistemas naturales deben ser proyectos de infraestructura y resiliencia urbana. (Juárez, 2014)

**3. Ocupación en los barrancos del municipio de Guatemala.** Inicialmente el municipio de Guatemala para el año 2014 la cantidad de habitantes era de 1,224,093 nos daba una densidad en promedio de 70 hab/Ha, de los cuales un 58.28 % perteneces a la economía informal. Pero existe una cercanía a los barrancos mucho mayor en las zonas 1,6 y 7. Pero la zona 18 es la que para ese año cuenca con un número mayor de habitantes los cuales ascienden a 329,562. (Dr.Arq.Raul Estuardo Monterroso Juarez, 2014)

Reconociendo la gran área que significa los barrancos encontramos que existen 76.09 m<sup>2</sup> de barranco por habitante, dando una relación de 4.5 m<sup>2</sup> de barranco por cada m<sup>2</sup> de áreas verdes por habitante. Así mismo, 3.55 m<sup>2</sup> de barranco por cada m<sup>2</sup> de espacio público es la relación promedio para el municipio. (Dr.Arq.Raul Estuardo Monterroso Juarez, 2014)

#### **D. Impacto ambiental de los barrancos**

**1. Precipitación.** La distribución de las precipitaciones medias anuales en el departamento se presenta de la siguiente forma en el sur varía entre 900 y 2,100 mm al año; en la parte central varía entre 1,200 y 1,900 mm y en el norte ente 500 y 1,300 mm anuales. La zona con mayores precipitaciones se encuentran los municipios de San José Pinula, Villa Canales, Santa Catarina Pinula y Palencia. En los demás municipios del departamento los valores de precipitación se reducen y estas zonas presentan menor humedad. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

A nivel departamental el modelo de distribución de la lluvia es típicamente monomodal, que se caracteriza por presentar un período seco y un período húmedo anual. El período de verano o temporada seca abarca un promedio de 6 meses (Desde la mitad de noviembre hasta la mitad de mayo), presentando lluvias ocasionales. La época de mayor pluviosidad va desde mediados de mayo hasta mediados de noviembre. Dentro del período húmedo se presenta una canícula o descenso de las precipitaciones de aproximadamente 15 a 20 días, en el mes de julio o agosto de cada año. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

**2. Temperatura.** De forma general, en el departamento de Guatemala la distribución de las temperaturas medias anuales es la siguiente: en la parte norte 20.5 a 25 °C, en la región central y sur 18.0 a 20.5 °C, exceptuando una pequeña área que limita con Escuintla que presenta un rango mayor que oscila entre 20.5 a 23.0 °C, al este del departamento y en el límite con el departamento de Santa Rosa, varía entre 17.0 °C a 20.0 °C y en el oeste de la región varía ente 14 a 18.0 °C. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

El clima ambiental es ampliamente conocido; pero los suelos también tienen un clima edáfico que es utilizado con fines de clasificación. Las razones para estudiar el clima edáfico radican en la influencia que tiene como factor que intervienen en su formación y desarrollo en el uso agrícola (selección de plantas de cultivos), actividades biológicas y regulador ambiental. Este clima está condicionado en gran medida, por el clima ambiental. La temperatura y la humedad son las dos características que definen el clima edáfico. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

La temperatura edáfica influye en los procesos de formación del suelo, en la selección, en el crecimiento, en la distribución geográfica de las plantas, en la actividad biológica y en algunas prácticas agrícola de manejo. Son usadas para definir clases a varios niveles categóricos. (Ministerio de Agricultura et al., 2017)

**3. Vegetación.** El elemento vegetal responde fielmente a las condiciones impuestas por los demás componentes del ecosistema, siendo el principio y el final del ecosistema mismo. La vegetación funciona como reguladora del microclima y de la humedad del subsuelo al detener las aguas del escurrimiento y permitir su filtración, evitando la erosión de la capa vegetal del suelo. Es también el elemento que constituye el hábitat de gran parte de la fauna especialmente de las aves y su sustento alimenticio. La vegetación modifica el microclima urbano, estabilizando la temperatura y elevando los niveles de humedad a través del efecto de evapo-transpiración. También incorpora oxígeno a la



atmósfera (1 m<sup>2</sup> de superficie de hojas produce aproximadamente 1.07 Kg de oxígeno por hora) y absorbe polvos a través de sus hojas, reduciendo la contaminación atmosférica. La vegetación tiene cierta capacidad para proteger de vientos fuertes, absorber ruidos y aminorar malos olores. (Cerin, 2013)

El término "barranco", se utiliza para hacer referencia a un tipo de accidente geográfico que se caracteriza por la formación de un cauce o de una depresión en el terreno causada principalmente por la erosión continua o repentina de un curso de agua. El barranco es siempre irregular y puede variar su tamaño o extensión con el tiempo de acuerdo cómo varíe también el cauce del río o del curso de agua que lo afecta. (Cerin, 2013)

**4. Índices de vegetación.** Al hablar de índices nos referimos a un conjunto de operaciones algebraicas efectuadas sobre los valores numéricos de los píxeles, usando dos o más bandas pertenecientes a la misma escena. Un índice de Vegetación puede ser definido como un parámetro calculado a partir de los valores de reflectancia a distintas longitudes de onda, y que es particularmente sensible por alguna combinación de bandas espectrales y que puede tener alguna relación con la cantidad de vegetación presente en un píxel dado. Estos índices son utilizados para mejorar la discriminación entre el suelo y la vegetación, reduciendo el efecto del relieve en la caracterización espectral de las diferentes cubiertas. (Aguayo, 2013)

a. Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI). El índice de Vegetación Diferencial Normalizado, es el más conocido de todos, y es el más utilizado para y todo tipo de aplicaciones. la razón fundamental es su sencillez de cálculo y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y 1), lo que permite establecer umbrales y comparar imágenes. (Aguayo, 2013)

- Valores muy bajos de NDVI, del orden de 0.1, corresponden a áreas de 0.1, corresponden a áreas rocosas, arenosas o nevadas.
- Valores de 0.2 a 0.3 pueden corresponder a áreas pobres con arbustos o pasturas naturales.

A partir de estos valores tendremos los niveles correspondientes a praderas, cultivos, forestaciones, etc. Dependiendo el valor que sea mostrado. Sin embargo, tiene el inconveniente de ser sensible a la reflectividad del suelo sobre el que se sitúa la planta, lo que limita su potencial de discriminación. Por ejemplo, en una zona con baja densidad de vegetación, la reflectividad de un píxel en la banda infraroja y en la banda roja, vendrían determinados fundamentalmente por el suelo con una pequeña variación debida a la presencia de vegetación. El resultado es que un índice de vegetación de esa zona daría resultados muy similares a los del suelo desnudo y sería imposible detectar la presencia de vegetación. Este problema se presenta en situaciones en las que la cubierta vegetal del píxel es menor al 50 % del tamaño del píxel. (Aguayo, 2013)

## Imagen n°2



Figura 26. Comportamiento de la reflectancia de la banda infrarroja contra la banda roja (Aguayo, 2013)

Es importante recalcar que, el uso de un índice a un ambiente en particular debe ser calibrado con mediciones en terreno. De no realizarse una medición de campo, las imágenes de los índices solo serán indicadores útiles de la cantidad relativa de vegetación presente. (Aguayo, 2013)

### 5. Contaminación en los barrancos del municipio de Guatemala.

a. Basureros en la ciudad de Guatemala. En relación con el tema de los basureros podemos mencionar que la única información disponible oficial es a nivel municipal y corresponde a los censo del 1994 y 2002. Dentro del censo realizado en 1994 se incluyó la pregunta sobre como disponen los hogares de sus basuras en las áreas urbanas y rurales. Lo cual permitió realizar un análisis a nivel departamental. Pero observando desde un punto de vista del potencial de contaminación ambiental que presentan los residuos en áreas urbanas y rurales resulta claro, que en el área rural un servicio de recolección representa un grado de recolección por la dispersión que se presenta entre cada vivienda y por la posibilidad que tienen los vecinos de disponer de sus residuos en sus propiedades. (Instituto de Agricultura, 2003)

## Tipos de disposición de basura en el hogar

FORMA DE DISPOSICIÓN	PORCENTAJE
La Quemán	35.85
La Entierran	17.54
La Tiran en Cualquier Parte	43.65
Otra Forma	1.08

Figura 27. Disposición de la basura en el hogar, a nivel nacional (Instituto de Agricultura, 2003)

Se puede evidenciar que en la información anterior que la modalidad preferida en el campo es tirar la basura en cualquier parte del exterior de la vivienda y quemarla cuando el basurero individual empieza a causar molestias. Pero es importante mencionar que esto se da en el área rural, sin embargo, en el área urbana la situación es completamente diferente porque la facilidad de disponer de la basura en los patios de las casas es reducida y las molestias al vecino puede causar graves problemas. (Instituto de Agricultura, 2003)

En la siguiente información presentada vemos los promedios a nivel nacional de las modalidades para disponer de la basura domiciliar, donde se puede apreciar que el nivel de cobertura de los servicios de recolección es de un 25 % la cual se considera baja. Resulta interesante que el porcentaje de hogares urbanos que quemán su basura es igual al porcentaje rural con la misma modalidad. (Instituto de Agricultura, 2003)

Un aspecto fundamental de este análisis es la relación que existe entre la basura que es recolectada es un 25 % que es tirada en cualquier parte de un 26 % lo cual significa que un 25 % va a dar a los basureros municipales y un 26 % termina en los basureros clandestinos que se forman en calles, avenidas, en predios baldíos bajo los puentes, en ríos y lagos, etc. (Instituto de Agricultura, 2003)

Disposición de la basura en el Hogar	
DISPOSICIÓN DE LA BASURA EN EL HOGAR	PORCENTAJE
<b>Con Recolección</b>	<b>24.99</b>
Servicio Municipal	10.49
Servicio Privado	14.51
<b>Sin Recolección</b>	<b>75.01</b>
La Quemán	35.70
La Entierran	11.11
La Tiran en Cualquier Parte	26.02
Otra Forma	2.18

Figura 28. Disposición de la basura en el hogar, a nivel nacional, con recolección y sin recolección (Instituto de Agricultura, 2003)

En cuanto a la cobertura por departamento solo el departamento de Guatemala representa un 72 % de cobertura a nivel urbano, en segundo lugar, está Quetzaltenango con un 49 % y el resto de departamentos presentan coberturas menores.

**Cobertura del servicio de recolección de basura por Departamento**

N° DE ORDEN	DEPARTAMENTO	COBERTURA URBANA %	GENERACIÓN TON/DIA	CON DESTINO A BASURERO MUNICIPAL TON/ANUALES	CON DESTINO A BASUREROS CLANDESTINOS TON/ANUALES
1	Guatemala	71.68	869.23	227,418.38	89,850.57
2	Quetzaltenango	49.21	17.87	3,209.75	3,312.80
3	Chiquimula	38.22	31.07	4,334.36	7,006.19
4	Retalhuleu	31.88	31.52	3,667.73	7,837.07
5	Zacapa	30.49	29.07	3,235.16	7,375.39
6	Escuintla	28.59	77.69	8,107.22	20,249.63
7	Sacatepéquez	28.45	86.44	8,976.15	22,574.45
8	Jutiapa	27.70	33.98	3,435.55	8,967.15
9	Suchitepéquez	26.30	50.04	4,803.59	13,461.01
10	Alta Verapaz	24.86	44.77	4,062.39	12,278.66
11	El Progreso	22.65	16.74	1,383.94	4,726.16
12	Santa Rosa	20.89	32.51	2,478.84	9,387.31
13	Chimaltenango	18.98	75.10	5,202.70	22,208.80
14	Izabal	18.92	30.09	2,077.96	8,904.89
15	Baja Verapaz	17.29	17.87	1,127.75	5,394.80
16	Huehuetenango	15.52	48.31	2,736.66	14,896.49
17	Totonicapán	15.29	11.59	646.82	3,583.53
18	Jalapa	14.93	27.87	1,518.76	8,653.79
19	Quiché	14.04	29.32	1,502.53	9,199.27
20	San Marcos	13.49	39.12	1,926.21	12,352.59
21	Sololá	11.22	33.50	1,371.93	10,855.57
22	Peten	9.24	39.38	1,328.13	13,045.57

Figura 29. Cobertura de servicio de recolección de basura departamental

(Instituto de Agricultura, 2003)

La disposición final de los residuos sólidos domiciliarios presenta una situación de grandes deficiencias sanitarias, en tanto que la mayoría de los municipios carecen de las condiciones mínimas, como se obtuvo del estudio realizado de CONAMA-CONADESCO sobre el Manejo de los Desechos Sólidos y Educación Ambiental en cabeceras departamentales y municipales de Guatemala, tomando como muestra 40 municipios de la república. De los cuales se presentaran varios a continuación. (Instituto de Agricultura, 2003)

**Características de algunos basureros municipales en la República de Guatemala**

MUNICIPIO	TIPO	TOPOGRAFÍA	DISTANCIA -km-	COBERTURA Ton/día
COBAN	Cielo abierto	Depresión	4	7
SAN PEDRO CARCHA	Cielo abierto	Barranco profundo	---	4
SAN JUAN CHAMELCO	Cielo abierto	Barranco profundo	----	2.8
SAN CRISTÓBAL VER.	Cielo abierto	Acantilado	7	5
VILLA DE TACTIC	Cielo abierto	Acantilado dentro del poblado, río	----	3
SALAMÁ	Cielo abierto	Zanjon	2	6
SAN JERONIMO	Cielo abierto	Orilla de río	----	2
SAN MIGUEL CHICAJ	Cielo abierto	En monumento histórico río San Jerónimo	----	2
FLORES	Cielo abierto	Área plana	6	1.5
SAN BENITO	Cielo abierto	Área plana	4	1.5
SAYAXCHE	Cielo abierto	Orilla río pasión	----	0.5
LA LIBERTAD	Cielo abierto	Dentro del poblado	----	3
SAN ANDRES	Cielo abierto	Margen del lago	----	2.5
SAN JOSE	Cielo abierto	Orilla carretera	2	2
PUERTO BARRIOS	Cielo abierto	Finca	13	13
LIVINGSTON	Cielo abierto	Cerca pista, río y playa	4	0.5
FRONTERAS	Cielo abierto	Parque río dulce	20	0.5
TECULUTAN	Cielo abierto	Terreno plano	2	0.5
ESQUIPULAS	Cielo abierto	Orilla camino desfiladero	4	4
HUEHUETENANGO	Cielo abierto	Hondonada bosque pinos	20	15
QUETZALTENANGO	Cielo abierto	Ondulado siembra de hortalizas	18	80
ATITLAN	Cielo abierto	Finca de café pendiente cerca carretera	5	2000 gentes
SAN LUCAS TOLIMAN	Cielo abierto	Orilla carretera	6	185 familias
SANTIAGO ATITLAN	Cielo abierto	Café	5	200 familias
ESCUINTLA	Cielo abierto	Ondulado cerca carretera	15	4600 familias
MAZATENANGO	Cielo abierto	Terreno plano dentro ciudad	1	50%
SAN FRANCISCO ZAPOTITLAN	Cielo abierto	Terreno plano agua a 2 metros	6	2000
ANTIGUA	Cielo abierto	Terreno quebrado 80 de profundidad	8	50%

Figura 30. Características de ciertos basureros municipales a nivel nacional

(Instituto de Agricultura, 2003)

Los terrenos que se emplean para destinarlos como reservorios de basura son depresiones profundas o tierras erosionadas de escaso valor. En el altiplano y en la costa sur se hace difícil obtener terrenos a bajos precios. Y la disposición de utilizar el método de cielo abierto para los basureros, es característico de no tener ningún tipo de tratamiento no cobertura adecuada y es el menos indicado para conservación del ambiente y del cuidado de la salud de los habitante.(Instituto de Agricultura, 2003)

**6. El recurso hídrico en la ciudad de Guatemala.** Como parte de complemento al eje temático trabajado y la información presentada en el apartado anterior. Vemos que en la zona metropolitana del departamento de Guatemala la disponibilidad de agua está amenazada por:

- La demanda creciente
- El proceso de urbanización desordenado lo cual conlleva a la disminución de la recarga por la expansión de las áreas impermeables.
- La degradación genera de la cuenca.

(IARNA, 2013)

El deterioro y la destrucción de los recursos implica la degradación de los servicios eco-sistémicos, en términos de cantidad y calidad. Pero siendo uno de los más importante el agua, para el abastecimiento en el área metropolitana. Por lo tanto, el déficit actual en el abastecimiento de agua es una ilustración del deterioro de servicios eco-sistémicos y de la explotación no regulada de los recursos hídricos. El abastecimiento de agua al área metropolitana está concentrado en cinco sistema de agua superficial, conectados directamente con cinco cuencas hidrográficas

- Coyolate
- Pixcayá
- las Vacas
- Plátanos
- María Linda

(IARNA, 2013)

En el municipio de Guatemala existe un deficiente manejo de las aguas servidas, ya que, de acuerdo con la empresa Municipal de Agua EMPAGUA, el 70 % de los hogares del municipio de Guatemala se conectan a la red de drenaje y colectores para el desalojo de las aguas residuales, esto para el año 2011. Sin embargo, se estima que solamente el 2 % de estas aguas estarían recibiendo algún tipo de tratamiento previo al ser vertidas en la cuenca del pacífico a través del río Villa Lobos, El cual conduce el agua a los municipios de Guatemala, Villa Nueva, Mixco, Villa Canales y San Miguel Petapa). Pero el agua también puede ser vertida en la cuenca del Pacífico por medio de los ríos Tzajá, Chinautla y Las Vacas, los cuales conducen el agua hacia Guatemala, Santa Catarina Pinula, Chinautla y otros municipios al norte de la ciudad. Lo que genera una situación alarmante de contaminación ambiental, con graves implicaciones ecológicas económicas y sociales en las áreas de impacto que inclusive trasciende los límites metropolitanos. Y el tratamiento de esta problemática se mantiene postergada, sin que se formalice una administración que coordine planes de acción conjunto con las corporaciones municipales, Ministerio de Salud Pública y CONAMA. (Ortiz, 2011)

## E. Herramientas

**1. Sistemas de información geográfica.** Se entiende como sistemas de información geográfica la conjunción de datos relacionados con el espacio físico con herramientas informáticas, es decir, con programas informáticos o software. Estos sistemas son un conjunto de componentes específicos que permiten al usuario crear consultas, integrar, analizar y representar de una forma eficiente, cualquier tipo de información geográfica referenciada asociada a un territorio específico. (“Geoinnova Formación SIG”, 2021)

**2. Imágenes satelitales.** Las imágenes son matrices de celdas llamadas píxeles, formadas por un determinado número de filas y columnas. Cada una de estas representa un área geográfica indivisible, determinando así el detalle espacial mínimo que se puede distinguir dentro de la imagen. El tamaño de superficie que puede ser representada; es decir el tamaño del píxel, varía dependiendo del satélite y del tamaño del sensor que tome la imagen. Cada píxel contiene un valor numérico que representa en promedio la cantidad de energía solar que la superficie refleja y depende directamente de lo que haya sobre ella ya sea cultivo, suelo desnudo o asfalto. Los sensores ubicados en los satélites captan diversos niveles de energía y estos pasan a formar distintos tipos de coloración en una imagen ya formada. (Zuñiga y García, 2015)

La teledetección ofrece ventajas frente a otros medios con respecto a la obtención de información de un área geográfica; sin embargo, dichos datos no sustituyen radicalmente a lo indagado por las fotografías aéreas o el trabajo de campo, si no es complemento para los mismos. Dichas ventajas que se pueden destacar son:

**Visión esquemática y ámbito global:** Los sensores ubicados en plataformas globales cubren prácticamente la totalidad de la superficie del planeta, por ende, proporcionan mediante una visión esquemática detalle de zonas vastas, remotas, y de difícil acceso; siendo esta una implementación para obtener información instantánea de ciertas regiones terrestres,

- **Apreciación por temporal:** La apreciación por temporal permite el estudio de fenómenos en la atmósfera y océanos; además de la detección de cambios en el entorno de algún territorio derivado de fenómenos climatológicos, cambios en el uso de suelo y la evolución de cultivos.
- **Formato digital:** El tratamiento digital de las imágenes agiliza el proceso de la interpretación mediante la generación de modelos cuantitativos de integración generando resultados con otro tipo de información geográfica.
- **VARIABLES FÍSICAS Y NO DESTRUCCIÓN:** Mediante la obtención de variables físicas se pueden llegar a obtener el nivel de absorción, dispersión, reflectividad, y/o temperatura de algún territorio en particular, esto por mencionar algunas con el fin de relacionarlas entre sí para obtener el rasante de parámetros de interés; y de esta manera dicho implemento no repercute en las propiedades de la cubierta terrestre ya que habitualmente se altera o deteriora cierto medio para poder medir determinadas variables.

(Zuñiga y García, 2015)

a. **Firma espectral:** El emisor de radiación más usual para imágenes de teledetección es el sol. El sol emite la radiación que incide, en primer lugar, en la atmósfera. Los gases presentes en la atmósfera, como el resto de la materia presente en el universo, interactúa con la radiación absorbiéndola, reflejándola o transmitiéndola. Una vez que la radiación solar ha traspasado la atmósfera interactúa con la superficie terrestre, encontrándose con todo tipo de materiales diferentes, aguas dulces, saladas, tierras desnudas, nieve, zonas de vegetación densa, zonas de vegetación arbustiva, ciudades, etc. Cada tipo de superficie interactúa con la radiación de manera diferente, absorbiendo unas longitudes de onda muy concretas y reflejando otras diferentes en unas proporciones determinadas. (Zuñiga y García, 2015)

Estas características hacen posible que se pueden identificar los distintos objetos de interés particulares de ciertas zonas, tales como: suelo vegetación, aguas, etc. ya que mediante experimentos en laboratorio se han podido caracterizar el comportamiento de estas distintas superficies al recibir radiación y cuantificando los porcentajes de reflexión, absorción y transmisión. A este comportamiento concreto de cada tipo de objeto es a lo que se llama firma o signatura espectral del mismo. (Zuñiga y García, 2015)

b. **Áreas de aplicación.**

- **Agricultura:** La agricultura desempeña un papel dominante en la economía de los países desarrollados y no desarrollados. Las imágenes de satélite y áreas son utilizadas como herramientas de mapeo para clasificar a los cultivos, examinar su salud y su viabilidad. Las aplicaciones agrícolas de la teledetección incluyen los siguientes puntos.
  - Clasificación de tipo de cultivos.
  - Evaluación del estado de los cultivos.
  - Estimación del rendimiento de cultivos
  - Mapeo de las características del suelo.

(Zuñiga y García, 2015)

- **Uso de suelo:** El uso de suelo se refiere a la finalidad que se le da a la tierra para su servicio a la población en cada zona, Donde las operaciones que podemos realizar en función de esta característica son: Gestión de los recursos naturales la protección del hábitat de vida silvestre, la expansión urbana, detección de blancos, la identificación de las pistas de aterrizaje, carreteras, puentes. (Zuñiga y García, 2015)
- **Mapeo:** El mapeo constituye un componente integral de procesos de gestión de tierras, recursos e información mapeada. Es el producto común de análisis de datos obtenidos por sensores. Las aplicaciones de mapeo de teledetección son las siguientes:
  - Planimetría: técnicas destinadas a la delimitación de superficies, la medición de áreas y la rectificación de límites acompañados por el uso de un GPS puede ser usado para satisfacer requisitos de alta precisión, pero las limitaciones son la rentabilidad, y dificultadas en el intento de trazar grandes áreas. La teledetección ofrece medios para identificar y mostrar la representación a escala de todos los detalles interesantes del terreno sobre una superficie plana, prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal en los medios de comunicación convenientes y manera eficiente.
  - Modelos digitales de elevación (DEM): Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas de relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

(Zuñiga y García, 2015)

**3. Analisis territorial con SIG.** La caracterización territorial del municipio, debe diagnosticarse y analizarse desde un punto de vista territorial. Lo cual permita tras un proceso de participación ciudadana, establecer el modelo de desarrollo actual y a partir de él, establecer las prioridades para el futuro buscando un desarrollo más equilibrado, denominando a este proceso visión-modelo de desarrollo territorial futuro (figura ). Para detallar como hacerlo se ensayó una caracterización tipo en un municipio de Zacapa, Río Hondo para ser específicos.(José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

Por lo que la materialización de un modelo propuesto mediante el uso de los SIG, busca servir de ejemplo para realizar un manual que pudiera utilizarse para intervenir nuevas zonas y pueda ser utilizado por técnicos de las Oficinas Municipales de Planificación (OMP), con conocimiento en SIG. Pero vemos que el ejemplo donde se planteo utilizar, la cooperación de Municipios Democráticos carecía de formación geográfica para la correcta aplicación de la herramienta. Y luego de un análisis minucioso de la información estadística disponible en el país, se pudo utilizar como base para la elaboración de la cartografía de lugares poblados, la cual es denominada por la estadística guatemalteca como agrupaciones mínimas, o aldeas, que están por encima de lo que se puede denominar poblamiento diseminado. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)



El Sistema de Planificación Municipal inicialmente fija una diferencia entre la caracterización y el análisis-diagnóstico territorial. En el primer caso estamos ante una presentación gráfica y/o cartográfica de la información geográfica disponible, sin ningún cruce analítico. Es una presentación objetiva de la información de base existente, cuya principal finalidad es obtener una visión de la situación estática de las diferentes variables territoriales. Un claro ejemplo que muestra es el siguiente figura, en donde se puede apreciar y comprobar cómo además de mostrar el mapa tipo, se hace referencia al proceso técnico para la elaboración del mismo, con una ficha en la que se indica la información que se presenta en el mapa en cuestión, las fuentes para la obtención de datos para realizarlo, la metodología de elaboración de esas representación cartográfica y, finalmente el resultado que se espera obtener, es decir, el objeto de su realización y la utilidad que tendrá para la caracterización territorial. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

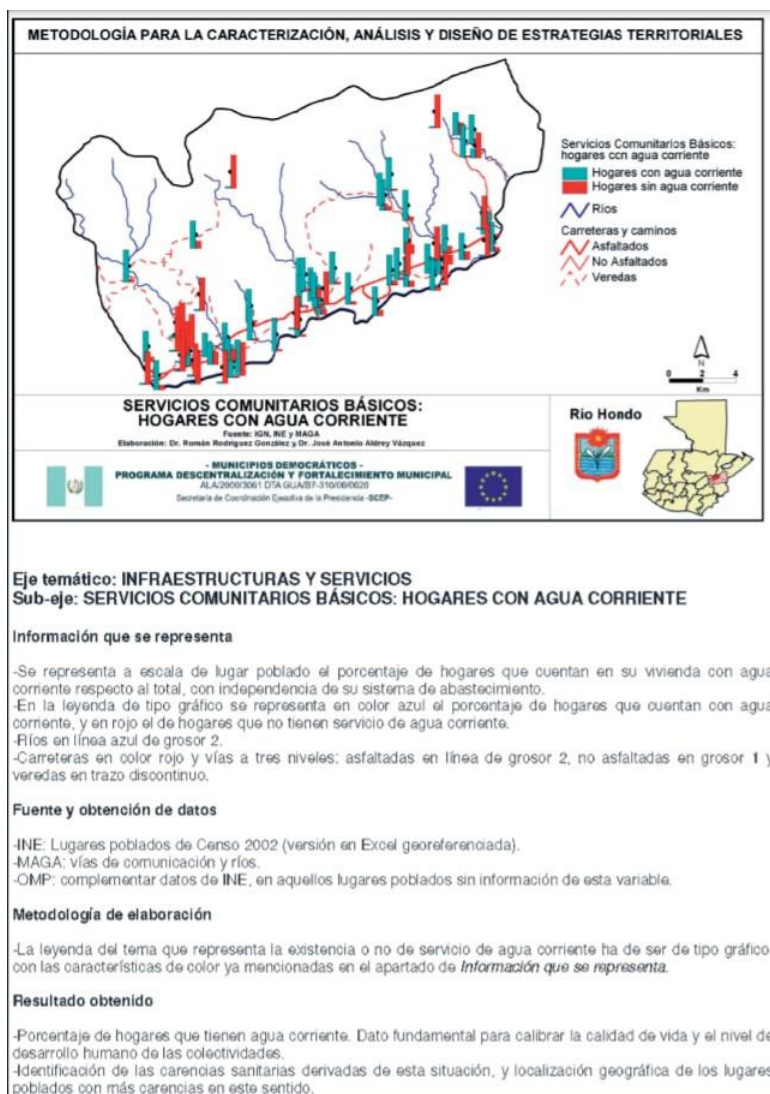


Figura 31. Representación gráfica de la metodología de caracterización

(José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

En la segunda fase la cual es el diagnóstico se elabora y genera información específica, derivada de la planificación de índices, cruces de variables, generación informativa a escala micro-región, Como se muestra en la Figura 6. En este caso se obtiene información que de un modo directo posibilita identificar los puntos débiles y fuertes del ámbito de la planificación. para esta fase se genera información específica mediante el cruce de variables con el SIG, con una perspectiva sistemática. Esta operación posibilita identificar diferentes interrelaciones entre los indicadores y la información de la que se dispone. Así mismo se presenta un apartado en el que se marca la utilidad-finalidad que puede resultar de la información manejada. Se pretende que los resultados obtenidos sea un insumo fundamental para diseñar la visión y el modelo territorial del futuro, así como los objetivos que será necesario implementar para llegar, precisamente a esa visión y modelo futuro. Este análisis- diagnóstico técnico, se concluye con la elaboración de un Modelo de Desarrollo Territorial Actual (MDTA), el cual deberá ser complementado y validado en un nuevo proceso participativo, en el que también se deberá diseñar un Modelo de Desarrollo Territorial Futuro (MDTF). (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

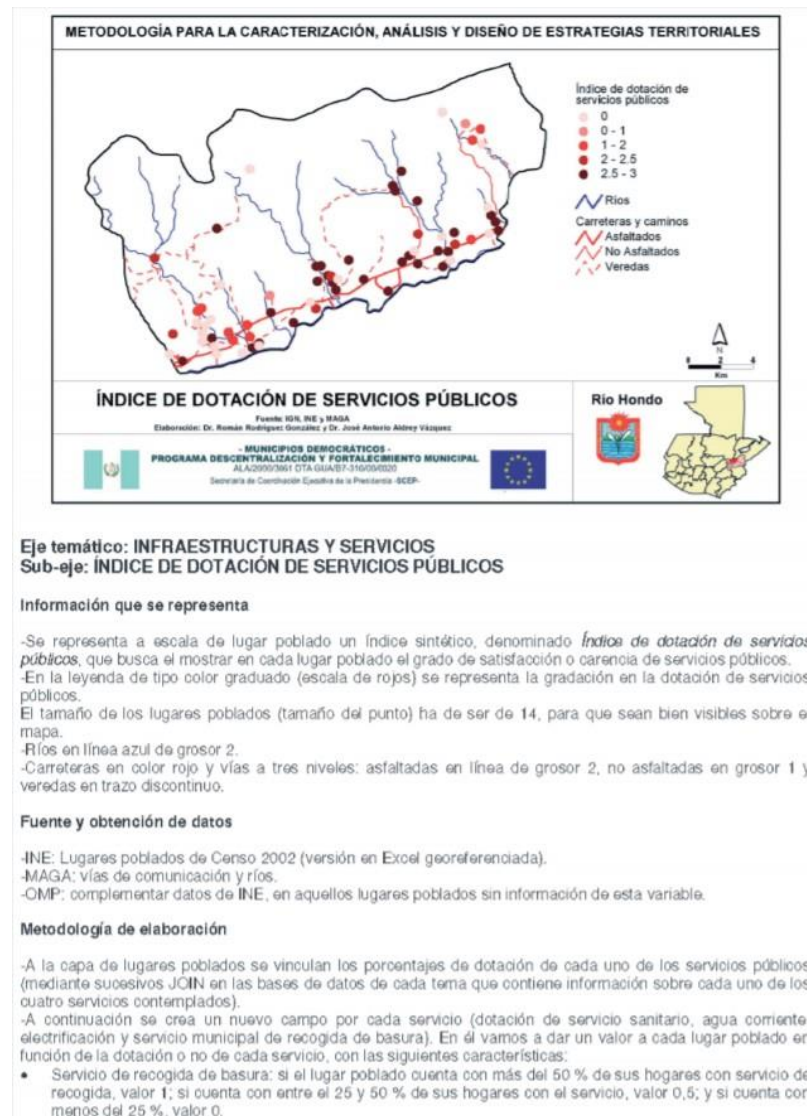


Figura 32. Representación gráfica de la metodología de análisis-diagnóstico

Se establecieron cinco grandes áreas o ejes temáticos de análisis para la caracterización y análisis territorial. En concreto medio ambiente: demografía y sociedad; sistema de asentamientos; infraestructura y servicios; Y área económica. Para cada una de ellas se estableció la elaboración de cartografías específicas que permitiese conocer a profundidad el territorio municipal y permitiese ver sus carencias y potencialidades de cara a abordar el procesos de planificación territorial. (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

CARACTERIZACIÓN TERRITORIAL	ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO TERRITORIAL
Localización y situación geográfica	
Organización territorial	
<b>Eje temático Medio Ambiente</b>	
Unidades paisajísticas	Lugares poblados en situación de riesgo natural
Pendientes	
Cuencas Fluviales	
<b>Eje temático Demografía y Sociedad</b>	
Volumen demográfico por lugar poblado	Evolución demográfica
Grupos étnicos	Densidad demográfica por micro-región
Composición por género	Causa de inasistencia escolar
Analfabetismo por género	Accesibilidad a enseñanza preprimaria y primaria
Composición por edad	Accesibilidad a centro de enseñanza básica-diversificada
Asistencia escolar	Accesibilidad a sanidad
<b>Eje temático Sistema de Asentamientos</b>	
Relación demográfica rural-urbano	Accesibilidad general a carreteras y caminos
<b>Eje temático Infraestructuras y servicios</b>	
Servicios públicos	Necesidades básicas insatisfechas
Hogares con agua corriente	Índice de dotación de servicios públicos
Hogares con servicio sanitario	Síntesis de servicios comunitarios
Hogares con electrificación	
Hogares sin recogida municipal de basura	
<b>Eje temático Área Económica</b>	
Usos del suelo	Población ocupada por sector económico
Población activa por género	
Recursos turísticos	
Localización industrias, minas y canteras	

Figura 33. Cartografía propuesta para la caracterización y diagnóstico territorial (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

Según la investigación se pretendía que resultados obtenidos sean un insumo fundamental para diseñar la visión y el modelo territorial futuro, así como los objetivos que serán necesarios para poder llegar, precisamente a esa visión y modelo futuro (que se concretarán con posterioridad en la siguiente fase metodológica). En los últimos años es posible observar como el crecimiento demográfico trae consigo un aumento progresivo del consumo de suelo y de recursos naturales cada vez más intenso. Este proceso es palpable tanto en las áreas urbanas, con un crecimiento descontrolado y espontáneo de sus periferias próximas, como en las áreas rurales donde la dispersión de las nuevas construcciones de modo anárquico implica elevados costes para la colectividad (perdida de espacio productivo, dificultad para suministrar servicios públicos y en consecuencia mala calidad de vida). (José Antonio Aldrey Vázquez, 2015)

## VII. Metodología de trabajo

### A. Descripción del estado actual de la microcuenca

El trabajo de investigación se inicia estableciendo el rango geográfico, ya que al tratarse de una investigación en la que se utilizarán herramientas SIG debemos establecer un rango de investigación, el cual será únicamente la microcuenca del río La Campana ubicado en el municipio de Guatemala, específicamente entre las zona 9, 10, 14, 15 y 16. El motivo por el cual se toma en consideración esta área de estudio es por el hecho de la vastedad de información con la que se cuenta, por el lugar estratégico que representa para el municipio y por los trabajos previos que se han realizado en el lugar, además del desarrollo en que se está dando dentro de la microcuenca. Por lo que se hace relevante el hecho de estudiar esta zona por las razones anteriormente mencionadas. Así que una vez establecida el área de estudio se procederá a exponer el estado actual de la microcuenca. Es importante mencionar que el área de estudio se seleccionó a partir del uso de modelos de elevación digital y de la herramienta Quantum GIS el cual mediante el uso del apartado de Grass se procedió a determinar la red de drenaje y posterior a determinar el cauce principal y se seleccionó un punto de control el cual puede ser una bifurcación relevante y a partir del punto de control se delimitó la extensión de la microcuenca, por lo que las dimensiones de la cuenca pueden variar en relación a otros trabajos realizados. Comenzando con características de forma como:

**1. Parámetros morfométricos generales:** Para determinar estos parámetros se utilizó la herramienta de Qgis con la extensión Grass, además que fue necesario la obtención de un modelo de elevación digital el cual se obtuvo de la página Usgs. En el cual se obtuvieron imágenes raster con una resolución de 12.5 metros. Una vez con las imágenes obtenidas pudimos ingresarlas al programa y por medio de las herramientas de Grass se comenzó a delimitar la cuenca y a determinar el punto de control para que a partir de ese punto se genera la delimitación de la microcuenca. Una vez delimitada la cuenca comenzamos a identificar la red de drenaje y compararla con la red actual obtenida por parte del portal IDEG de segeplan, al observar que existe una similitud se puede concluir que la delimitación de esta se realizó de una buena manera. Para inicial utilizamos las herramientas dentro de Qgis para calcular los siguientes parámetros.

Parámetro	Símbolo	Valor
Perímetro (km)	P	26.773
Área (km <sup>2</sup> )	A	18.74
Longitud máxima (km)	LM	7.396
Longitud del cauce principal (km)	LCP	10.103
Ancho de la cuenca	AC	1.855
Desnivel altitudinal (m)	DA	490

Figura 34. Parámetros morfométricos generales.

**2. Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca y al relieve.** Para obtener estos parámetros fue necesario utilizar la información obtenida en la tabla anterior, ya que, para obtener el factor de forma la fórmula requiere el área de la cuenca y la longitud máxima del cauce y para obtener el coeficiente de compacidad y el coeficiente de circularidad fue necesario utilizar el perímetro y el área de la cuenca.

Parámetro	Símbolo	Valor	Observaciones
Factor de forma	FF	0.34259087	Cuenca ligeramente alargada
Coefficiente de compacidad	Kk	1.73169051	Cuenca clase 3: Oval oblonga a rectangular - oblonga
Coefficiente de circularidad	CC	0.32853782	Cercano a 0 cuenca alargada.

Figura 35. Parámetros morfométricos asociados a la forma de la cuenca.

a. Para obtener los parámetros relacionados al relieve fue necesario referirnos al modelo de elevación digital para obtener el valor de la cota máxima, mínima y media. Para obtener los demás parámetros presentados fue necesario realizar un histograma de frecuencia de altitudes en la cual fue necesario realizar 10 rangos entre las cotas y poder así particionar la cuenca en áreas y determinar que rango posee una mayor cantidad de área.

No.	Intervalo de cotas		Cota Media	Área Parcial	Área Acumulada	%Área	% Altitudes
1	1413	1462	1437.5	1.057	18.74	100%	6%
2	1462	1511	1486.5	6.952	17.683	94%	37%
3	1511	1560	1535.5	5.552	10.731	57%	30%
4	1560	1609	1584.5	1.866	5.179	28%	10%
5	1609	1658	1633.5	0.826	3.313	18%	4%
6	1658	1707	1682.5	0.566	2.487	13%	3%
7	1707	1756	1731.5	0.554	1.921	10%	3%
8	1756	1805	1780.5	0.558	1.367	7%	3%
9	1805	1854	1829.5	0.557	0.809	4%	3%
10	1854	1903	1878.5	0.252	0.252	1%	1%

Figura 36. Parámetros morfométricos asociados a la forma del relieve.

Una vez obtenida esta tabla procedemos a graficar la cota media vs el porcentaje de altitudes. Lo cual nos dio que la altitud más frecuente es la de 1486.5.

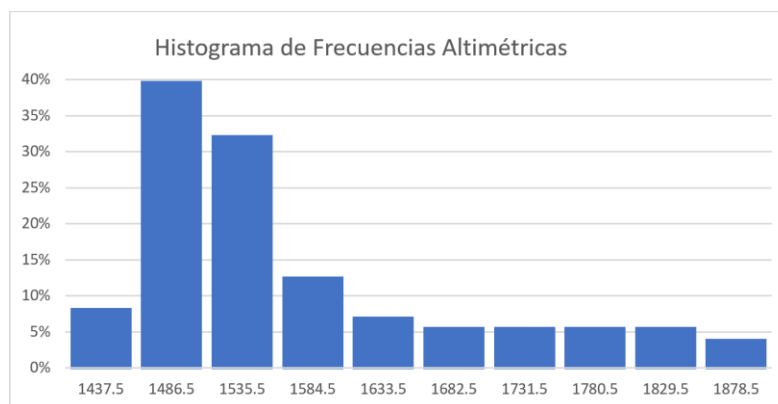


Figura 37. Histograma de Frecuencias Altimétricas.

Y partir de este gráfico podemos obtener este último recuerdo el cual nos presenta lo siguiente.

Parámetro	Símbolo	Valor
Cota máxima (msnm)	<u>cmax</u>	1903
Cota mínima (msnm)	<u>cmin</u>	1413
Altitud media (msnm)	<u>Am</u>	1551.08
Altitud más frecuente (msnm)	<u>Af</u>	1486.5
Altitud mayor del cauce	<u>Amc</u>	1903
Altitud menor del cauce	<u>Amec</u>	1413
Pendiente promedio de la cuenca (%)	<u>Smed</u>	3.48

Figura 38. Parámetros morfométricos asociados a la Altimetría.

Adicional al uso del histograma utilizamos el mismo procedimiento para calcular curva hipsométrica la cual nos permitirá dar otra clasificación a la microcuenca. Para realizar este se realizó la siguiente tabla.

No.	Intervalo de cotas		Cota Media	Área Parcial	Área Acumulada	%Área
1	1413	1462	1437.5	1.057	18.74	100%
2	1462	1511	1486.5	6.952	17.683	94%
3	1511	1560	1535.5	5.552	10.731	57%
4	1560	1609	1584.5	1.866	5.179	28%
5	1609	1658	1633.5	0.826	3.313	18%
6	1658	1707	1682.5	0.566	2.487	13%
7	1707	1756	1731.5	0.554	1.921	10%
8	1756	1805	1780.5	0.558	1.367	7%
9	1805	1854	1829.5	0.557	0.809	4%
10	1854	1903	1878.5	0.252	0.252	1%

Figura 39. Parámetros morfométricos asociados a la Altimetría.

A diferencia con la tabla anterior lo que nos interesa en esta tabla es únicamente el porcentaje de área que se acumulaba. Una vez realizada la tabla se procede a graficar el porcentaje de área contra la cota media de los rangos establecidos. Lo que nos da como resultado la siguiente gráfica. En donde podemos decir en base a la literatura que la cuenca tiene un río viejo. Esto se puede deducir porque vemos que las alturas más bajas tienen un porcentaje mayor de área acumulada.

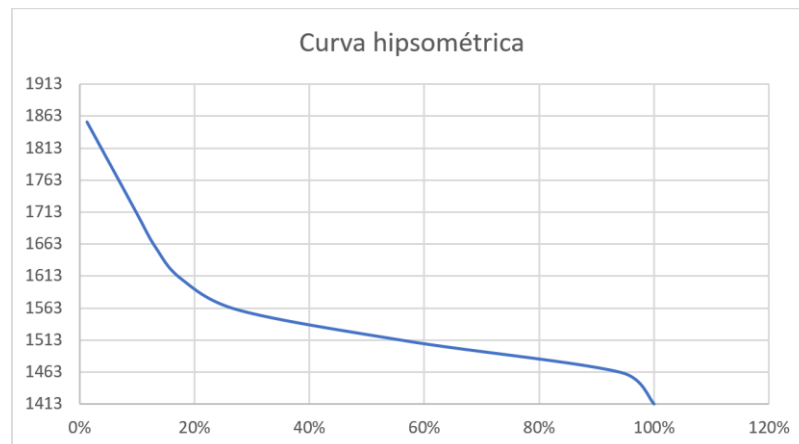


Figura 40. Curva Hipsométrica.

Como resultado final de todo el proceso de caracterización de la cuenca obtenemos una cartografía donde se proyecta los límites de la microcuenca, la red de drenaje y se enmarca el cauce principal de la cuenca. Para esta cartografía hay que mencionar que fue necesario contar con el uso de ArcGis para facilitar el proceso. Las herramientas gráficas del programa favorecen la lectura de la información de una mejor manera.

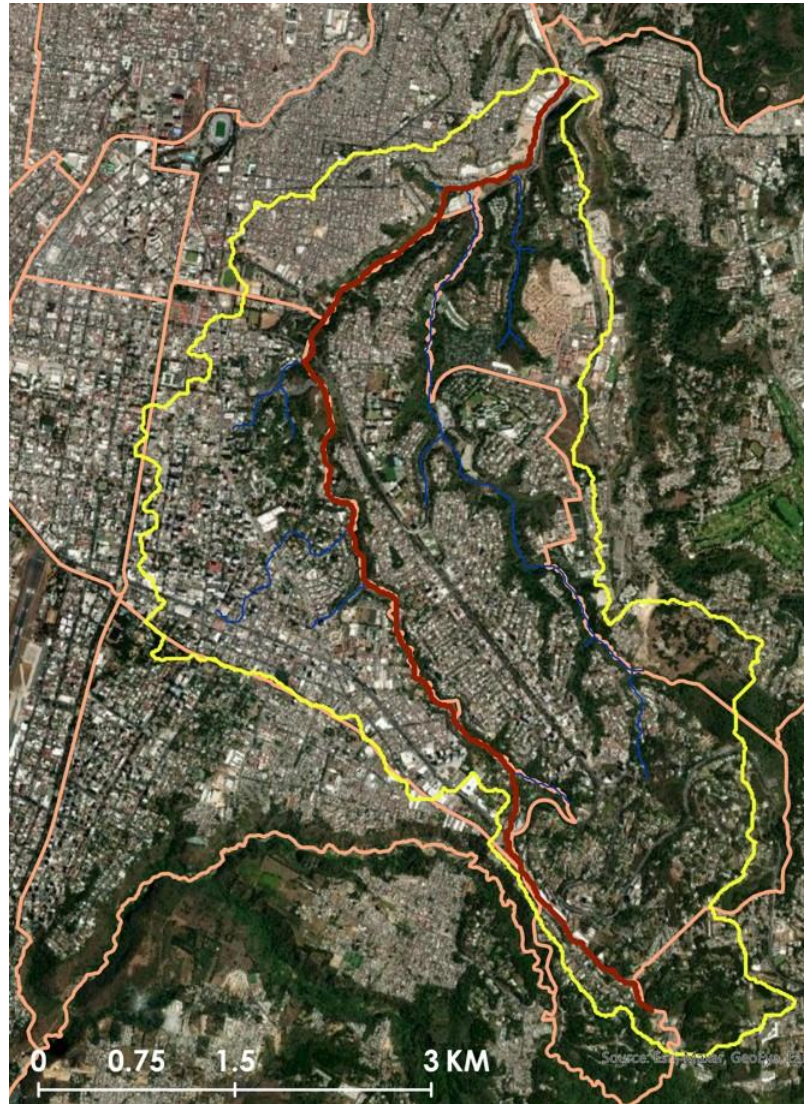


Figura 41. Red de drenajes cauce principal y delimitación de la cuenca.

## **B. Identificación de variables para el estudio de la microcuenca del Río La Campana**

El procedimiento que se trabajó para realizar las cartografías fue similar para la mayoría de este procedimiento consistía en colocar capa sobre capa, para representar la información. Todos los mapas presentados a continuación fueron realizados en ArcGIS. Pero varias capas fueron elaboradas por fuentes externas o se trabajaron en Quantum GIS. Para el fondo se utilizó el apartado de Base-map que nos presenta ArcGIS, que nos da la oportunidad de colocar diferentes mapas base.

**1. Eje temático impacto ambiental.** El eje de impacto ambiental busca evidenciar, lo que son aspectos naturales como lo son los índices de vegetación o las zonas de vida de Holdridge. Para poder dar una conclusión en relación con el estado actual de la cuenca. Este eje temático surge a partir de lo evidenciado en el marco teórico, donde vemos como es que la presión social ejerce un impacto ambiental muy fuerte dentro de las cuencas cercanas a los cascos urbanos.

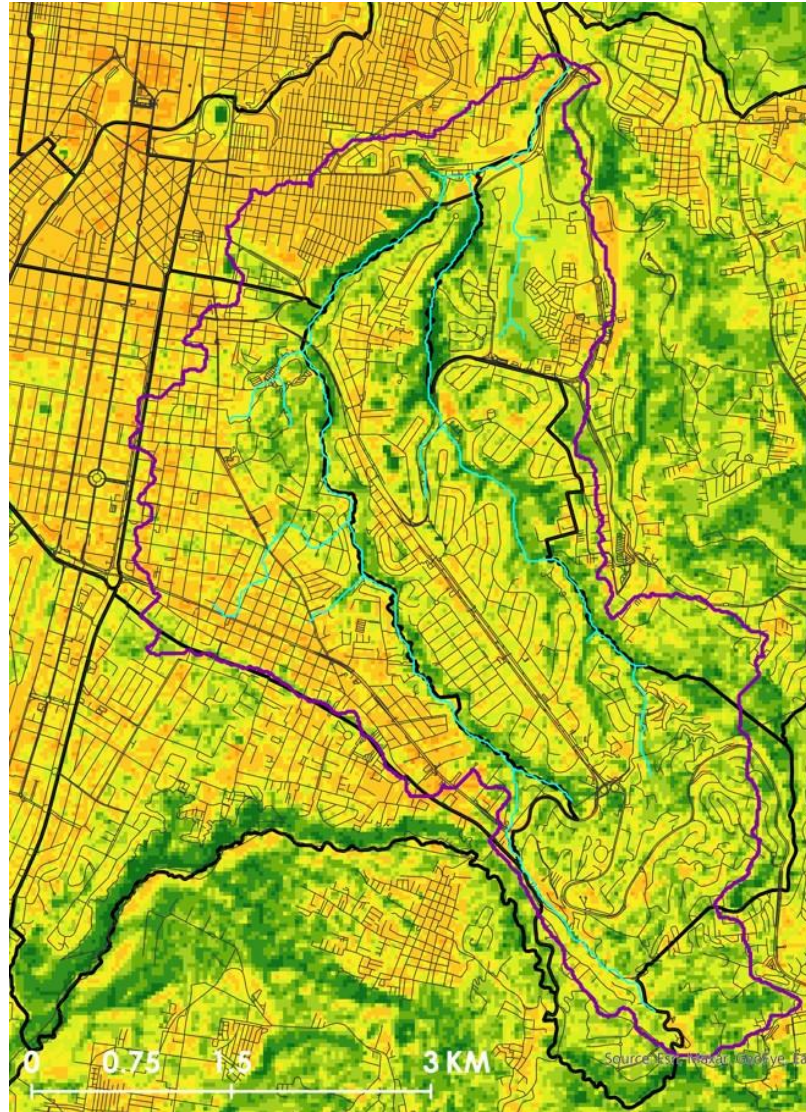


Figura 42. Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

Esta cartografía nos da un gran parámetro en cuanto como se encuentra la cobertura vegetal dentro de la cuenca y que impacto está ejerciendo el casco urbano que se encuentra tanto dentro como a los alrededores de la cuenca. Otro aspecto por considerar es la fecha que en que fue tomada la imagen, ya que en época de invierno existirá un aumento en la cobertura y en época de verano está disminuirá. Sin embargo, esto lo que evidencia es a grandes rasgos como el crecimiento urbano ha comenzado a reducir en su gran mayoría las zonas de recarga hídrica y de cobertura vegetal dando así paso a un desequilibrio natural que se refleja en la calidad del aire que se puede respira en la zona, como incrementos en la radiación solar que impacta la superficie de la tierra.



Esto directamente se ve relacionado a problemas sociales muchísimo más grandes como lo son problemas de salud, como también la aparición de zonas vulnerables a deslizamientos. En cuanto a la salud, al no tener una buena calidad de aire, se comienzan a presentar un incremento en las enfermedades respiratorias crónicas en la sociedad. Ahora en el tema de la aparición de zonas vulnerables a deslizamientos, nos basamos en la premisa de, ha menor cantidad de cobertura vegetal, mayor cantidad de zonas propensas a erosión existen. Lo cual al saber que estamos ubicados en una zona de barrancos esto nos dice que las pendientes son muy elevadas y esto genera taludes naturales expuestos a erosión que son vulnerables a deslizamientos.

Para obtener la capa que se muestra en la cartografía anterior, fue necesario descargar de USGS imágenes landsat8 las cuales después de un proceso previo y de configurarlas adecuadamente se pudieron realizar los cálculos pertinentes, los cuales consisten en utilizar la calculadora ráster del programa y partir de las bandas que solicite la fórmula las debemos ingresar. En la cartografía se ve claramente como la red de drenaje de la cuenca atraviesa zonas urbanas y zonas con cobertura vegetal. Demostrando así la gran presión que ejerce el casco urbano dentro de la cuenca.

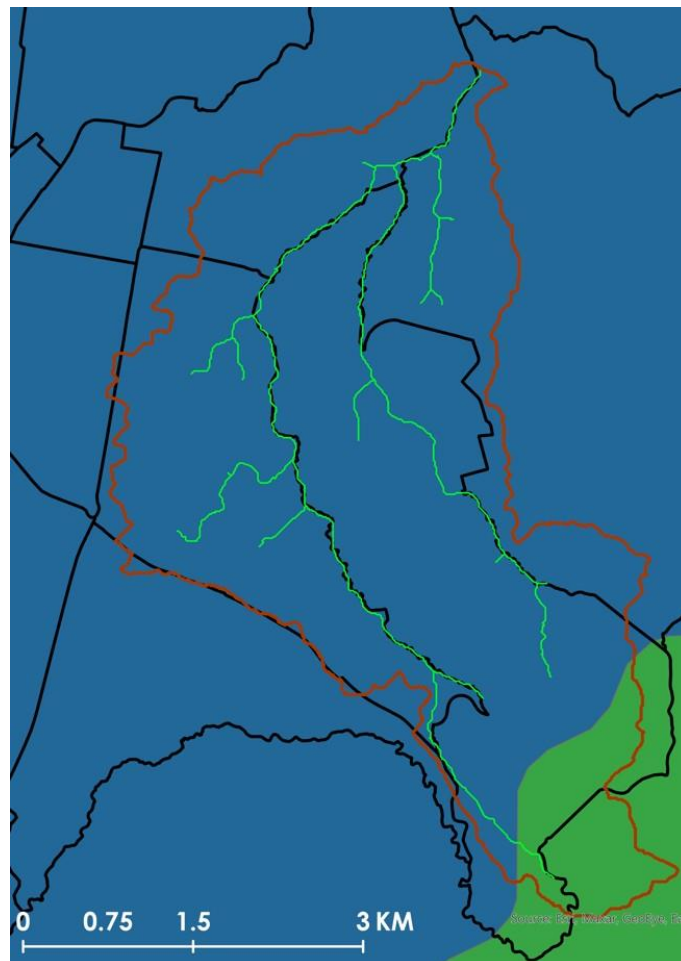


Figura 43. Clasificación por zonas de vida de Holdridge.

En la cartografía anterior se muestra la clasificación por zonas de vida de Holdridge, esto lo que nos dice según un informe emitido por el Iarna. Que nuestra cuenca en su mayoría está compuesta por

bosques húmedos premontano tropical. Y una parte más pequeña por bosque húmedo montano bajo tropical. Esta información nos permite delimitar la zona con cierto tipo de especies. Sin embargo si analizamos lo expuesto en la cartografía anterior y lo comparamos con cartografía de zonas de vida, nos daremos cuenta que las zonas con bosques se encuentran altamente reducidas y esto se convierte en una problemática, ya que si lo analizamos desde el punto de vista del equilibrio natural vemos que las zonas de vida se encuentran mal balanceadas por los crecimientos urbanos descontrolados, esto se refleja por la poca cobertura vegetal que existen actualmente dentro de la cuenca.

Por lo que en un futuro se debería activar un plan de reforestación en la ciudad tomando en consideración las especies endémicas de la zona para mantener un equilibrio. Es importante mencionar que la obtención de esta información fue el estudio de arquitectura PRO quienes contribuyeron compartiendo esta información relacionada a las zonas de vida de Holdridge.



Figura 44. Penetración de la radiación en la atmosférica.

Inicialmente esta cartografía nos permite visualizar la cantidad de radiación solar penetra hasta la superficie de la tierra, esto se observa a partir de comparar las zonas con alto índice de vegetación

contra las zonas con poca cobertura vegetal, en este caso el casco urbano. Es importante mencionar que esta información se obtuvo a partir de unir todas las bandas del satélite Landsat 8, las cuales al utilizar la configuración RGB y sobreponer la banda 7, 6 y 5 nos da la anterior cartografía. Al hacer esta combinación de imágenes podemos determinar las diferentes formas en las que la radiación puede ser absorbida por los distintos cuerpos expuestos. Por lo que al ver un color azulado podemos decir que la penetración de la radiación en esos lugares es muy reducida, esto se debe a que la cobertura vegetal logra absorber y reflejar esa radiación. Y los demás colores como los grises y amarillos, se puede concluir que son zonas en las cuales la cobertura vegetal es menor y la radiación es absorbida de una forma diferente, mostrando diferentes tonalidades.

Como análisis a lo descrito anteriormente y agregando valor a lo planteado en las cartografías anteriores, vemos el valor que no muestran las zonas de barrancos dentro de la cuenca, ya que en estas zonas la cobertura vegetal se hace presente y nos muestra como nos ayuda a evitar que la radiación solar afecte nuestra calidad de vida. Es importante mencionar que la obtención de la información para la elaboración de esta cartografía proviene de la página de USGS la cual permite obtener estas imágenes para su estudio y análisis.

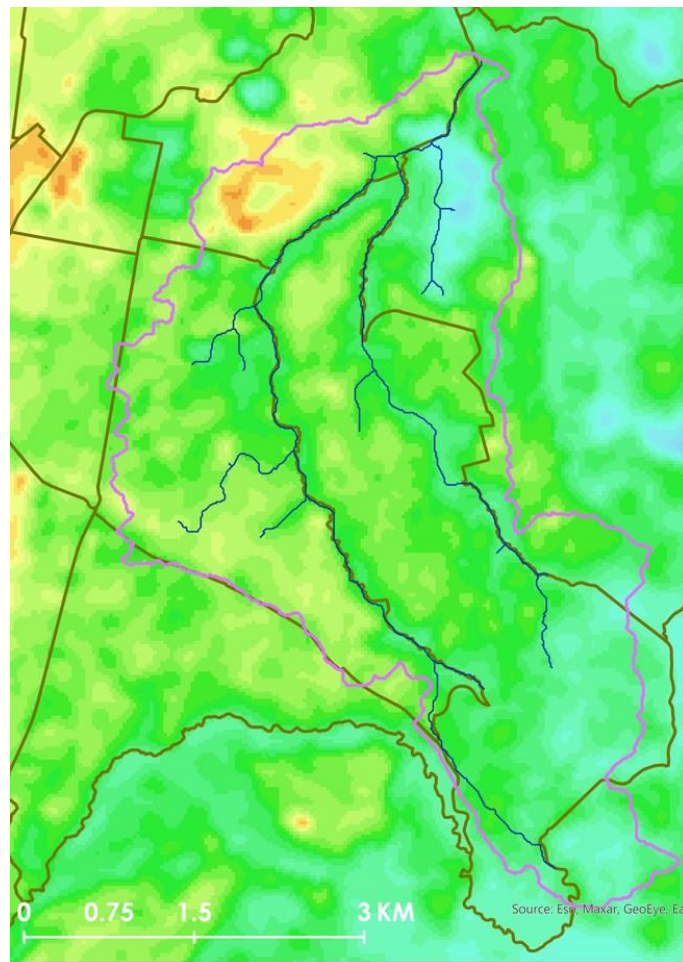


Figura 45. Temperatura superficial terrestre.

Esta cartografía nos permite visualizar la temperatura sol-aire que se genera en la superficie de la

tierra y como la cobertura vegetal nos permite controlar esta temperatura. Al hacer un acercamiento específico a la cuenca podemos ver que la temperatura se encuentra entre los 27°C y 18°C, para corroborar esta información se debe verificar los anexos. Y al relacionarlo con las cartografías anteriores podemos ver que las temperaturas bajas se localizan en las zonas con una cobertura vegetal mayor. Las temperaturas demasiadas bajas se pueden deber a la presencia de nubes, ya que, las nubes no pueden ser removidas de las imágenes y estas generan cierta incertidumbre en la medición. Nuevamente podemos ver desde el punto de vista del impacto ambiental, lo relevante que se vuelve la cobertura vegetal, ya que si analizamos las zonas de barrancos vemos como la temperatura es relativamente menor a las zonas urbanas, si notamos en las zonas urbanas vemos puntos de calor considerables, por ejemplo, en la zona 5 donde se ven puntos de calor considerables. Como análisis final a la cartografía vemos como nuevamente se hace presente lo valioso de una cobertura vegetal abundante y sana dentro del crecimiento urbano, ya que, sin estos reguladores de la radiación solar, la calidad de vida dentro de la ciudad sería distinta.

La información para realizar y obtener esta información surge a partir de seguir una serie de pasos, los cuales proporciona la página USGS, esta página nos permitió obtener las imágenes satelitales y así mismo nos muestra como manipular las bandas de las imágenes satelitales dentro de los softwares de información geográfica. Tras seguir a detalle cada uno de esos pasos, se finalizó al obtener la anterior cartografía, la cual nos muestra la temperatura de la superficie de la Tierra.

**2. Eje temático social.** El eje social tiene como objetivo exponer una variable más la cual puede ser relacionada con los demás ejes temáticos trabajados, a partir de esto el eje temático se limitó a exponer información como la densidad poblacional que habita dentro de la microcuenca y sus alrededores, así como también que tanta carga vehicular y la ocupación del suelo dentro de la cuenca. Es importante aclarar que si existe cualquier otro tipo de aspecto social que afecte a la cuenca directamente, se puede tomar en cuenta dentro de este eje temático. Cabe recalcar que para este eje temático es como únicamente esta información por el fácil exceso que presento para obtenerla.

Este eje temático surge a partir de la evidencia planteada en el marco teórico, donde se hace evidente que las cuencas dentro del casco urbano están sometidos a cambios muy fuertes y vemos como en ciertas partes del casco urbano las zonas de recarga hídrica son utilizadas como basureros clandestinos, por ejemplo. Es por esto que en esta investigación el eje social toma relevancia, ya que la sociedad que habita cerca o dentro de la cuenca es responsable de cualquier impacto negativo que ocurra dentro de la misma.

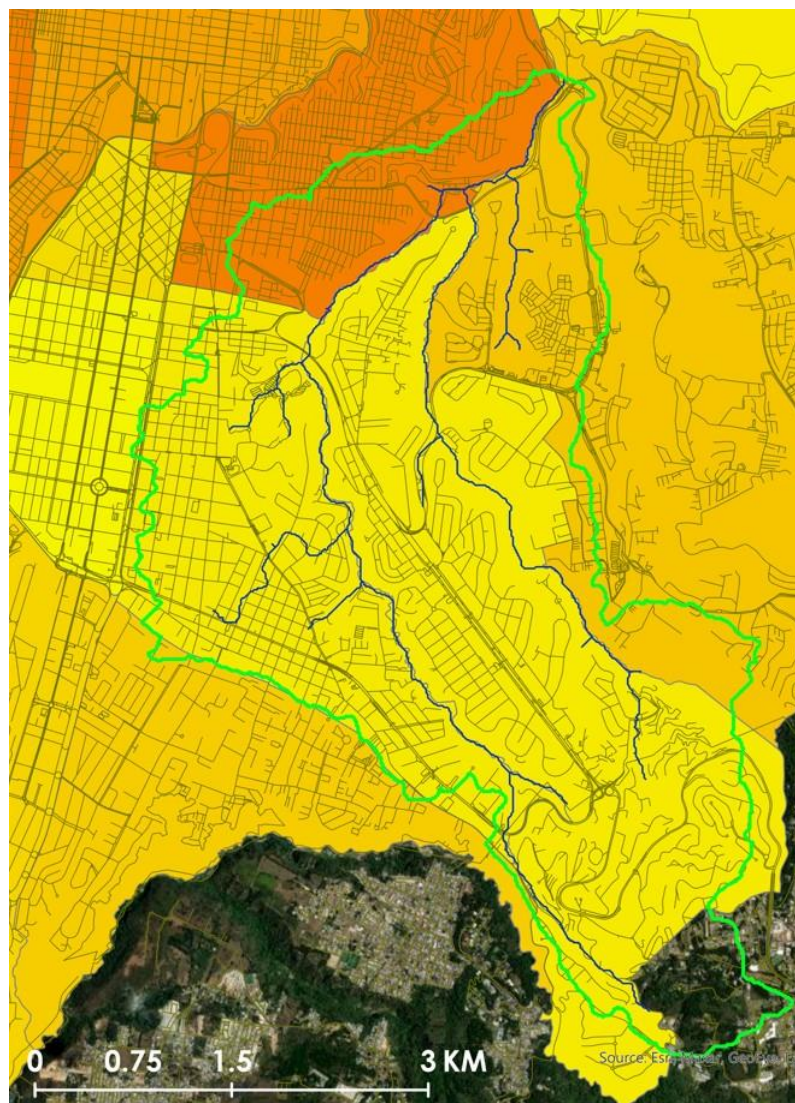


Figura 46. Densidad poblacional por kilómetro cuadrado.

Esta cartografía presenta la densidad poblacional y su distribución por zonas, donde se evidencia la cantidad de personas que habitan por kilómetro cuadrado. Esta información es importante para dar validez al eje social, ya que podemos tener un estimado muy aproximado de la cantidad de personas que tienen responsabilidades dentro de la cuenca. Así como la distribución por zonas para determinar las partes que ejercen una mayor presión social sobre la cuenca. A manera de conclusión podemos ver como la zona 15 y 10 son las zonas que tienen una mayor injerencia sobre la cuenca, ya que ambas forman parte de la cuenca, casi en su totalidad.

Esta cartografía fue realizada por el estudio de arquitectura PRO, el cual utilizando una base de datos de Excel se trabajó una tabla de atributos en el cual se introdujeron los datos y posteriormente de categorizo. Lo que dio como resultado el mapa presentado. Es importante mencionar que esta cartografía nos hace un gran aporte para el tema social que se está evaluando. Además, que este aporte se complementa con la red vial del municipio de Guatemala. Esto nos ayuda a ampliar la percepción de la información presentada.

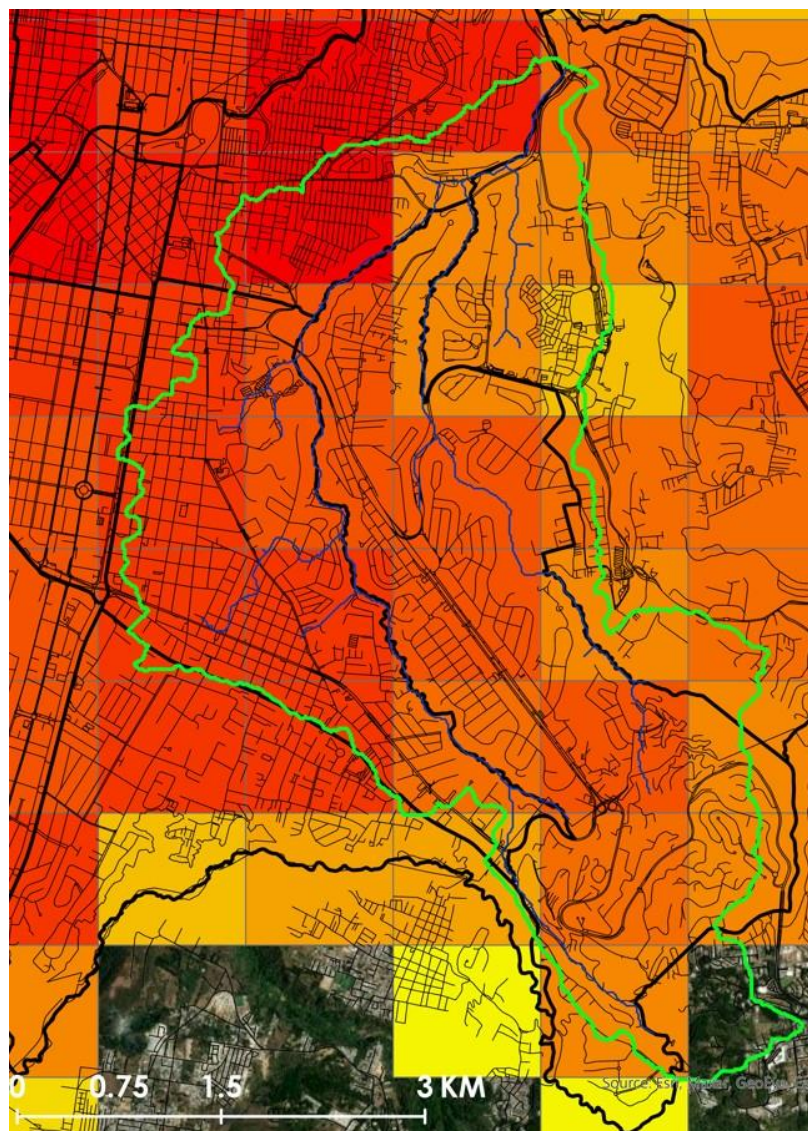


Figura 47. Densidad vial

Esta cartografía nos presenta la densidad vial, la cual se lee dependiendo de la cantidad lineal de vías que existe en un área de 1 kilómetro cuadrado. El procedimiento que se trabajó para esta capa consistió en utilizar la capa de red vial y la herramienta de mallado de ArcGIS, para realizar un mallado de 1 km<sup>2</sup> por cuadro, una vez con ese mallado se procedió a realizar un corte de toda la red vial. Utilizando los cuadros y red vial obtenemos la densidad vial por cada kilómetro cuadrado.

Esta información es un gran aporte para el tema social, ya que vemos que la cuenca en su mayoría es ocupada por una alta densidad vial y se observa como el desarrollo urbano ejerce una gran presión sobre la cuenca y sus alrededores. Además, que esta capa nos puede presentar una ventaja muy notable para la gestión territorial.



Figura 48. Ocupación del suelo.

La cartografía anterior nos muestra el uso de suelo dentro de la cuenca y sus alrededores. Esta información nos permite analizar tanto la distribución en las zonas que conforma y los distintos tipos de vivienda que existen en cada zona, ya que al observar detalladamente las zonas 10, 15 y 16 muestra que existen viviendas con partes de jardín o vegetación (color café), a diferencia de la zona 5 donde la distribución de vivienda es totalmente diferente ya que, en la zona no se aprecian viviendas con jardines muy grandes o incluso viviendas sin jardín, esta información se puede convertir en un parámetro para medir el desarrollo dentro de la ciudad y definir sectores en las zonas de vivienda de las zonas industriales.

Esta cartografía se obtiene a partir de unir todas las bandas de las imágenes landsat 8, las cuales al utilizar la configuración RGB y sobre poner la banda 5, 6 y 4 nos da la anterior cartografía. Lo que podemos extraer de esta cartografía es el uso que se le da al suelo relacionado con la cobertura vegetal. Cuando la cobertura vegetal es abundante los colores que se muestran son los cafés oscuros. Cuando el suelo presenta baja cobertura vegetal ese presenta colores un poco más claros acercándose

a tonalidades de rojo. Las tonalidades de gris y verde presentan las zonas de desarrollo urbano.

**3. Eje temático geológico.** El eje geológico engloba la mayoría de los aspectos físicos que posee la microcuenca, como lo son la proximidad con cuerpos de agua, las pendientes, tipos de suelos y susceptibilidad a deslizamientos dentro de la cuenca. El motivo de este eje temático surge de la falta de información que existe en nuestro medio y la necesidad de entender y conocer nuestro entorno. Por lo que este eje busca exponer información valiosa la cual permita alcanzar una idea más global de nuestro entorno y poder mapear zonas las cuales representen un riesgo para la población que habite cerca. Y de esta forma poder dar fuerza a los planes de ordenamiento territorial a un mediano plazo. Además, que nos permite evaluar que zonas necesitan una intervención a corto plazo para evitar que se presente una situación de riesgo.

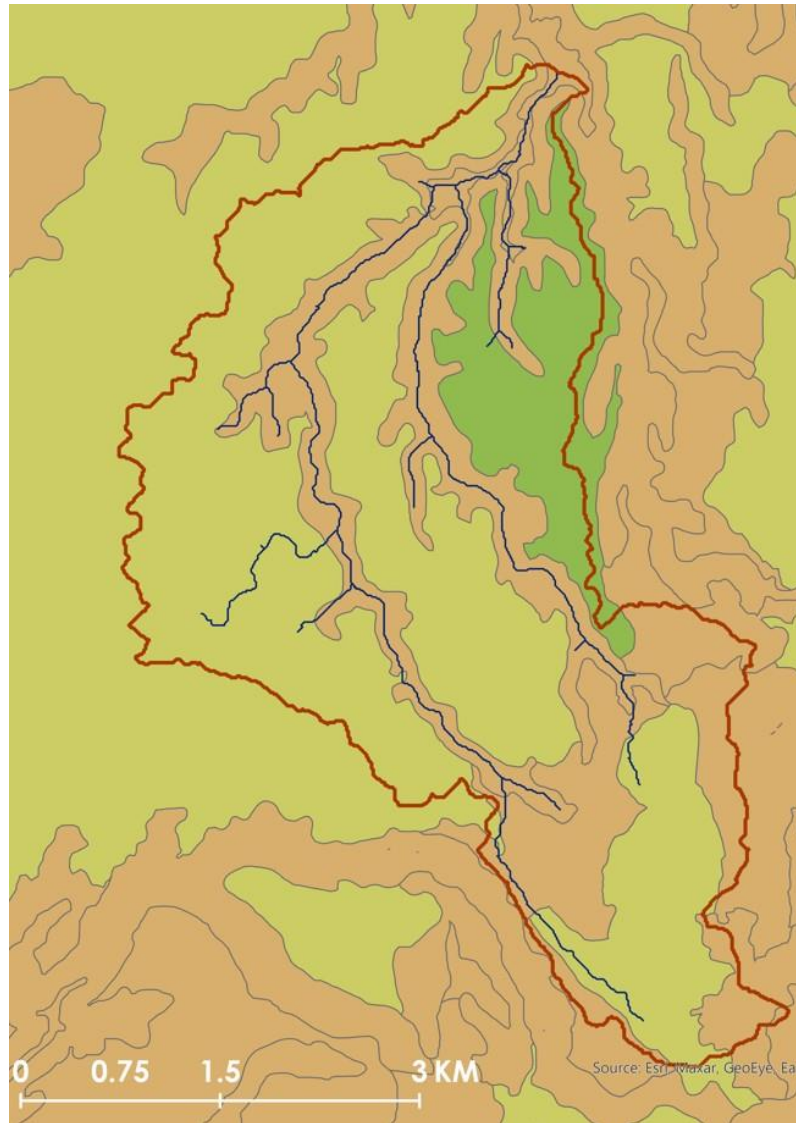


Figura 49. Curvas de nivel a cada 10 metros.

Esta cartografía permite ampliar el panorama en cuanto a la situación topográfica dentro de la cuenca, esta información da peso al eje por el hecho que nos permite clasificar que zonas dentro de



la cuenca puede ser desarrolladas y tener un parámetro de cómo cambia el relieve, determinando de esta manera que zonas podrían presentar un riesgo a deslizamiento más adelante. Además, que permite dar una orientación sobre cómo se debería desarrollar la zona. Además de presentar que tanto cambia el nivel dentro de la cuenca, nos da parámetros para poder comparar con la información obtenida en la caracterización y analizar el comportamiento de la cuenca. Las capas de esta cartografía se obtuvieron a partir de un modelo de elevación digital el cual nos permitió, mediante la herramienta de Qgis obtener las curvas de nivel a cada 10 mts.



*Figura 50.* Clasificación de suelos a partir del orden.

En la cartografía anterior se muestra una clasificación taxonómica del suelo a nivel de orden. Esta información da peso a lo trabajado en este eje temático. Esto nos permite dar una nueva clasificación a las zonas dentro de la cuenca y a partir de la clasificación, se nos permite dar un análisis comparativo entre las capas presentadas.

Como podemos observar los suelos en los lugares con mayor pendiente el suelo corresponde a los

Inceptisol y a las zonas urbanizadas el suelo corresponde al Molisol. Y dentro de la cuenca también se encuentran Alfisoles. El origen de esta capa proviene del Maga, la cual fue proporcionada a nosotros por medio del estudio de arquitectura PRO. Esta capa es importante, ya que, nos permitirá clasificar y sectorizar zonas de riesgo a partir del suelo que presentan y que tipo de desarrollo se debe genera o no genera dependiendo del tipo de suelo.

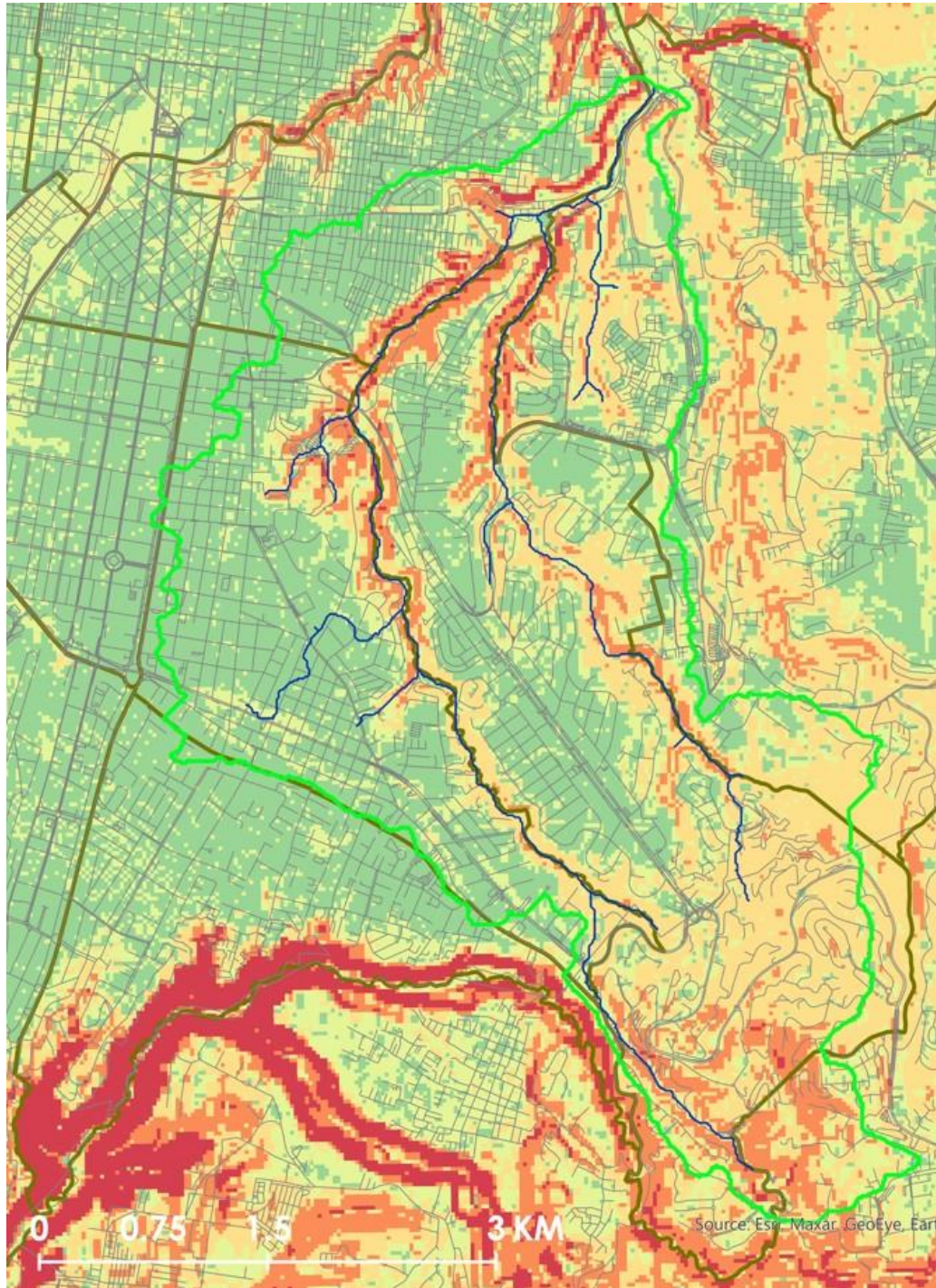


Figura 51. Clasificación por probabilidad de deslizamiento.

La cartografía mostrada anteriormente presenta información valiosa, la cual nos permite resaltar la importancia de un plan de ordenamiento territorial, bien estructurado, donde se contemplen cada una de las perspectivas necesarias, para que el desarrollo dentro de la cuenca sea el correcto. Es por esto que a partir de esta cartografía se obtuvo una categorización en relación a la probabilidad de deslizamiento en las distintas partes, dentro de la cuenca de análisis. Esta capa fue obtenida a partir del estudio de arquitectura PRO. Para el análisis de esta capa se requirió realizar seguir procedimiento similar a todas las capas que fueron obtenidas de fuentes externas. Este procedimiento consistió en sobre poner capas y cambiar grosores de línea y categorizar a partir de la tabla de atributos. Una vez realizado este procedimiento podemos observar que la cartografía nos presenta información clave para categorizar la cuenca como lo fue las áreas en las cuales la probabilidad de deslizamiento va de muy baja hasta alta. Donde podemos observar que dentro de la cuenca existen zonas en donde la probabilidad a deslizamiento es muy alta. Adicional a esto se puede observar como el desarrollo urbano ha llegado muy cerca de estas zonas las cuales, dan paso a que se presente una situación de riesgo, donde la vida de varias personas puede correr cierto peligro.

**4. Eje temático económico.** El eje económico engloba de forma general el precio de la vivienda tanto horizontal (casas) y vertical (apartamentos) así como la comparación entre zonas, catalogando de esta manera cual zona es la más cara en cuanto a vivienda. Este análisis nos permite determinar también como se comporta el mercado inmobiliario y determinar qué tipo de vivienda es la más solicitada dentro del municipio de Guatemala, específicamente dentro de la cuenca de estudio. La información para realizar este análisis fue obtenida a partir de una base de datos gratuita ubicada en internet. La base de datos no contaba con información de todas las zonas del municipio de Guatemala. Sin embargo, se pudo obtener información de las zonas donde la cuenca tiene injerencia. Para manejar la información de la base de datos, fue necesario hacer el uso de la herramienta de Power BI, lo cual nos facilitó el manejo y categorización de la información, así como también nos permitió obtener los siguientes gráficos y la ubicación de las propiedades en venta.

El análisis económico de vivienda vertical muestra que las zonas 10, 15 y 16 son las que mantienen una media de precio muy cercana entre ellas, a diferencia de la zona 5 la cual muestra una media mucho más alejada al resto. Esto nos da ciertos parámetros para describir el nivel de desarrollo que existe en las zonas y las distintas calidades de vidas que pueden existir en estas zonas. Además de lo descrito anteriormente, este análisis nos deja bastante más claro que la vivienda vertical en la zona 5 no está lo suficientemente desarrollada por el hecho de que la media del precio no lo refleja y en zona 16 al ser el segundo con menor cantidad de vivienda vertical por zona, muestra la media mayor de las zonas estudiadas.

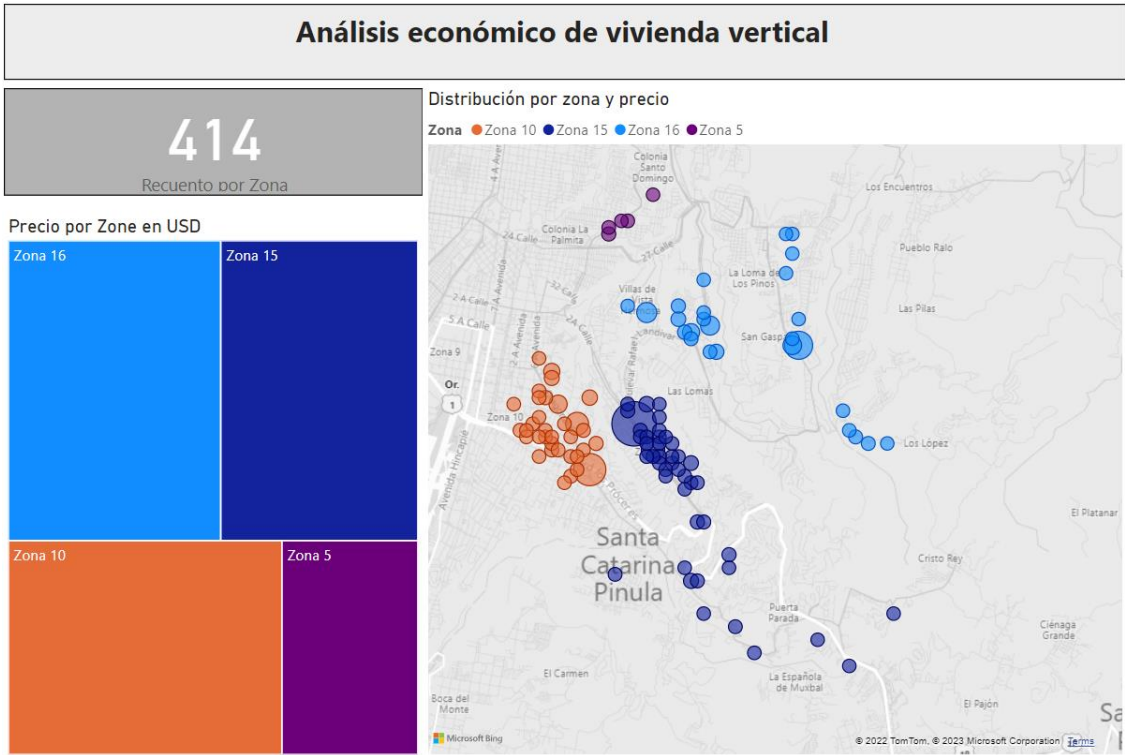


Figura 52. Análisis económico de vivienda vertical dentro de la cuenca.

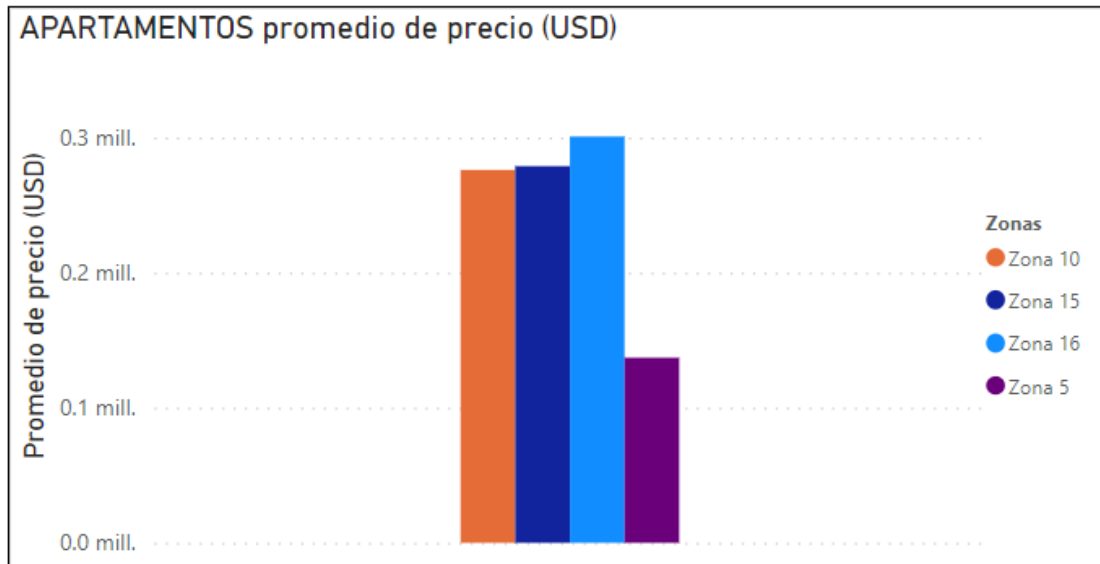


Figura 53. Precio promedio de la vivienda vertical en las zonas dentro de la cuenca.

En el análisis económico de vivienda horizontal, muestra nuevamente que la zona 5 es la zona como menor media en el precio de la vivienda, además de ser la zona con menor cantidad de propiedades en venta. Agregando a este análisis vemos que la distribución de las zonas más caras a las más baratas queda de la siguiente manera 10, 16, 15 y 5. Esto se puede reflejar y apoyar en que la zona 10 aunque la cantidad de propiedades en venta es menor, la media del precio es la más elevada. En

este análisis a diferencia del anterior las medias entre zonas si presentan una mayor distribución, ya que, no se mantienen muy cercanas en cuanto al precio.

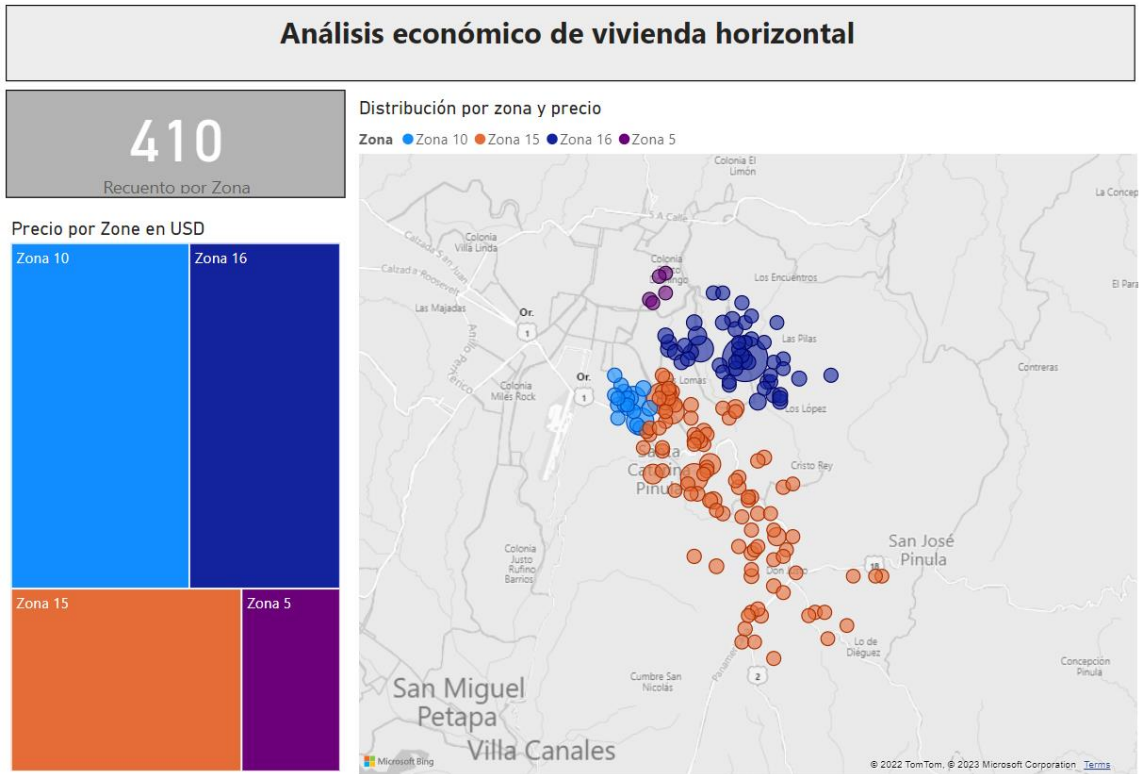


Figura 54. Análisis económico de vivienda horizontal dentro de la cuenca.

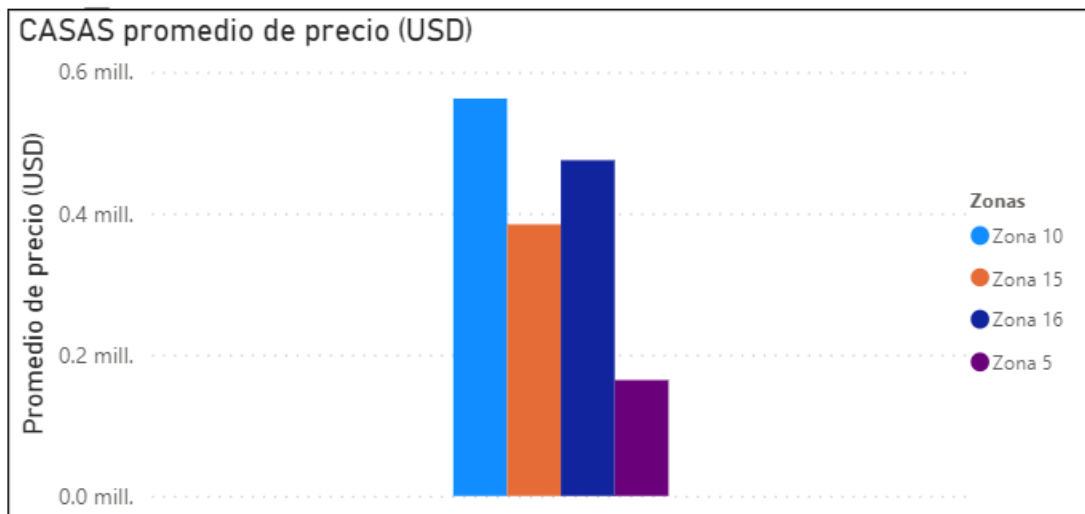


Figura 55. Precio promedio de la vivienda horizontal en las zonas dentro de la cuenca.

## VIII. Análisis de resultados

Para iniciar el análisis de los resultados, fue necesario identificar dentro de los ejes temáticos propuestos, cuales variables presentaba información relevante, las cuales nos permitieran alcanzar los objetivos propuestos para este trabajo de investigación. Por lo que este apartado de la investigación nos ayudó a identificar y analizar las variables más relevantes y las cuales nos permitan generar una relación entre los distintos ejes temáticos propuestos. Y a partir de seguir este procedimiento, consolidar la metodología de trabajo que se está proponiendo y dar una interpretación a los resultados. Es importante mencionar que dentro de levantado de información se estableció como procedimiento o metodología el uso del álgebra de mapas lo cual permitió analizar las variables propuestas. Esta metodología permitió sobreponer información, lo cual facilitó relacionar información de los diferentes ejes temáticos trabajados y de esta manera poder tener una correlación entre las variables trabajadas. Siguiendo con la metodología propuesta, para iniciar fueron cruzadas variables del mismo eje temático, trabajando de una forma vertical y a partir de ese cruce fue posible determinar que variables dentro de los ejes temáticos proporcionaban un valor mayor a la investigación, posterior al primer análisis, fue necesario proceder hacer un cruce de información entre los ejes lo cual permitió hacer un diagnóstico más profundo, exponiendo de esta forma el estado actual de la cuenca y los puntos de interés desde varios puntos de vista.

### A. Eje temático social

Para la relacionar las variables de este eje, se tomaron como relevantes las variables de densidad de la población la cual nos presenta a nivel de zona que tanta población hay por kilómetro cuadrado y se tomó la variable que muestra la densidad vial dentro de la cuenca. Este cruce permitió percá-tanos que dentro de la cuenca existen zonas donde la densidad vial es bastante alta y la densidad de la población es menor como vemos el caso de la zona 10 donde existe una red vial bastante densa pero no existe una densidad alta de población, lo cual nos dice a grandes rasgos que la zona 10 es una zona más orientada a centro de trabajo como oficinas. Al realizar este cruce también vemos una contra parte la cual es la zona 5 donde vemos una densidad vial mucho más alta y una cantidad alta de población, esto nos permite determinar igualmente a grandes rasgos que es una zona que actualmente está orientada a la vivienda.

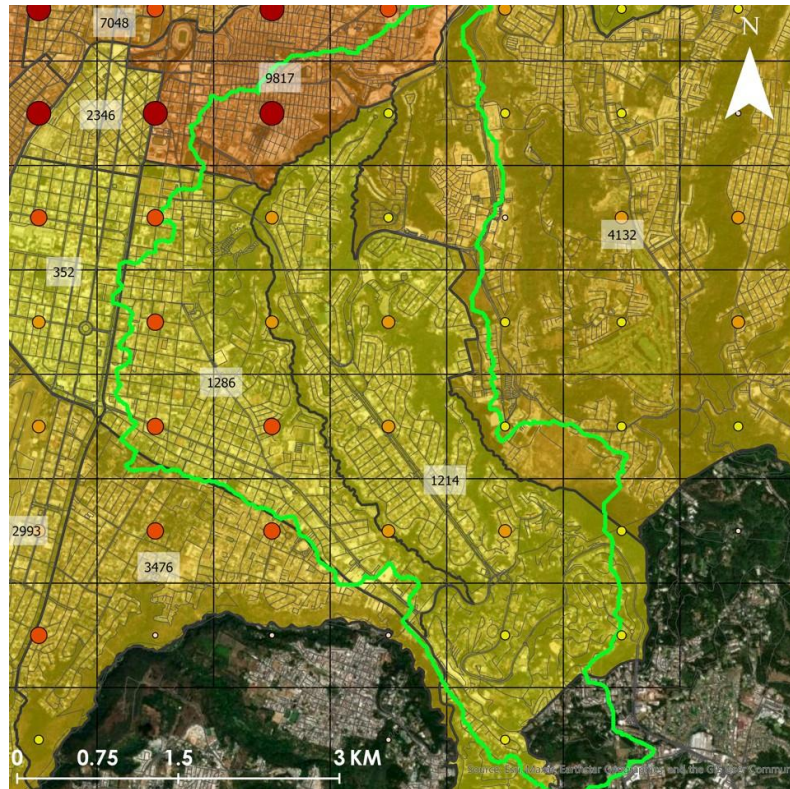


Figura 56. Análisis social



Figura 57. Leyenda

## B. Eje temático impacto ambiental

Dentro del eje temático de impacto ambiental se realizó la correlación directa entre variables. Para este análisis se tomó en consideración únicamente el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la temperatura sol-aire. Lo cual nos muestra la penetración de radiación a la atmósfera. Eneste cruce podemos ver como los distintos cuerpos que están expuesto a la radiación solar se com-portan. Lo cual analizando detenidamente ambas cartografías vemos que las zonas con una cobertura

vegetal mayor presentaban una coloración verde y las zonas con una coloración amarilla-anaranjado representan zonas con nula presencia de vegetación. Por lo que al igual que en los análisis anteriores se puede concluir con esta cartografía que la microcuenca se encuentra saturada de desarrollo urbano y las áreas verdes o de vegetación se redujeron.

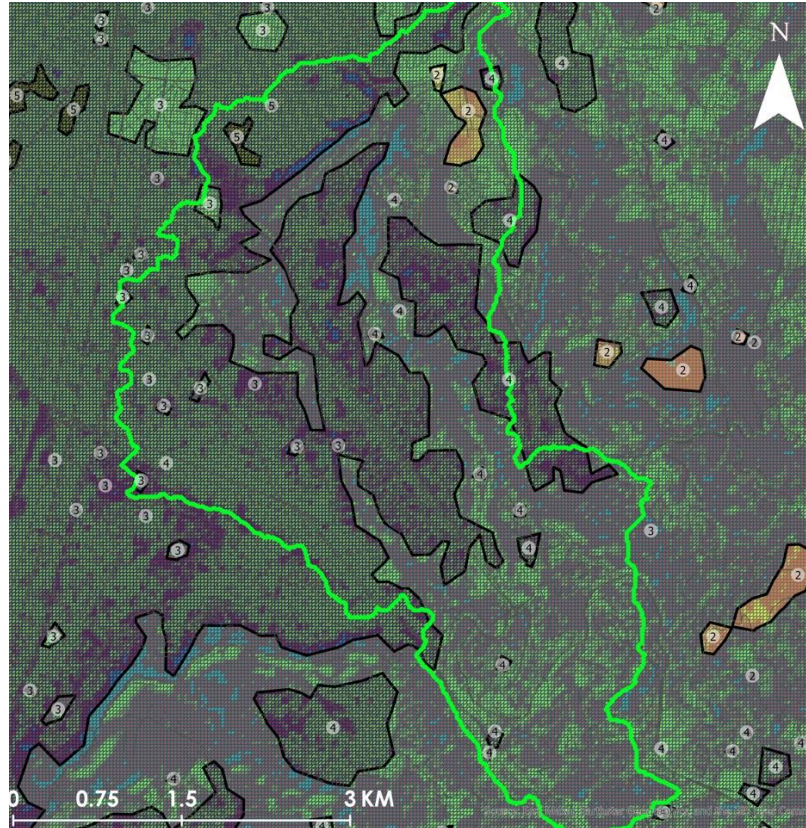


Figura 58. Análisis de impacto ambiental.

### Leyenda

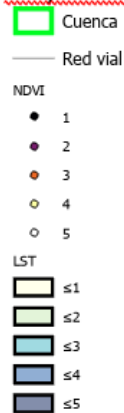


Figura 59. Leyenda.

La relación con las variables de temperatura superficial, la cual a partir de analizarla detenidamente se pudo obtener que las zonas con cobertura vegetal sana presentan temperaturas más bajas, a



diferencia de los lugares donde la cobertura vegetal era casi nula o nula, estos lugares presentaban temperatura mucho más elevadas, esto se debe a la interacción que tienen los cuerpos con la radiación, ya que, si los cuerpos que están expuestos absorben la mayoría de la radiación estos tienden a transmitir esta energía en forma de calor lo cual se refleja claramente en los puntos donde la cobertura vegetal es baja. Esto se debe a que esta flora absorbe la radiación de diferente forma, en relación con los materiales de construcción. Sin embargo, la cuenca sigue aumentando su espacio construido, lo cual nos permite establecer que en un futuro puede perderse esas temperaturas moderadas que existen dentro de la cuenca. Este análisis puede ser un buen parámetro para el aprovechamiento de las áreas con mayor exposición a la radiación, ya que, esto puede iniciar un proyecto energético en las zonas con poca cobertura.

### **C. Eje temático económico y geológico**

Dentro de las variables que se obtuvieron para cada eje temático. Es importante mencionar que no fue posible obtener información más extensa para los ejes económico y geológico, la cual permitiera hacer un análisis individual para cada eje temático. Por lo que este trabajo de investigación permitió alcanzar los objetivos planteados, pero permite a terceros trabajar bajo esta línea de investigación.

A pesar de que ambos ejes temáticos no pudieron ser analizados de manera individual, eso no descarta la posibilidad de hacer un análisis transversal entre ejes. Lo cual tras varios análisis se pudo obtener hasta cruces con tres variables de distintos ejes dando un análisis más profundo y de valor para nuestro trabajo de investigación. Es importante mencionar que el cruce de variables puede ser trabajado de distintas formas e incluyendo variables distintas a las trabajadas en esta investigación.

### **D. Temperatura superficial y densidad vial**

Para iniciar el cruce transversal de información, realizamos un análisis incluyendo únicamente dos variables las cuales nos permiten presentar premisas basadas en lo mostrado. Estas variables son la temperatura superficial y la densidad vial que se muestran dentro de la microcuenca. Para poder hacer una categorización rápida dentro de la cartografía se decidió colocar rango de valores a las zonas y poder mostrar de manera más limpia la información. Por lo que veremos como la temperatura superficial (LST) es mostrada en un rango entre 1 y 5 siendo 1 la temperatura más baja y 5 la más alta. Al igual en densidad vial se decidió trabajar la información en círculos los cuales nos muestren que tan densa se encuentra la zona.

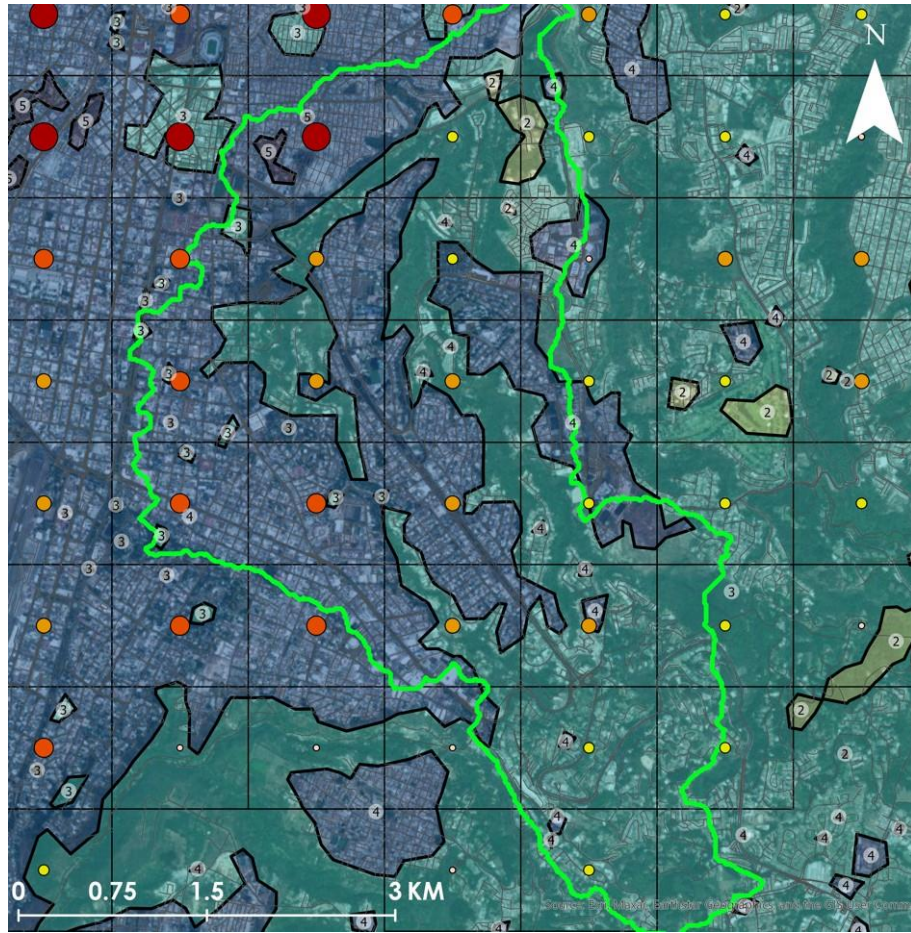


Figura 60. Temperatura superficial y densidad vial (análisis).

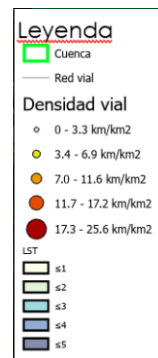


Figura 61. Leyenda

Por lo que partiendo de esa categorización, se pudo obtener información relevante, permitiendo generar premisas y ubicando puntos de interés dentro de la cuenca. Viendo a grandes rasgos la información presentada vemos como en las zonas donde la densidad vial es alta, las temperaturas

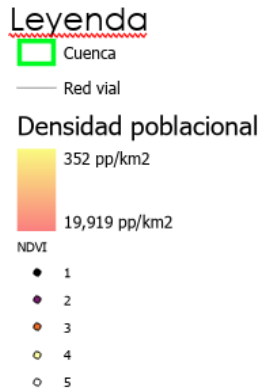
radiantes siguen el mismo camino mostrando temperaturas elevadas. Esto nos da como primer análisis que dentro de la cuenca no se mantiene un balance entre lo construido y las áreas verdes, sin embargo dentro de la cuenca existen zonas con temperaturas moderadas y baja densidad vial, lo cual enmarca que estas zonas pueden ser espacios donde la construcción vial presenta una inversión muy elevada o en una segunda vía estas zonas pueden estar protegidas por entidades gubernamentales las cuales impiden realizar cualquier tipo de proyecto de construcción. Este tipo de análisis aportan un gran valor, ya que, vemos que se deben priorizar proyectos los cuales permitan aprovechar de una mejor manera lo construido y conservar estas zonas que mantienen temperaturas moderadas.

### E. Densidad poblacional e índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI)

Al analizar el cruce entre estas dos variables se decidió al igual que en anteriores cruces hacer una categorización lo cual permitiera hacer un análisis más sencillo, pero igual de valioso. Este cruce nos dio como resultado puntos de interés bastante valiosos los cuales permite dar un diagnóstico del estado actual de la cuenca. Ya que, si vemos las zonas más claras muestran el estado actual de la vegetación y las zonas oscuras muestran la nula presencia de vegetación. Y agregando la densidad de población que se divide entre zonas municipales, vemos que existen zonas donde la vegetación es nula y que existe una alta densidad poblacional. Esto nos permite exponer que dentro de la cuenca los recursos como el aire puede ser de una calidad intermedia y que la población afectada es bastante alta.



Figura 62. Densidad poblacional y NDVI



*Figura 63. Leyenda*

Esto a su vez nos lleva a hacer énfasis en los proyectos de aprovechamiento y conservación de recursos, ya que si vemos gran parte de la cuenca se encuentran con una vegetación muy baja y dañada, lo cual permite que la calidad del aire disminuya, por la contaminación de la ciudad. Lo cual a largo plazo lleva a consecuencias de salud las cuales afectaría a un gran número de personas. Adicional a eso si relacionamos las zonas con baja vegetación con el área construida, vemos que las zonas de recarga hídrica se ven afectadas, ya que, vemos una reducción considerable en estas zonas, lo que da paso a problemáticas como la falta de agua en los alrededores y la necesidad de realizar pozos mecánicos más profundos.

#### **F. Densidad poblacional, índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI) y probabilidad a deslizamiento**

Avanzando en el análisis realizado, se decidió proceder a cruce involucrando aún más información, ya que esto permitía encontrar nuevos puntos de interés para nuestra investigación. Una vez realizado el análisis anterior, se decidió agregar la probabilidad a deslizamiento que se presenta dentro de la microcuenca. Y al igual que los procesos anteriores se realizó una categorización para las zonas con alta probabilidad a deslizamiento mostrando un rango entre 1 y 5 donde 1 representa una nula probabilidad y 5 una alta probabilidad a deslizamiento. Al hacer este cruce pudimos determinar que existen zonas las cuales tienen una alta probabilidad a deslizamientos a su vez coinciden con una vegetación en mal estado. Lo que da lugar a que estas zonas se conviertan en puntos de alto riesgo en el tema de deslizamientos de tierra. Lo cual llevaría a daños materiales y pondría en riesgo la vida de las personas que se encuentran cercanas a estas zonas. Otro punto por destacar en esta parte de la investigación es que los resultados mostrados, presentan que dentro de la microcuenca existe una alta densidad poblacional y en su mayoría están expuestas a daños por deslizamientos. Por lo que este tipo de análisis nos da un parámetro muy importante para poder mitigar y atender a estas zonas de riesgo. A su vez nos permite localizar dentro de la cuenca estas zonas de riesgo y poder mantenerlas monitoreadas, ya que esto facilitaría los procesos de mitigación de riesgo.

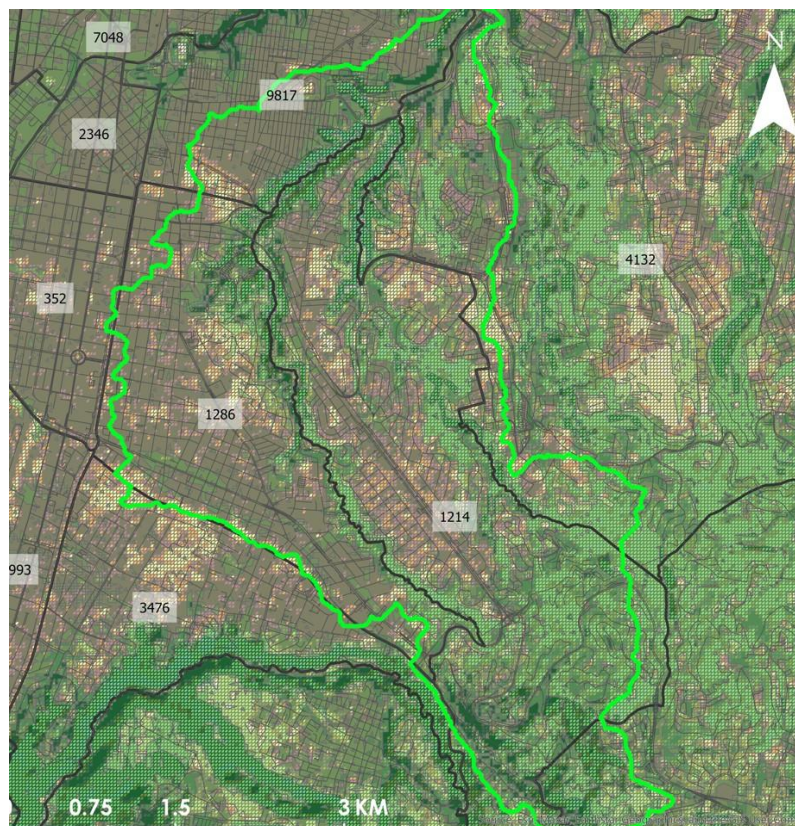


Figura 64. Densidad poblacional, NDVI y probabilidad a deslizamiento



Figura 65. Leyenda

### G. Densidad vial, densidad poblacional y mercado inmobiliario

En ambos ejes temáticos existe cierta correlación, ya que con la metodología trabajada en los análisis anteriores. Podemos ver como la vivienda tanto vertical como horizontal, nos permite dar un diagnóstico más certero hacia los alcances de la investigación, permitiendo exponer como el eje social; que presenta información tanto de la densidad poblacional como la densidad vial de cada zona. Y vemos como el eje económico nos expone dos diferentes parámetros como lo es la vivienda

en venta y los precios que existe por zona. Tomando en consideración la información planteada por cada uno de los ejes, y al sobre poner la información presentada se puede destacar la relación entre los precios de las propiedades con la acumulación de la población, en cada zona, así como también se permite determinar que zonas tienden a tener mayor movimiento en cuanto compra y venta, lo cual permite dar proponer la siguiente premisa. El movimiento económico dentro de una zona permite la elaboración de proyectos de desarrollo, diferentes a la vivienda. Además, que las zonas utilizadas únicamente para vivienda tienden a ser las más densas en cuanto población. Lo cual nos lleva a la siguiente premisa, que nos permite proponer que La densidad vial tiende a aumentar en zonas donde el movimiento económico en el mercado inmobiliario es mínimo. Esta premisa proviene de analizar la cantidad de movimiento económico que existe dentro de las zonas y la densidad vial que está presenta.

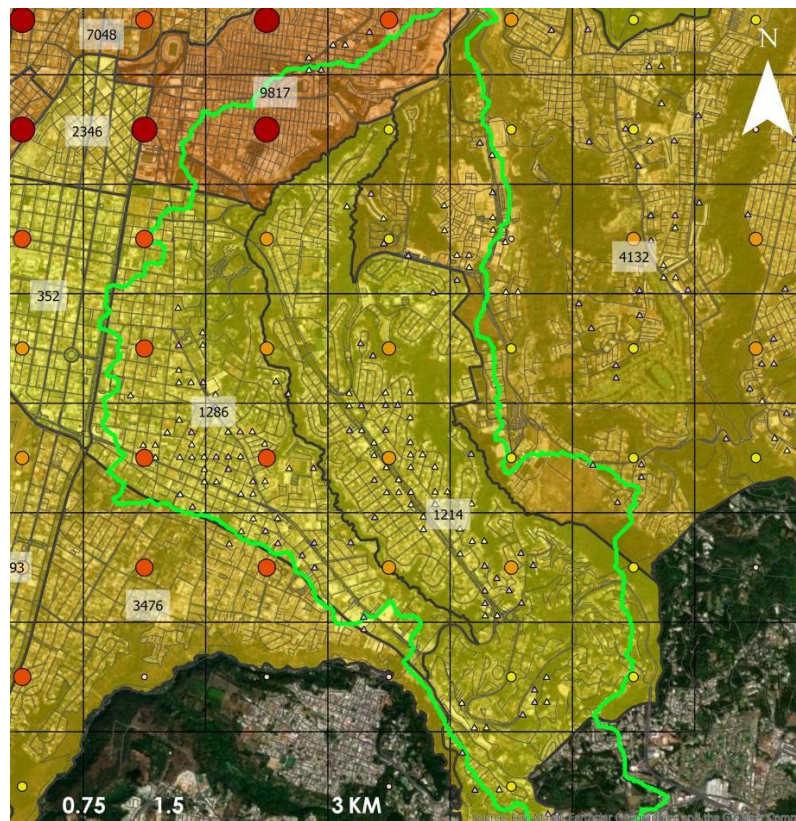
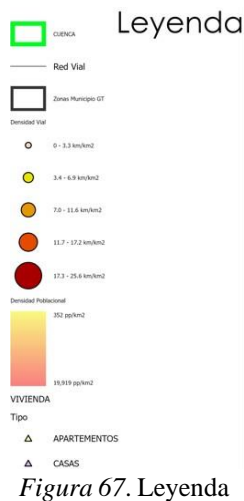


Figura 66. Densidad vial, densidad poblacional y mercado inmobiliario



Como conclusión al análisis realizado, podemos decir que las zonas dentro de la cuenca presentan tanto una media densidad poblacional, a excepción de la zona 5 la cual posee una alta densidad poblacional. Por otra parte, podemos decir que la densidad vial dentro de la cuenca se encuentre bastante alta. Y en relación con el mercado inmobiliario dentro de la cuenca, podemos decir que en la mayoría de las zonas dentro de la cuenca existe un movimiento económico, lo cual se relaciona a la densidad vial alta. A excepción de la zona 5 donde se puede observar cómo esta zona posee una plusvalía muy por debajo de la media que demanda las demás zonas vecinas. Además, que presenta un menor movimiento económico, lo cual nos puede señalar en un estancamiento de las inversiones en esta zona.

#### **H. Densidad poblacional, índice de vegetación de diferencia normalizado (NDVI), probabilidad a deslizamiento y mercado inmobiliario**

A lo largo del análisis, se logró percibir puntos de interés diferentes, los cuales dependían del tipo de información que se utilizara lo que nos mostraba poco a poco un diagnóstico, si bien no completo, bastante estructurado lo cual permitió alcanzar los objetivos planteados. Si bien, ya se había realizado un análisis similar con anterioridad en esta investigación. Se propuso agregar una cuarta variable a la información ya mostrada. Lo cual permitiera obtener una cartografía la que involucrar a todos los ejes trabajados para esta investigación. Es por esto por lo que se decidió agregar la variable del mercado inmobiliario. Lo cual nos permitiera encontrar nuevamente puntos de interés y nos permitieran realizar un diagnóstico sobre el estado actual de la cuenca tomando en cuenta los cuatro ejes utilizados. Una vez realizado el cruce pudimos observar que el mercado inmobiliario mantiene bastante movimiento dentro de la microcuenca. Sin embargo, existen propiedades que según los análisis anteriores se encuentran en zonas las cuales están propensas a sufrir deslizamientos. Lo que conlleva a que esas propiedades deberían ser evaluadas y aseguradas, para evitar que ocurran accidentes. Este tipo de análisis abren las puertas a nuevos puntos de investigación, ya que podemos ver como a pesar de que existen propiedades en riesgo, las empresas privadas dedicadas a este mercado insisten en hacer la venta de estos activos. Por lo que esto permite apoyar a las empresas a determinar el valor de las propiedades según el riesgo que presentan y de igual forma la plusvalía del activo. Finalmente, esta cartografía nos permitió entender el valor y la relevancia de la microcuenca de este estudio, ya que, partiendo de lo mostrado, vemos que es indispensable la elaboración de planes de ordenamiento, de conservación y aprovechamiento de las áreas verdes y

programas de mitigación de riesgo para las zonas expuestas.

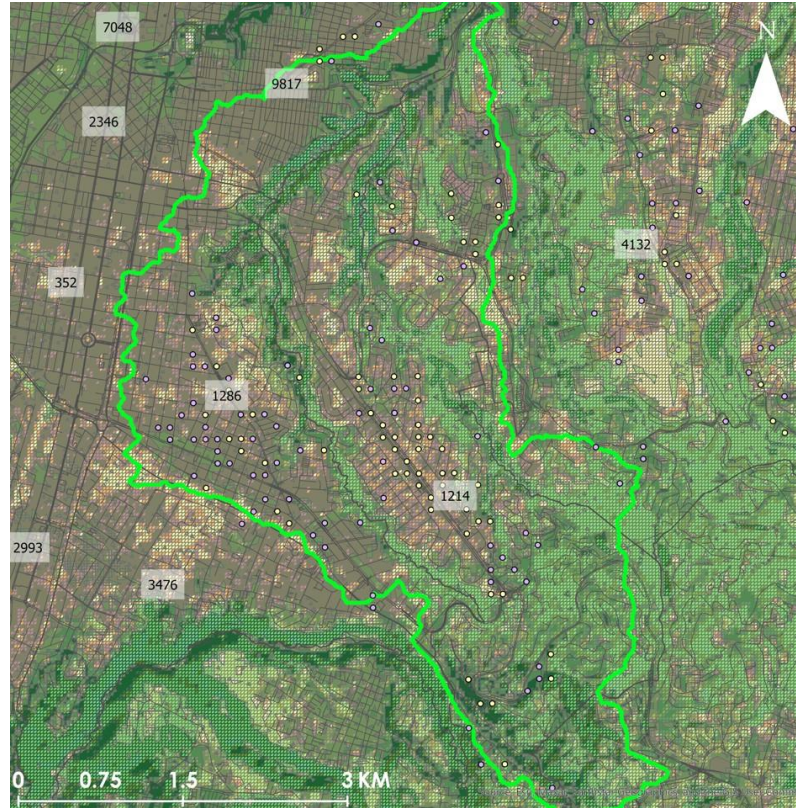


Figura 68. Densidad poblacional, NDVI, probabilidad a deslizamiento y mercado Inmobiliario

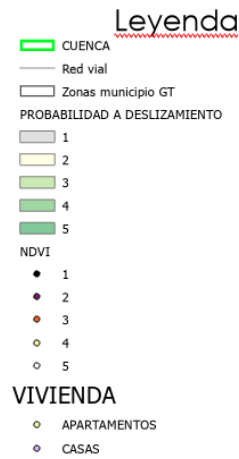


Figura 69. Leyenda



## IX. CONCLUSIONES

Una vez delimitada la cuenca a partir de los sistemas de información geográfica, se permitió realizar un análisis morfométrico. En donde se pudo exponer características físicas de la cuenca, como lo son por ejemplo la densidad de drenaje, el tiempo de concentración, etc. Lo cual nos da como resultado una descripción general de la cuenca y en el estado que se encuentra.

Tomando en cuenta lo presentado en la referencia teórica, se facilitó la selección y definición de ejes temático a trabajar. Una vez definidos los ejes temáticos se procedió a identificar variables las cuales pudieran ser parte de las temáticas propuestas. Durante la identificación de las variables se tomó en cuenta aquellas variables las cuales presentaran una correlación entre las variables, del mismo eje temático o de otro eje temático.

El análisis de las variables propuestas, a partir de cartografías nos permitió exponer información relevante para dar valor y certeza a los ejes temáticos propuestos en este trabajo de investigación. Esto nos permitió descartar uno a uno que variables y que información agrega valor al objetivo principal de la investigación. Estas variables nos permiten concluir que la cuenca se encuentra en un punto clave dentro del municipio de Guatemala y es de gran relevancia, para el desarrollo de esta, ya que por su forma da oportunidad de tener diversidad en el desarrollo, además que su punto es clave para mantener un balance natural dentro de la ciudad. Este análisis nos permitió exponer zonas dentro de la cuenca, que requieren nuestra atención al momento de considerar un desarrollo en un futuro, ya que se puede generar desbalances naturales e incluso zonas de riesgo, para los habitantes de la cuenca.

Siguiendo el principio utilizado en los programas de información geográfica y analizando los puntos claves presentados en cada cartografía se pudo obtener realizar una correlación directa entre ciertas variables presentadas, lo cual a partir del cruce de variables e información se pudo determinar y diagnosticar la relevancia de la de la microcuenca. Una vez expuesta la información con cada una de las variables y utilizando la metodología propuesta, se nos permitió sobreponer información y de esta manera determinar qué información presentaba cierta correlación. Con lo que obtuvimos que la cuenca se encuentra en un punto vulnerable tanto en la parte ambiental como en la parte de desarrollo económico, ya que podemos ver como dentro de la cuenca hay zonas las cuales no presentan un futuro no muy favorable en ambos ámbitos, ya que presentan sobre población y alta densidad vial, el relieve del lugar presenta zonas de riesgo a deslizamientos, esto genera que el valor de la tierra se disminuya y el desarrollo en esos puntos se vea estancado. Como punto final podemos concluir que la cuenca es un punto estratégico dentro de la ciudad capital.

## X. RECOMENDACIONES

Para el sector de educación se recomienda que dentro del desarrollo de cada eje temático se explore nuevas variables, como lo pueden ser la cantidad de hospitales y estaciones de bomberos y de policía dentro de la cuenca, etc. Ya que esto nos permitirá tener un panorama completo de la situación dentro de la cuenca y crear nuevos parámetros de análisis. Esto nos permitirá ampliar la información con respecto a la cuenca y determinar nuevas zonas de intervención.

Para el sector privado se recomienda tomar en consideración metodologías similares a las que se aplican en este trabajo de investigación, ya que este tipo de metodologías permiten analizar tendencias en ciertos mercados de inversión. Además, que puede ser adaptada como un control de los mercados y que tipo de cliente existe dentro del área de estudio.

Para el sector público se recomienda utilizar metodologías similares a la utilizada en este trabajo de investigación, ya que este tipo de estudio, permiten exponer el estado actual del territorio y da un panorama más amplio y de esta manera poder exponer zonas que requieran nuestra intervención. Además que esto nos puede permitir genera una base de datos, lo cual de paso a un desarrollo más integral, ya que se contemplan distintas perspectivas.

Como una recomendación adicional análisis morfométrico se recomienda ubicar un punto de control distinto, ya que esto puede genera nuevos análisis y nuevas zonas de intervención, además que puede ser complementaria a la investigación realizada, ya que se puede genera una comparación entre la información obtenida.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Aguayo, P. M. (2013). Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación. *CIREN, Centro de Información de Recursos Naturales*, 1.
- Barrilas, I. E. (2008). Guía de Monitoreo de lluvias, alertamiento de lluvias y evacuación ante deslizamientos en zonas urbanas del departamento de Guatemala. *Comisión Europea, OXFAM GB, ESFRA, ISMUGUA*, 3-7.
- CDC, C. p. e. c. y. l. p. d. e. (2018). Deslizamientos de tierra y aludes de barro. *Desastres naturales y tiempo severo*.
- Cerin, J. G. A. (2013). Complejo Ecológico-Urbano. *Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura*, 196.
- Dr. Arq. Raul Estuardo Monterroso Juarez, M. S. A. E. A. m. A., Arq. Jorge Mario Villatoro Linares. (2014). Análisis estratégico de potencialidad y economía territorial de los barrancos del Municipio de Guatemala como herramienta para la sostenibilidad en los asentamientos humanos. *Universidad San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación DIGI, Facultad de Arquitectura*, 146.
- Elizabeth, A., Barrientos, A. N., Wyss, E., Lopera, T., & Bailey, H. D. (2019). Caracterización de la microcuenca del Río La Campana mediante parámetros morfométricos y de calidad del agua que releva su estado actual. *Revista* 38, 95.
- Gabriela Chaves, J. F. (2015). Manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas I, 15-17.
- Geoinnova Formación SIG. (2021). *¿Qué son los sistemas de Información Geográfica SIG?*, 1.
- IARNA. (2013). Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala. *Serie textos para la educación y el cuidado de la vida*, 112.
- Instituto de Agricultura, r. n. y. A. (2003). Generación y Manejo de Desechos Sólidos en Guatemala. *Informe técnico no.4*, 95.
- José Antonio Aldrey Vázquez, J. R. L., Román Rodríguez Gonzáles. (2015). Análisis territorial y SIG. Su impronta en el diseño y puesta en marcha de proyectos de cooperación para el desarrollo territorial. El caso de Guatemala, 116-135.
- Juárez, D. R. E. M. (2014). *Análisis estratégico de potencialidad y economía territorial de los barrancos del municipio de Guatemala como herramienta para sostenibilidad en los asentamientos humanos*. Dirección General de Investigación DIGI.
- Maltez, F. R. (2010). Estado de situación de los asentamientos precarios urbanos hacia el 2010, en la región metropolitana de Guatemala. *Estado de situación de los asentamientos precarios urbanos hacia el 2010, en la región metropolitana de Guatemala*, 869-876.
- Ministerio de Agricultura, G. y. A. (, Dirección de Información Geográfica, E. y. G. d. R. (, & (IGAC), I. G. A. C. (2017). Estudio Semidetallado de los suelos del departamento de Guatemala, Guatemala. *Volúmen 1*, 711.
- Nómada. (2018). Día del agua: la solución puede estar en los barrancos de la capital (pero hay un problema). *Nómada*, 7.
- Orozco, O. (2021). Pedientes del Terreno. *Atlas Regional*, 26-28.
- Ortiz, E. L. M. (2011). Ciudad de Guatemala. *Encuesta CIMES*, 01.
- Patzán, J. M. (2019). Vertederos clandestinos. *Prensa Libre*, 10.
- Quintale, C. (2015). Al menos 500 mil personas en riesgo por derrumbes. *el Periódico*, 8.

- Santos, M. R. A. (1988). Derrumbes por sismos. *Los desastres en Guatemala, causas y directrices para su atención*, 151.
- Tobías, I. A. H., Lira, I. A. I. E., de Políticas e información Estratégica (UPIE-MAGA), U., & de emergencia por Desastres Naturales (MAGA-BID), P. (2000). Primera aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los suelos de la República de Guatemala a escala 1:250,000. Memoria Técnica, 48.
- Toc, M. (2019). ¿Podrá la Municipalidad de Xela frenar la invasión de ventas informales sobre la 4a. calle y caos vial frente al Templo a Minerva? *Prensa Libre de Guatemala*, 016007.
- Tovar, E. V. (2010). Asentamientos precarios Una aproximación para su mejoramiento integral y prevención. *Revista*, 016007.
- Urrutia, E. P. (2008). Tenencia y transacción de tierras en un asentamiento precario del área metropolitana de la ciudad de Guatemala:Las tres T en el asentamiento unidos por la paz. *Tenencia y transacción de tierras en un asentamiento precario del área metropolitana de la ciudad de Guatemala:Las tres T en el asentamiento unidos por la paz*, 1-10. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puiah/INF-2007-004.pdf>
- Zuñiga, R. A. B., & García, D. O. (2015). Procesamiento, interpretación y análisis de imágenes satelitales en la banda de los 400 a 700 nanómetros para aplicaciones de percepción remota. *Tesis*, 48.

### XIII. GLOSARIO

- **Asentamientos precarios:** comprende a agrupaciones de viviendas contiguas que pueden conformar campamentos u otras formas de poblamiento precario o irregular, como también poblaciones que cuentan en su interior con una existencia importante de lotes irregulares o precarios.
- **Barrancos:** es una desnivel abrupto. Puede originarse por un movimiento de placas tectónicas en sitios cercanos a una zona de subducción o por la erosión que provoca un arroyo o un río.
- **Fisiografía:** hace referencia a la geografía física: área de la geografía consagrada al estudio de la disposición de los mares y las tierras.
- **Ordenamiento territorial:** es un proceso político-administrativo del Estado para conocer y evaluar los recursos con que la participación de la sociedad, pueda gestionar el desarrollo sostenible.
- **Taxonomía:** ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación. Se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales.
- **Temperatura sol-aire:** es la temperatura del aire exterior que en ausencia de todos los cambios de radiación ofrece la misma tasa de entrada de calor a la superficie como la que daría la combinación de radiación solar incidente, el intercambio de energía radiante con el cielo y con otros elementos circundantes exteriores y el intercambio de calor convectivo con el aire exterior.
- **Vulnerabilidad:** Es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre.
- **Zonas de vida de Holdridge:** sistema que intenta clasificar las diferentes áreas del mundo en función de las zonas de vida, un grupo de comunidades vegetales y animales dentro de una división natural del clima, las cuales tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión, tienen una fisionomía similar en cualquier parte del mundo.
- **Zonificación:** consiste en la separación y segregación del territorio respecto de su entorno, donde se reconocen por una parte elementos que lo diferencian, y por otra, se actúa con el fin de aislarlos para un propósito particular.

UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

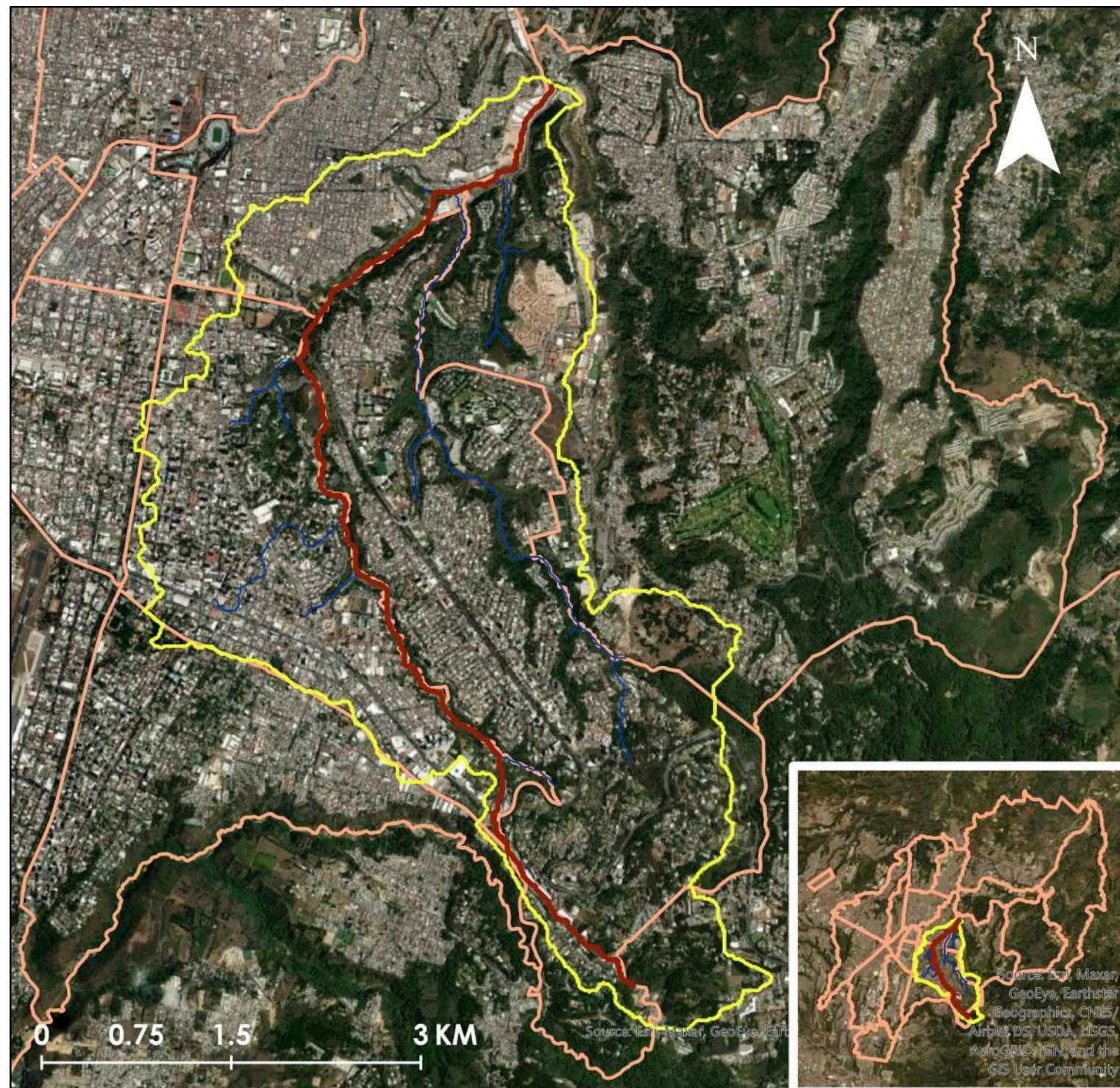
## Leyenda

- Cauce Principal
- Red de drenaje
- Zonas Municipio GT
- CUENCA

## Descripción

El mapa presenta la red de drenaje, el cauce principal, límite de la cuenca y los límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N





# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

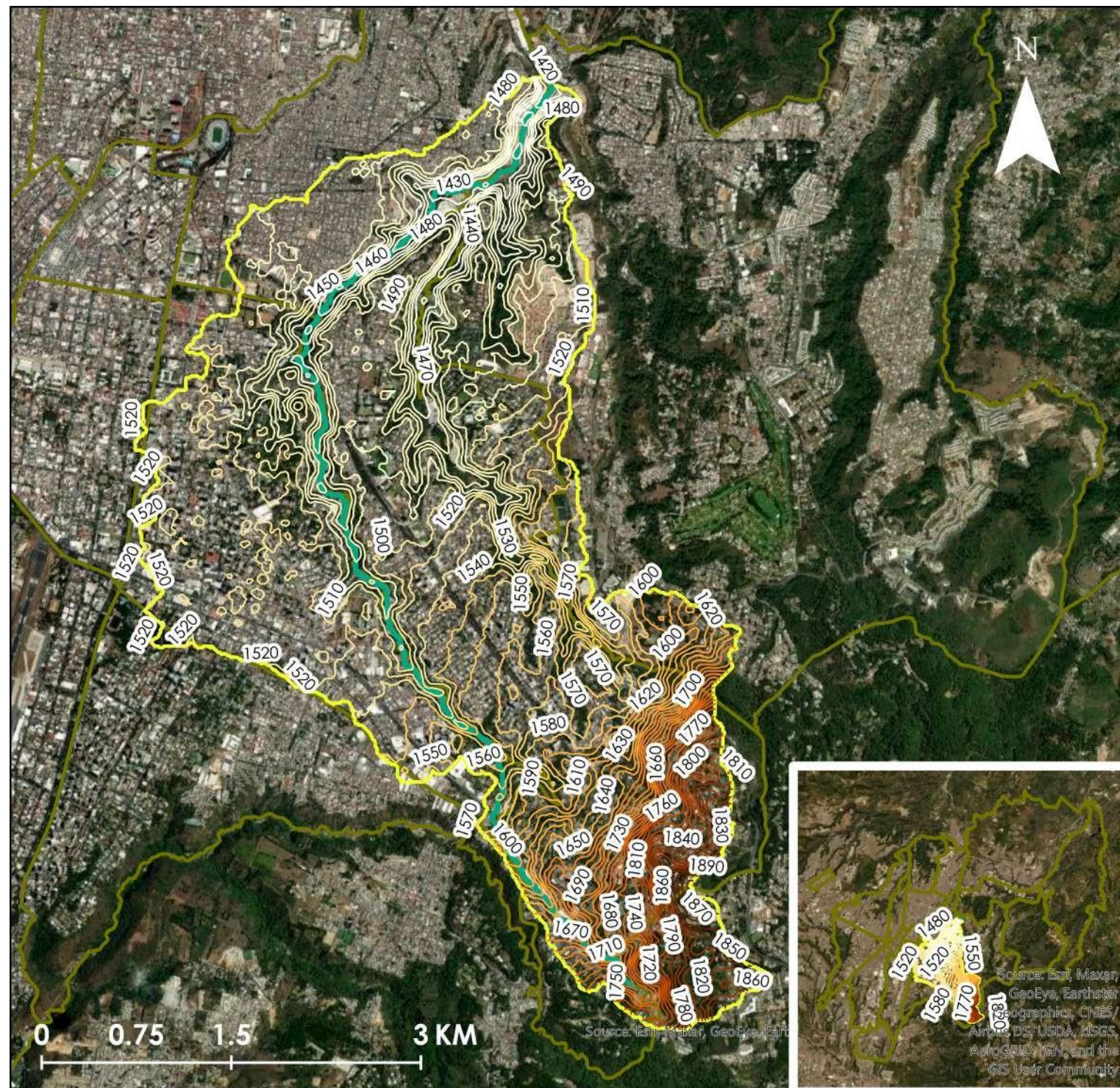
ELEV

-  ≤1460 msnm
-  ≤1500 msnm
-  ≤1530 msnm
-  ≤1580 msnm
-  ≤1640 msnm
-  ≤1700 msnm
-  ≤1750 msnm
-  ≤1800 msnm
-  ≤1850 msnm
-  ≤1900 msnm
-  Cauce Principal
-  Zonas Municipio GT
-  Cuenca

## Descripción

El mapa presenta las curvas de nivel a cada nivel 10 mts., el cauce principal, límite de la cuenca y los límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

— Red de drenaje

— Red Vial

▭ Cuenca

Densidad Poblacional (persona/km<sup>2</sup>)

352

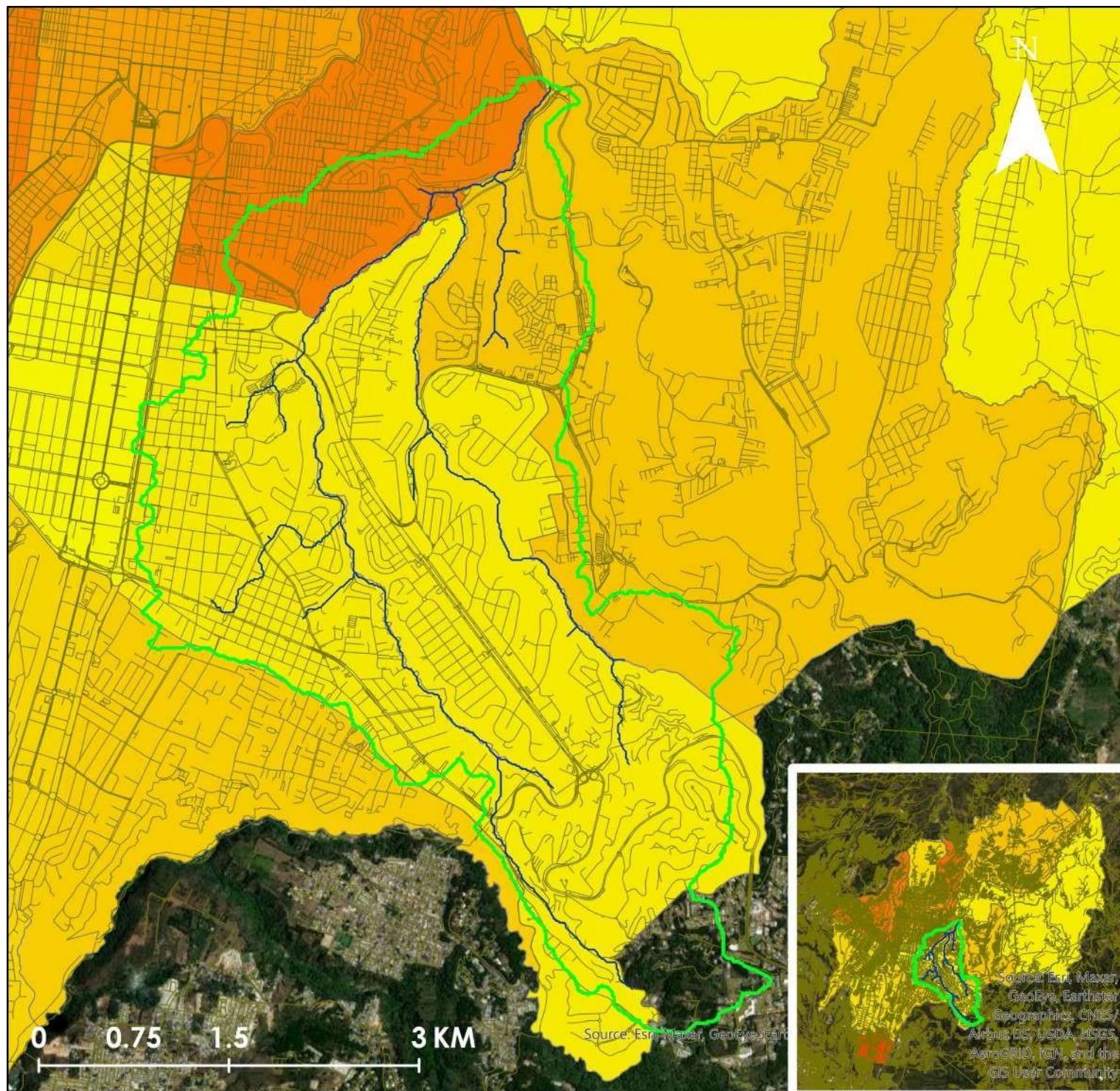
19,919

## Descripción

El mapa presenta la densidad poblacional en cada zona (persona/km<sup>2</sup>), la red de drenaje, límite de la cuenca y red vial.

Referencia Espacial

Name: WGS 1984 UTM Zone 15N





# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

— Red de drenaje

Densidad Vial

≤0.66 km/km<sup>2</sup>

≤1.67 km/km<sup>2</sup>

≤2.78 km/km<sup>2</sup>

≤4.18 km/km<sup>2</sup>

≤5.94 km/km<sup>2</sup>

≤8.34 km/km<sup>2</sup>

≤11.06 km/km<sup>2</sup>

≤14.97 km/km<sup>2</sup>

≤19.55 km/km<sup>2</sup>

≤25.63 km/km<sup>2</sup>

▭ Zonas Municipio GT

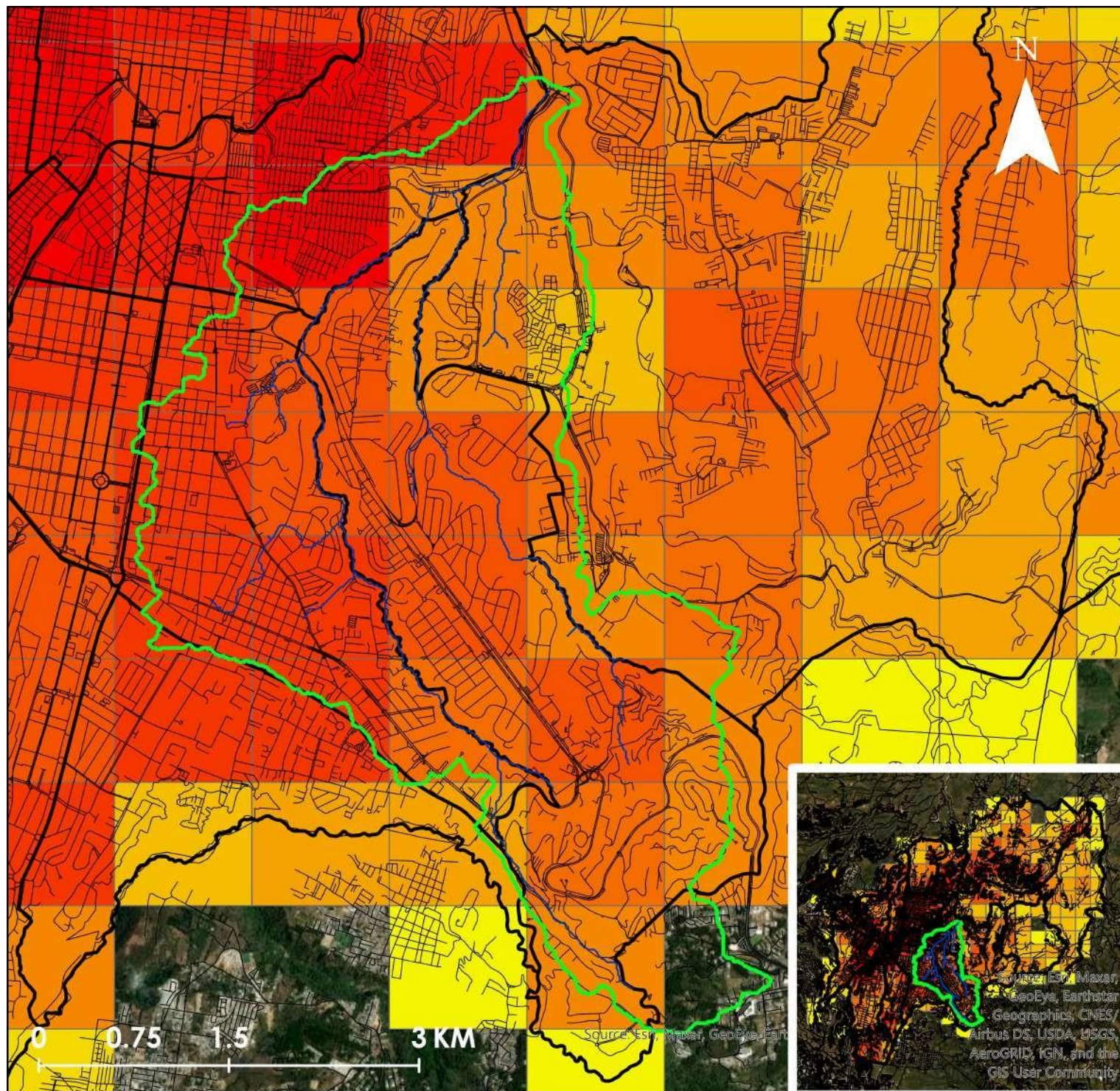
— Red Vial

▭ Cuenca

## Descripción

El mapa presenta la densidad vial (km/km<sup>2</sup>), la red de drenaje, límite de la cuenca, red vial y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

- Red de drenaje
- Zonas Municipio GT
- Red Vial
- Cuenca

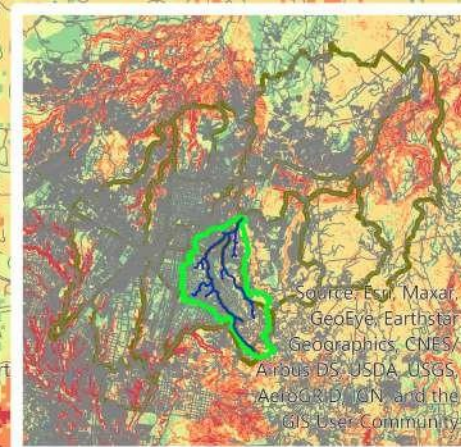
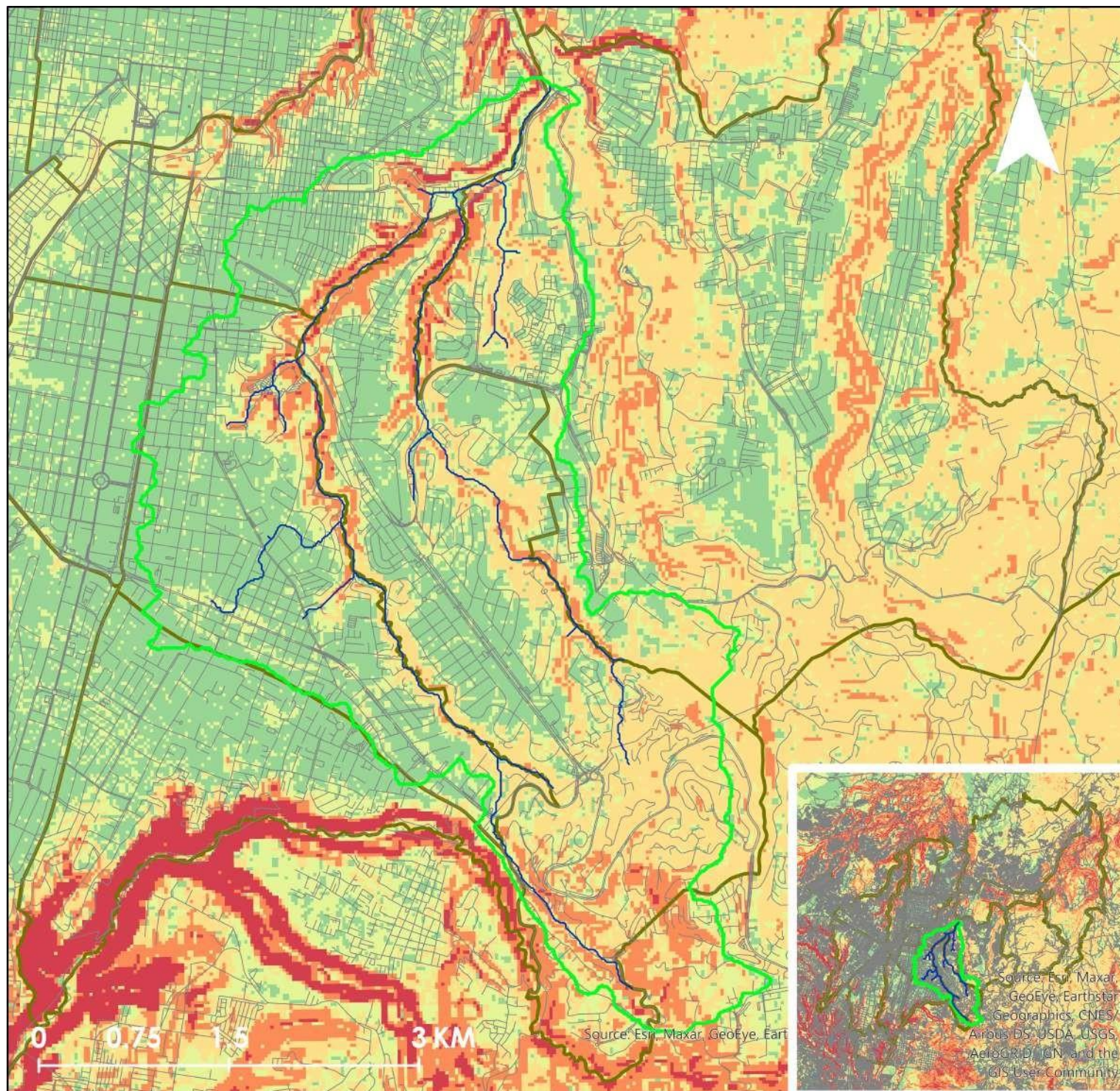
### Probabilidad de deslizamiento

- SIN DATO
- MUY BAJA
- BAJA
- MEDIA
- ALTA
- MUY ALTA

## Descripción

El mapa presenta la probabilidad a deslizamiento, la red de drenaje, límite de la cuenca, red vial y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



**UVG**

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

- Red de drenaje
- Zonas Municipio GT
- Cuenca

### Vista de Infrarrojo

- Red: Band\_5
- Green: Band\_4
- Blue: Band\_2

## Descripción

El mapa presenta una vista de infrarrojo, la red de drenaje, límite de la cuenca y límites zonales.

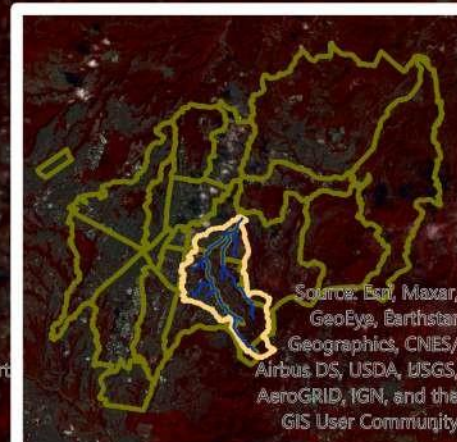
Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N

N



0 0.75 1.5 3 KM

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

















Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

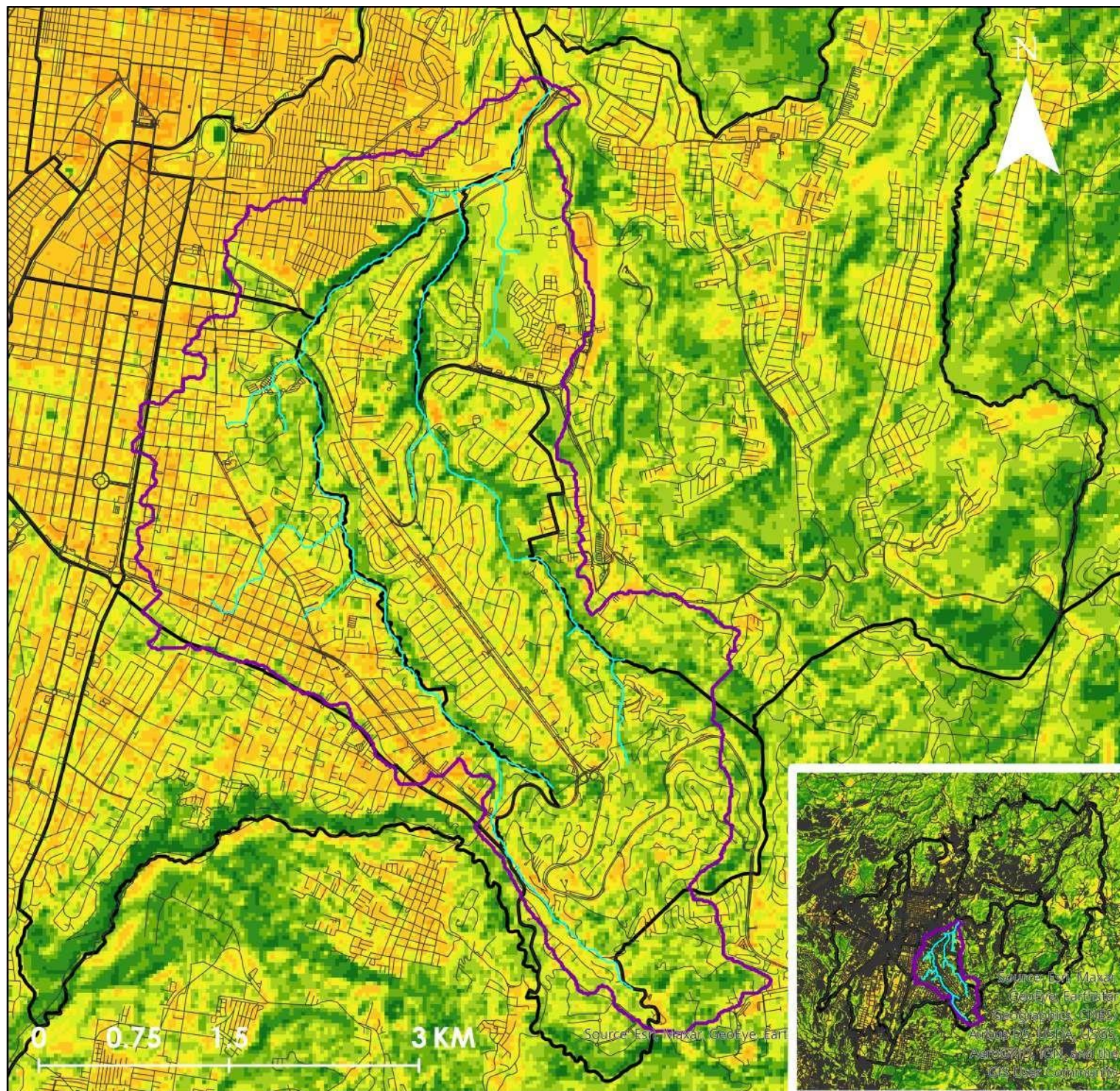
## Leyenda

-  Red de drenaje
-  Zonas Municipio GT
-  Red Vial
-  Cuenca
- NDVI (2020)
-   $\leq -1$
-   $\leq -0.05098$
-   $\leq 0.003922$
-   $\leq 0.090196$
-   $\leq 0.168627$
-   $\leq 0.247059$
-   $\leq 0.309804$
-   $\leq 0.364706$
-   $\leq 0.427451$
-   $\leq 1$

## Descripción

El mapa presenta el índice de vegetación de diferencia normalizado, la red de drenaje, límite de la cuenca y red vial.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



**UVG**

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

- Red de drenaje
- Zonas Municipio GT
- Cuenca

### Penetración Atmosférica

- Red: Band\_7
- Green: Band\_6
- Blue: Band\_5

## Descripción

El mapa presenta la penetración atmosférica, la red de drenaje, límite de la cuenca y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N

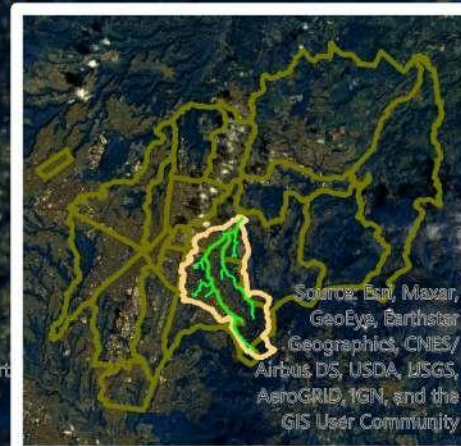
N



0 0.75 1.5 3 KM

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar

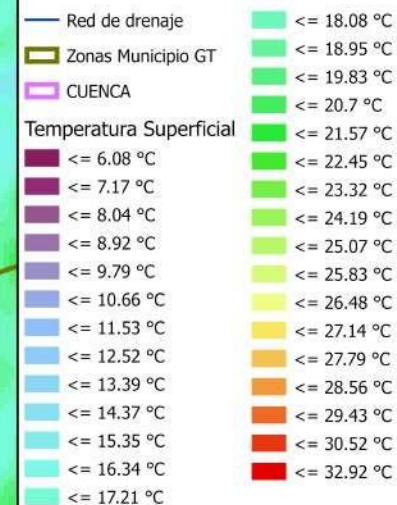
Geographics, CNES/  
Airbus DS, USDA, USGS,  
AeroGRID, IGN, and the  
GIS User Community



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

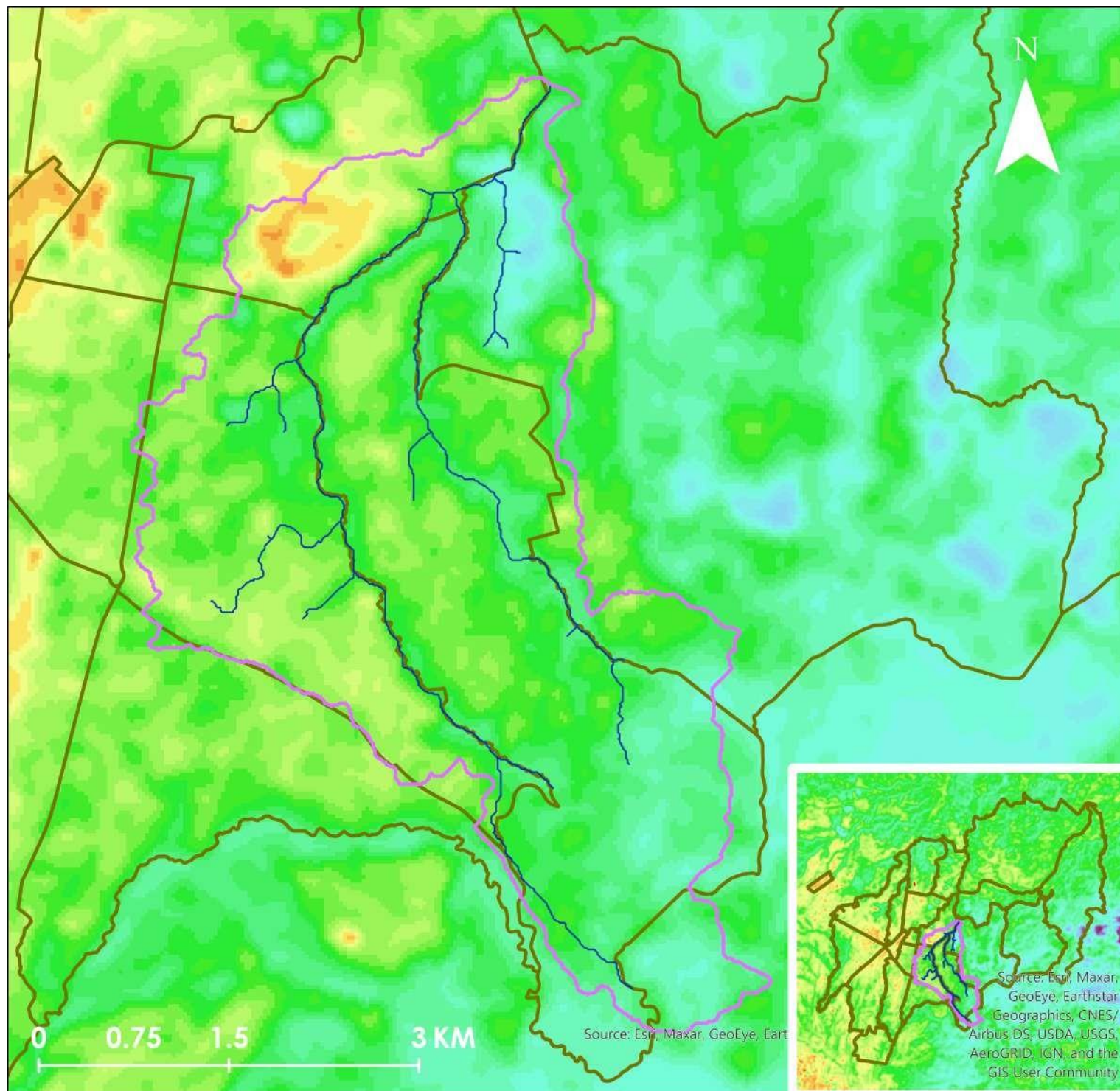


## Descripción

El mapa presenta la temperatura superficial de la tierra, el cauce, límite de la cuenca y los límites zonales.

Referencia Espacial

Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

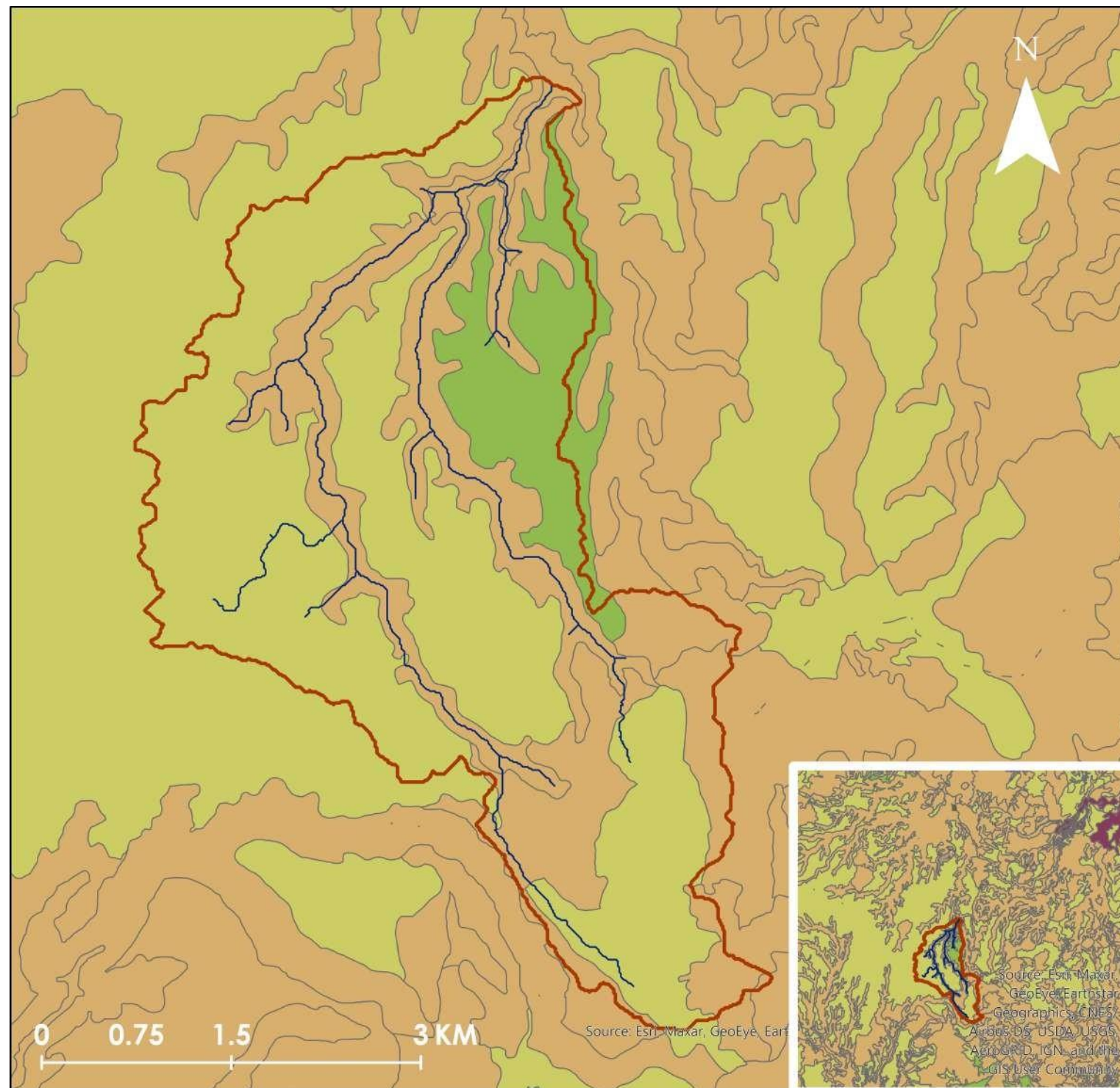
## Leyenda

-  Red de drenaje
-  Cuenca
- Suelos a nivel orden
-  ALFISOL
-  ANDISOL
-  ENTISOL
-  INCEPTISOL
-  MOLISOL

## Descripción

El mapa presenta el uso de suelo, la red de drenaje, límite de la cuenca y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



**UVG**

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

- Red de drenaje
- Zonas Municipio GT
- Cuenca

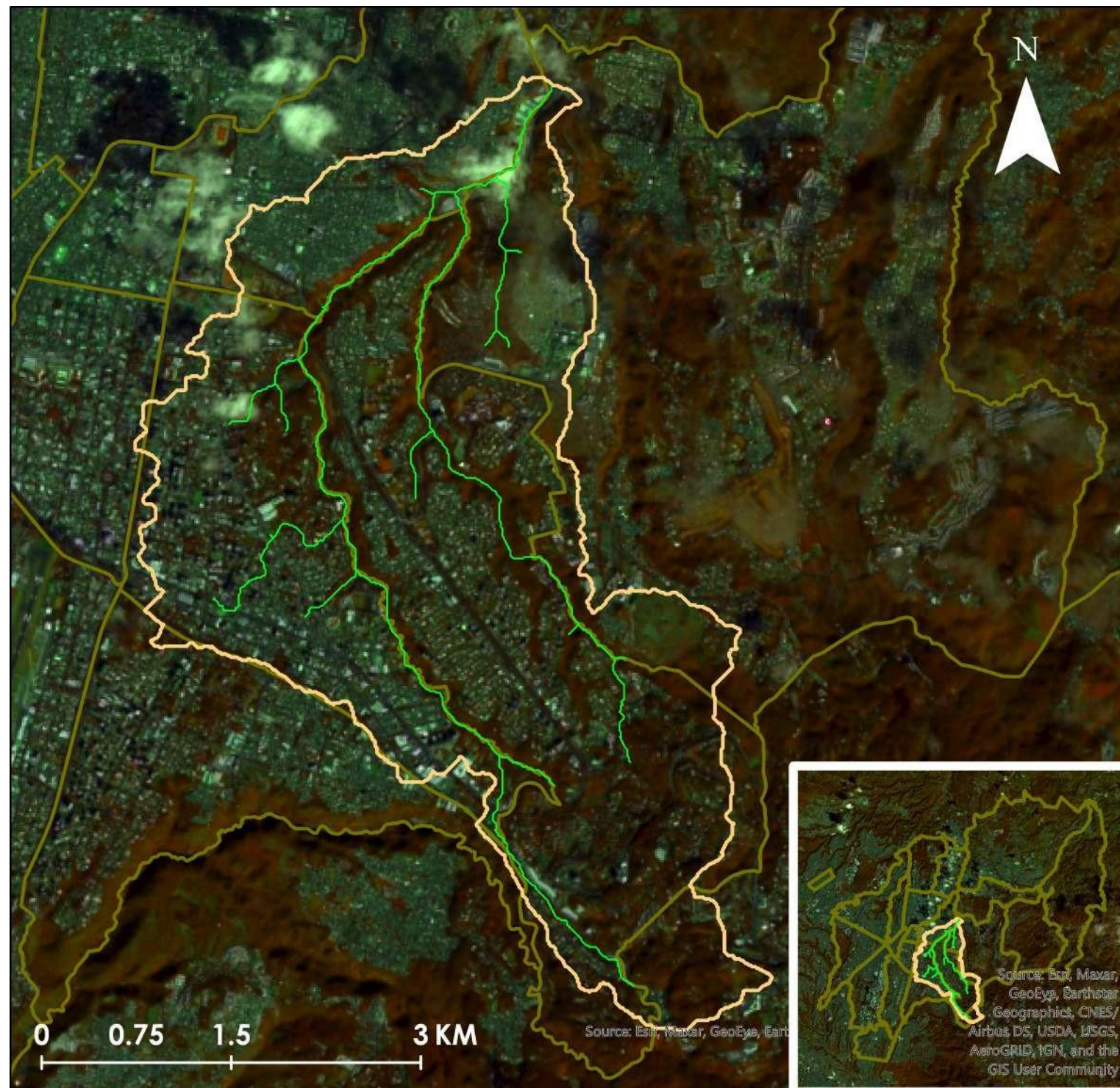
### Penetración Atmosférica

- Red: Band\_5
- Green: Band\_6
- Blue: Band\_4

## Descripción

El mapa presenta el uso de suelo, la red de drenaje, límite de la cuenca y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N





# Análisis Económico de vivienda horizontal

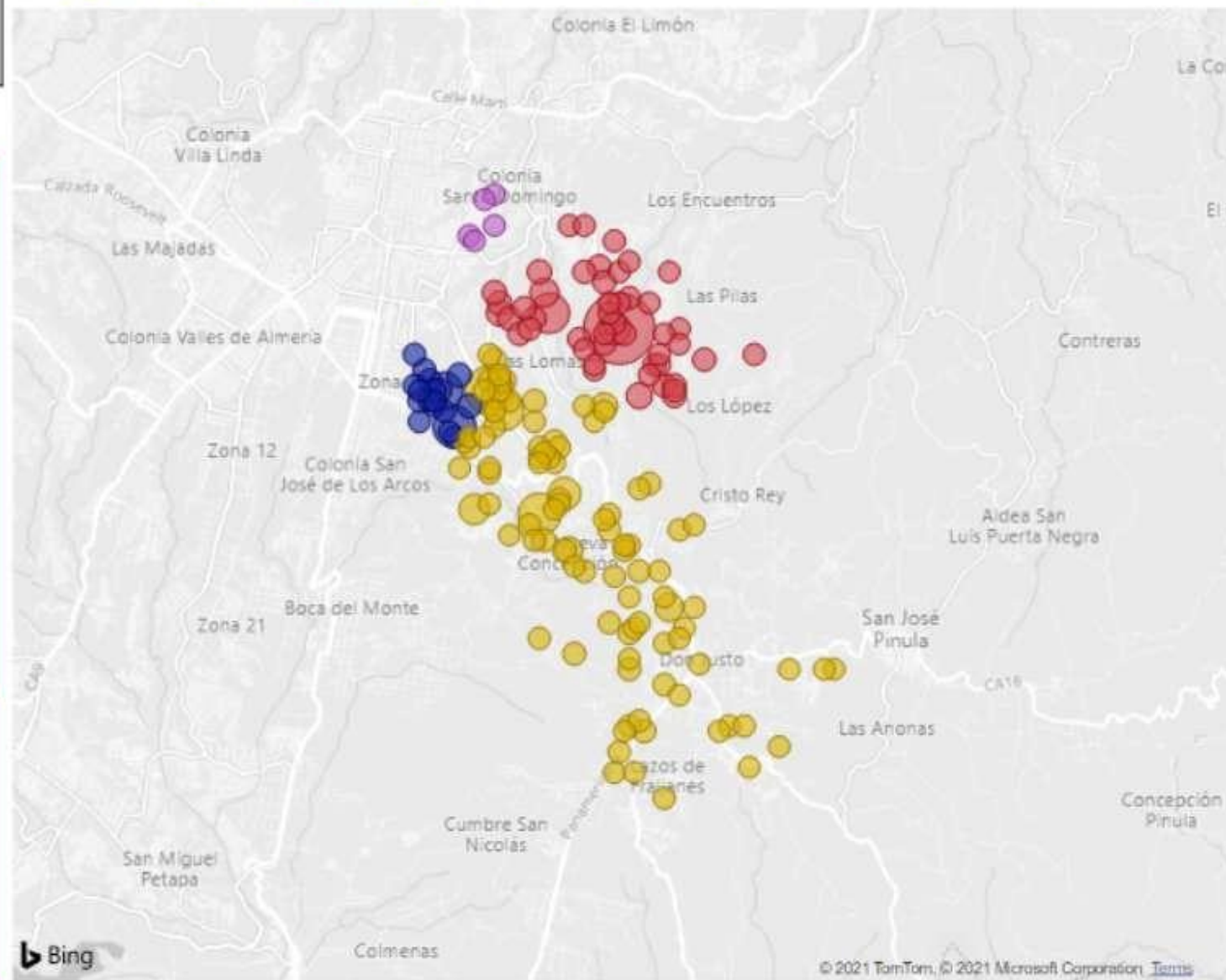
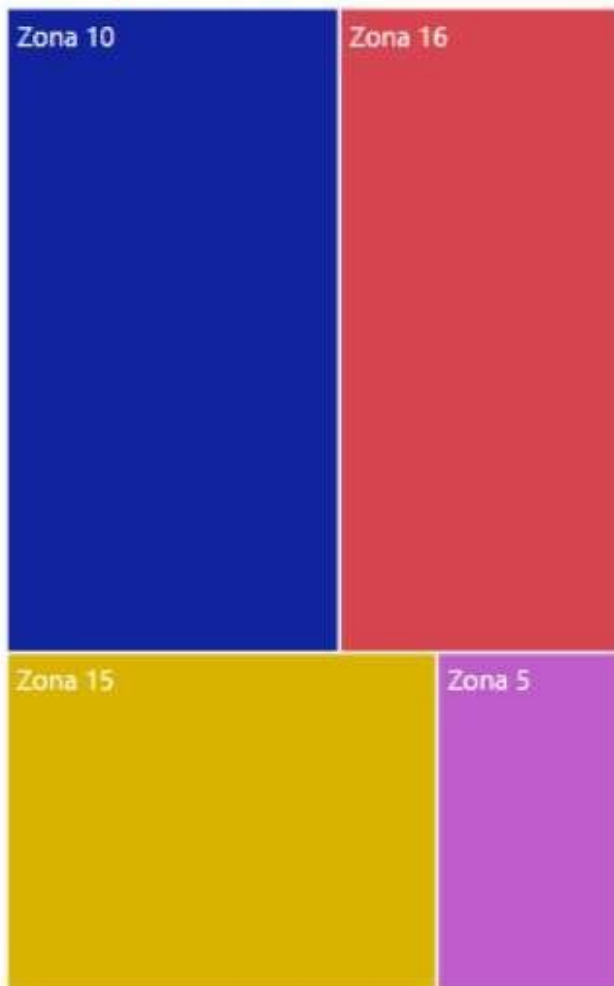
410

Recuento por Zona

Distribución por zona y precio

Zona ● Zona 10 ● Zona 15 ● Zona 16 ● Zona 5

Precio por Zona en USD



# Análisis Económico de vivienda vertical

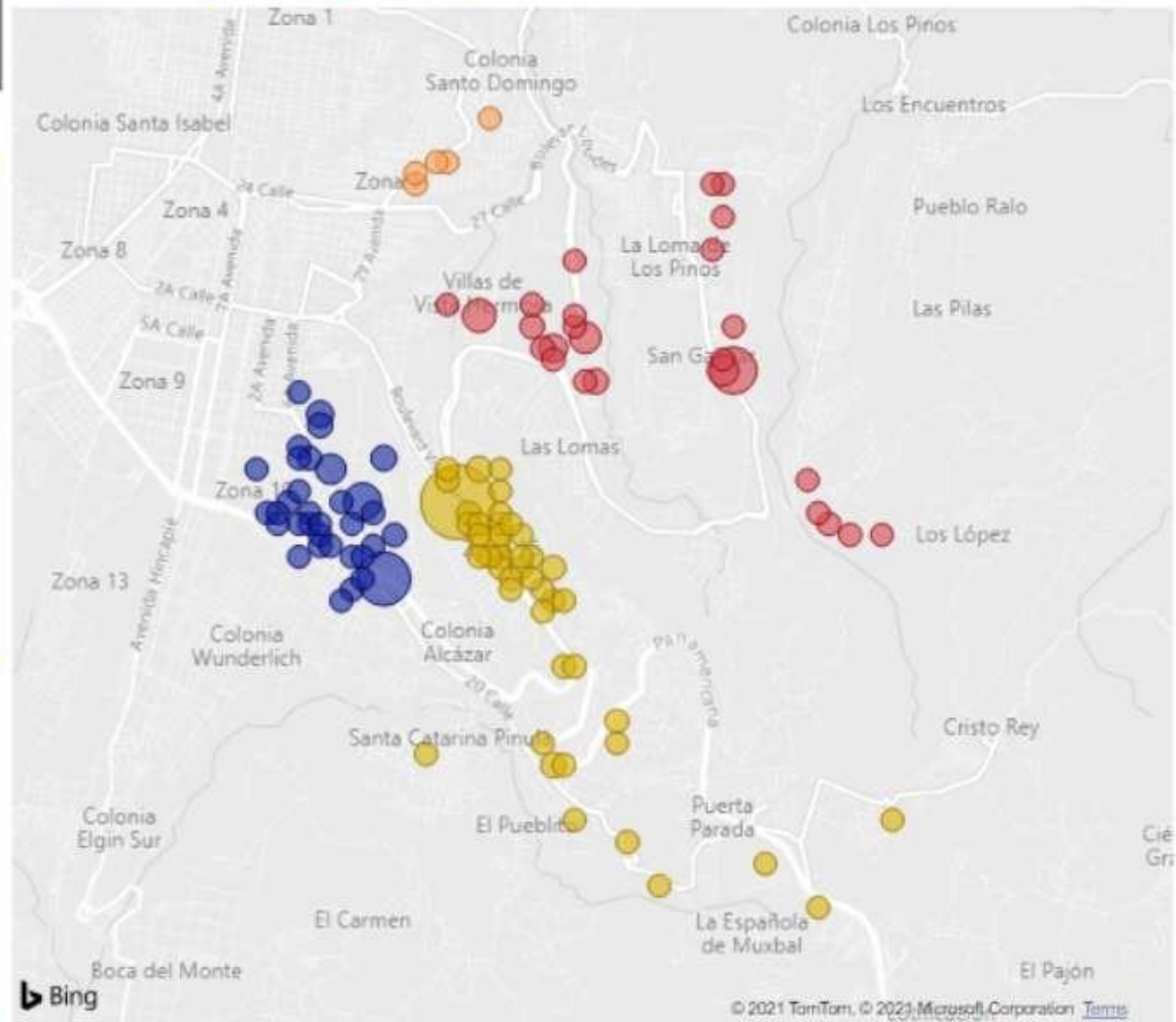
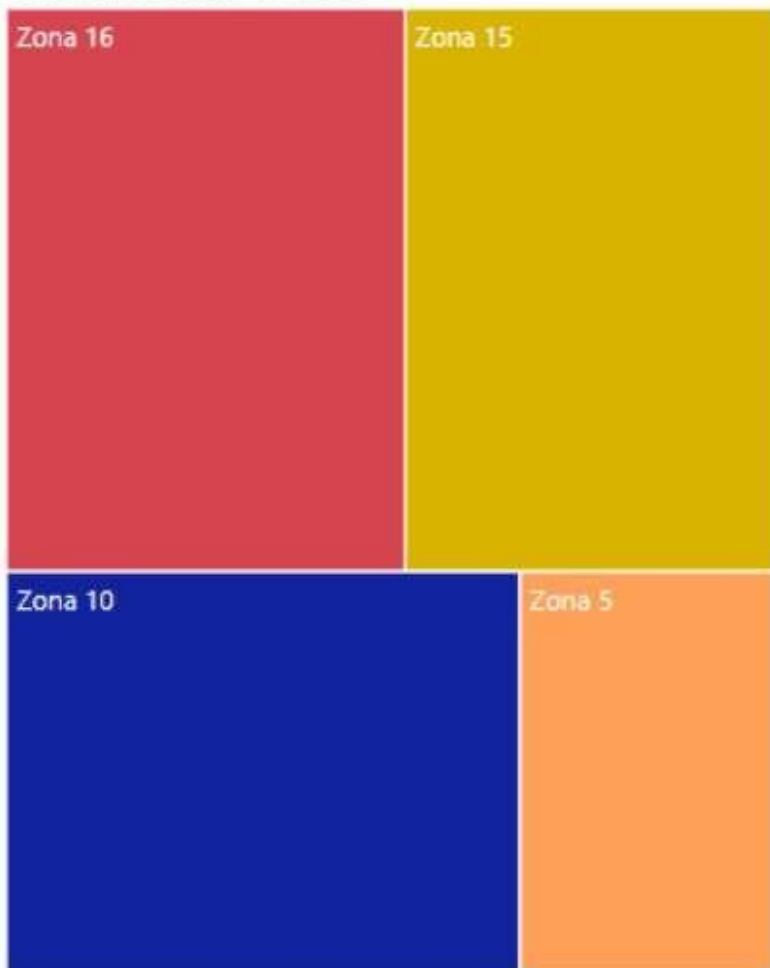
414

Recuento por Zona

Distribución por zona y precio

Zona ● Zona 10 ● Zona 15 ● Zona 16 ● Zona 5



















Precio por Zona en USD



UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

-  Red de drenaje
-  Zonas Municipio GT
-  Cuenca
- Zona de Vida**
- 
-  bh-MBT
-  bh-PMT
-  bh-T
-  bmh-MBT
-  bmh-MT
-  bmh-PMT
-  bmh-T
-  bms-T
-  bp-MT
-  bp-PMT
-  bs-PMT
-  bs-T
-  mp-SAT
-  <all other values>

## Descripción

El mapa presenta las zonas de vida de Holdridge la red de drenaje, límite de la cuenca y límites zonales.

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N

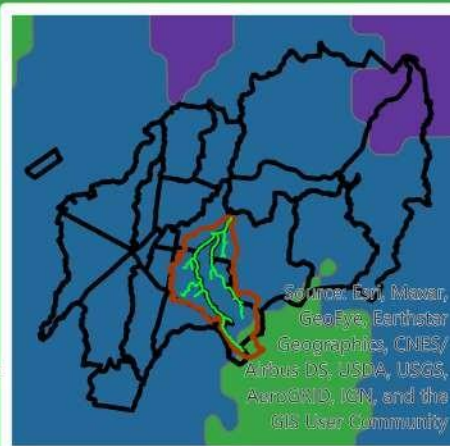
N



0 0.75 1.5 3 KM

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community





# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA


## Leyenda


 CUENCA


 Red Vial


 Zonas Municipio GT


## Densidad Vial

 0 - 3.3 km/km<sup>2</sup>


 3.4 - 6.9 km/km<sup>2</sup>


 7.0 - 11.6 km/km<sup>2</sup>

 11.7 - 17.2 km/km<sup>2</sup>

 17.3 - 25.6 km/km<sup>2</sup>

## Densidad Poblacional

 352 pp/km<sup>2</sup>

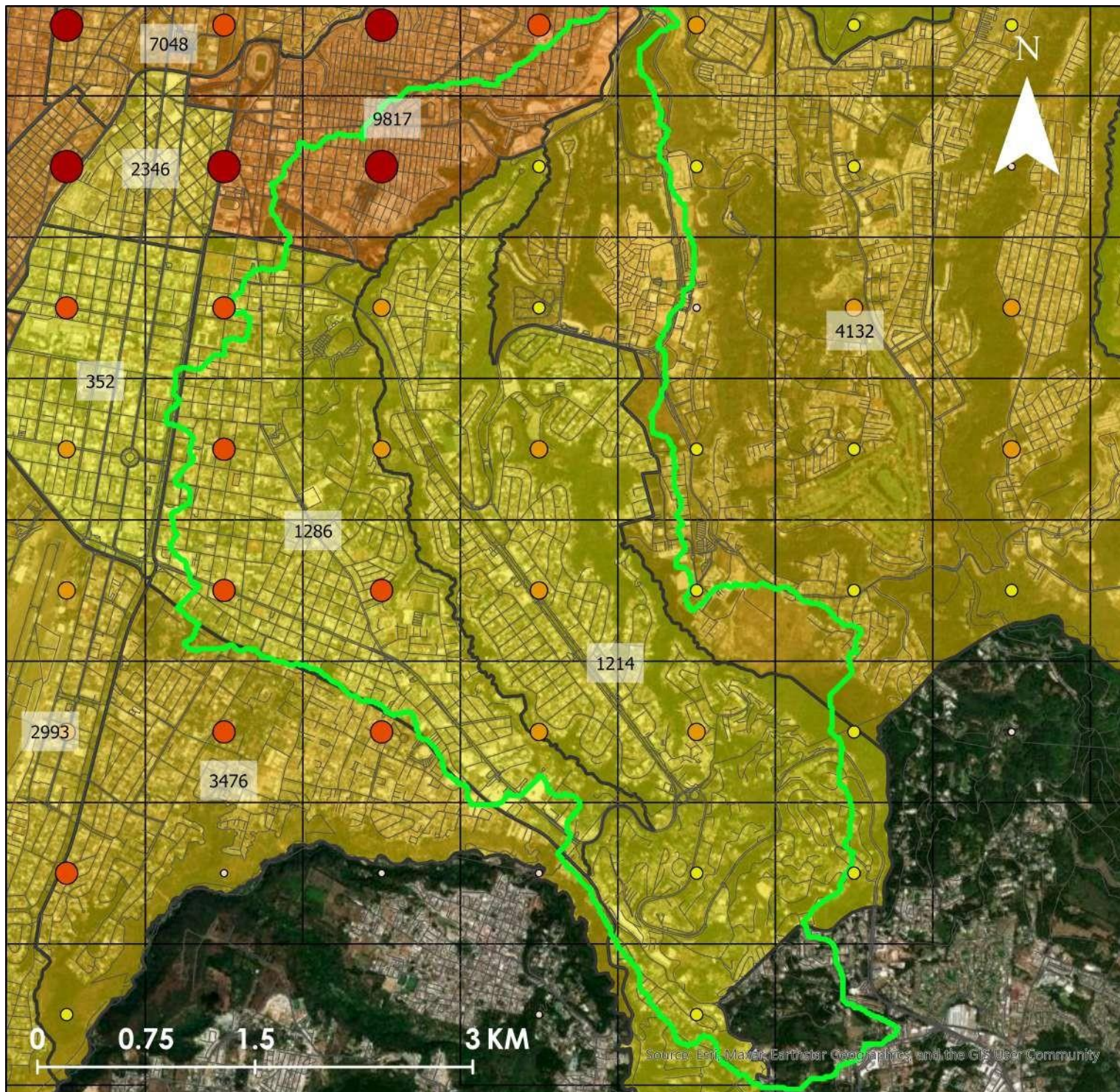
 19,919 pp/km<sup>2</sup>

## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre densidad vial  
y densidad poblacional

Referencia Espacial

Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



# UVG


UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA


## Leyenda


 CUENCA


 Red Vial


## Densidad Vial

 0 - 3.3 km/km<sup>2</sup>

 3.4 - 6.9 km/km<sup>2</sup>

 7.0 - 11.6 km/km<sup>2</sup>

 11.7 - 17.2 km/km<sup>2</sup>

 17.3 - 25.6 km/km<sup>2</sup>

LST

 ≤1

 ≤2

 ≤3

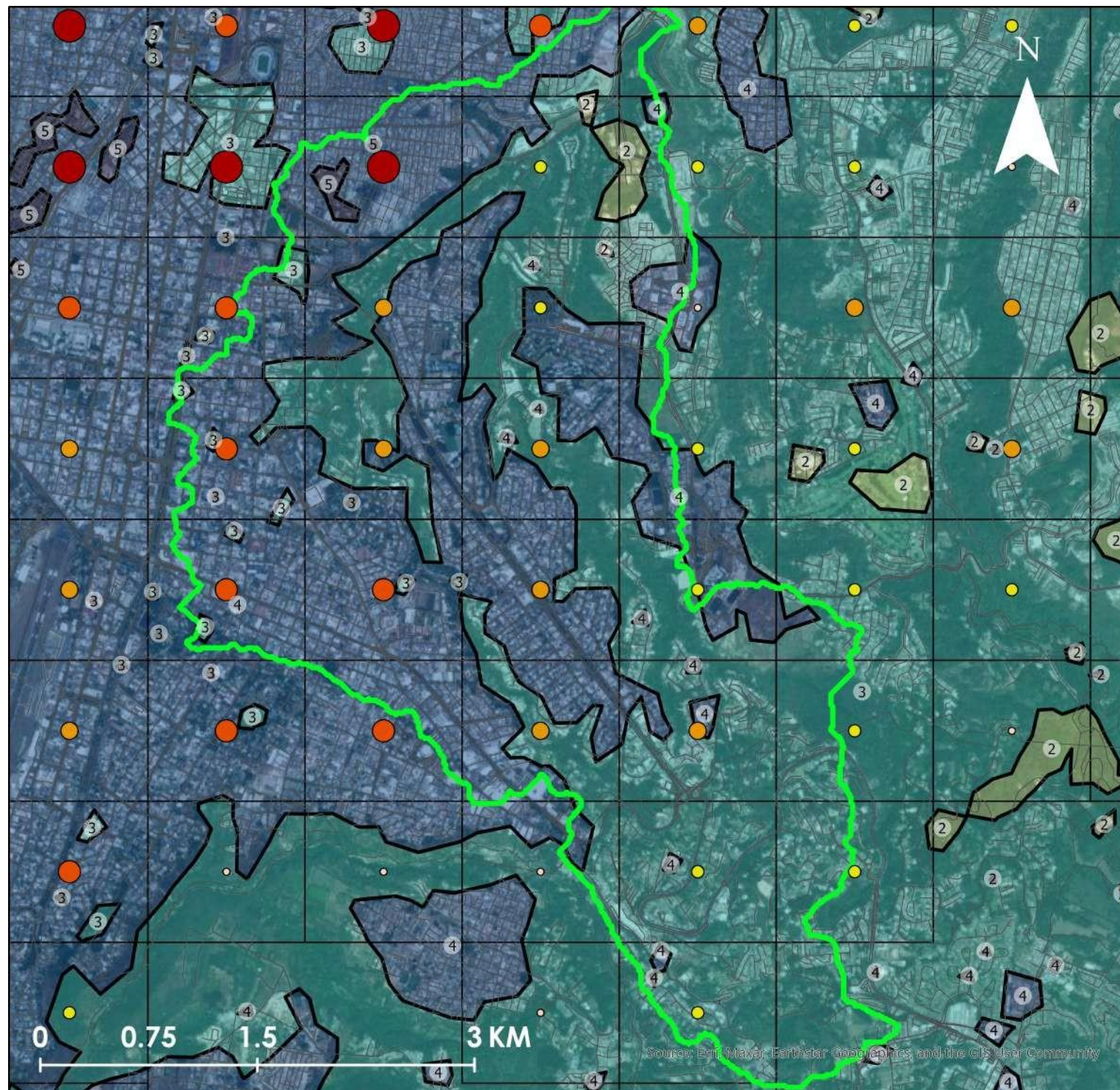
 ≤4

 ≤5

## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre el DENSIDAD VIAL Y  
LST

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda



 CUENCA

 Red Vial

NDVI

-  1
-   $\leq 0.185071$
-  3
-  4
-  5

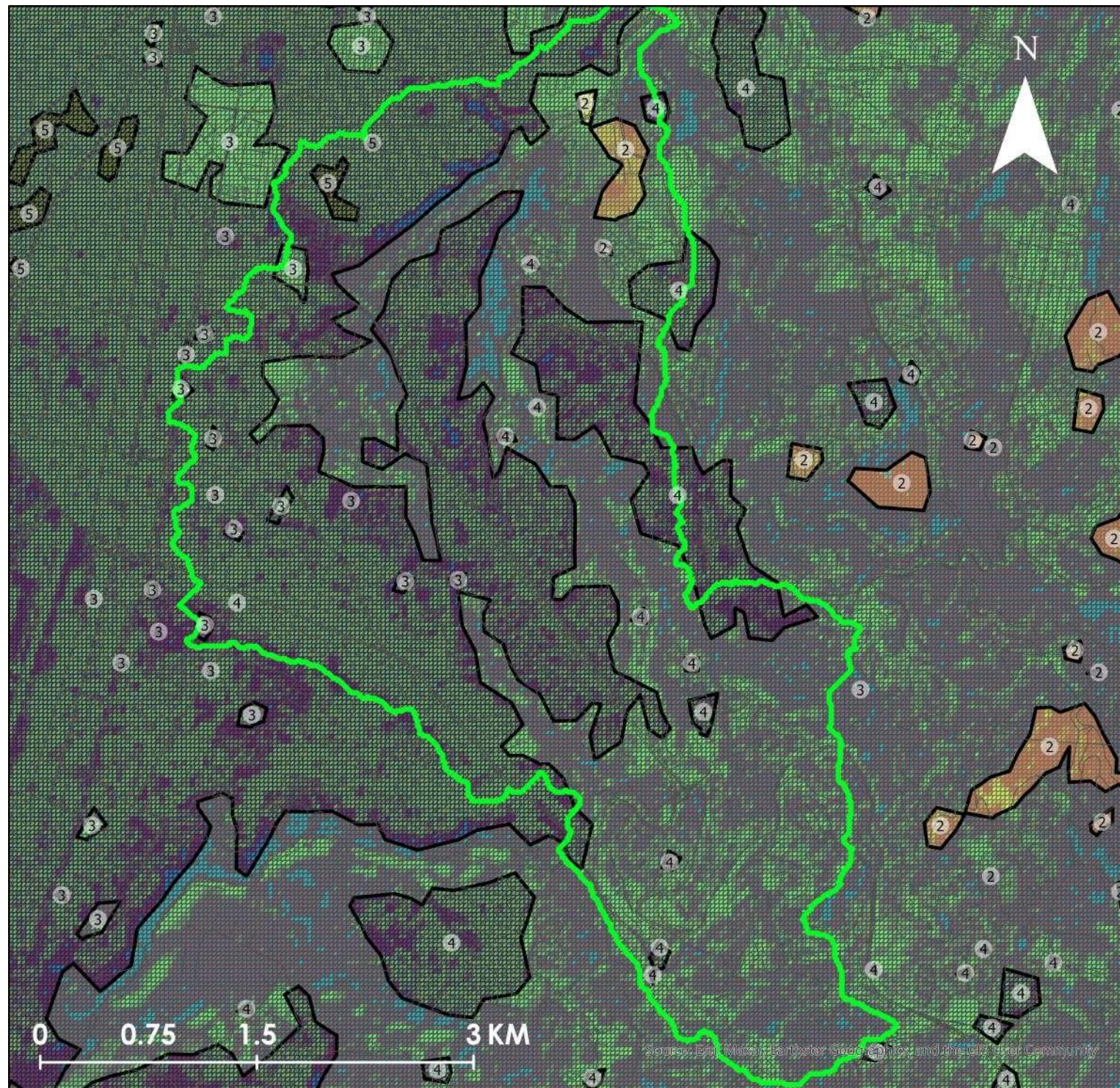
LST

-   $\leq 1$
-   $\leq 2$
-   $\leq 3$
-   $\leq 4$
-   $\leq 5$

## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre el NDVI y  
el LST

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA


## Leyenda

 CUENCA




 Red Vial

## Densidad Poblacional

 352 pp/km<sup>2</sup>

 19,919 pp/km<sup>2</sup>

NDVI

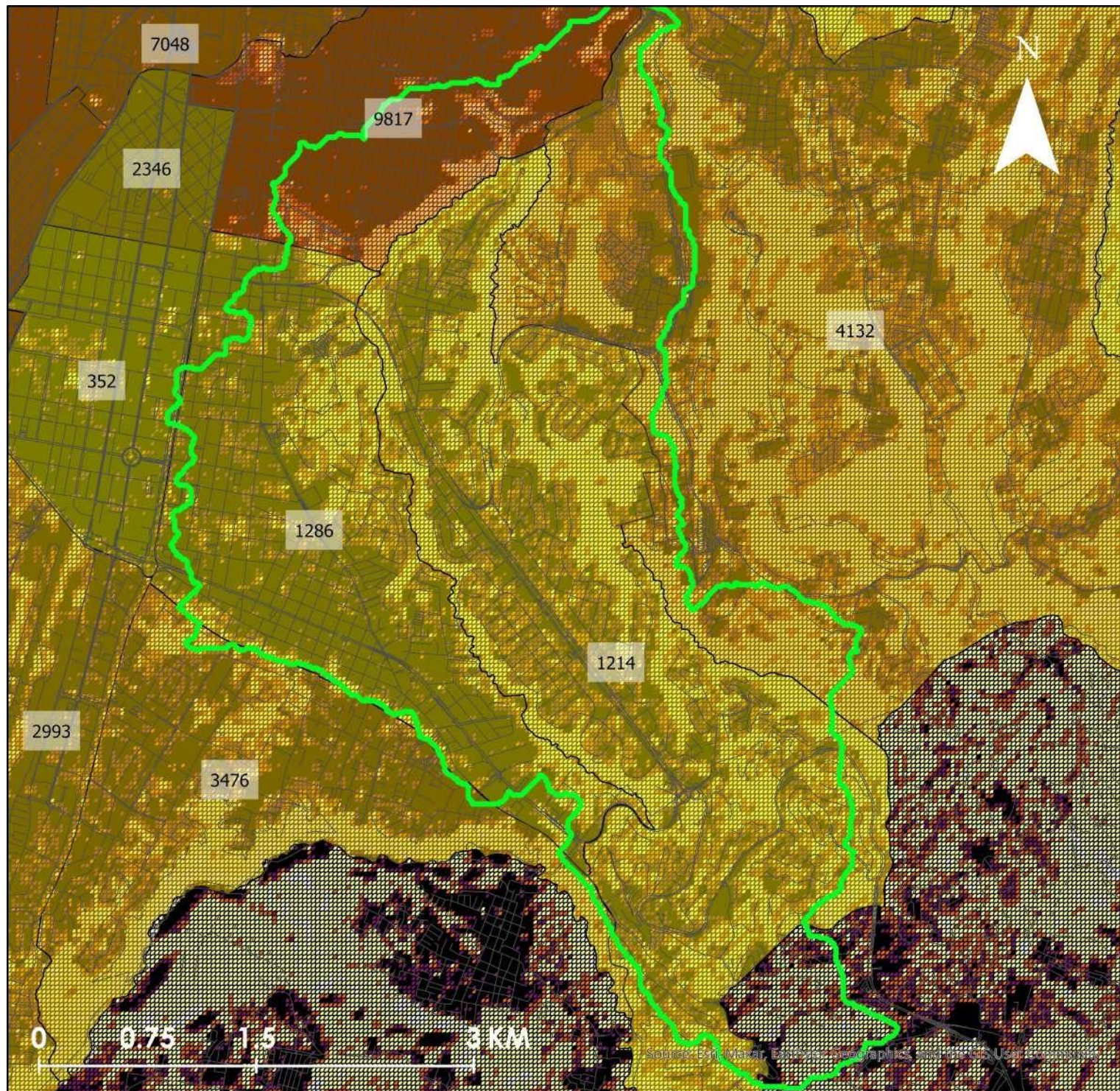
-  1
-  2
-  3
-  4
-  5

## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre el NDVI y  
Densidad poblacional

Referencia Espacial

Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



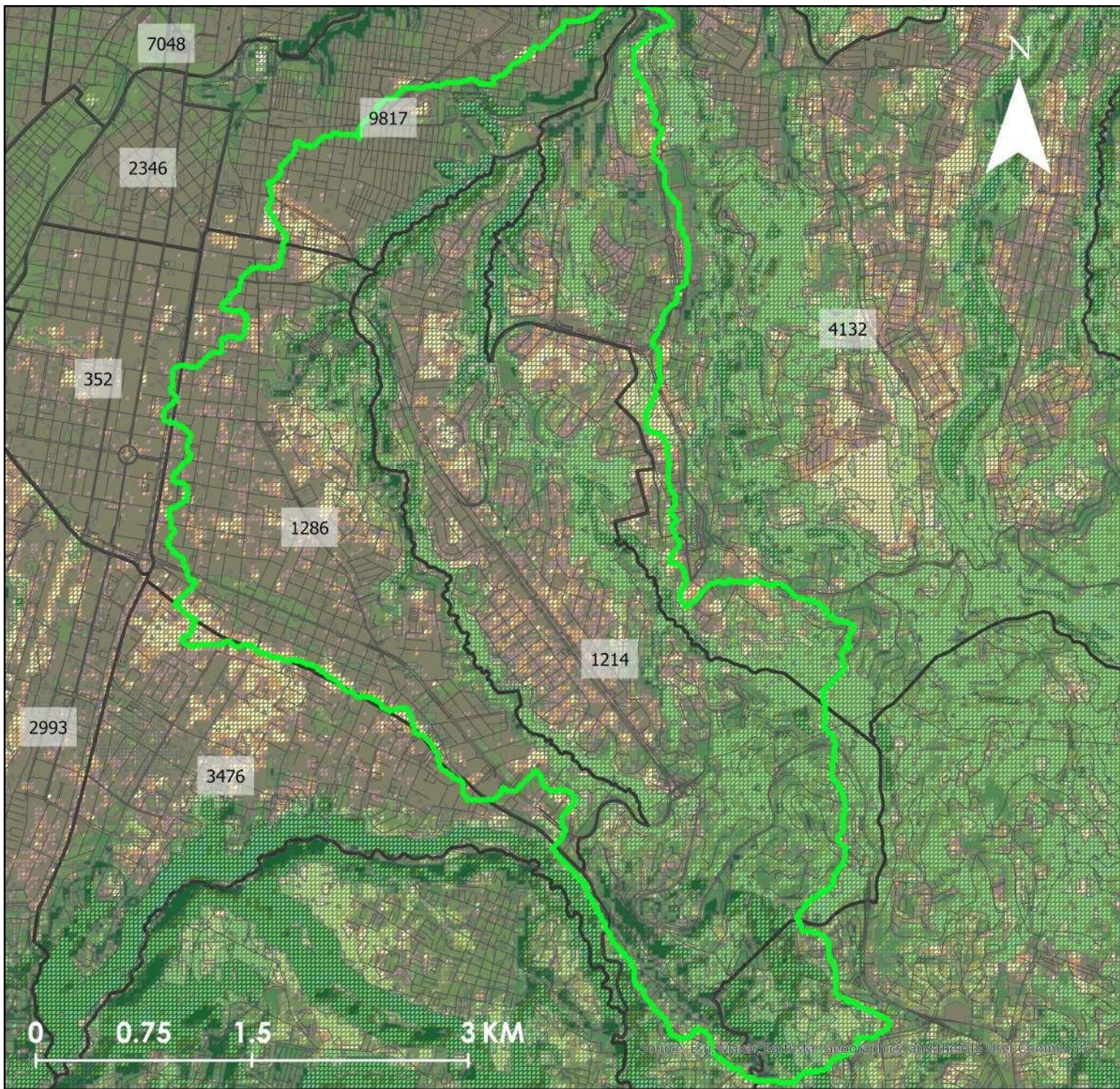
### Leyenda

- CUENCA
  - Red Vial
  - Zonas Municipio GT
- PROBABILIDAD A DESLIZAMIENTO
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5
- NDVI
- 1
  - 2
  - 3
  - 4
  - 5

### Descripción

El mapa presenta  
Relación entre el NDVI,  
la Probabilidad a deslizamiento  
y densidad poblacional

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N


















Source: Esri, DeLorme, GeoEye, "Geographic" and the GIS User Community



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

## Leyenda

-  CUENCA
-  Red Vial
-  Zonas Municipio GT
- PROBABILIDAD A DESLIZAMIENTO**
  -  1
  -  2
  -  3
  -  4
  -  5
- NDVI**
  -  1
  -  2
  -  3
  -  4
  -  5
- VIVIENDA**
  -  APARTAMENTOS
  -  CASAS

## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre el NDVI,  
la Probabilidad a deslizamiento  
densidad poblacional y  
vivienda.

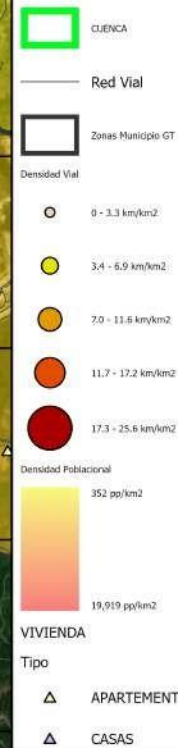
Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



# UVG

UNIVERSIDAD  
DEL VALLE  
DE GUATEMALA

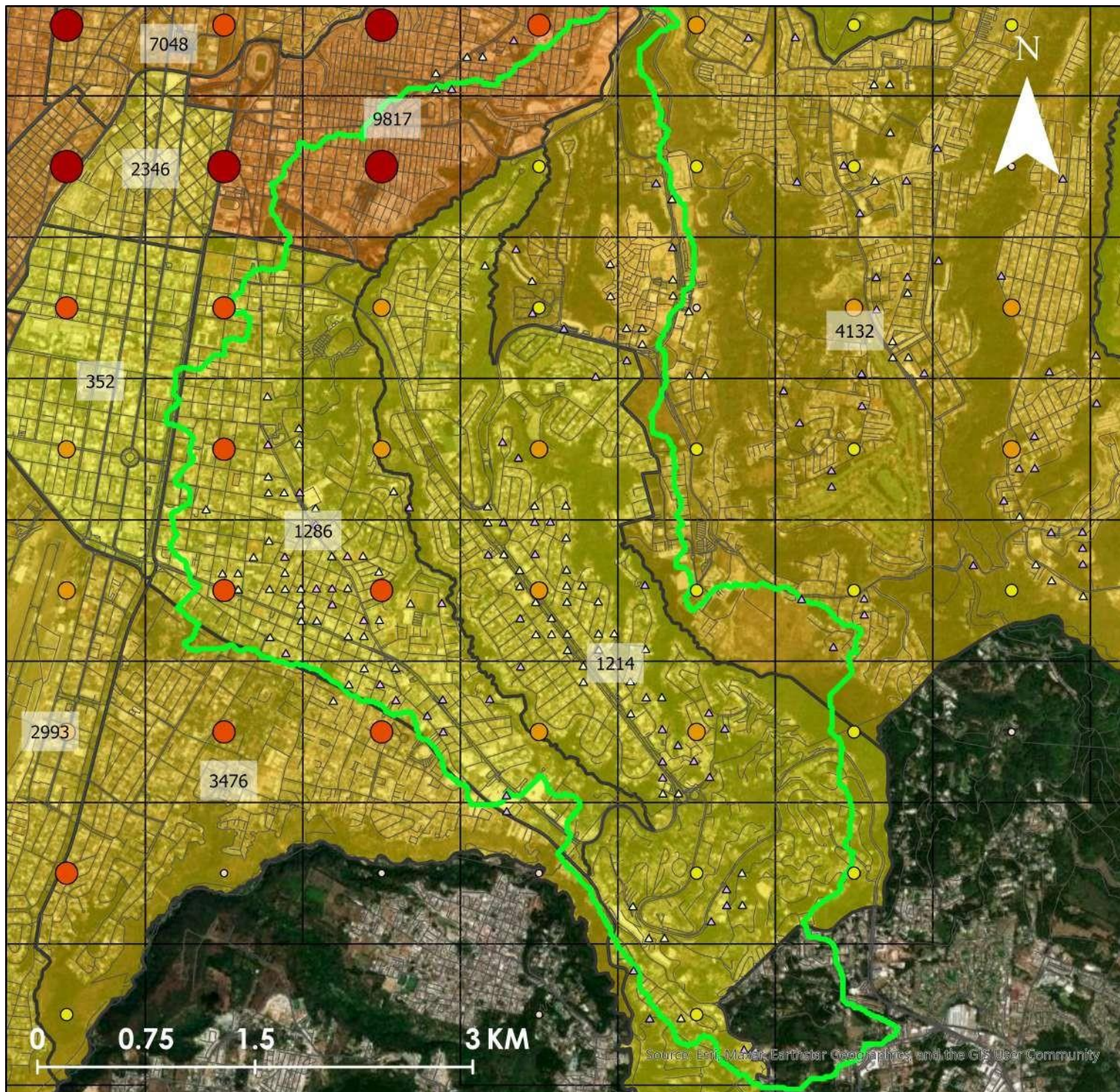
## Leyenda



## Descripción

El mapa presenta  
Relación entre densidad vial,  
densidad poblacional y  
vivienda en venta

Referencia Espacial  
Name: WGS 1984 UTM Zone 15N



Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community