



**“Elaboración de un mapa de áreas potenciales para la ubicación de pasos ilegales en la frontera norte de la provincia de Carchi, mediante proceso analítico jerárquico y evaluación espacial multicriterio”**

Camacho Pinos, Danny Alejandro y Carpio Asimbaya, Sol Aracely

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Geógrafo y del Medio Ambiente

Cnel. (SP) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando.

19 de agosto del 2022

# COPYLEAKS

TESIS\_CAMACHO\_CARPIO\_Copy\_Leaks.docx

Scanned on: 14:8 August 17, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	253
Words with Minor Changes	9
Paraphrased Words	744
Omitted Words	341



Firmado electrónicamente por:  
RODOLFO JAIME  
FERNANDO SALAZAR  
MARTINEZ



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

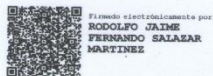
**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de titulación, “Elaboración de un mapa de áreas potenciales para la ubicación de pasos ilegales en la frontera norte de la provincia de Carchi, mediante proceso analítico jerárquico y evaluación espacial multicriterio” fue realizado por el señor **Camacho Pinos Danny Alejandro** y la señorita **Carpio Asimbaya Sol Aracely**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 19 de agosto de 2022**

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
RODOLFO JAIME  
FERNANDO SALAZAR  
MARTÍNEZ

**Crnel. (SP) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando.**

C. C: 1705683082





**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Camacho Pinos Danny Alejandro** con cédula de ciudadanía No. 0201574407 y **Carpio Asimbaya Sol Aracely** con cédula de ciudadanía No. 1722434774, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Elaboración de un mapa de áreas potenciales para la ubicación de pasos ilegales en la frontera norte de la provincia de Carchi, mediante proceso analítico jerárquico y evaluación espacial multicriterio”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 19 de agosto de 2022**

**Camacho Pinos Danny Alejandro**  
CC. 0201574407

**Carpio Asimbaya Sol Aracely**  
CC. 1722434774





**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**

**Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Camacho Pinos Danny Alejandro** con cédula de ciudadanía No. 0201574407 y **Carpio Asimbaya Sol Aracely** con cédula de ciudadanía No. 1722434774, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Elaboración de un mapa de áreas potenciales para la ubicación de pasos ilegales en la frontera norte de la provincia de Carchi, mediante proceso analítico jerárquico y evaluación espacial multicriterio”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 19 de agosto de 2022**

**Camacho Pinos Danny Alejandro**  
CC. 0201574407

**Carpio Asimbaya Sol Aracely**  
CC. 1722434774

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto a mi familia como pilar fundamental tanto en lo personal como en lo profesional, a ellos les dedico este sueño hecho realidad, mis padres Carmita y Danilo por apoyarme con mucha paciencia y esfuerzo, mi hermana Doménica por ser mi motor y el motivo constante de demostrarle que todo se logra, mis abuelitos Betty y Rodolfo por ser mas que solo abuelitos ser mi segundo hogar, ser mis segundos padres. Los amo con el alma.

***-Danny Alejandro Camacho Pinos-***

## Dedicatoria

Dedico este proyecto de manera especial a mi madre Claudia Asimbaya, por ser el pilar fundamental en mi vida, por apoyarme y aconsejarme con paciencia y amor en cada etapa de mi vida.

A mis abuelitos Claudio y Noemí, las personas más nobles, quienes me han brindado su cariño y generosidad día tras día, siendo el ejemplo más grande de perseverancia y determinación.

A mis tíos y primos que siempre estuvieron pendientes a largo de todo este proceso académico y me acompañaron con su alegría haciendo de mis días más bonitos.

Finalmente, a mi amigo de tesis que estuvo presente desde el inicio de esta travesía, compartiendo momentos alegres y tristes, brindando su ayuda en cada instante, sin duda una amistad que florecerá y permanecerá a lo largo del tiempo.

***-Sol Aracely Carpio Asimbaya-***



## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, pero el agradecimiento más grande a mis padres y a mi hermana, que siempre estuvieron en cada momento de mi vida, gracias por enseñarme que el trabajo duro siempre tiene su recompensa, que rendirse no es una opción y aunque exista muchos obstáculos la paciencia y la constancia siempre rinde grandes frutos. Ahora este éxito es gracias a su confianza que ellos depositaron en mí.

A mis abuelitos mami Betty y papi Rodo, que durante toda mi vida nunca dejaron de estar preocupados y apoyándome en cualquier situación que se me presentara, a mi abuelita mami Angelita quien me abrió las puertas de su casa y llego a convertirse en un apoyo incondicional.

A mis grandiosos amigos que pude conocer en a lo largo de la universidad, quienes marcaron un antes y un después en mi vida, compartiendo conmigo cada experiencia buena y mala, abriendo su corazón haciéndome sentir muy cerca de mi familia aun estando lejos de ella, haciendo que esta etapa sea inolvidable.

A una persona especial por hacerme una mejor persona y motivarme a nunca darme por vencido, además de familia y personas que llegaron a mi vida a estar pendientes de mí siempre.

A mi tío Lenin, que como jefe de operaciones de la IVDE “Amazonas” en las Fuerzas Armadas nos brindó todo su apoyo en la ejecución y elaboración de este proyecto de investigación.

Finalmente, a mi amiga, Sol, que durante el transcurso de toda la carrera y el desarrollo de esta investigación, formamos un gran equipo y una gran amistad.

***-Danny Alejandro Camacho Pinos-***

## **Agradecimientos**

A Dios por brindarme tantas bendiciones y oportunidades a lo largo de mi vida, por permitirme alcanzar un logro más ya que con su paciencia y amor todo es posible.

A toda mi familia, por ofrecerme su apoyo incondicional durante todos estos años y no dejarme desfallecer ante las dificultades, gracias por los consejos y reprimendas que me llevaron a ser la persona que soy hoy en día.

A todos los docentes que entregaron su esmero y conocimiento a lo largo de la vida académica y dejaron un granito de arena en nuestro corazón, en especial al Coronel Rodolfo Salazar y el Ingeniero Oswaldo Padilla quienes nos guiaron en todo este proceso y brindaron su apoyo sin reserva alguna.

A mis amigas incondicionales Liz y Sarita con quienes compartimos tantas aventuras desde primer semestre hasta la actualidad, gracias por su amistad y lealtad en los momentos más difíciles. Además, a todas aquellas personas que siempre estuvieron desde un principio brindándome momentos inolvidables.

Por último, a mis fieles compañeros de desvelo: Copo, Maya y Balto.

***-Sol Aracely Carpio Asimbaya-***

## Índice de contenidos

<b>Certificación</b> .....	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría</b> .....	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación</b> .....	<b>5</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>6</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>7</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>8</b>
<b>Agradecimientos</b> .....	<b>9</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>20</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>21</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>22</b>
<b>Generalidades</b> .....	<b>22</b>
Antecedentes .....	22
Planteamiento del problema .....	25
Justificación e Importancia .....	26
<b>Objetivos</b> .....	<b>30</b>
Objetivo general .....	30
Objetivos específicos.....	30
<b>Metas del Proyecto</b> .....	<b>31</b>
<b>Capítulo II</b> .....	<b>32</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>32</b>



	11
Base Teórica .....	32
Sistemas de Información Geográfica .....	32
Componentes de un SIG.....	32
Hardware .....	32
Software.....	33
Datos .....	33
Métodos .....	33
Personal.....	33
Importancia de los SIG en la seguridad y defensa .....	34
Modelo Cartográfico.....	35
Sistema de Posicionamiento Global – GPS .....	35
Estructura del Sistema GPS .....	36
Segmento espacial .....	36
Segmento de Control .....	37
Segmento del Usuario.....	37
Base Conceptual .....	38
Evaluación espacial multicriterio .....	38
Proceso analítico jerárquico (Saaty) .....	38
Ponderación de factores .....	39
Método de comparación por pares de Saaty.....	39
Raster Calculator .....	39

	12
Inverse Distance Weighted (IDW) .....	40
Base Legal .....	40
<b>Capítulo III .....</b>	<b>42</b>
<b>    Metodología .....</b>	<b>42</b>
Descripción del área de estudio .....	42
Metodología de desarrollo de proyecto.....	43
Fase de Organización de la Información preliminar.....	45
Diseño del Plan de recopilación de información.....	45
Selección de Componentes .....	45
Fase de Recopilación de la Información.....	46
Toma de coordenadas de pasos fronterizos no autorizados.....	46
Obtención de información Temática.....	47
Fase de Procesamiento y Análisis de la Información.....	48
Generación de información Geoespacial .....	48
Generación de la Geodatabase .....	50
Método de Ponderación .....	50
SATTY Modificado .....	51
Interpolación IDW .....	56
Estandarización .....	58
Distancias .....	64
Restricción .....	66

	13
Densidad Puntos.....	66
Normalización .....	68
Peso Derivados de encuestas a Expertos.....	72
Proceso Analítico Jerárquico .....	73
Mapa de Subcriterios Ponderados .....	78
Fase de verificación y obtención de resultados .....	80
Verificación en campo.....	80
Mapa de zonas Óptimas .....	80
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>82</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>82</b>
Variables del Componente Biofísico .....	82
Uso y capacidad del suelo .....	82
Cobertura del suelo.....	83
Textura del suelo .....	84
Ecosistemas.....	85
Precipitación .....	86
Temperatura .....	88
Tipos de climas .....	89
Pendiente.....	90
Hidrología .....	91
Áreas Protegidas .....	92



	14
Variables del Componente Militar .....	93
Pasos fronterizos no autorizados .....	93
Unidades Militares .....	95
Pasos fronterizos autorizados .....	97
Componente Social .....	98
Densidad Poblacional .....	98
Servicios de Educación.....	99
Servicios de Salud .....	100
Vías.....	101
Componentes de los modelos geoespaciales.....	103
Componente Biofísico .....	103
Componente Militar .....	106
Componente Social.....	109
Modelos.....	112
<b>Capítulo V.....</b>	<b>120</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>120</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>122</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>123</b>

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1 <i>Pasos Fronterizos No Autorizados</i></b> .....	<b>27</b>
<b>Tabla 2 <i>Método de ponderación de cada variable</i></b> .....	<b>51</b>
<b>Tabla 3 <i>Pesos de cada variable según su grado de importancia</i></b> .....	<b>52</b>
<b>Tabla 4 <i>Ponderación de cada componente</i></b> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 5 <i>Matriz pareada</i></b> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 6 <i>Índice de consistencia</i></b> .....	<b>74</b>
<b>Tabla 7 <i>Coordenadas de los pasos fronterizos no autorizados</i></b> .....	<b>94</b>
<b>Tabla 8 <i>Coordenadas de las unidades militares</i></b> .....	<b>96</b>
<b>Tabla 9 <i>Coordenadas de los pasos fronterizos autorizados</i></b> .....	<b>97</b>
<b>Tabla 10 <i>Relación de las vías con los PFNA</i></b> .....	<b>103</b>
<b>Tabla 11 <i>Pesos de las variables por tesistas</i></b> .....	<b>113</b>
<b>Tabla 12 <i>Pesos de las variables por experto militar</i></b> .....	<b>113</b>
<b>Tabla 13 <i>Pesos de las variables por experto docente</i></b> .....	<b>114</b>
<b>Tabla 14 <i>Pesos de los componentes por expertos</i></b> .....	<b>115</b>

**Índice de figuras**

<b>Figura 1 Componentes de un SIG .....</b>	<b>34</b>
<b>Figura 2 Captación de información de 4 satélites.....</b>	<b>36</b>
<b>Figura 3 Herramienta Raster Calculator .....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4 Área de estudio.....</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5 Metodología general del proyecto.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 6 Conversión de puntos GPS.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 7 Límite cantonal de Tulcán.....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 8 Carga de coordenadas en excel .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 9 Geodatabase .....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 10 Añadir campos.....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 11 Selección por atributos .....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 12 Calculadora de campo.....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 13 Herramienta Dissolve .....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 14 Herramienta IDW.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 15 Raster de interpolación .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 16 Herramienta Create TIN .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 17 TIN.....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 18 Herramienta TIN to Raster.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 19 Generación de raster .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 20 Herramienta Clip.....</b>	<b>61</b>



Figura 21 <i>Raster recortado</i> .....	62
Figura 22 <i>Herramienta Slope</i> .....	63
Figura 23 <i>Raster de pendiente</i> .....	63
Figura 24 <i>Herramienta Euclidean Distance</i> .....	65
Figura 25 <i>Raster de distancias</i> .....	65
Figura 26 <i>Zonas de restricción</i> .....	66
Figura 27 <i>Herramienta Kernel Density</i> .....	67
Figura 28 <i>Raster Densidad de Puntos</i> .....	67
Figura 29 <i>Propiedades de capa</i> .....	68
Figura 30 <i>Herramienta Raster Calculator</i> .....	68
Figura 31 <i>Herramienta Feature to Raster</i> .....	70
Figura 32 <i>Conversión de polígono a raster</i> .....	70
Figura 33 <i>Herramienta Extract by Mask</i> .....	71
Figura 34 <i>Raster sin máscara</i> .....	72
Figura 35 <i>Encuesta a expertos</i> .....	73
Figura 36 <i>Herramienta Raster Calculator</i> .....	79
Figura 37 <i>Modelo geoespacial sobre la componente social para el modelo 02</i> .....	79
Figura 38 <i>Modelo geoespacial sobre la componente militar para el modelo 03</i> .....	80
Figura 39 <i>Zonas óptimas</i> .....	81
Figura 40 <i>Mapa de uso y capacidad del suelo</i> .....	83
Figura 41 <i>Mapa de cobertura del suelo</i> .....	84

<b>Figura 42 Mapa de textura del suelo .....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 43 Mapa de ecosistemas .....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 44 Mapa de precipitación .....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 45 Mapa de temperatura.....</b>	<b>88</b>
<b>Figura 46 Mapa de tipos de clima.....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 47 Mapa de pendiente.....</b>	<b>91</b>
<b>Figura 48 Mapa hidrológico .....</b>	<b>92</b>
<b>Figura 49 Mapas de áreas de protección.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 50 Mapa de pasos fronterizos no autorizados.....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 51 Mapa de unidades militares .....</b>	<b>96</b>
<b>Figura 52 Mapa de pasos fronterizos autorizados.....</b>	<b>97</b>
<b>Figura 53 Mapa de densidad poblacional .....</b>	<b>99</b>
<b>Figura 54 Mapa de servicios de educación .....</b>	<b>100</b>
<b>Figura 55 Mapa de servicios de salud.....</b>	<b>101</b>
<b>Figura 56 Mapa vial.....</b>	<b>102</b>
<b>Figura 57 Mapa Componente Biofísico – Modelo 01.....</b>	<b>104</b>
<b>Figura 58 Mapa Componente Biofísico – Modelo 02.....</b>	<b>105</b>
<b>Figura 59 Mapa Componente Biofísico – Modelo 03.....</b>	<b>106</b>
<b>Figura 60 Mapa Componente Militar – Modelo 01 .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 61 Mapa Componente Militar – Modelo 02 .....</b>	<b>107</b>
<b>Figura 62 Mapa Componente Militar – Modelo 03.....</b>	<b>109</b>

<b>Figura 63 <i>Mapa Componente Social – Modelo 01</i></b> .....	<b>110</b>
<b>Figura 64 <i>Mapa Componente Social – Modelo 02</i></b> .....	<b>110</b>
<b>Figura 65 <i>Mapa Componente Social – Modelo 03</i></b> .....	<b>112</b>
<b>Figura 66 <i>Mapa modelo 01</i></b> .....	<b>116</b>
<b>Figura 67 <i>Mapa modelo 02</i></b> .....	<b>117</b>
<b>Figura 68 <i>Mapa modelo 03</i></b> .....	<b>118</b>

## Resumen

La frontera norte en la provincia del Carchi se ha visto gravemente afectada por la complejidad en el control y la permeabilidad que existe de nuevos corredores o vías utilizadas para el contrabando, por donde fugan e ingresan productos y elementos exceptos de fiscalización, debido a que su único recurso es la cartografía base no georreferenciada, por lo que el presente trabajo de investigación propone determinar áreas potenciales para la ubicación de pasos ilegales en la frontera Norte de la provincia de Carchi, como apoyo en las operaciones Militares de las Fuerzas Armadas, mediante una Evaluación Espacial Multicriterio (EEMC). Para lograr este objetivo, se realizó la toma de coordenadas de los pasos fronterizos no autorizados, mediante un reconocimiento en campo con un equipo de posicionamiento satelital, con la finalidad de obtener estos puntos georreferenciados. Posteriormente se recopiló información geoespacial temática a diferentes escalas de la provincia del Carchi, de manera que se estableció variables y subvariables a cada uno de los componentes temáticos (biofísico, militar y social), asignando sus respectivas ponderaciones a través de una evaluación espacial multicriterio y proceso analítico jerárquico (Saaty). Finalmente, se generó como resultado del estudio tres modelos cartográficos de áreas potenciales para la ubicación de posibles pasos fronterizos no autorizados, de los que se optó por el modelo 01 como el más lógico debido a que sus condiciones del territorio son las más similares a las modeladas en el software.

*Palabras clave:* frontera, pasos ilegales, Saaty, evaluación espacial multicriterio.

## Abstract

The northern border in the province of Carchi has been seriously affected by the complexity in the control and permeability of new corridors or routes used for smuggling, where products and elements except for control escape and enter, because its only resource is the non-georeferenced base mapping, so this research work proposes to determine potential areas for the location of illegal crossings in the northern border of the province of Carchi, as support in the military operations of the Armed Forces, through a Multicriteria Spatial Evaluation. To achieve this, the coordinates of unauthorized border crossings were taken by means of a field reconnaissance with a global positioning system equipment, in order to obtain these georeferenced points. Subsequently, thematic geospatial information was compiled at different scales in the province of Carchi, so that variables and sub-variables were established for each of the thematic components (biophysical, military and social), assigning their respective weightings through a spatial multi-criteria evaluation and hierarchical analytical process (Saaty). Finally, as a result of the study, three cartographic models of potential areas were generated for the location of possible unauthorized border crossings, where model 01 was chosen as the most logical because its territorial conditions are the most similar to those modeled in the software.

*Keywords:* border, illegal crossings, Saaty, multicriteria spatial evaluation.

## Capítulo I

### Generalidades

#### Antecedentes

En la frontera norte del Ecuador, existen amenazas mixtas generadas por diferentes actores, organizando nuevas estructuras de poder que persiguen fines puramente económicos o materiales, con amplias capacidades de movilización, conocimiento de rutas y vínculos internacionales con diferentes actividades ilícitas (Jarrín Román et al., 2018).

En la actualidad, estas amenazas mixtas representan un riesgo de seguridad para el país, las mismas que han sido identificadas y combatidas por las Fuerzas Armadas, que persiguen a estas organizaciones y grupos delincuenciales dedicadas a las actividades ilícitas como: narcotráfico, trata de personas, tráfico de migrantes, minería ilegal, lavado de activos, tráfico de armas, municiones, explosivos y accesorios (TAMEX), entre otros (Jarrín Román et al., 2018).

Al tener la frontera norte del Ecuador una notable problemática que recae en la actuación de las organizaciones delincuenciales multinacionales, estos grupos intentan involucrar a los residentes fronterizos, ampliar la estructura del crimen organizado y tener influencia en los mercados nacionales e internacionales. Por lo que, en los últimos años, esta problemática ha tenido un crecimiento notable y progresivo debido a la precariedad del ámbito laboral, terrenos baldíos, extremas condiciones naturales, circunstancias económicas y sociales, infraestructura, salud pública y convivencia ciudadana insatisfecha, afectando la vida de las personas que allí se establecieron. (Levoyer Rodríguez, 2020).

La situación de la frontera norte tiende a ser compleja, ya que, si bien se ha avanzado en el combate al crimen organizado, estos avances no pueden sostenerse ni medirse por la falta de una política nacional que incluya, comprenda y elabore una

estrategia institucional de seguridad pública a partir de las nuevas amenazas localizadas en nuestro territorio, lo que demuestra que el país tiene una inestable posición en la gestión diplomática de las relaciones con el país vecino Colombia (Cruz, 2019).

En este sentido, se ha determinado que los sistemas de seguridad pública y del estado nacional no cuentan con métodos integrales de gestión fronteriza para mitigar riesgos y combatir amenazas de los grupos de Delincuencia Organizada Transnacional (DOT) de manera coordinada y efectiva, donde la principal razón es que no existe una adecuada coordinación logística de los destacamentos de control de las Fuerzas Armadas; sin este componente, el comportamiento ilegal se convertirá en el mecanismo de vida de ciertos sectores de esta gran zona geográfica fronteriza, a través de la producción y apropiación indebida de la economía criminal, que acaban manteniendo una economía de sitios que tienen bajas capacidades de producción, o una economía formal (Jarrín Román et al., 2018).

Como medida para establecer estas nuevas zonas potenciales a través del poder de la tecnología geoespacial, las organizaciones ahora pueden adoptar un enfoque más inteligente e integrador para la seguridad en general, ya que los Sistemas de Información Geográfica SIG ofrecen la capacidad idónea de utilizar la ubicación como una manera de fusionar sistemas, con diversos datos e integrando todo en una visión común; además, brindan un gran beneficio como herramientas de diseño, ya que, hace posible el análisis y relación de gran cantidad de variables, parámetros y elementos que actúan dentro de una estructura como defensa y seguridad militar, ayudando a "modelar las condiciones óptimas bajo las cuales sea posible la identificación de rutas o áreas potenciales de pasos ilegales", permitiendo implementar sitios de control al personal de las Fuerzas Armadas (UNODC, 2020).

En este sentido, las Fuerzas Armadas, como institución a cargo de la coordinación y estructuración de políticas, pautas, procedimientos y diferentes acciones relacionadas al medio de seguridad fronteriza, necesitan del apoyo de recursos cartográficos para una óptima vigilancia de los pasos no autorizados, coadyuvando a la defensa y desarrollo de la frontera norte.

Para el presente trabajo se tomó como referencia metodológica un estudio realizado por (Palacios, 2018), donde se logró identificar zonas óptimas mediante la utilización de la evaluación multicriterio, a través de la ponderación de sus variables y subvariables con el Proceso Analítico Jerárquico (AHP). En el estudio, se planteó determinar la ubicación óptima de un relleno sanitario para la ciudad de Macas, con el fin de establecer opciones de ubicación para futuros cambios a la ubicación actual. Se trabajó con variables de: pendiente, uso de suelo, permeabilidad del suelo, ríos, vías, zona urbana y aeropuerto; a cada parámetro se asignó una ponderación mediante la matriz de Saaty, para ser ingresados en un SIG en que se realizó un álgebra de mapas. Como resultado se obtuvo una aérea que cumplió con las condiciones impuestas para el estudio, ubicado en la parte noroeste de la ciudad.

En resumen, ante los crímenes en la zona fronteriza, el Estado necesita realizar un diagnóstico e intervención integral para articular el trabajo de las Fuerzas Armadas, Policía Nacional y otras instituciones estatales para garantizar la defensa de la soberanía, la seguridad pública, el desarrollo integral del país y poblados limítrofes con Colombia, al mismo tiempo que se garantizará la protección, seguridad y derechos de los grupos vulnerables que viven en las zonas fronterizas (CONASIF, 2018). Por lo tanto, es imprescindible optimizar la generación de información geográfica para prevenir y predecir acciones que amenacen y atenten contra del bienestar ciudadano.



## **Planteamiento del problema**

Las fronteras a nivel global son consideradas como un sistema o espacio de intercambio, ya sea de personas, bienes y servicios, además de ser una zona de localización de actividades, anclaje socio territorial, y mercados ilegales donde se proliferan fenómenos como es el caso del narcotráfico, contrabando y diversas migraciones. Para algunos autores el principal problema de estos territorios inciertos es el factor económico y la falta de políticas públicas y servicios por parte del Estado, donde la militarización no cuenta con los suficientes recursos para abarcar toda el área fronteriza; por lo tanto, no existe un cabal conocimiento del desarrollo de estas zonas que soportan problemas de violencia y de aumento del crimen que se evidencia día tras día (Dammert & Bensús, 2017).

De esta manera la frontera norte en la provincia del Carchi se ha visto gravemente afectada por la complejidad en el control y la permeabilidad que existe de nuevos corredores o vías utilizadas para el contrabando por donde fugan e ingresan productos y elementos exentos de fiscalización, debido a que el único recurso para la planificación es la cartografía base no georreferenciada. Este conflicto ha sido catalogado como uno de los problemas más devastadores en la historia del país (Levoyer Rodríguez, 2020).

Los gobiernos de Ecuador y Colombia no han abordado adecuadamente las diferentes realidades, percepciones y necesidades de los temas de seguridad común que han surgido en los últimos años, saliendo a flote desde los años dos mil hasta la actualidad varios problemas, dificultando el control fronterizo en el ámbito jurisdiccional y seguridad de la soberanía de uno y otro Estado (Jarrín Román et al., 2018).

Bajo las premisas previamente mencionadas, el presente proyecto de investigación propone determinar nuevas áreas de pasos ilegales a lo largo de la frontera norte en la Provincia del Carchi, a fin de que el personal de las Fuerzas Armadas pueda tener nuevas herramientas para un mayor control en la movilización humana, narcotráfico y contrabando.

En consecuencia, lo que se pretende es proporcionar productos cartográficos mediante la elaboración de mapas temáticos a través de un análisis espacial multicriterio para la localización de posibles áreas estratégicas de control militar.

### **Justificación e Importancia**

La Frontera Norte del Ecuador en los últimos años está adquiriendo un importante crecimiento en el cometimiento de actividades ilícitas, por parte de organizaciones, bandas o personas que se dedican al: narcotráfico, minería ilegal, contrabando, delitos hidrocarburíferos, y demás actividades que se encuentran al margen de la ley, evitando los controles de la Fuerza Pública utilizando los pasos fronterizos no autorizados (PFNA), rutas de segundo y tercer orden (Burbano, 2011).

El crecimiento fronterizo ha venido siempre orientado hacia la región Andina Central, área geográfica correspondiente a la región nororiental de la provincia de Carchi, sustentada en la Carretera Panamericana, como columna vertebral del sistema vial, cuya clasificación económica es Activa o Comercial (Jarrín Román et al., 2018).

Según datos proporcionados por el Comando de la Cuarta División de Ejército “Amazonas”, durante el último periodo del 2021 se ha realizado constantes operaciones de control planificadas y no planificadas por parte del GO 1.3 “ANDES”, en las provincias del Carchi e Imbabura, logrando decomisar material significativo. Por otra parte, el GO 1.3 “ANDES” en coordinación con la U.O 1.3.1 “MAYOR GALO MOLINA” y la U.O 1.3.2 “YAGUACHI”, realiza operaciones de control en las provincias de Carchi, Imbabura y Sucumbíos, con el fin de contrarrestar el accionar de las organizaciones y personas dedicadas al cometimiento de actividades ilícitas en esta jurisdicción, pero no se descarta la posibilidad de que traten de buscar otros métodos o rutas para continuar realizando mencionadas actividades al margen de la ley.

Por tanto, la frontera norte se encuentra involucrada en un serio problema, debido a que sus rutas o corredores son utilizados para filtrar una gran variedad de artículos y productos exentos de la ley, así mismo presenta una cartografía no georreferenciada como único recurso para la vigilancia de este espacio geográfico. Al momento de la realización de este trabajo se ha identificado informalmente 26 pasos fronterizos no autorizados (ver tabla N°1), lo cual dificulta gravemente el control por parte de las Fuerzas Armadas. Estos pasos han sido, catalogados como una problemática muy compleja e importante para el servicio de la institución (Levoyer Rodríguez, 2020).

### **Tabla 1**

#### *Pasos Fronterizos No Autorizados*

ORD	PASO
1	Tufiño
2	El Carmelo
3	La Chorrera
4	Angostura
5	El Ojal
6	La Unión
7	El Partidero
8	San Juan
9	Puente de Palo
10	La Arena
11	Angasmayo
12	4 Esquinas
13	Cartagena
14	Sta. Bárbara
15	El Charco
16	Aguas Hediondas
17	Potrerosillos
18	20 de Marzo
19	Quinshul
20	Chical
21	Capulí
22	Urbina
23	Calle Larga
24	Pulcas

---

<b>25</b>	Fátima
<b>26</b>	Fraylejón

---

*Nota.* Tomado de (Ayala, 2019)

Bajo las premisas antes mencionadas, el proyecto de investigación propone la toma de coordenadas de los pasos fronterizos no autorizados a lo largo de la frontera norte de la provincia de Carchi, para que el personal de las Fuerzas Armadas pueda tener nuevas herramientas para mejorar la movilización humana, controlar el narcotráfico, el contrabando y otras actividades ilícitas, brindando una cartografía temática, sobre esta base se puede realizar un análisis de variables y subvariables mediante análisis espacial multicriterio (AHP), tomando en cuenta que la ciencia geoespacial es un generador de información para la seguridad territorial. Por lo tanto, para el cumplimiento de esta investigación, el recurso a utilizar son los SIG y la EEMC, lo cual permitirá encontrar las ubicaciones más adecuadas para instalar ciertos puntos de control militar en esta área geográfica fronteriza (Ramírez, 2000).

Para determinar la importancia del tema investigativo se tomó como referencia el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 en el eje de Seguridad Integral que apunta a problemáticas como la delincuencia y el crimen organizado destacándose dos objetivos, el Objetivo 9 que es garantizar la seguridad ciudadana, orden público y gestión de riesgos, teniendo como objetivo prevenir las formas de violencia y la discriminación. La seguridad integral busca garantizar la protección de los derechos humanos mediante políticas y acciones integradas, además de ser competencias exclusivas del Estado poder garantizar una convivencia pacífica y segura a los ciudadanos.

En este contexto, la seguridad ciudadana requiere una solución integral en varios ámbitos, para lo cual con el tema planteado se pretende disminuir el crimen organizado interno y transnacional, el tráfico clandestino de drogas y de armas de fuego en la zona

fronteriza de la provincia del Carchi. Aportando en la meta planteada que es incrementar el porcentaje de efectividad de las investigaciones, con estudios previos, que permita la desarticulación de grupos delictivos organizados (GDO) del 55.75 % al 73,45% (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Así mismo, el Objetivo 10, que trata de garantizar la soberanía nacional, integridad territorial y seguridad del Estado donde una principal amenaza es la delincuencia organizada transnacional que podría afectar a la defensa y seguridad, donde se señala: terrorismo, narcotráfico y sus delitos conexos; de esta manera el Estado tiene derecho soberano para identificar sus prioridades nacionales de seguridad y definir estrategias, planes y acciones para hacer frente a las amenazas de seguridad, contemplando el empleo de la fuerza militar para gestionar y contrarrestar riesgos, sustentando en el concepto de legítima defensa. Por lo tanto, su lineamiento territorial es promover el mejoramiento de la calidad de vida de las personas que habitan las zonas de frontera, en un entorno de respeto a los derechos humanos (Secretaría Nacional de Planificación, 2021).

Igualmente se toma como referencia el objetivo 16 de la Agenda 2030 respecto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que se basa en promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas, ya que los conflictos, la inseguridad, las instituciones débiles y el acceso limitado a la justicia continúan suponiendo una grave amenaza para el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2022).

En conclusión, ante los delitos cometidos en la frontera norte, las Fuerzas Armadas junto con otras dependencias estatales, deberán articular su plan logístico de seguridad pública con la finalidad de resguardar la soberanía y el desarrollo integral del país y localidades fronterizas con el país vecino de Colombia, a través del modelamiento geoespacial con la optimización y generación de información geográfica para prever,

planificar y pronosticar comportamientos que amenacen la calidad de vida de los ciudadanos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Determinar nuevas áreas potenciales de ubicación de pasos ilegales en la frontera Norte de la provincia de Carchi, para apoyo en las operaciones militares de las Fuerzas Armadas, mediante análisis espacial y evaluación espacial multicriterio, utilizando como base los 26 pasos fronterizos no autorizados registrados y consulta a expertos.

### **Objetivos específicos**

- Registrar las coordenadas de los pasos fronterizos no autorizados, mediante un reconocimiento en campo a través de un equipo GPS con una precisión de 3m.
- Recopilar información geoespacial temática a diferentes escalas (variables) de la frontera norte de la provincia del Carchi, mediante investigación bibliográfica y cartográfica disponible en las entidades públicas como privadas.
- Generar una geodatabase, para informar el estado de una franja de 20 km de los 250 km de la línea de frontera y así poder caracterizar la zona de estudio.
- Modelar geoespacialmente las variables cuantitativas de los componentes biofísico, militar y social, mediante la asignación de criterios y subcriterios con sus respectivas ponderaciones, a través de una evaluación espacial multicriterio, para la determinación de las posibles áreas de pasos fronterizos no autorizados.
- Verificar los resultados de las posibles áreas potenciales obtenidas, mediante la visualización en campo.
- Generar productos cartográficos de las áreas potenciales de los pasos fronterizos no autorizados a una escala 1:50000, que permitan la ubicación general de controles militares.

## **Metas del Proyecto**

- Un mapa de los veinte y seis puntos georreferenciados para la cartografía de la frontera norte en la provincia del Carchi a escala 1:10000 según la unidad de resolución mínima del objeto de acuerdo con la normativa IGM.
- Una geodatabase gráfica y alfanumérica de la información geoespacial relacionada al ámbito biofísico, militar y social de la frontera norte de la provincia del Carchi.
- Un informe de la verificación en campo de las áreas obtenidas del modelamiento geoespacial para confirmar o descartar los polígonos obtenidos.
- Un mapa de cada una de las diecisiete variables seleccionadas a escala 1:50000.
- Un mapa de la caracterización del componente biofísico a escala 1:50000
- Un mapa de la caracterización del componente social a escala 1:50000
- Un mapa de la caracterización del componente militar a escala 1:50000
- Tres modelos cartográficos de las zonas potenciales de pasos fronterizos no autorizados de la provincia del Carchi a escala 1:50000 obtenido a través de la evaluación espacial multicriterio, por medio de criterios y ponderaciones de cada componente según la matriz de Saaty.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### Base Teórica

##### Sistemas de Información Geográfica

Los Sistema de Información Geográfica, SIG son una combinación estructurada de hardware, software, personal y datos geográficos, diseñada para recopilar, almacenar, administrar, analizar, modelar y representar información geográfica georreferenciada procedente del mundo real, con el fin de abordar problemas complejos en cuanto a la planificación urbana, gestión, evaluaciones de impacto ambiental, cartografía, gestión de recursos, logística, entre otras actividades (Sastre, 2010).

Un SIG constituye un potente conjunto de herramientas tecnológicas que permiten integrar y relacionar datos espaciales como posición o localización, con datos temáticos como atributos alfanuméricos, dispuestos en capas o coberturas, dando como resultado la generación de mapas, informes o gráficos que ayudan a los usuarios a tomar decisiones más inteligentes (Martínez, 2002).

##### Componentes de un SIG

Según (Paspuel, 2015) los sistemas de información geográfica constan de cinco componentes principales, que se detallan a continuación:

##### Hardware

Es el soporte físico de un SIG, que incluye computadoras donde se realizan diversas tareas administrativas y operativas del sistema, servidores donde se almacenan datos y se realizan determinadas operaciones. Consta de dispositivos de entrada (como placas de escáner, escáneres y lectores de archivos) y dispositivos de salida (como monitores, impresoras, plotter) y demás componentes de una red informática.



## **Software**

Es el soporte lógico del sistema, que consta no solo de software y aplicaciones SIG, sino también del sistema operativo, sistema de gestión de base de datos y lenguaje de programación indispensable para el mantenimiento, desarrollo de aplicaciones y otros programas técnicos para el procesamiento de imágenes satelitales, datos de dibujo y estadísticos, etc.

## **Datos**

Los datos dentro de un SIG se agrupan en dos clases:

Datos no espaciales: corresponden a los atributos de los objetos geográficos inscritos, que proporcionan una descripción de los mismos, es decir se trata del componente descriptivo del objeto modelado.

Datos espaciales: se refiere a la parte geométrica del objeto modelado, donde se establecen las posibles relaciones topológicas, además de identificar la ubicación de objetos sobre la superficie terrestre mediante el empleo de coordenadas.

## **Métodos**

Con el fin de que un SIG tenga éxito se debe trabajar de acuerdo con un plan bien organizado y estructurado que se ajuste a las reglas de la empresa u organización, ya que son los modelos operativos y prácticas particulares de cada institución.

## **Personal**

Se refiere a las personas responsables de gestionar el sistema y desarrollar proyectos basados en el mundo real, donde se incluye analistas, desarrolladores, administradores, programadores y varios usuarios. Durante y después de la implementación de SIG en una organización, la capacitación continua de las personas que administran es importante para evitar que las inversiones en tecnología se vuelvan obsoletas rápidamente

debido a la falta de personal capacitado que esté listo para aprovechar al máximo el sistema.

### Figura 1

*Componentes de un SIG*



*Nota.* Tomado de (Fuenmayor, 2021)

### **Importancia de los SIG en la seguridad y defensa**

Hoy en día los sistemas de información geográfica ocupan un rol importante en el ámbito de la seguridad y defensa, ya que son considerados como uno de los principales componentes de los sistemas de mando y control, pues cuentan con una herramienta fundamental para el soporte a la toma de decisiones en el campo de batalla. En este contexto, su utilidad primordial se centra en la explotación de la capacidad de análisis geoespacial sobre extensos volúmenes de cartografía digital, permitiendo de esta manera la planificación de operaciones militares sobre un área geográfica determinada, con el objetivo de identificar con precisión y rapidez las debilidades propias y del enemigo, así como las amenazas y posibles acciones, mediante la simulación de escenarios de riesgo (Villalobos, 2004).

De esta manera los SIG son de gran utilidad para los servicios de emergencias y seguridad pública, puesto que permiten el cálculo de rutas óptimas o de mínima dificultad

para llegar a la zona de un siniestro o acción delictiva, mediante la evaluación de patrones y características del territorio, dando como resultado una rapidez y precisión en el uso información geoespacial para la toma de decisiones y prevención de delitos (Paspuel, 2015).

### **Modelo Cartográfico**

Un modelo cartográfico es un conjunto de procesos y operaciones analíticas mediante la representación gráfica de datos, cuyo fin es el análisis y estructura de información cartográfica a través de un SIG, mediante la elaboración de mapas o bases de datos geoespaciales (BDG), los mismos que son utilizados para representar la realidad y examinar simultáneamente las características tanto espaciales como temáticas de una zona geográfica en particular (Chuvieco, 2002).

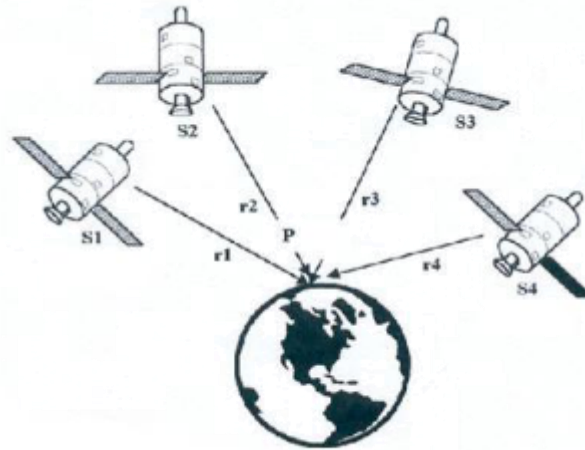
### **Sistema de Posicionamiento Global – GPS**

El Global Positioning System, conocido como GPS por sus siglas en inglés es un sistema global de navegación por satélite que permite determinar la posición de un objeto en cualquier parte del mundo, con una precisión de metros hasta de centímetros. Su funcionamiento se da a través de una red de 27 satélites con recorridos sincronizados con el fin de abarcar toda la superficie terrestre (Rosado , Méndez , & Mogrovejo, 2010).

Si se desea determinar la posición se utiliza un receptor que localiza automáticamente al menos cuatro satélites de la red, recibe señales de estos satélites enseñando la posición y reloj de cada satélite, y en base a estas señales el dispositivo sincroniza el reloj GPS y calcula el retraso de la señal, es decir la distancia al satélite. Para realizar estos cálculos se utiliza un método de la triangulación, que se basa en determinar la distancia de cada satélite con relación al punto de medición, donde se establece de manera fácil la posición relativa específica con respecto a los tres satélites (González , 2017).

## Figura 2

*Captación de información de 4 satélites*



*Nota.* Tomado de (Rosado , Méndez , & Mogrovejo, 2010)

### **Estructura del Sistema GPS**

El Sistema Global de Posicionamiento GPS, consta de tres segmentos principales: el primero corresponde al segmento espacial conformado por los satélites GPS, a continuación, se tiene el segmento de control que lo forman bases terrenas localizadas en diferentes puntos estratégicos alrededor del planeta, y finalmente se encuentra el segmento del usuario el cual está formado por los receptores GPS (Romo & Muñoz , 1996).

### **Segmento espacial**

El segmento espacial está conformado por la constelación de satélites GPS que se hallan en órbita en torno al planeta Tierra. Su función principal es la de enviar señales constantemente de forma que el usuario pueda establecer exactamente su posición en cualquier momento y lugar del planeta (Romo & Muñoz , 1996).

### **Segmento de Control**

Este segmento está conformado por una estación principal de control, cinco estaciones de monitoreo, tres antenas terrenas y una red de comunicaciones conectadas con la estación principal de control, la misma que se encuentra situada en el Centro de Operaciones Espaciales de la Base Aérea Falcon en Colorado Springs y está activa las veinticuatro horas del día (Rosero, 2015).

Las Antenas Terrenas se hallan localizadas en tres estaciones (Ascensión, Diego García y Kwajalein), y poseen la capacidad de transferir datos mediante enlaces de radio en banda S hacia los satélites. Dichos datos poseen una actualización de la información de las efemérides, correcciones de reloj, entre otros factores (Rosero, 2015).

Las Estaciones de Monitoreo se encuentran ubicadas en Colorado Springs, Hawaii, Ascensión, Kwajalein y Diego García, las mismas que son inspeccionadas remotamente por la Estación Principal. Su función principal es monitorear y realizar un seguimiento de las señales GPS para control de los satélites y pronóstico de sus órbitas; esto se lo realiza mediante receptores GPS de dos frecuencias (Rosero, 2015).

### **Segmento del Usuario**

El segmento del usuario consta de un mecanismo que compagina el hardware y software, permitiendo al beneficiario recoger la señal de radiodifusión procedente de los satélites para que este pueda establecer su posición geográfica en tres dimensiones con actualización de tiempo. Existen diferentes tipos de equipos, ya sea para uso estrictamente militar, como para uso civil, cuya diferencia se centra netamente en la exactitud del posicionamiento ( Crovo, 2014).

## **Base Conceptual**

### **Evaluación espacial multicriterio**

El análisis o evaluación espacial multicriterio además de incorporar las variables espaciales del sistema de información geográfica, también permite tomar decisiones en base a un conjunto de alternativas, considerando diversos criterios para seleccionar la opción óptima (Taboada & Cotos, 2005).

Una de las características de la evaluación espacial multicriterio que involucra componentes espaciales es que para cada variable que representa cada uno de los componentes se genera una capa temática de datos espaciales, para posteriormente unirlos tomando en cuenta la ponderación de decisión que busca la evaluación (Pacheco & Contreras, 2008).

### **Proceso analítico jerárquico (Saaty)**

Este proceso de análisis jerárquico, conocido también como método AHP, por sus siglas en inglés (Analytic Hierarchy Process) fue planteado por Thomas I. Saaty en 1980 con el fin de resolver la toma de decisiones, en la solución de problemas complejos de múltiples componentes o criterios (Llamazares & Berumen, 2011 ).

(García, 2009 ) menciona que este método se basa en una comprensión jerárquica del problema en donde el vértice superior se ubica el problema u objetivo general a alcanzar, y en las bases se localizan las posibles alternativas que se quieren evaluar, además que en la parte intermedia se ubican los criterios o componentes también en jerarquías; cuando se incluyen subcriterios operativos se les da el nombre de modelo jerárquico multinivel.

## **Ponderación de factores**

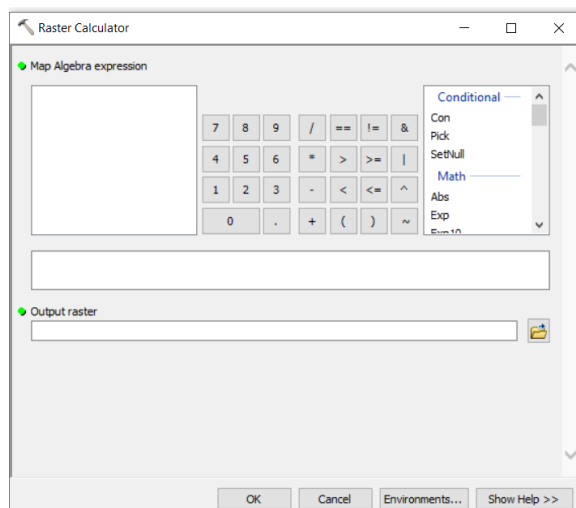
### **Método de comparación por pares de Saaty**

La importancia de los criterios relacionados con el problema u objetivo a evaluar debe expresarse cuantitativamente, incluido el método directo, que asume el valor asignado por el experto y el método por pares de Saaty, este método se basa en la construcción de una matriz pareada, en la que el número de filas y columnas se define por el número de factores a ponderar, y se establece la comparación entre pares de factores, así como la importancia relativa de cada factor (Gómez & Barredo, 2006).

### **Raster Calculator**

Crea y ejecuta expresiones simples de álgebra de mapas utilizando la sintaxis de Python en una interfaz similar a una calculadora (ArcGIS 10.8, 2020). Esta herramienta ráster además utiliza una lista de capas y variables para seleccionar conjuntos de datos y variables para usar en la expresión (ArcGIS 10.8, 2020).

La herramienta proporciona una lista de opciones condicionales y matemáticas comunes que puede agregar fácilmente a las expresiones que desea usar, ya que, las especificaciones de datos en la configuración del entorno del espacio de trabajo actual o la ruta completa a los datos existentes se pueden encerrar entre comillas (""); además, los números y los escalares se pueden ingresar directamente en las expresiones (ArcGIS 10.8, 2020).

**Figura 3***Herramienta Raster Calculator*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

### **Inverse Distance Weighted (IDW)**

Esta herramienta permite una combinación ponderada linealmente de varios puntos de una muestra para determinar los valores de las celdas a través de la interpolación de distancia inversa. La ponderación se basa en las distancias entre los puntos y la variable dependiente de la ubicación a la que pertenece la superficie interpolada (ArcGIS 10.8, 2020).

### **Base Legal**

La presente investigación se encuentra respaldada bajo el artículo 158 inciso segundo de la Constitución de la República del Ecuador, donde se señala que “Las Fuerzas Armadas tienen como misión fundamental la defensa de la soberanía e integridad territorial” (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR [Const.], 2008).

De la misma manera se puede mencionar al artículo 38 de la Ley de Seguridad Pública y del Estado el cual menciona “De las zonas de seguridad: Zonas de seguridad de



fronteras y áreas reservadas de seguridad. - Por zona de seguridad se entiende el espacio territorial ecuatoriano cuya importancia estratégica, características y elementos que la conforman, requieren de una regulación especial con la finalidad de garantizar la protección de esta zona ante eventuales graves afectaciones o amenazas a la seguridad objeto de esta ley” (Ley de Seguridad Publica y del Estado, 2009).

Además, también es importante mencionar el artículo 39 de la Ley mencionada donde explica que “De la delimitación de zona de frontera. - La zona de seguridad de frontera abarca el espacio terrestre de veinte (20) kilómetros desde los límites fronterizos hacia el interior del territorio nacional, el espacio marítimo de diez (10) millas náuticas, y el espacio aéreo correspondiente.” (Ley de Seguridad Publica y del Estado, 2009) De esta manera el desarrollo de la determinación de las áreas potenciales para pasos fronterizos no autorizados sería un aporte que incorporaría a la seguridad del país.

## Capítulo III

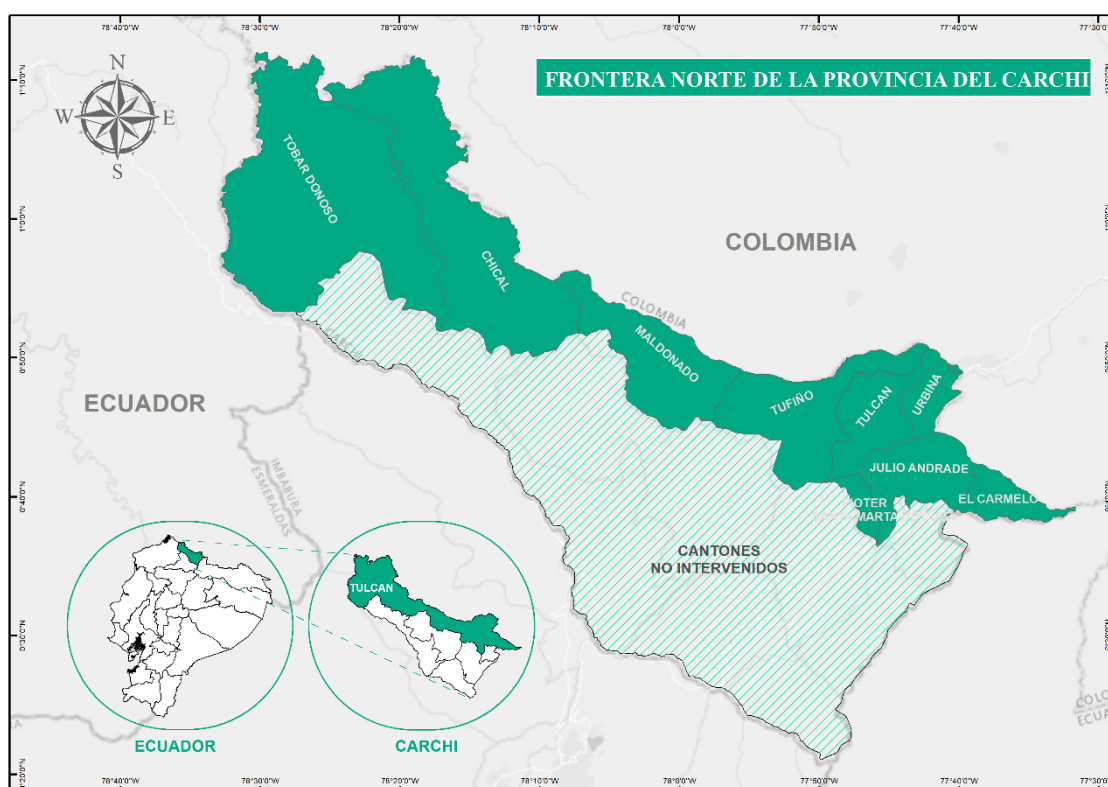
### Metodología

#### Descripción del área de estudio

La frontera norte de la provincia del Carchi representa el área de influencia del presente proyecto de investigación. Esta provincia tiene seis cantones, pero solo el Cantón Tulcán tiene frontera con el Departamento de Nariño, ubicado en el país vecino de Colombia. Esta unidad territorial se divide en diez parroquias, de las cuales se analizarán las que colindan con la frontera, empezando con la parroquia urbana Tulcán, y rurales: Tobar Donoso, Chical, Maldonado, Tufiño, Urbina, Julio Andrade y El Carmelo, donde se analizó los 250 km de línea de frontera y hacia el interior del país de acuerdo con la normativa vigente.

#### Figura 4

Área de estudio, en relleno de color verde



*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### **Metodología de desarrollo de proyecto**

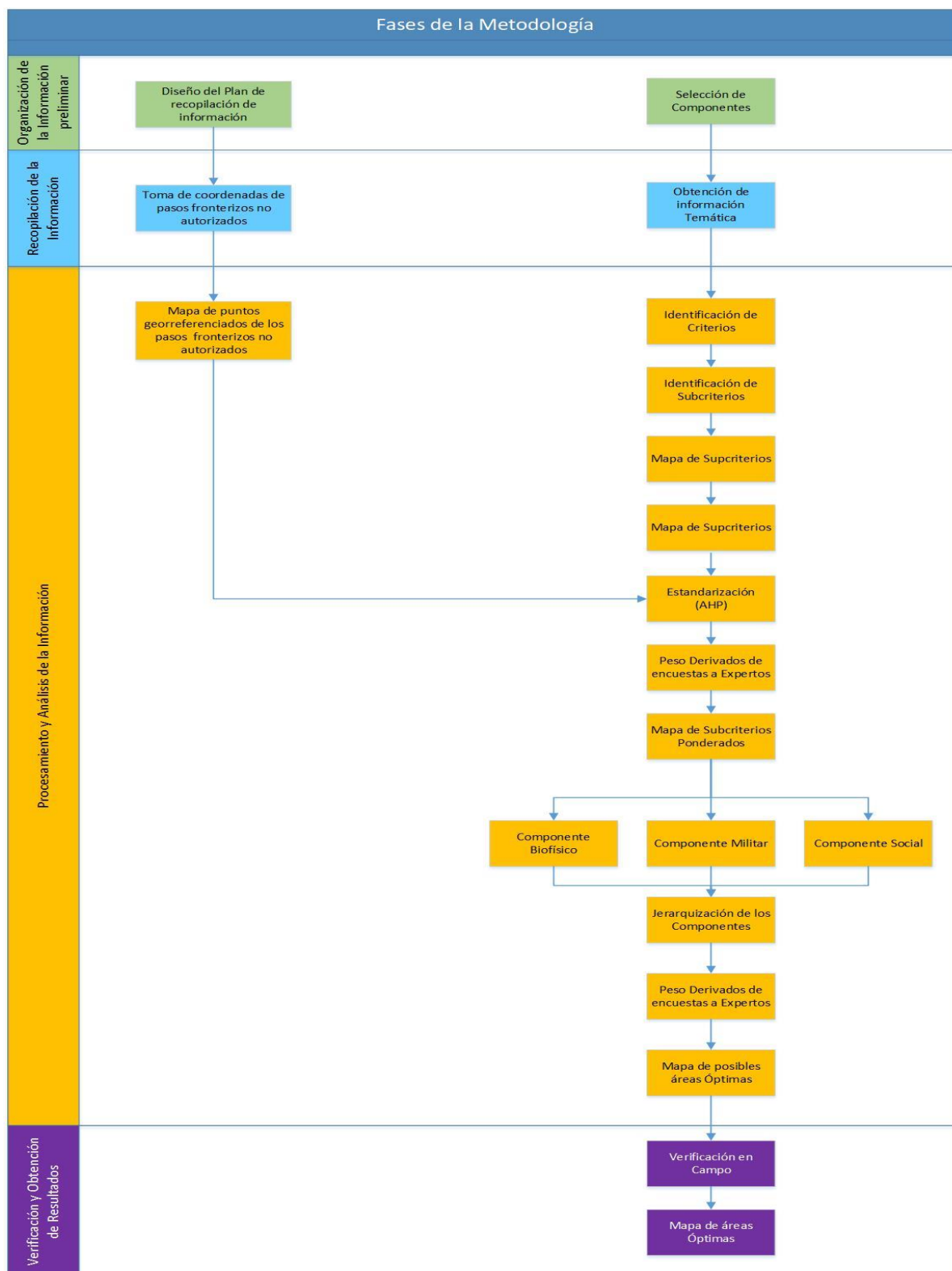
Actualmente los SIG permiten reunir, organizar, compartir y analizar la información espacial, mediante sus diferentes funciones y herramientas, aportando al desarrollo de la Geografía y favoreciendo la toma de decisiones, planificación, análisis y gestión de datos geográficos, además, permiten generar bases de datos con información georreferenciada y determinar rutas alternas, para que los interesados puedan acceder con gran facilidad a la información y sea más sencillo actualizarla (Palacios, 2018).

El proceso llevado a cabo constará de cuatro fases principales, las cuales se ilustran en la figura 5

- Fase de Organización de la Información preliminar.
- Fase de Recopilación de la Información
- Fase de Procesamiento y Análisis de la Información
- Fase de Verificación y Obtención de Resultados

Figura 5

Metodología general del proyecto



## **Fase de Organización de la Información preliminar**

La fase previa se basa en dos procesos, las cuales fueron:

### **Diseño del Plan de recopilación de información**

Se organizó un plan estratégico juntamente con las Fuerzas Armadas de acuerdo con lo establecido en la carta compromiso con la IVDE "Amazonas", que permitió la salida de campo en la frontera norte de la provincia de Carchi para la toma y recolección de información geoespacial, en donde se tomó en cuenta: fechas, tiempo, logística, equipo y personal de seguridad.

### **Selección de Componentes**

Se estudió el espacio geográfico para la selección de las variables y subvariables que se encuentran dentro de los componentes: biofísico, militar y social, para el análisis espacial multicriterio, los mismos que fueron seleccionados para el trabajo de investigación y se detallan a continuación:

#### ***Componente Biofísico***

- Uso y Capacidad de suelo
- Cobertura del suelo
- Tipo de suelo
- Textura de suelo
- Ecosistemas
- Precipitación
- Temperatura
- Tipos de Clima
- Pendiente
- Relieve

- Hidrología
- Áreas de Protección

### ***Componente Militar***

- Equipamientos de seguridad
- Pasos fronterizos autorizados
- Pasos fronterizos no autorizados

### ***Componente Social***

- Densidad Poblacional
- Cobertura de servicios de educación
- Cobertura de servicios de salud
- Vías

## **Fase de Recopilación de la Información**

La fase de campo se basó en dos actividades, las cuales fueron:

### **Toma de coordenadas de pasos fronterizos no autorizados**

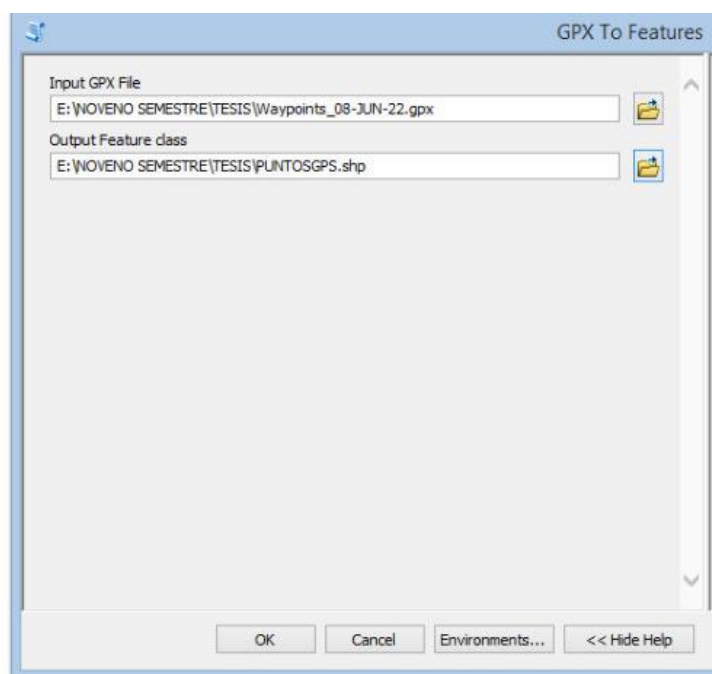
Para la toma de coordenadas de los 26 puntos identificados por las Fuerzas Armadas de los pasos fronterizos no autorizados, se llevó a cabo mediante una visita en campo con la logística y seguridad brindada por la IVDE "Amazonas", por otra parte, se utilizó de un equipo GPS navegador, Magellan, modelo TRITON 2000 con una precisión de 3 metros, el cual marcó los diferentes waypoints con la finalidad de georreferenciar dichos puntos que posteriormente fueron cartografiados en el SIG.

Una vez tomados los puntos GPS en campo, se procedió a descargar los archivos GPX en el programa ArcGIS, para lo cual se utilizó la herramienta GPX to Features, la misma que se encuentra en el en Arctoolbox dentro de la carpeta Conversion Tools >>

From GPS, gracias a este proceso se obtuvo un archivo de salida tipo shapefile, con el cual se trabajó posteriormente.

## Figura 6

### *Conversión de puntos GPS*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

### **Obtención de información Temática**

El segundo paso fue la obtención de información relacionada a material bibliográfico referente a las características biofísicas, socioculturales y de seguridad correspondientes a la provincia del Carchi. Para el desarrollo de esta investigación fue indispensable seleccionar variables espaciales tomando en consideración la información disponible del área de estudio en las diferentes instituciones como el IVDE "Amazonas", el GAD del cantón Tulcán, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, el Instituto Geográfico Militar y el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, además de información tomada de investigaciones realizadas anteriormente en

la misma zona de estudio. La recopilación de datos incluyó la búsqueda de la mejor información disponible tomando como referencia una Esc.1:50000, ya que al ser una zona sumamente sensible y delicada no existieron insumos a una mayor escala, que permitan determinar su validez para la consecución de los objetivos planteados.

### **Fase de Procesamiento y Análisis de la Información**

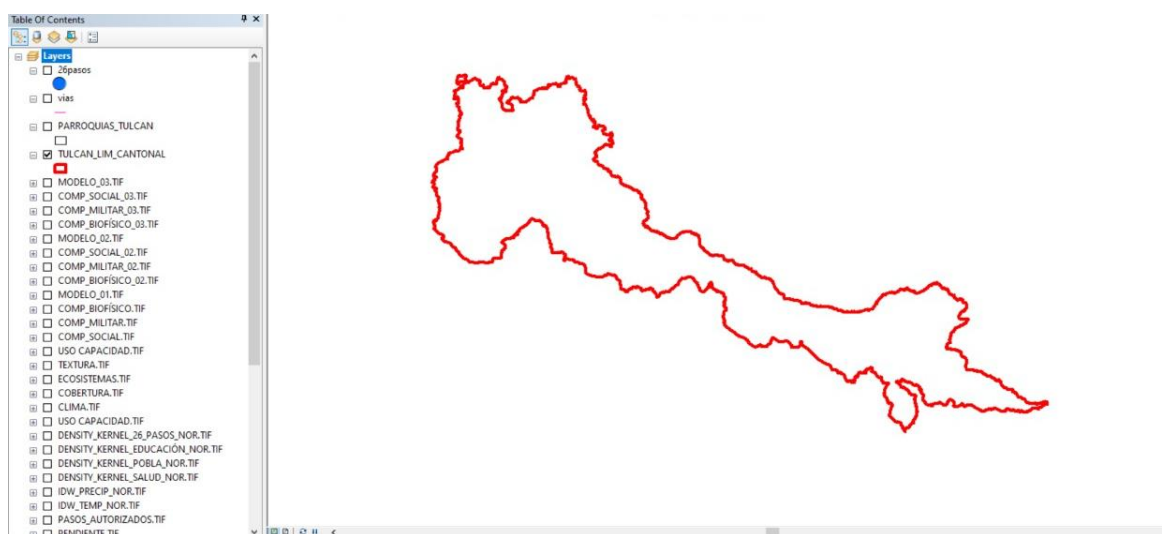
En la fase de procesamiento y análisis de la información, se basó en trece actividades, las cuales fueron:

#### **Generación de información Geoespacial**

En primer lugar, se generó el shape del límite cantonal tomando en cuenta el sistema de referencia el cual fue WGS 84 UTM Zona 17 S y la división política actual del cantón Tulcán.

### **Figura 7**

*Límite cantonal de Tulcán*



*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

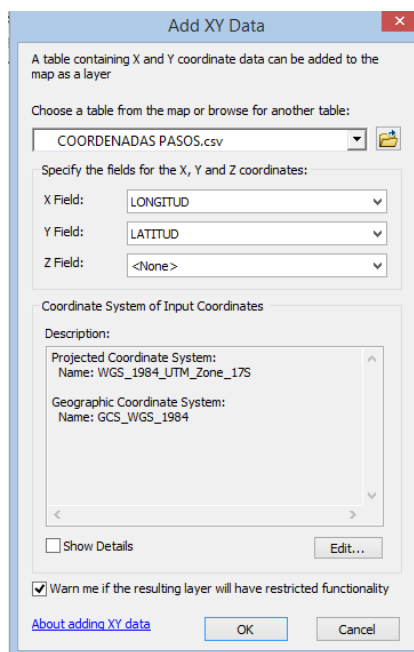


A continuación, se cortó cada uno de los shapes de interés de acuerdo con el límite cantonal de Tulcán, para lo cual se llevó a cabo mediante la herramienta Clip que se encuentra en la barra de Geoprocessing.

En cuanto para los pasos fronterizos autorizados como para los equipamientos de seguridad se procedió a transformar las coordenadas del archivo en Excel en archivo shapefile, para lo cual se utilizó la herramienta Add XY Data, la misma que se encuentra en la ventana File >> Add Data. A continuación, se añade la hoja de Excel que debe ser de tipo Libro de Excel 97-2003. Si es necesario se especifica los campos para las coordenadas en X,Y,Z y a continuación se selecciona el sistema de coordenadas con el que se desea trabajar.

## Figura 8

### *Carga de coordenadas en excel*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

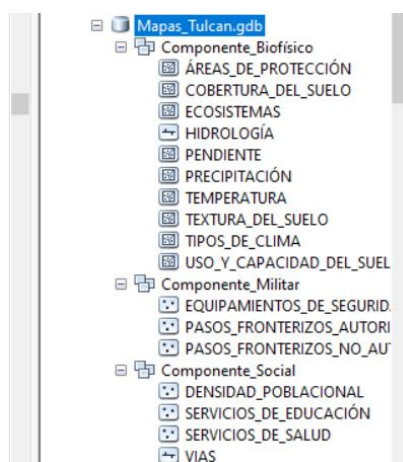
## Generación de la Geodatabase

Después de la obtención de la información geográfica, se realiza una selección de las variables llevando a cabo una colección de datasets, ráster y atributos geográficos que permitió un modelo de transacción para administrar flujos de trabajo de datos SIG, generando los modelamientos requeridos.

Par esto at través de Arc Catalog se creó un nuevo File geodatabase; posteriormente se crearon tres Featuare Dataset para cada componente y dentro de cada componente se creó un Feature Class para cada variable utilizada. Finalmente se cargó cada shape a través de Load Data para obtener la Geodatabase llena como se muestra en la figura 9.

### Figura 9

*Geodatabase*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

## Método de Ponderación

Se seleccionó el método de ponderación apropiado para cada una de las variables tomando en cuenta la información que se disponía, como se muestra en la tabla 2

**Tabla 2***Método de ponderación de cada variable*

<b>COMPONENTE</b>	<b>VARIABLE</b>	<b>METODO PONDERACIÓN</b>
<b>BIOFÍSICO</b>	Uso y Capacidad del Suelo	Saaty Modificado
	Cobertura del Suelo	Saaty Modificado
	Textura del Suelo	Saaty Modificado
	Ecosistemas	Saaty Modificado
	Precipitación	Interpolación IDW
	Temperatura	Interpolación IDW
	Tipos de Clima	Saaty Modificado
	Pendiente	Estandarización
	Hidrología	Distancias
	Áreas de Protección	Restricción
<b>MILITAR</b>	Pasos Fronterizos No Autorizados	Densidad Puntos
	Equipamientos de Seguridad	Distancia
	Pasos Fronterizos Autorizados	Distancia
	Densidad Poblacional	Densidad Puntos
<b>SOCIAL</b>	Servicios de Educación	Densidad Puntos
	Servicios de Salud	Densidad Puntos
	Vías	Distancia

**SATTY Modificado**

Una vez definidas las variables que se analizarán por el método de Saaty modificado, se procedió asignar a cada clase un valor numérico en una escala del 1 al 9 según el orden de importancia, siendo 9 el más importante y 1 menos importante, además se podrá emplear valores intermedios como 3,5,7. A continuación se realizó una matriz de comparación pareada de cada una de las variables con el fin de poder determinar sus respectivas ponderaciones para su posterior análisis.

**Tabla 3***Pesos de cada variable según su grado de importancia*

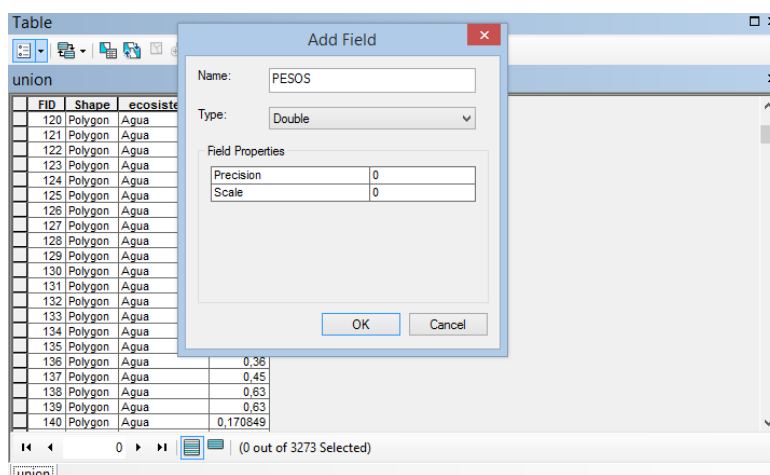
VARIABLE	CLASE	GRADO DE IMPORTANCIA	PESOS
<b>USO Y CAPACIDAD DEL SUELO</b>	Tierras aptas para aprovechamiento forestal	9	0,3750
	Tierras de protección	7	0,2917
	Tierras de conservación	5	0,2083
	Ligeras limitaciones	1	0,0417
	Moderadas limitaciones	1	0,0417
	Limitaciones fuertes a muy fuertes	1	0,0417
	Tierra agropecuaria	9	0,2813
<b>COBERTURA DEL SUELO</b>	Tierra arbustiva y herbácea	7	0,2188
	Zona antrópica	7	0,2188
	Tierra forestal	5	0,1563
	Cuerpo de agua	3	0,0938
	Tierra sin cobertura vegetal	1	0,0313
<b>TEXTURA DEL SUELO</b>	Franco	9	0,3333
	Franco arcilloso-arenoso	7	0,2593
	Franco arcilloso	7	0,2593
	Franco arenoso	3	0,1111
	Arcilloso	1	0,0370
<b>ECOSISTEMAS</b>	Intervención	9	0,4091
	Bosque siempreverde montano	7	0,3182
	Rosetal caulescente y herbazal del páramo (frailejones)	5	0,2273
<b>TIPOS DE CLIMAS</b>	Agua	1	0,0455
	Ecuatorial de alta montaña	9	0,6429
	Megatérmico lluvioso	3	0,2143
	Tropical megatérmico húmedo	1	0,0714
	Ecuatorial mesotérmico semi húmedo	1	0,0714

Luego de haber realizado el proceso analítico jerárquico mediante la escala de Saaty, se procedió a incorporar los pesos resultantes de cada variable en cada shape, para

lo cual se creó un nuevo campo en la tabla de atributos mediante la herramienta Add Field, se ingresó el nombre del campo y se escogió su tipo.

**Figura 10**

*Añadir campos*

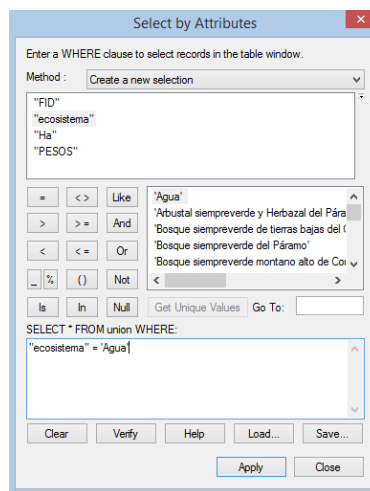


*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

A continuación, se hizo una selección por atributos para escoger las categorías de cada una de las variables.

**Figura 11**

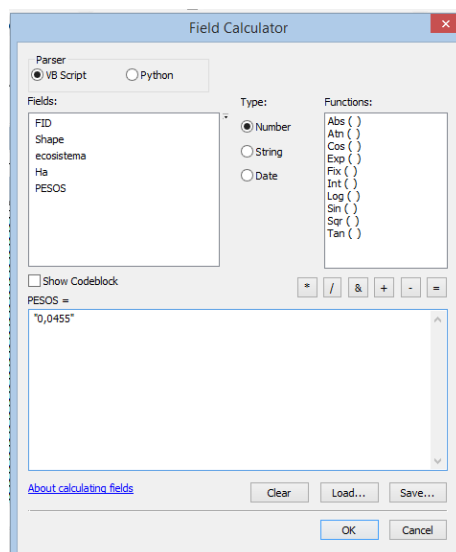
*Selección por atributos*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

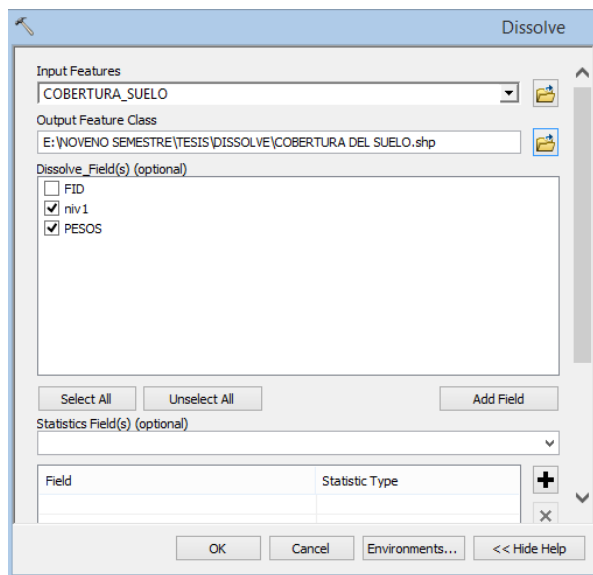
Seguidamente se dio clic derecho sobre la columna del campo “PESOS” y se escogió la herramienta Field Calculator que permite calcular los valores de un campo; se escribió el valor numérico del peso entre comillas, clic en OK y se evidenció como todos los datos seleccionados anteriormente fueron rellenos por el numeral.

Dicho procedimiento se lo repitió para cada una de las categorías de las variables de uso y capacidad de suelo, cobertura del suelo, textura del suelo, ecosistemas y tipos de clima.

**Figura 12***Calculadora de campo*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Antes de convertir los shapes de Saaty modificado a raster se aplicó la función Dissolve que permite simplificar los datos basándose en un atributo en específico de la capa que se va a disolver; de esta manera se puede unir los polígonos cuyos valores son iguales en el campo de la tabla de atributos que se seleccione. Esta herramienta se encuentra en la ventana de Geoprocessing, donde el campo seleccionado para aplicar el Dissolve fue el de PESOS. Al terminar el proceso se pudo observar en la tabla de atributos como disminuyó la cantidad de entidades a un número muy reducido, lo cual facilitará el procesamiento en próximas operaciones.

**Figura 13***Herramienta Dissolve*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

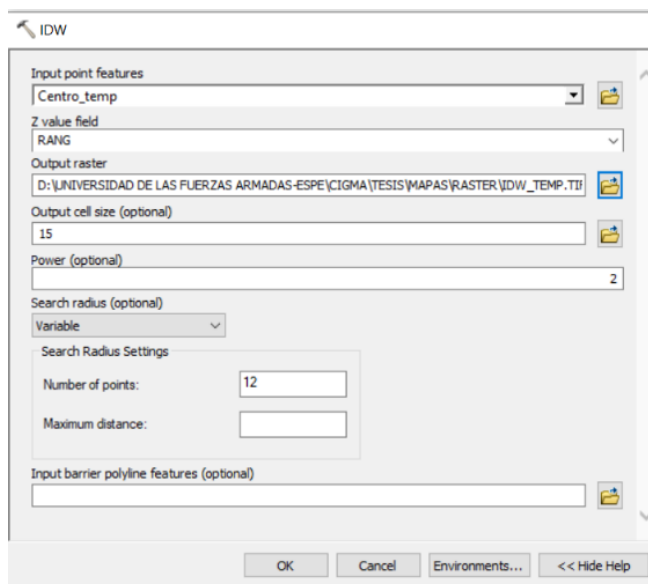
**Interpolación IDW**

Para las variables de temperatura y precipitación se necesitó obtener un mapa de interpolación IDW para lo cual se procedió a seleccionar la herramienta IDW, que se encuentra en el Arc toolbox en la carpeta Spatial Analysis Tools >> Interpolation >> IDW, esta opción permite Interpolación una superficie rasterizada a partir de puntos utilizando una técnica de distancia inversa ponderada (IDW), como vemos en el ejemplo.



**Figura 14**

*Herramienta IDW*

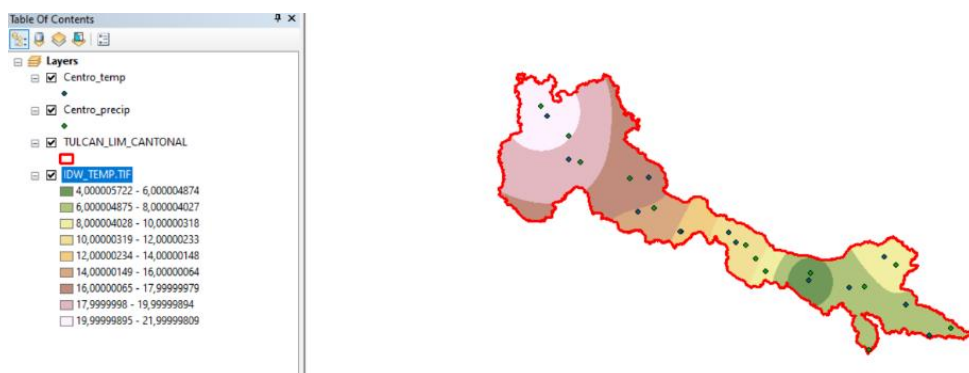


*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Es importante tomar en cuenta que se debe seleccionar el rango a ser evaluado en la pestaña Z value field, obteniendo así un raster de interpolación como se muestra a continuación.

**Figura 15**

*Raster de interpolación*



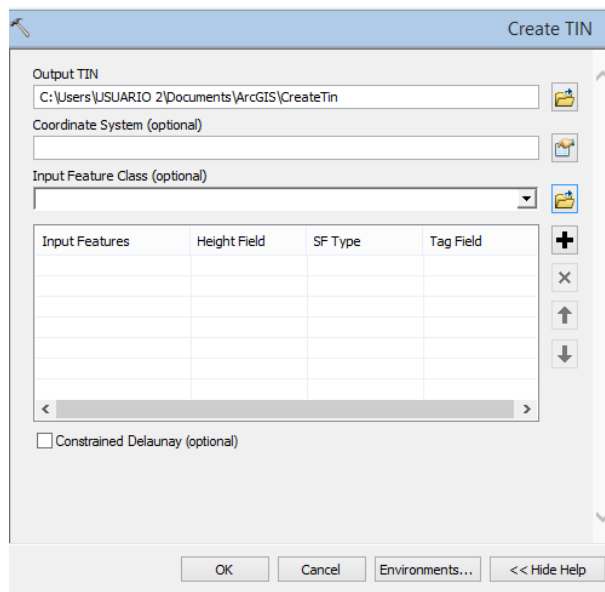
*Nota.* Tomado de (MAATE, 2022)

## Estandarización

Para obtener la estandarización en el mapa de pendientes del cantón Tulcán, se creó en primer lugar un TIN mediante la herramienta Create TIN, que se encuentra en el Arc toolbox en la carpeta 3D Analyst Tools >> Data Management >> TIN, esta opción permite representar la morfología de la superficie mediante vectores construidos por un conjunto de vértices, los mismos que están conectados con una serie de aristas con la finalidad de constituir una red de triángulos.

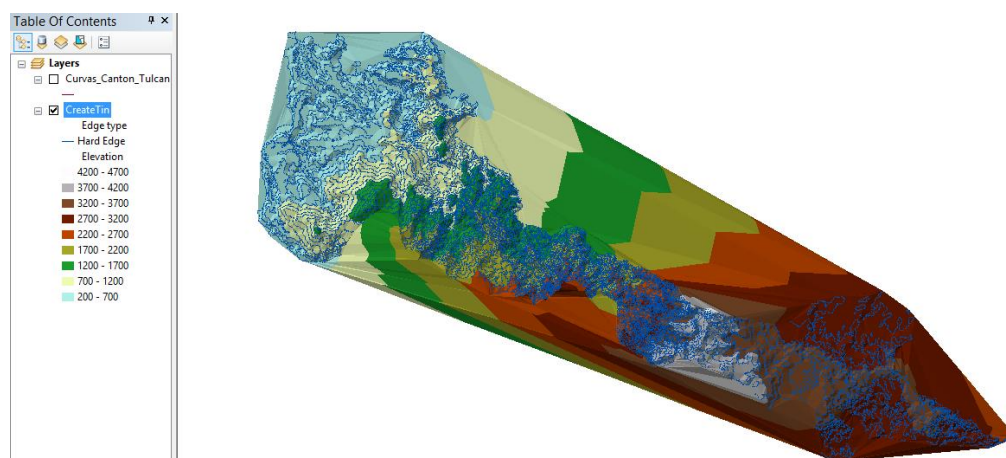
### Figura 16

#### Herramienta Create TIN



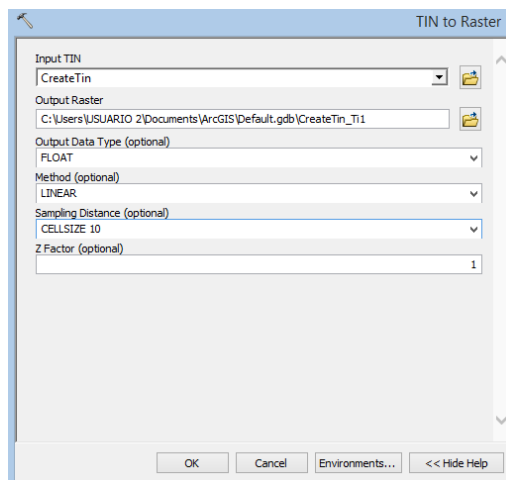
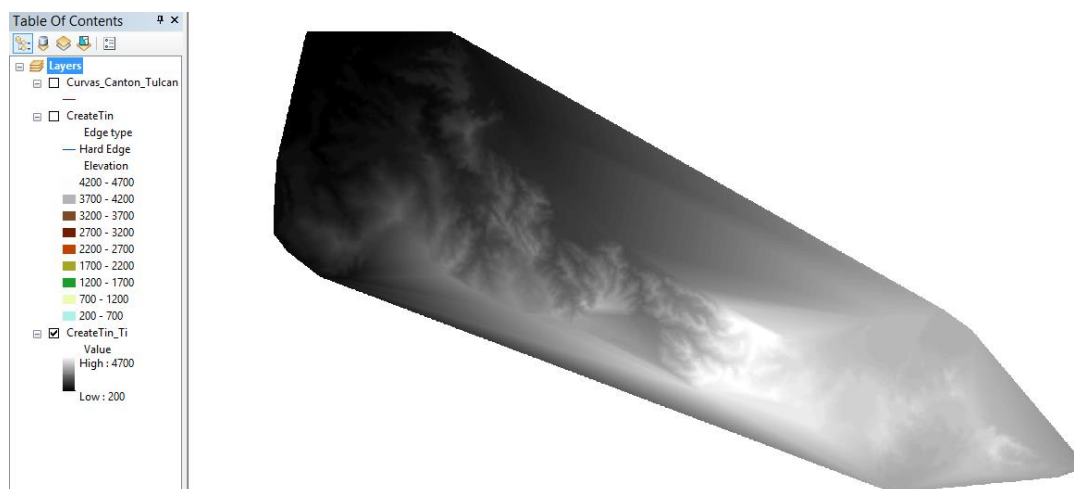
*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

El insumo con el que se trabajó fueron las curvas de nivel, las cuales conectan ubicaciones de igual valor en un dataset de un ráster que representa fenómenos continuos como en este caso es la elevación. De igual manera es importante seleccionar el sistema de coordenadas con el que se va a trabajar.

**Figura 17***TIN*

*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

A continuación, se creó un ráster interpolando sus valores de celda a partir de la elevación del TIN de entrada a la distancia de muestreo especificada con una resolución de 15 m, para esto se utilizó la herramienta TIN to Raster que se encuentra en el Arc toolbox en la carpeta 3D Analyst Tools >> Conversion >> From TIN, donde el archivo de entrada fue el TIN creado anteriormente y a continuación se escogió la ruta para el archivo de salida, así como el método y la distancia de muestreo.

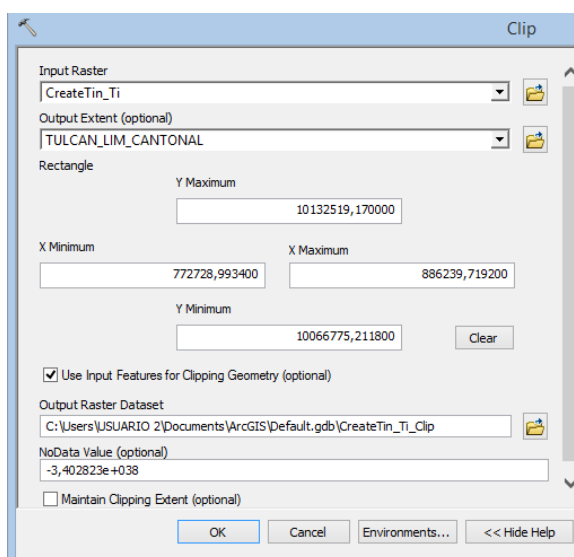
**Figura 18***Herramienta TIN to Raster**Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)**Figura 19***Generación de raster**Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

Una vez obtenido el raster correspondiente al modelo digital del terreno, se procedió a realizar un corte con la parte de interés que es el límite cantonal de Tulcán, con la finalidad de trabajar solo con el área de interés, para esto se utilizó la herramienta de

geoprocesamiento Clip que se encuentra en el Arctoolbox en la carpeta Data Management Tools >> Raster >> Raster Processing. El insumo principal es el MDT y como output extent el shape del límite cantonal, donde se especifica automáticamente las coordenadas mínimas y máximas de X, Y las mismas que definen la extensión del cuadro limitante utilizado para recortar el ráster. Además, es necesario volver a especificar el shape que va a ser utilizado como máscara. Para esto en Environment seleccionamos Processing Extent y se escogió nuevamente el shape del límite cantonal; por último, en la pestaña de Raster Analysis se realiza el mismo procedimiento y adicionalmente se determina el valor para el tamaño de la celda que en este caso corresponde a 15m.

## Figura 20

### Herramienta Clip



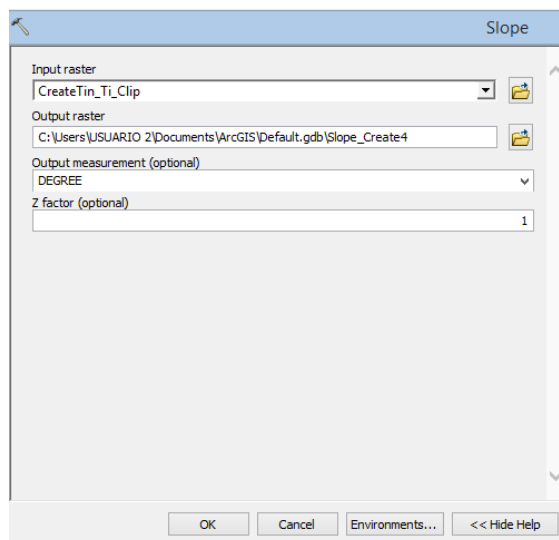
*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Una vez terminado el procesamiento se obtuvo el raster recortado con el área de interés como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 21***Raster recortado*

*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

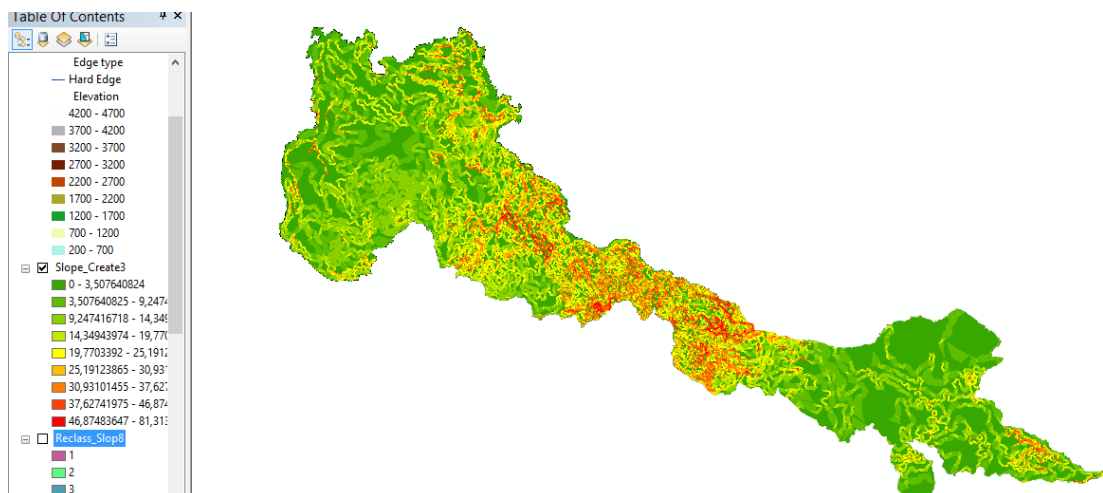
Luego de haber obtenido la zona de interés se procedió a sacar la pendiente para lo cual se utilizó la herramienta Slope, que se encuentra en el Arc toolbox en la carpeta Spatial Analyst Tools >> Surface. Esta herramienta está destinada a realizar análisis de pendientes a partir de modelos digitales de elevación, ya sea bajo unidades de medida en porcentaje o grados, en este caso se escogió la segunda opción ya que la inclinación de la pendiente fue calculada en grados.

**Figura 22***Herramienta Slope*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

A continuación, se obtuvo un raster con diferentes valores agrupados en nueve rangos, donde se puede evidenciar que las zonas de color rojo poseen una pendiente pronunciada, mientras que las zonas verdes representan una pendiente plana o casi plana de acuerdo con el grado de inclinación.

**Figura 23***Raster de pendiente*

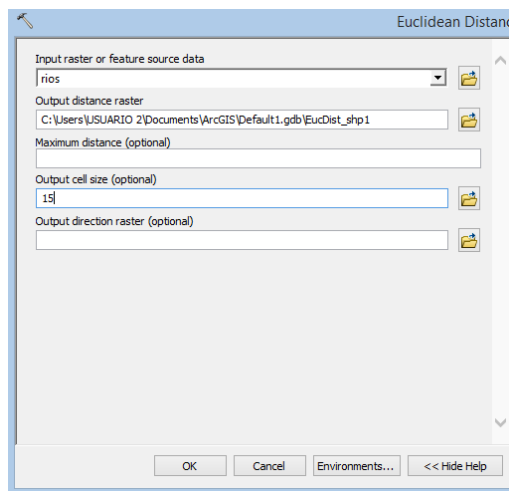


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

## Distancias

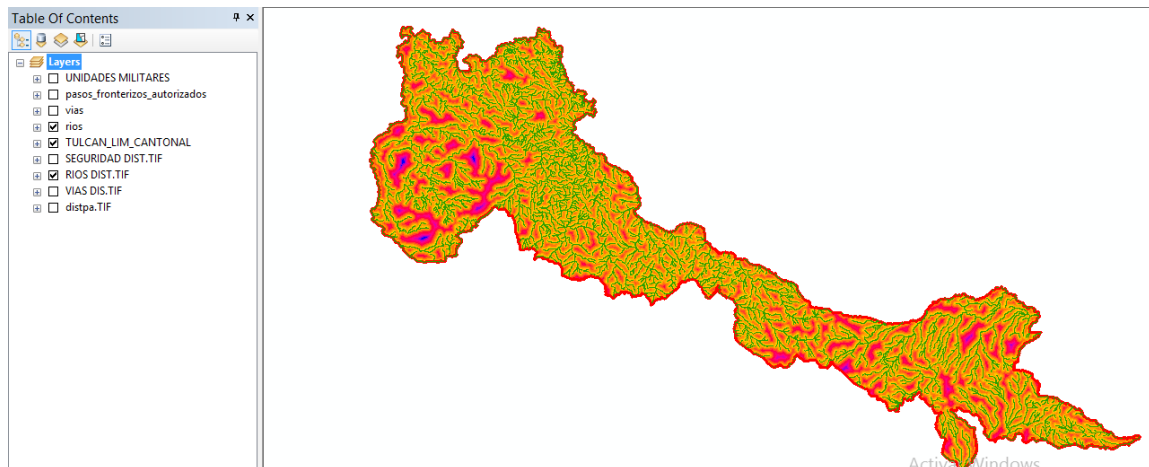
La herramienta Euclidean Distancia se encuentra en el ArcToolbox >> Spatial Analyst Tools >> Distance, la cual permite calcular para cada celda la distancia euclidiana hasta el origen más cercano, como primer punto se seleccionó el shape de entrada y se escogió la ruta para el archivo de salida; a continuación, se especificó el tamaño de celda y adicionalmente en environments se aplicó la máscara con el shape de límite cantonal con el fin de trabajar solo con el área deseada. Este procedimiento se repitió con las variables de hidrología, equipamientos de seguridad, pasos fronterizos autorizados y vías.



**Figura 24***Herramienta Euclidean Distance*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Luego del proceso se generó un raster con diferentes rangos de valores que representan la distancia de cada celda al elemento que se tomó de referencia, como se presenta a continuación.

**Figura 25***Raster de distancias*

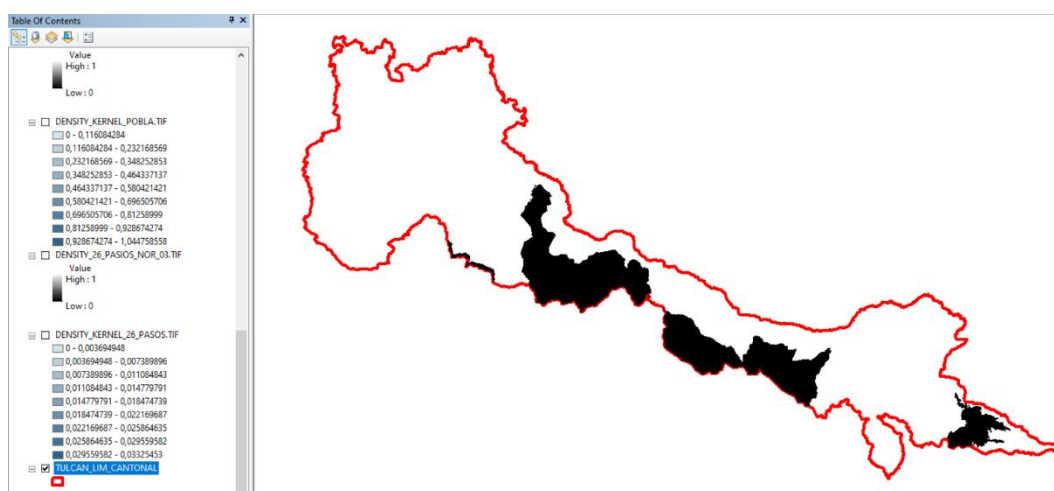
*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### Restricción

Se tomó la variable de áreas protegidas como restricción ya que la reserva del El Ángel y las Áreas de Conservación y Uso Sustentable ACUS Orientales y Occidentales no colindan con la frontera norte de la provincia del Carchi, lo que no tendrían un impacto significativo en el modelamiento de las variables, como se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 26**

*Zonas de restricción*



*Nota.* Tomado de (MAATE, 2022)

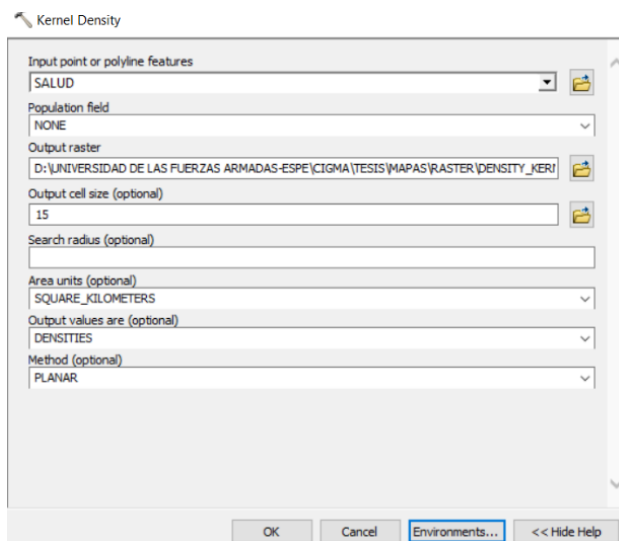
### Densidad Puntos

Para las variables como los pasos fronterizos no autorizados, la densidad poblacional, los servicios de educación y salud se necesitó obtener un mapa de densidad de puntos para lo cual se procedió a seleccionar la herramienta Kernel Density, que se encuentra en el Arctoolbox en la carpeta Spatial Analys Tools >> Density >> Kernel Density, esta opción permite calcular un área de magnitud por unidad a partir de características de puntos o polilíneas utilizando una función de núcleo para ajustar una

superficie suavemente cónica a cada punto o polilínea, como podemos ver en el siguiente ejemplo.

**Figura 27**

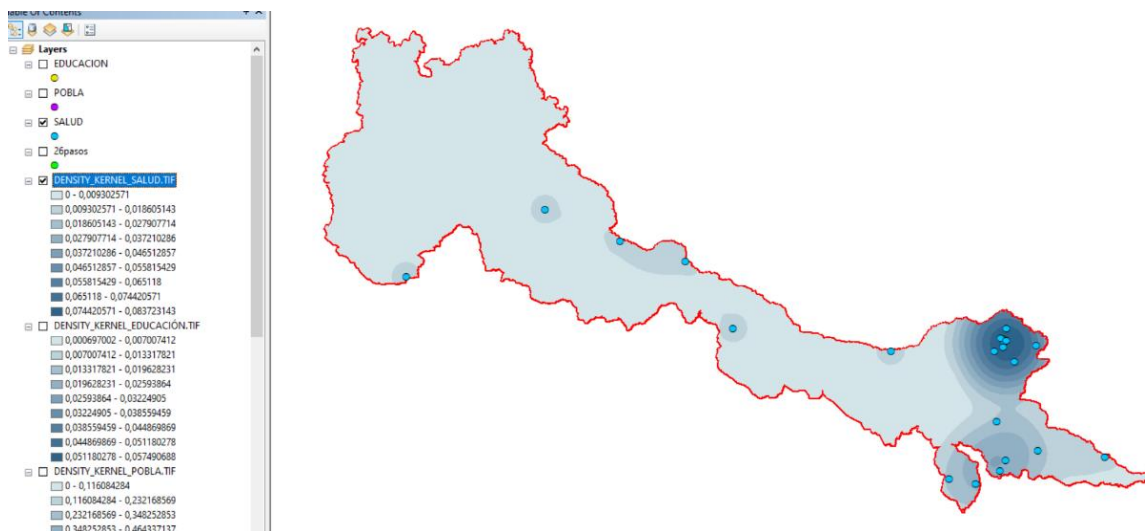
*Herramienta Kernel Density*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

**Figura 28**

*Raster Densidad de Puntos*



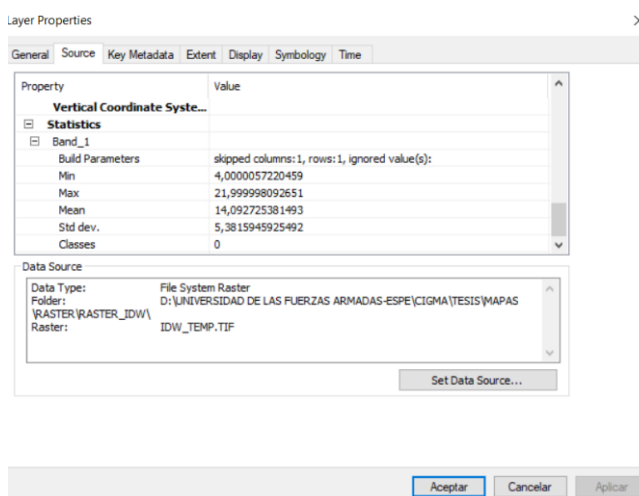
*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

## Normalización

Para la normalización de los raster de densidad de puntos, interpolación IDW y distancia se procedió a tomar el valor máximo del píxel, que se extrae del Layer Properties de la pestaña Source

### Figura 29

*Propiedades de capa*

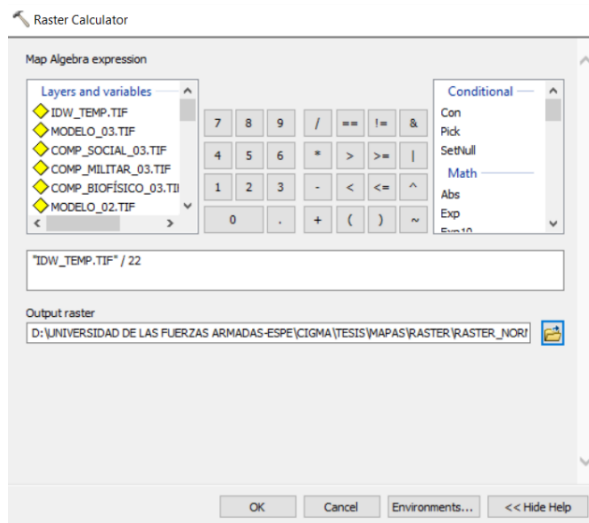


*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Posterior a la toma del valor, se procedió a calcular cada uno de los raster normalizados, mediante la herramienta Raster Calculator, que se encuentra en el Arctoolbox en la carpeta Spatial Analys Tools >> Map Algebra >> Raster Calculator, esta opción construye y ejecuta una única expresión de Álgebra de Mapas utilizando la sintaxis de Python en una interfaz tipo calculadora.

### Figura 30

*Herramienta Raster Calculator*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Aquí se dividió el raster para el valor máximo del píxel, tomando valores entre 0 y 1 para cada variable.

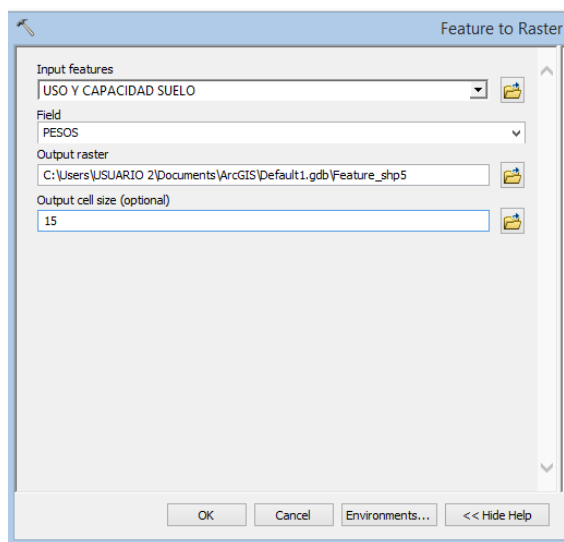
$$Raster\ Normalizado = \frac{Raster\ no\ Normalizado}{Valor\ max\ del\ Pixel} \quad (1)$$

Para la normalización de los shapes con el método de Saaty modificado, una vez asignado todos los pesos a cada una de las variables se procedió a convertir cada shape a raster, mediante la utilización de la herramienta Feature to Raster que se encuentra en el ArcToolbox >> Conversion Tools >> To Raster, donde es muy importante recalcar que en la pestaña Field se debe seleccionar el campo para asignar valores al ráster de salida; puede ser cualquier campo de la tabla de atributos del dataset del shape de entrada, pero en este caso se escogió el campo que corresponde a los pesos. Adicionalmente se determina el valor de la celda y la máscara para continuar con el proceso.

Esta operación se repitió para las variables de cobertura del suelo, textura del suelo, ecosistemas y tipos de climas.

**Figura 31**

*Herramienta Feature to Raster*

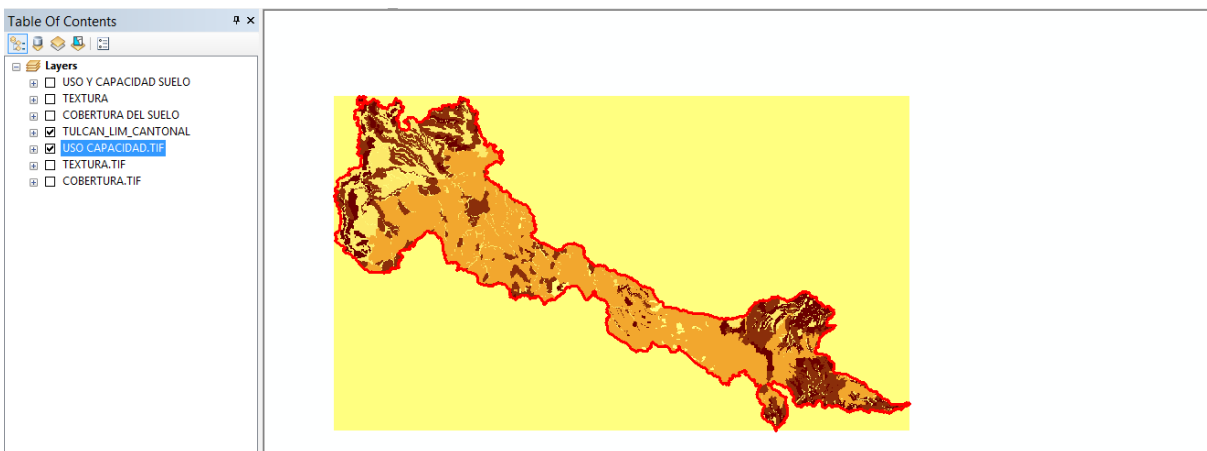


*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Al terminar el geoprocesamiento se obtuvo un archivo raster de salida, el cual a pesar de haber sido aplicado una máscara posee un rectángulo que enmarca a la zona de estudio.

**Figura 32**

*Conversión de polígono a raster*

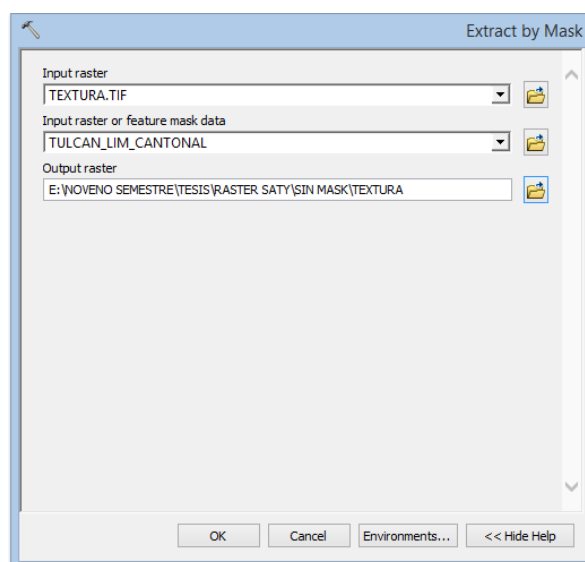


*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Para poder resolver este inconveniente se aplicó la herramienta Extract by Mask que de igual manera se encuentra en el ArcToolbox >> Spatial Analyst Tools >> Extraction, la cual permite extraer las celdas de un ráster que corresponden a las áreas definidas por una máscara, en la pestaña Input Raster or Feature Mask data se ingresó el shape del límite cantonal y se escogió una ruta de salida para el nuevo archivo.

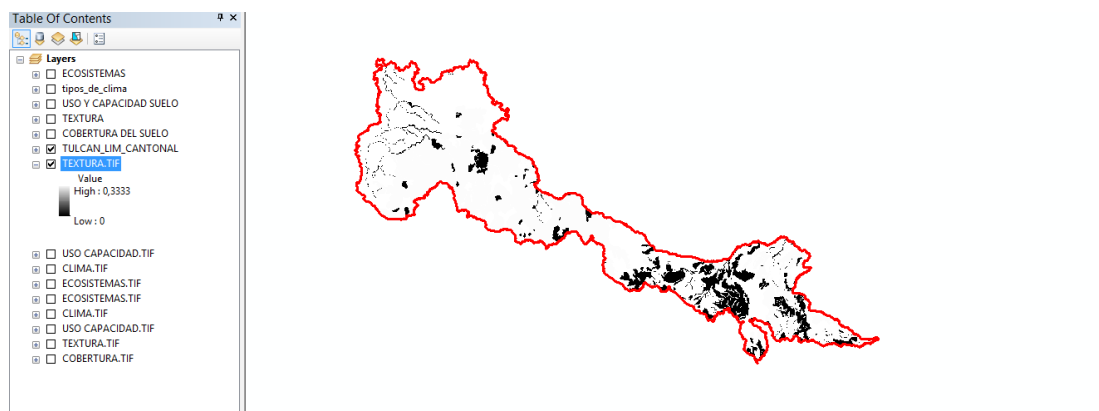
### Figura 33

#### *Herramienta Extract by Mask*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Una vez aplicada la máscara como resultado se obtiene el raster sin el recuadro que enmarca a la zona de estudio, dicho proceso se repitió para cada raster correspondiente al proceso de Saaty modificado.

**Figura 34***Raster sin máscara*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

### **Peso Derivados de encuestas a Expertos**

Una vez identificados y estandarizados los criterios a emplear en la investigación, se procedió a asignar valores a cada uno de ellos, con la finalidad de realizar una reclasificación de sus atributos. Donde se aplicó una encuesta tanto a los estudiantes tesistas encargados de la investigación de grado como a los técnicos geoespaciales del área de logística de la IVDE “Amazonas” y al Crnel. (SP) Salazar Martínez, Rodolfo Jaime Fernando, docente del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, para determinar dicha ponderación, puesto que cada uno de los entrevistados completó matrices bajo una escala definida por Saaty con motivo de jerarquizar las variables y subvariables, en base a su juicio y experticia en su conocimiento, como se muestra en la encuesta siguiente.



Figura 35

## Encuesta a expertos

ÁREAS POTENCIALES PARA LA UBICACIÓN DE PASOS ILEGALES EN LA FRONTERA NORTE DE LA PROVINCIA DE CARCHI, MEDIANTE PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO Y EVALUACIÓN ESPACIAL MULTICRITERIO							
PONDERACIÓN DE VARIABLES Y COMPONENTES							
<p>Con el objetivo de determinar nuevas áreas potenciales para la ubicación de los pasos fronterizos no autorizados, se requiere realizar un diagnóstico de los componentes: biofísico, militar y social de la frontera norte de la provincia del Carchi, para lo cual es indispensable ponderar cada una de las variables.</p> <p>En consecuencia, se debe asignar un valor numérico a cada variable en una escala del 1 al 9 según el orden de importancia para la ubicación de nuevos pasos ilegales, siendo 9 el más importante y 1 menos importante, además se podrá emplear valores intermedios como 3,5,7; esta evaluación se llevará a cabo de acuerdo al conocimiento de los expertos. De igual manera se debe realizar dicha ponderación para el caso de los tres componentes (biofísico, militar, social)</p>							
COMPONENTE	PESO TESISISTAS	PESO DOCENTE	PESO MILITAR	VARIABLES	PESO TESISISTAS	PESO DOCENTE	PESO MILITAR
BIOFISICO	7,0	7,0000	1,0000	USO Y CAPACIDAD DEL SUELO	7,0	3,0000	9,0000
				COBERTURA DEL SUELO	5,0	5,0000	5,0000
				TEXTURA DEL SUELO	3,0	3,0000	5,0000
				ECOSISTEMAS	3,0	3,0000	3,0000
				PRECIPITACION	5,0	5,0000	3,0000
				TEMPERATURA	5,0	3,0000	3,0000
				TIPOS DE CLIMA	3,0	3,0000	1,0000
				PENDIENTE	9,0	7,0000	7,0000
				HIDROLOGIA	7,0	5,0000	7,0000
				AREAS DE PROTECCION	1,0	1,0000	1,0000
MILITAR	9,0	9,0000	9,0000	PASOS FRONTERIZOS NO AUTORIZADOS	9,0	9,0000	7,0000
				EQUIP. SEGURIDAD	1,0	5,0000	9,0000
				PASOS FRONTERIZOS AUTORIZADOS	1,0	1,0000	1,0000
SOCIAL	1,0	1,0000	7,0000	DENSIDAD POBLACIONAL	5,0	3,0000	7,0000
				SERVICIO DE EDUCACION	1,0	1,0000	5,0000
				SERVICIO DE SALUD	1,0	3,0000	1,0000
				VIAS	9,0	7,0000	9,0000

## Proceso Analítico Jerárquico

Una vez obtenido los pesos por parte de los expertos usando la escala de comparación definida por Saaty, éstos se colocaron en una matriz pareada de Excel que previamente fue programada y permitió obtener los pesos reales para los raster de cada variable y componente utilizado.

Primero se definió la ecuación que permitió asignar una variable a cada componente, y posteriormente obtener su ponderación.

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$$

Donde:

$X_1$  = Componente uno

$X_2$ = Componte dos

$X_3$ = Componte tres

**Tabla 4**

*Ponderación de cada componente*

PONDERACIÓN	VARIABLE	COMPONENTE
7	X1	BIOFISICO
9	X2	MILITAR
1	X3	SOCIAL

A través de la matriz pareada se compara el valor de cada componente, donde la diagonal principal se completa con 1 por ser la comparación entre las mismas variables y el resto de los valores se calcula a través de la división entre la comparación de variables, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 5**

*Matriz pareada*

	X1	X2	X3
X1	1,0000	0,7778	7,0000
X2	1,2857	1,0000	9,0000
X3	0,1429	0,1111	1,0000
pi	2,4286	1,8889	17,0000

Ci	wi	λi
1,7592	0,4118	1,0000
2,2618	0,5294	1,0000
0,2513	0,0588	1,0000
4,2724	1,0000	3,0000

**Tabla 6**

*Índice de consistencia*

CI =	0
RCI =	0,66
CR =	0

Una vez completada la matriz pareada se llevó a cabo la suma de todos los valores de comparación parciales en forma vertical obteniendo  $p_i$  de cada variable, además se obtuvo el  $C_i$  que es la multiplicación de los valores de cada variable elevado a la 1 sobre  $n$ .

$$C_i = (x_1 * x_2 * x_3 * \dots)^{1/n} \quad (2)$$

Donde:

$C_i$  = potencia de los valores de comparación

$x_1$  = variable 1

$x_2$  = variable 2

$x_3$  = variable 3

$n$  = dimensión de la matriz de decisión

Posteriormente para el cálculo del  $w_i$  (pesos de las variables), se empleó la división entre el valor individual de  $C_i$  para la sumatoria total

$$w_i = \frac{C_{i1}}{\sum C_i} \quad (3)$$

Donde:

$w_i$  = peso de las variables

$C_i$  = potencia de los valores de comparación

$\sum C_i$  = sumatoria de la potencia de los valores de comparación

Así mismo, se obtuvo  $\lambda_i$  que es la multiplicación del  $w_i$  por el sumatoria de cada variable, obteniendo como sumatoria el número de variables ponderadas.

$$\lambda_i = w_i * p_i \quad (4)$$

Donde:

$w_i$  = peso de las variables

$p_i$  = sumatoria de los valores de comparación parciales

Finalmente se consigue determinar los pesos correspondientes de cada variable

$$Y = 0,411764705882353 X_1 + 0,529411764705882 X_2 + 0,0588235294117647 X_3$$

El AHP proporciona un método para calcular el grado de consistencia entre las opiniones pareadas que proporciona el experto. Si el grado de consistencia es admisible, se puede continuar con el procedimiento de decisión. Si el grado de consistencia es inadmisibile, la persona que toma las decisiones debe deliberar y posiblemente cambiar sus juicios sobre las comparaciones pareadas antes de continuar con el estudio.

Para ello, Saaty sugiere para el método AHP convencional, que la inconsistencia sea seleccionada mediante un único valor denominado índice de consistencia (CI) donde  $\lambda_{max}$  es el máximo autovalor y  $n$  es la dimensión de la matriz de decisión, en el cual un índice de consistencia igual a cero significa que la consistencia es correcta.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Donde:

$CI$  = Índice de consistencia

$\lambda_{max}$  = sumatoria de todos los valores  $\lambda$

$n$  = dimensión de la matriz de decisión

Otro factor importante es el índice de consistencia aleatoria (RCI), mismo que se puede mostrar dependiendo del número de elementos que se compara; sin embargo, algunos autores sugieren el empleo de la siguiente estimación.

$$RCI = \frac{1.98*(n-2)}{n} \quad (6)$$

Donde:

$RCI$  = Índice de constancia aleatoria

$n$  = dimensión de la matriz de decisión

Finalmente, Saaty sugiere el uso de la Razón de Consistencia (CR) que se obtiene dividiendo CI por su índice de constancia aleatoria RCI.

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (7)$$

Donde:

$CR$  = Razón de consistencia

$CI$  = Índice de consistencia

$RCI$  = Índice de constancia aleatoria

Esta razón o cociente se encuentra elaborado de manera que los valores que exceden de 0.10 significa que los juicios son inconsistentes; por lo que es posible que en estos casos el tomador de decisiones desee reconsiderar y modificar los valores originales de la matriz de comparaciones pareadas. Lo cual no se evidenció en el proyecto de investigación ya que la razón de consistencia en cada uno de los análisis no superó el valor de 0.10.

### Mapa de Subcriterios Ponderados

Después de haber obtenido por los expertos los pesos de cada variable y componente se procedió a calcular cada uno de los modelos a obtener mediante la herramienta Raster Calculator, que se encuentra en el Arc toolbox en la carpeta Spatial Analyst Tools >> Map Algebra >> Raster Calculator. Esta opción construye y ejecuta una única expresión de Álgebra de Mapas utilizando la sintaxis de Python en una interfaz tipo calculadora.

Este proceso se basó en 4 pasos para cada uno de los modelos generados:

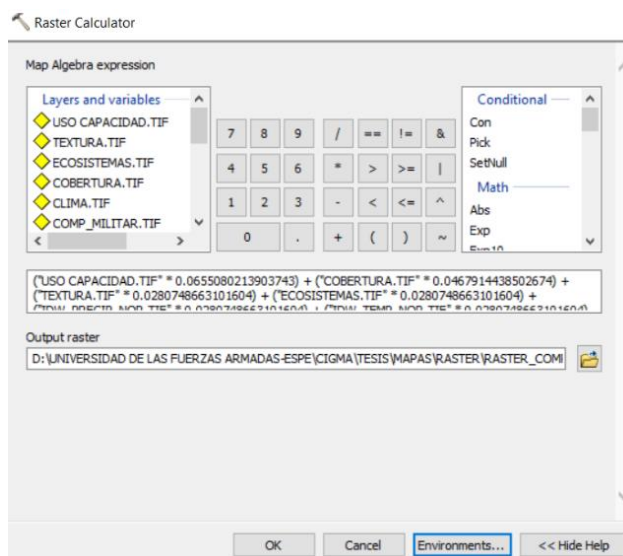
1. Los mapas de las variables normalizadas se multiplicarán por el peso ( $W$ ) definido por los expertos para obtener los mapas de las variables ponderadas
2. Los mapas ponderados se sumaron y dieron como resultado los mapas de los componentes (biofísico, social y militar),
3. Cada mapa de los componentes se multiplicó por el peso definido por los expertos para cada componente.
4. Los mapas que contienen las componentes se sumaron para obtener el mapa de aptitud preliminar de las zonas utilizadas como pasos fronterizos.

$$Modelo_n = (variable_1 * peso_1) + (variable_2 * peso_2) + (variable_3 * peso_3) + \dots \quad (8)$$

Donde el  $Modelo_n$  es el raster resultante de la suma de todas las variables que fueron multiplicadas por sus pesos obteniendo, por lo tanto, se puede obtener el modelamiento deseado.

Figura 36

## Herramienta Raster Calculator

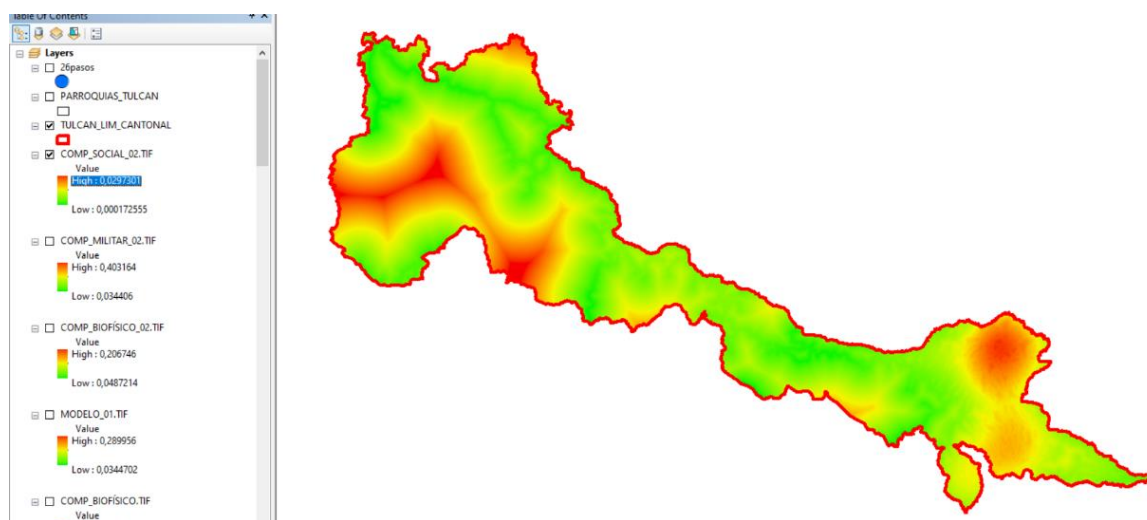


Nota. Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

Permitiendo generar algunos modelos geoespaciales, como los que se indican a continuación.

Figura 37

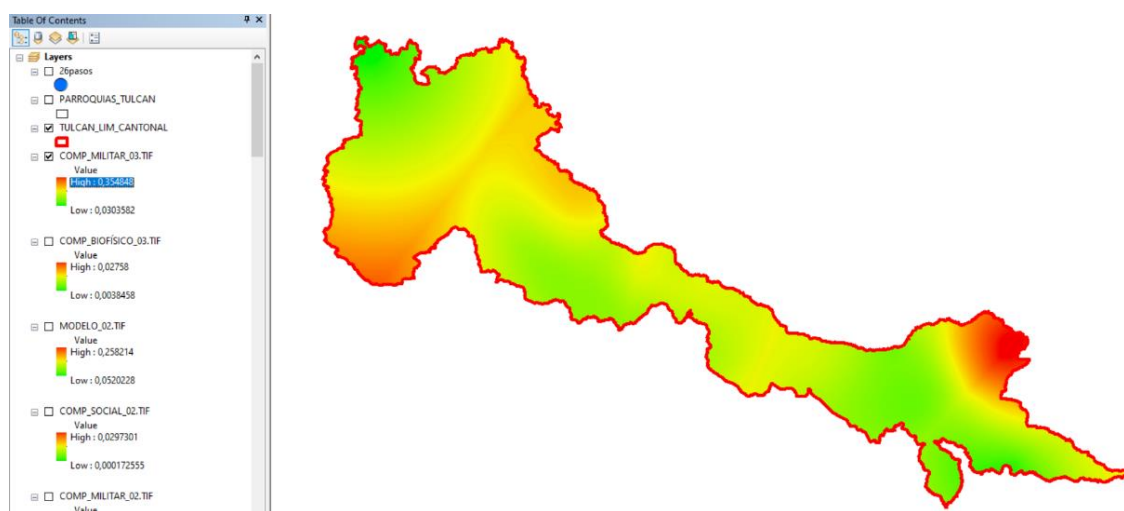
## Modelo geoespacial sobre la componente social para el modelo 02



Nota. Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

**Figura 38**

*Modelo geoespacial sobre la componente militar para el modelo 03*



*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

### **Fase de verificación y obtención de resultados**

En la siguiente fase, se llevó a cabo dos actividades que se detallan a continuación:

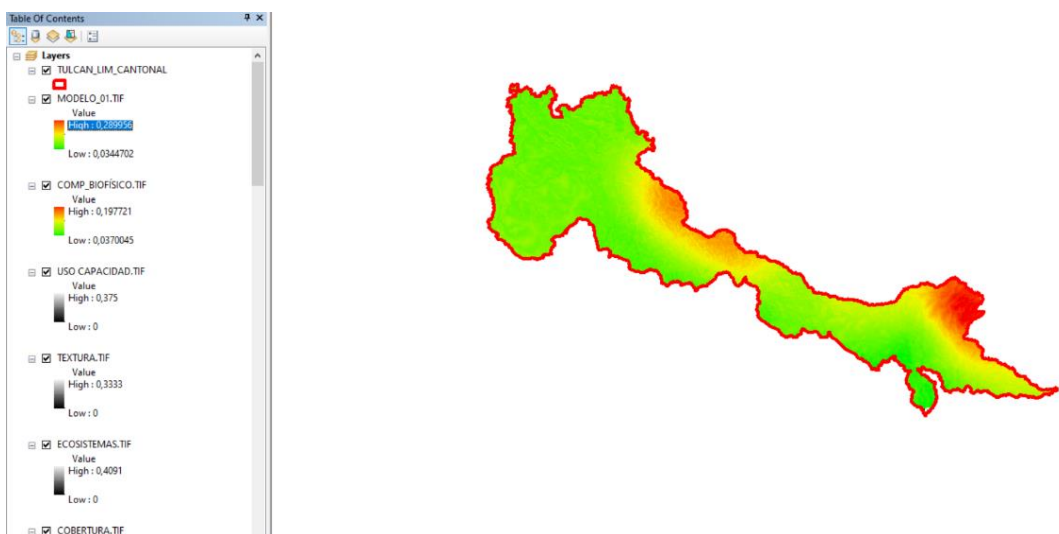
#### **Verificación en campo**

Una vez obtenidas las posibles áreas potenciales de pasos fronterizos no autorizados, se realizó una verificación en campo junto al personal de la Cuarta División del Ejército "Amazonas." Para la comprobación se tomó coordenadas mediante puntos GPS con la finalidad de poder confirmar o descartar si dichas áreas cumplen con las características de las variables que fueron empleadas en el modelamiento, además analizar la viabilidad de la presencia de nuevos pasos fronterizos no autorizados.

#### **Mapa de zonas Óptimas**

La clasificación propuesta respondió a la necesidad de identificar con claridad las áreas de mayor aptitud de pasos fronterizos no autorizados, obteniendo como resultado un mapa de estas áreas geográficas, que permiten un trabajo de visualización espacial.



**Figura 39***Zonas óptimas*

*Nota.* Tomado de (ArcGIS 10.8, 2020)

## Capítulo IV

### Resultados

Una vez obtenida la información geoespacial relacionada a la zona de investigación, se analizó cada uno de los shapes con el objetivo de plasmar en un mapa cada una de las variables y componentes detallados a continuación:

### Variables del Componente Biofísico

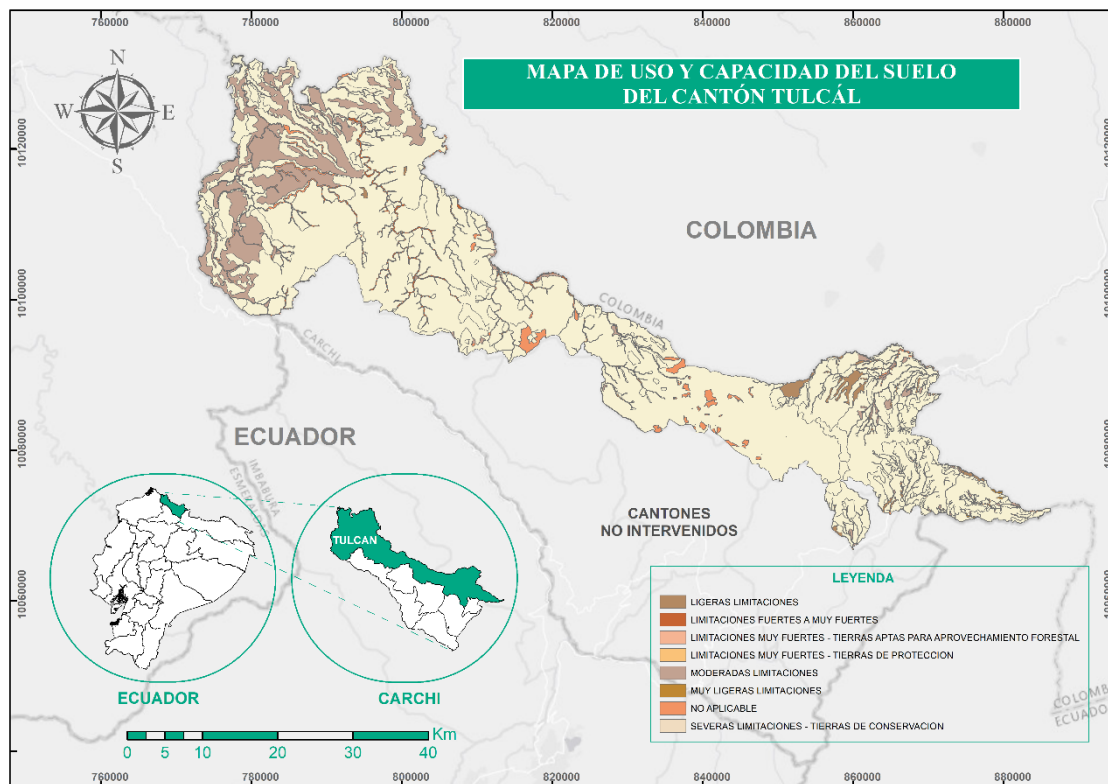
Dentro del componente biofísico se abarca varias variables que se detallan a continuación:

#### Uso y capacidad del suelo

La variable de uso y capacidad del suelo se refiere a la actividad antrópica que genera cambios en el suelo a través del tiempo; además para determinar la capacidad de uso del suelo se ha aplicado el sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra de El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). Esta variable se trabajó bajo el modelo de Saaty modificado propuesto por el Ingeniero Oswaldo Padilla, donde la clase correspondiente a Tierras aptas para aprovechamiento forestal obtuvo un peso mayor de 0.38, ya que el grado de importancia corresponde a un valor de 9 en la escala de Saaty, esto se debe a que este uso de suelo presenta características adecuadas como relieves colinados, que sirven para la ubicación de pasos fronterizos no autorizados.

Figura 40

Mapa de uso y capacidad del suelo



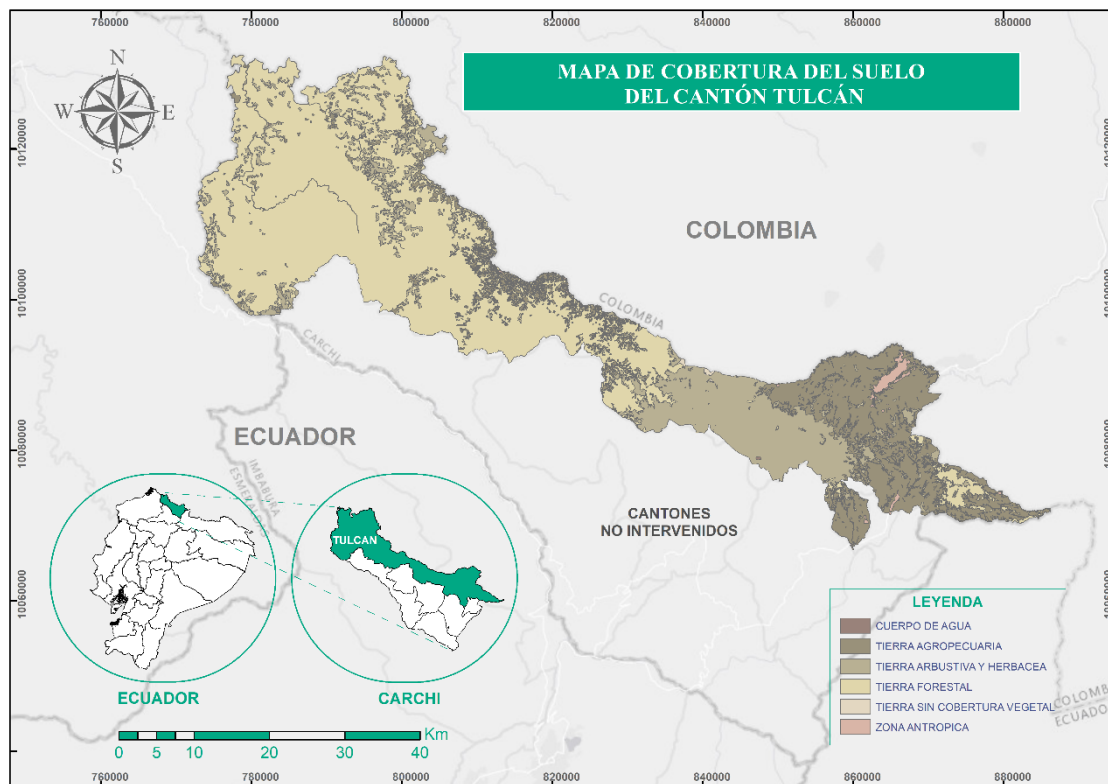
Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### Cobertura del suelo

La variable de cobertura del suelo constituye la cubierta biofísica que se observa sobre la superficie de la tierra donde interactúan elementos naturales y antrópicos, esta variable se analizó bajo el método de Saaty modificado donde la clase con una ponderación mayor de 0.28 corresponde a Tierra agropecuaria, y la clase con la ponderación más baja de 0.03 corresponde a Tierra sin cobertura vegetal, ya que el grado de importancia según la escala de Saaty fue de 9 y 1 correspondientemente, esto se debe a que la primera clase abarca una superficie mayor en la zona de la frontera a comparación de la segunda cuya extensión es muy baja.

Figura 41

Mapa de cobertura del suelo



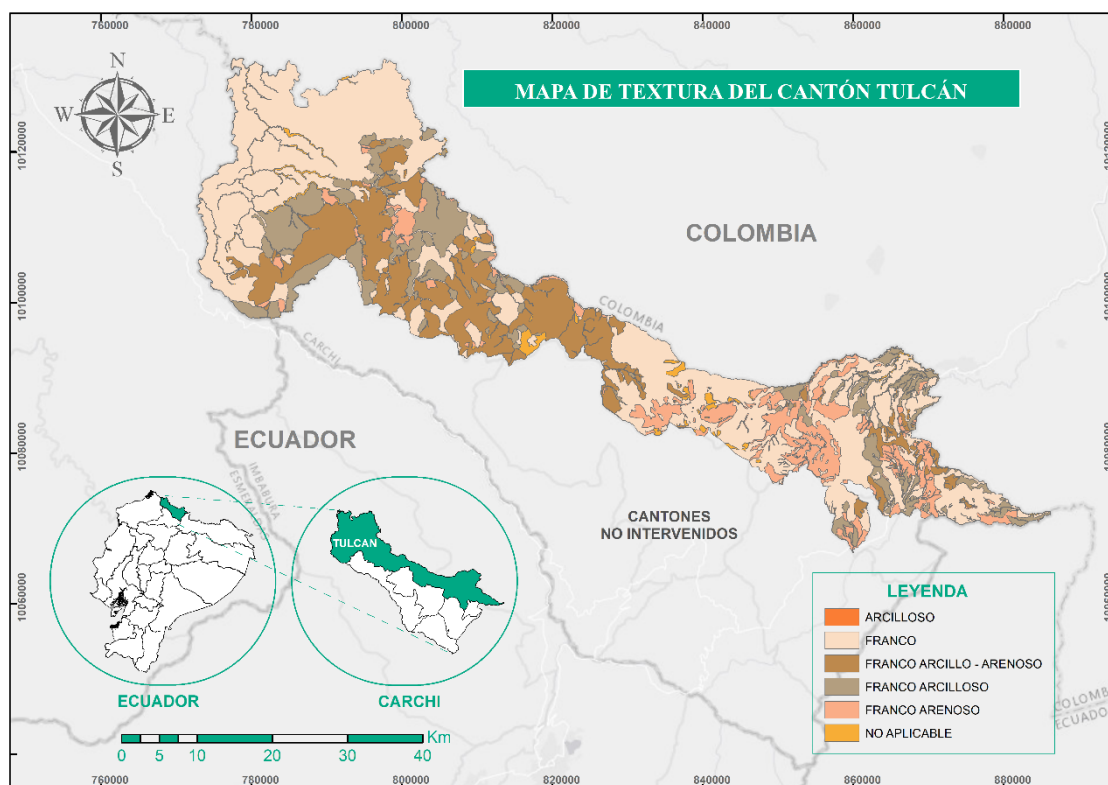
Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### Textura del suelo

La variable de textura que se refiere al tamaño de las partículas que forman el suelo, fue analizada de igual manera mediante el método de Saaty modificado, donde la clase correspondiente a Franco, que se refiere a suelo con mayor productividad agrícola, ya que tiene una proporción de arena, limo y arcilla idónea para los cultivos, obtuvo una mayor ponderación de 0.33, ya que el grado de importancia según la escala de Saaty fue de 9, esto se debe a que esta clase textural se encuentra presente en las zonas donde se ubican la mayoría de los pasos ilegales fronterizos no autorizados.

Figura 42

Mapa de textura del suelo



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### Ecosistemas

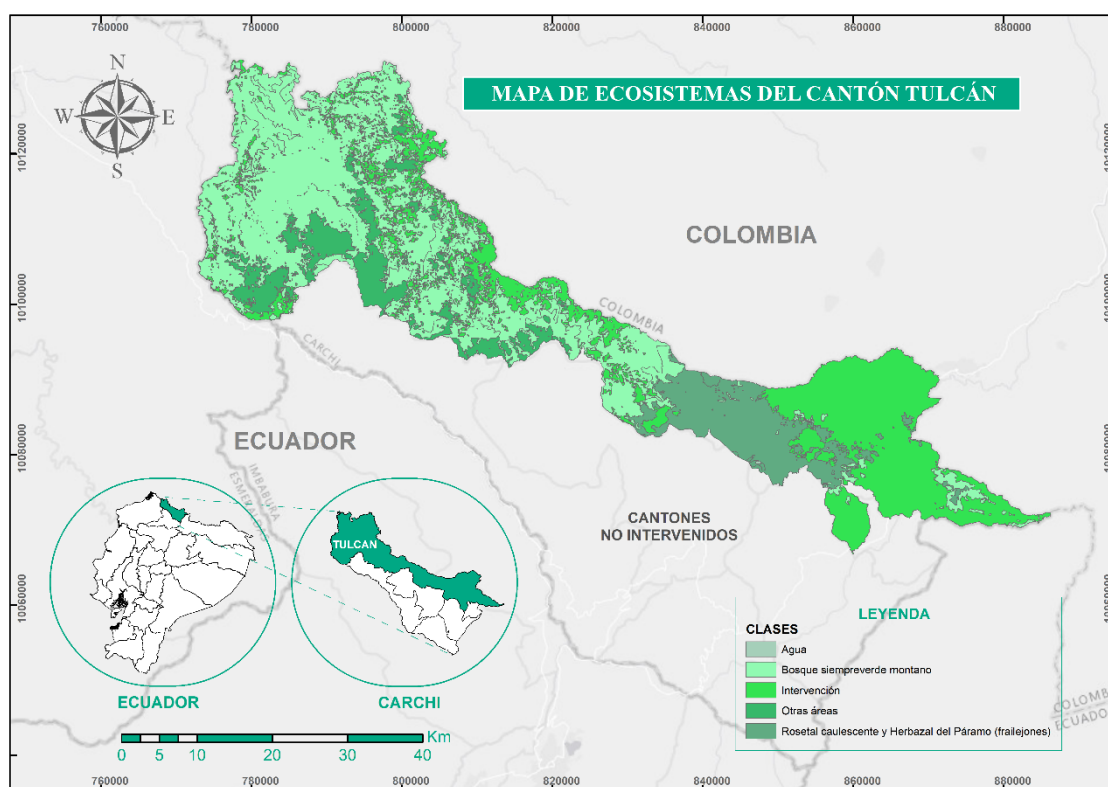
El Cantón Tulcán dentro de su territorio se encuentra atravesado por ecosistemas de suma importancia, entre los cuales podemos mencionar a los páramos, bosques montanos de la cordillera de los andes y bosques siempre verdes montanos de la cordillera de los andes, los cuales constituyen un gran valor para la conservación ambiental.

Para el análisis de esta variable se trabajó con Saaty modificado previo agrupamiento, ya que al tener 16 clases la comparación bajo la matriz pareada iba a ser muy extensa y podía arrojar ciertas inconsistencias, por tal motivo se agrupó a todas las

clases en cuatro categorías principales, de acuerdo a las características en común de cada ecosistema, donde la que obtuvo un mayor peso fue la clase correspondiente a Intervención, con un valor de 0.4, ya que el grado de importancia según la escala de Saaty corresponde a un valor de 9, la razón de este puntaje se debe ya que en estas zonas sus factores son intervenidos y controlados por el hombre de alguna manera, lo cual favorece a que las actividades ilícitas se lleven a cabo con mayor facilidad.

**Figura 43**

*Mapa de ecosistemas*



*Nota.* Tomado de (MAATE, 2022)

### **Precipitación**

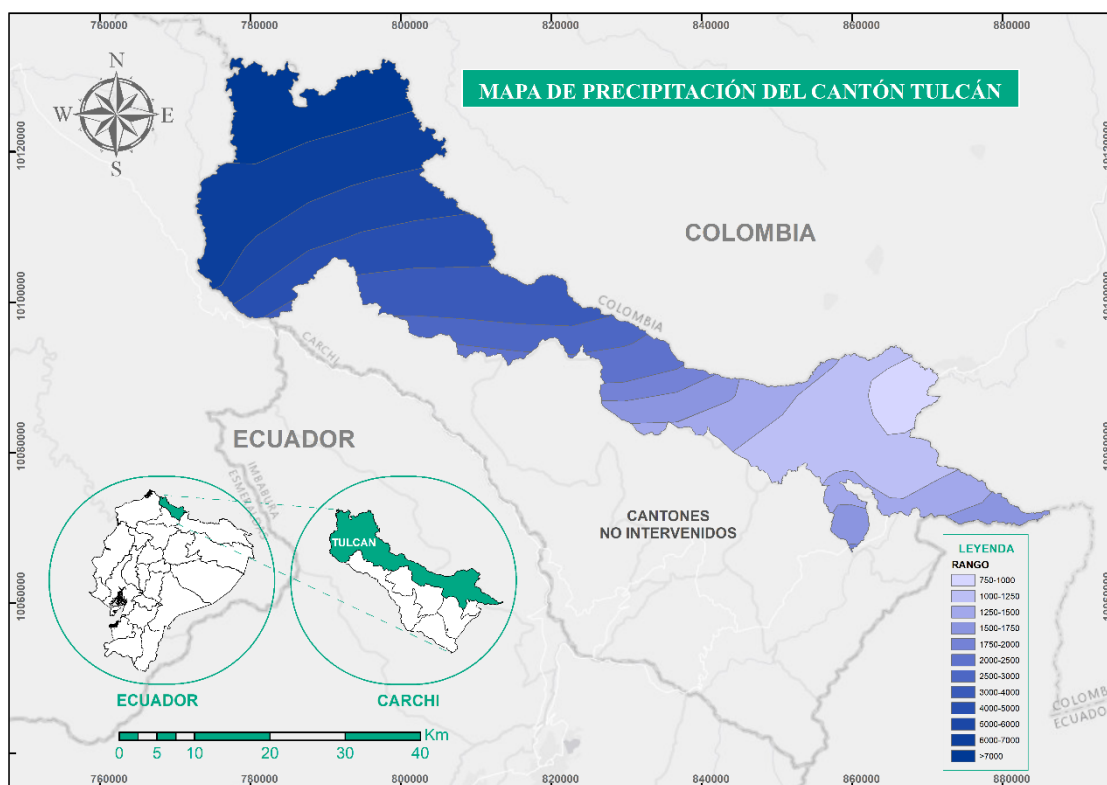
La variable de precipitación se trabajó bajo el método IDW, donde dadas las características del relieve se obtuvieron rangos que van desde los 750 mm hasta valores

superiores a los 7000 mm por año, siendo las más bajas en los alrededores de las parroquias de Tulcán y Urbina entre 750 y 1.000 mm; y las más altas con valores superiores de 7.000 mm en la zona de Tobar Donoso.

Estas particularidades se relacionan con los pasos fronterizos no autorizados, ya que estos se encuentran ubicados en mayor concentración en las parroquias de Tufiño, Tulcán y Urbina, lo cual significa que los PFNA se localizan en zonas en donde los valores de precipitación son menores.

#### Figura 44

##### Mapa de precipitación



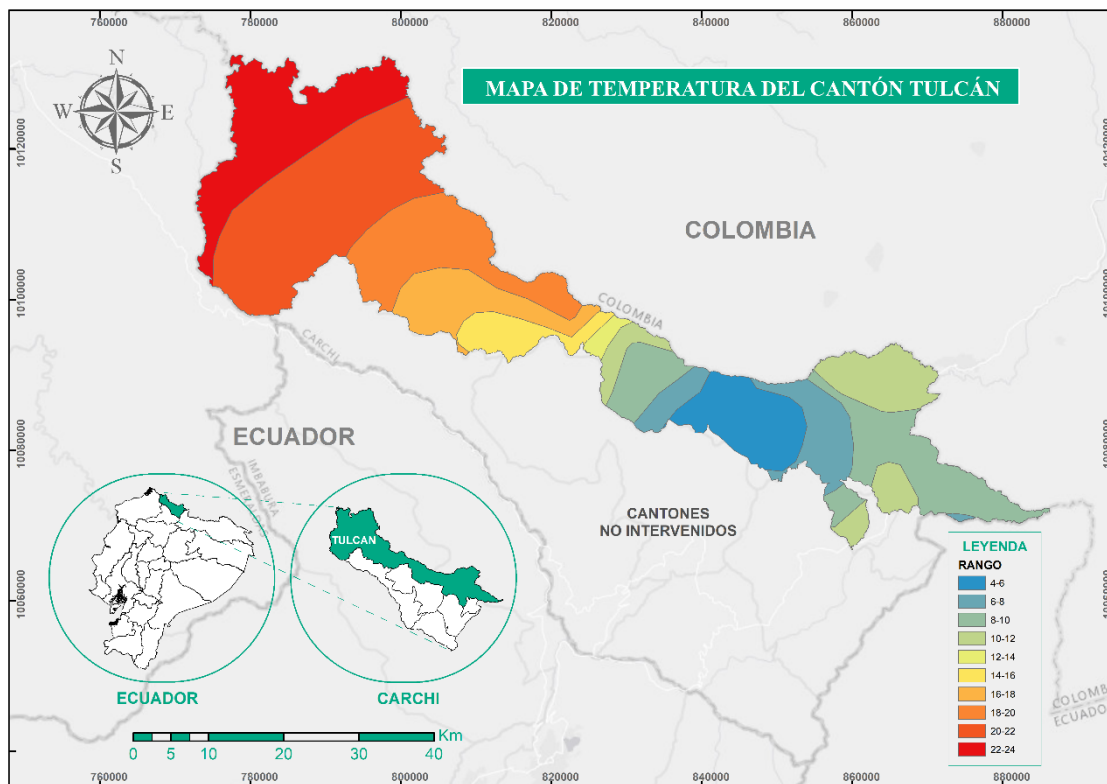
Nota. Tomado de (MAATE, 2022)

## Temperatura

La variable de temperatura se trabajó bajo el método IDW, donde en base a las características de relieve, que varía desde los 100 a 4.729 m de altura, se obtuvo rangos con temperaturas que van desde los 4 hasta los 24 °C siendo las temperaturas más altas hacia la parroquia de Tobar Donoso y las mínimas en la parroquia Tufiño. Bajo este análisis se puede indicar que los pasos fronterizos no autorizados tienden a estar ubicados en las áreas donde las temperaturas son intermedias ya que sus condiciones son más favorables.

**Figura 45**

*Mapa de temperatura*



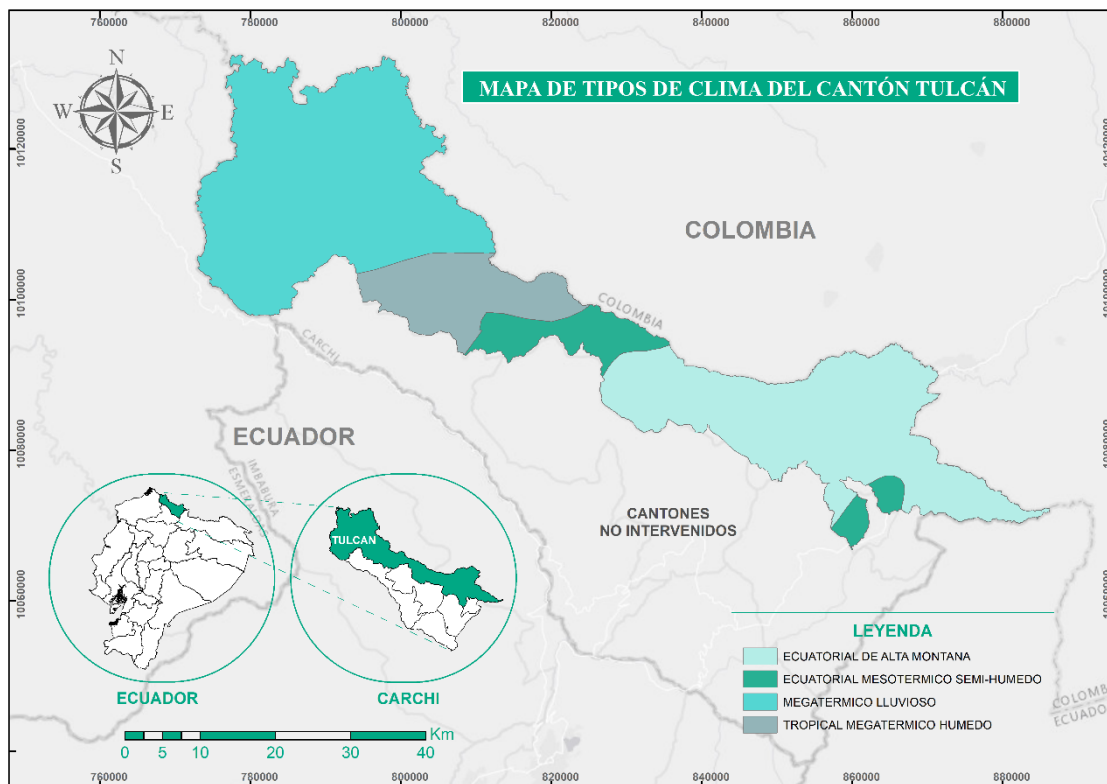
*Nota.* Tomado de (MAATE, 2022)



### **Tipos de climas**

En cuanto a los tipos de climas en base a los factores condicionantes, el cantón Tulcán presenta una gama de climas que se aproximan a corta distancia y en paisajes variados. Esta variable fue analizada bajo el método de Saaty modificado donde la clase correspondiente a Ecuatorial de alta montaña obtuvo una ponderación mayor con un valor de 0.64 ya que el grado de importancia para esta clase según la escala de Saaty corresponde a un valor de 9.

Este tipo de clima se identifica por encontrarse sobre los 2.900 msnm. La altura se considera un elemento que condiciona las temperaturas y las lluvias, donde las temperaturas medias anuales oscilan entre 4 y 8 °C, mientras que las precipitaciones anuales están entre los 800 y 2.000 mm, las lluvias por lo general son de una prolongada duración, pero de baja intensidad y se localizan en las parroquias de Tufiño, Urbina, El Carmelo y la cabecera cantonal; lugares donde se concentran la mayor parte de los puntos fronterizos no autorizados.

**Figura 46***Mapa de tipos de clima*

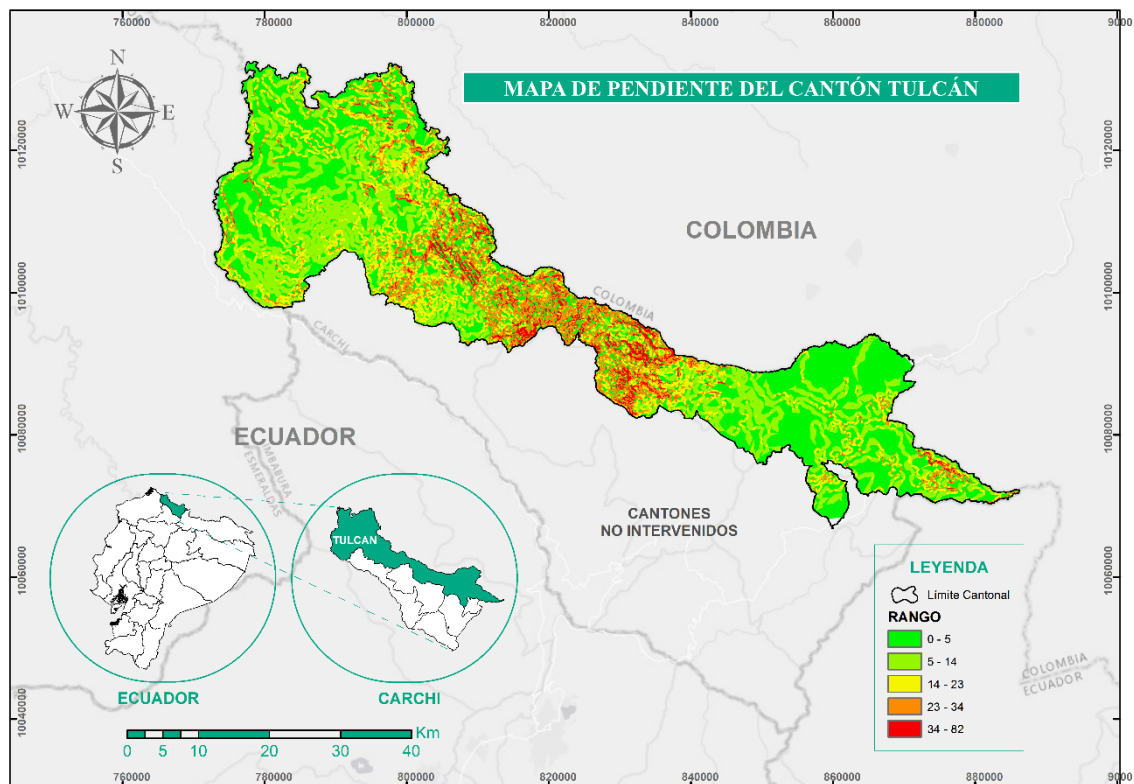
*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### **Pendiente**

El relieve del cantón Tulcán posee niveles altitudinales que van desde los 100 msnm hasta los 4.729 msnm, donde la pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve e indica la inclinación o el desnivel del suelo; gracias al proceso de estandarización se ha podido determinar un rango que va desde los 5 grados hasta los 82 grados, dando como resultado una pendiente plana a casi plana en las parroquias de Tufiño, Tulcán, Urbina y El Carmelo, en beneficio a la inclinación de estas zonas que facilita la movilización de los grupos delictivos, ya que no requieren de mucho esfuerzo para el transporte de la mercancía exenta de fiscalización.

Figura 47

Mapa de pendiente



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

## Hidrología

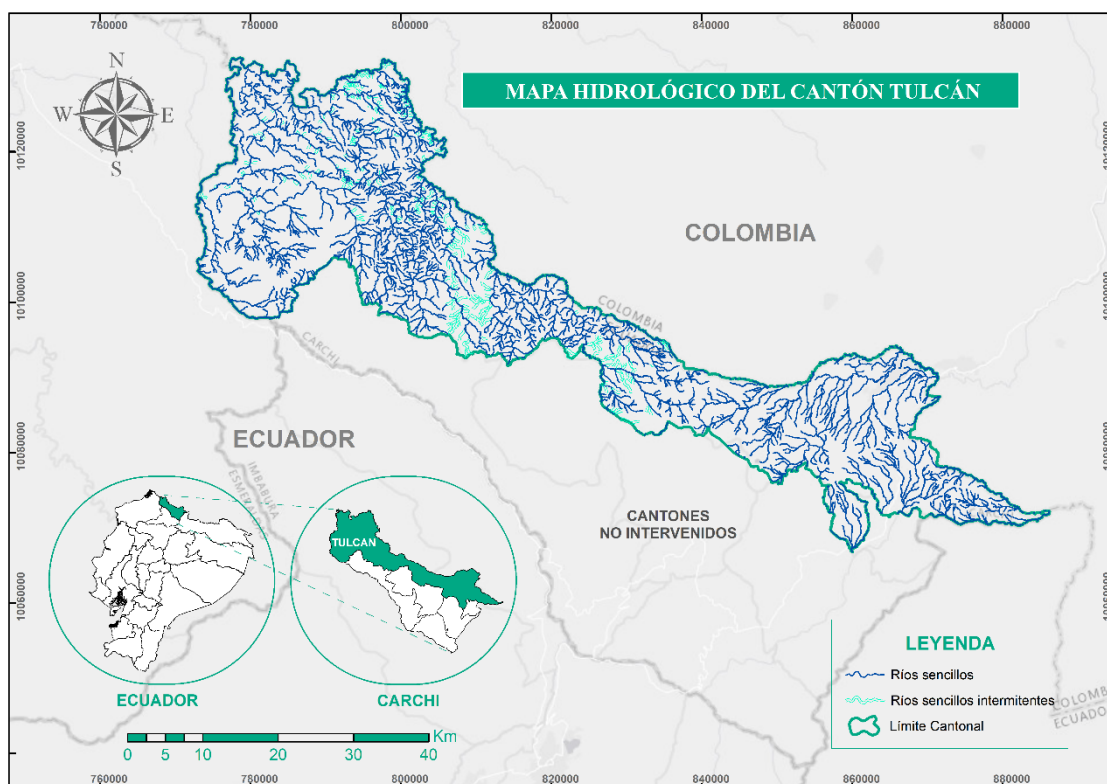
El recurso hídrico del cantón Tulcán es un elemento estratégico para el desarrollo del territorio, sin embargo, procesos naturales o acciones antrópicas pueden poner en peligro dicho elemento, como es el caso del continuo crecimiento del área urbana, lo que conlleva a que la población genere un mayor consumo de agua.

Dentro de la hidrología del cantón se pueden encontrar dos tipos de ríos: ríos sencillos intermitentes cuya corriente tiene agua durante alguna parte del año por lo general en la época de lluvias y los ríos sencillos de tercer orden o superior con una corriente

natural de agua que fluye con continuidad y un caudal determinado que desembocan en un lago u otro río, encontrando varios de estos cuerpos hídricos cerca de la frontera norte.

**Figura 48**

*Mapa hidrológico*



*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

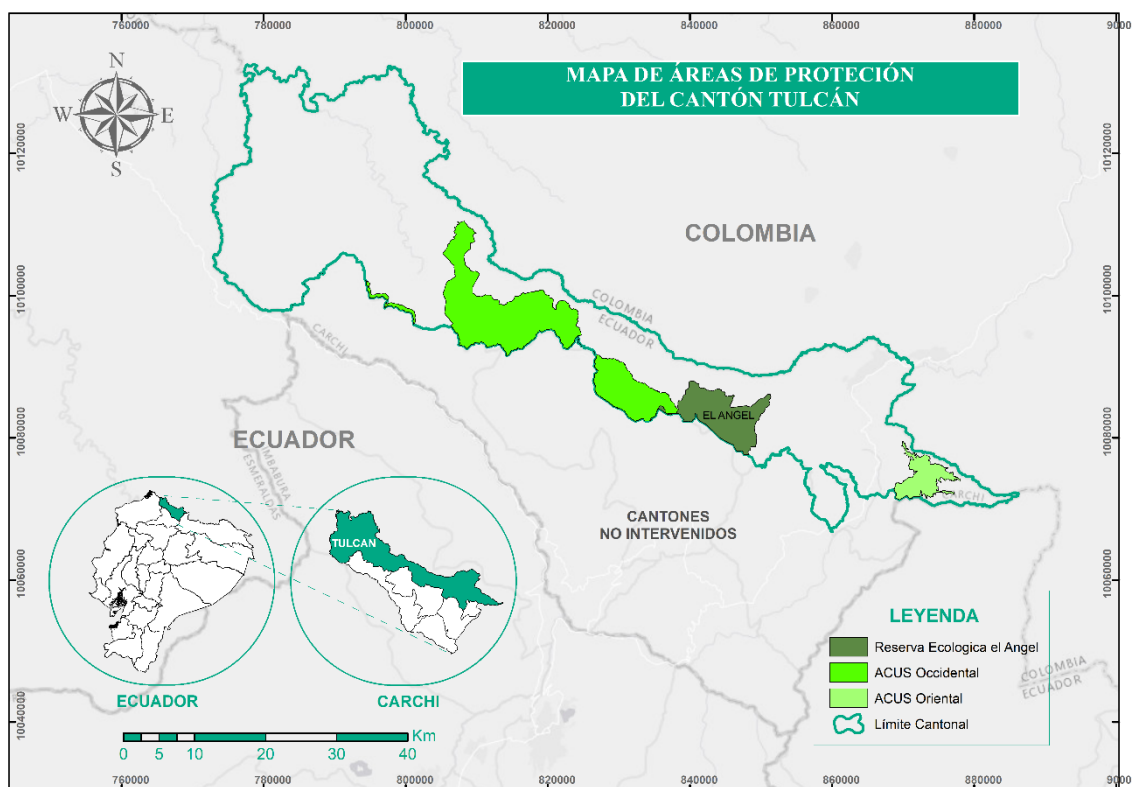
### Áreas Protegidas

El cantón Tulcán cuenta con dos áreas protegidas dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, la Reserva Ecológica El Ángel y las Áreas de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) de la Cordillera Oriental y Occidental, las mismas que están catalogadas como áreas de protección prioritaria.

Esta variable fue considerada para el análisis dentro del componente biofísico, sin embargo no fue tomada en cuenta ya que las áreas de protección no forman parte de la zona fronteriza, por lo tanto no influye de ninguna manera en el modelamiento geoespacial.

**Figura 49**

*Mapas de áreas de protección*



*Nota.* Tomado de (MAATE, 2022)

### **Variables del Componente Militar**

Dentro del componente militar se abarca las siguientes variables que se detallan a continuación:

#### **Pasos fronterizos no autorizados**

Luego de haber tomado los puntos GPS de los 26 pasos fronterizos no autorizados a lo largo de la frontera norte, a excepción en la parroquia de Tobar Donoso y la parte

superior de el Chical, debido a que las condiciones de accesibilidad a estas áreas son muy complejas por lo que se dificulta el trabajo en campo para la toma de los puntos, sin embargo se logró obtener las coordenadas X, Y de cada punto, detalladas en la siguiente tabla 7 y representadas en la figura 50

**Tabla 7**

*Coordenadas de los pasos fronterizos no autorizados*

<b>ORD</b>	<b>PASO</b>
<b>1</b>	Tufiño
<b>2</b>	El Carmelo
<b>3</b>	La Chorrera
<b>4</b>	Angostura
<b>5</b>	El Ojal
<b>6</b>	La Unión
<b>7</b>	El Partidero
<b>8</b>	San Juan
<b>9</b>	Puente de Palo
<b>10</b>	La Arena
<b>11</b>	Angasmayo
<b>12</b>	4 Esquinas
<b>13</b>	Cartagena
<b>14</b>	Sta. Bárbara
<b>15</b>	El Charco
<b>16</b>	Aguas Hediondas
<b>17</b>	Potrerosillos
<b>18</b>	20 de Marzo
<b>19</b>	Quinshul
<b>20</b>	Chical
<b>21</b>	Capulí
<b>22</b>	Urbina
<b>23</b>	Calle Larga
<b>24</b>	Pulcas
<b>25</b>	Fátima
<b>26</b>	Fraylejón

Figura 50

Mapa de pasos fronterizos no autorizados



Nota. Tomado de (Ayala, 2019)

### Unidades Militares

La variable correspondiente a las unidades militares representa a los equipamientos de seguridad que se encuentran a lo largo de la frontera norte, los mismos que están destinados a proteger y salvaguardar la integridad de los habitantes, además de realizar operaciones con el fin de disminuir el contrabando y demás actividades ilícitas en la zona fronteriza.

A continuación se muestra las coordenadas de cada unidad militar en la tabla 8 y representadas en la figura 51

Tabla 8

Coordenadas de las unidades militares

ORD	UNIDAD MILITAR
1	Tobar Donoso
2	Chical
3	Maldonado
4	Tufiño
5	El Carmelo

Figura 51

Mapa de unidades militares



Nota. Tomado de (Ayala, 2019)



## Pasos fronterizos autorizados

Los pasos fronterizos autorizados (PFA) se encuentran destinados a controlar y regular la entrada y salida de productos en la frontera entre Ecuador y Colombia. A lo largo de esta zona fronteriza se localizan dos PFA cuyas coordenadas se detallan a continuación en la tabla 9 y se representan en la figura 52

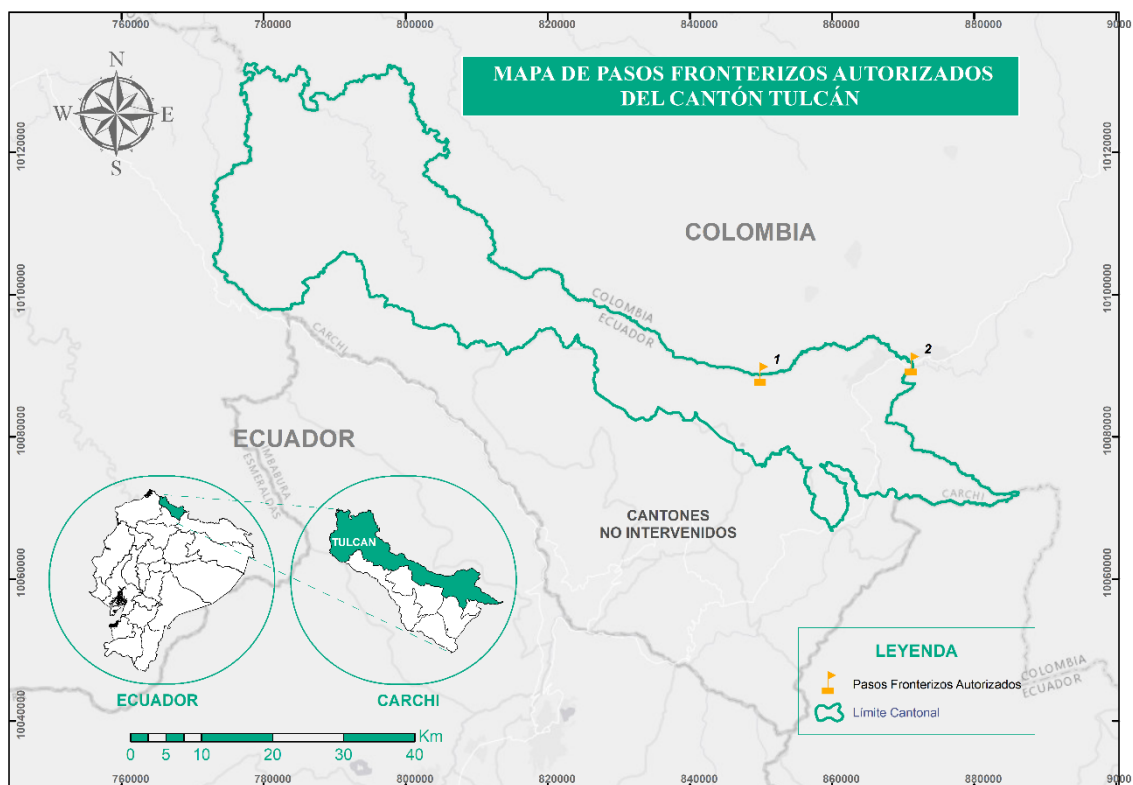
**Tabla 9**

*Coordenadas de los pasos fronterizos autorizados*

ORD	PFA	X	Y
1	Tufiño	850045,17	10088833,42
2	Rumichaca	871273,41	10090264,65

**Figura 52**

*Mapa de pasos fronterizos autorizados*



*Nota.* Tomado de (Ayala, 2019)

### **Componente Social**

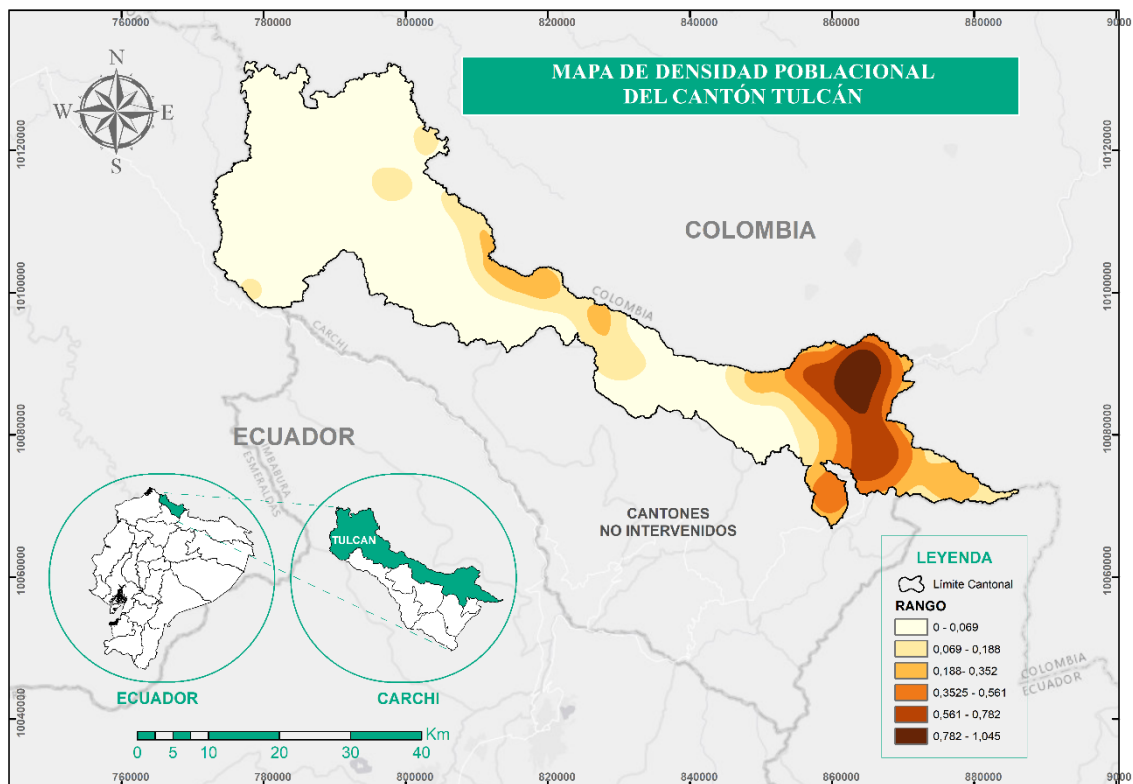
Dentro del componente social se abarca varias variables que se detallan a continuación:

#### **Densidad Poblacional**

La población del Cantón Tulcán de acuerdo al Censo 2010 se sitúa en 86,498 habitantes, con un crecimiento de 1,26% por año, además la densidad poblacional es de 5.053 hab/km<sup>2</sup>, misma que establece la relación entre el número de habitantes y su superficie territorial ocupada (INEC, 2010). Esta variable fue analizada bajo el método de densidad de puntos con la herramienta Kernel Density, donde la mayor concentración de habitantes se encuentran localizados en la cabecera cantonal en un rango entre 0.78 – 1.04 habitantes por km<sup>2</sup>

Figura 53

Mapa de densidad poblacional



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

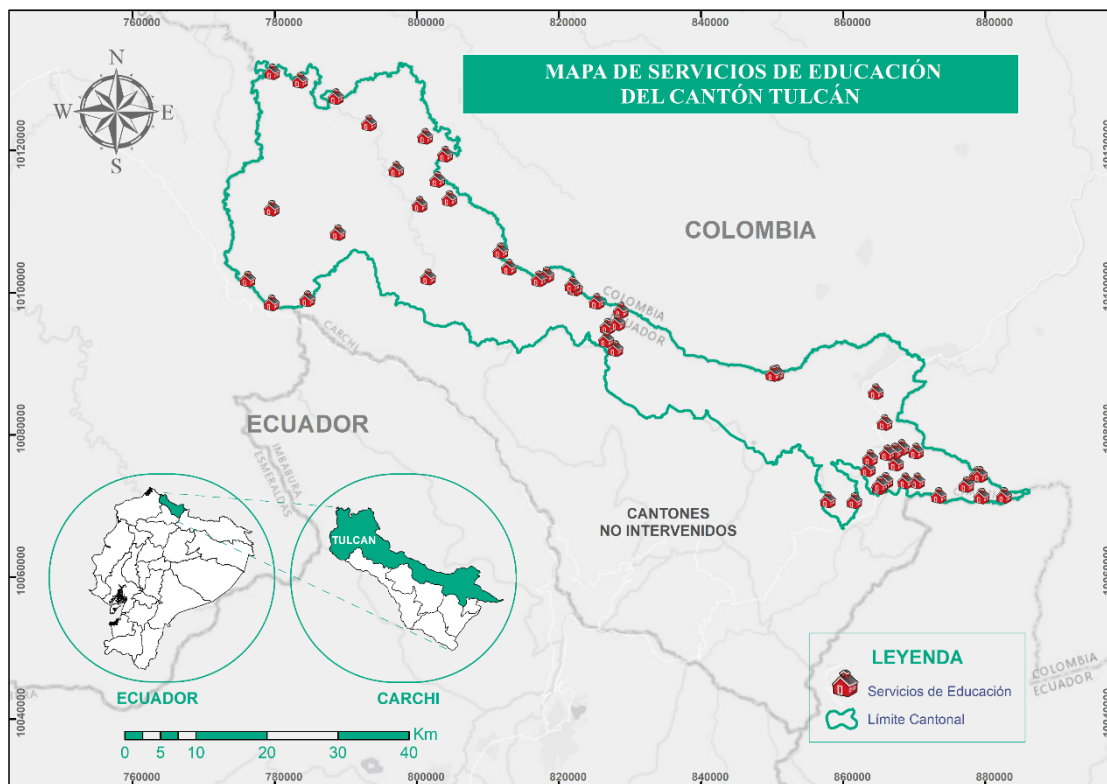
### Servicios de Educación

En cuanto a los servicios de educación, según datos del Censo 2010, el porcentaje de cobertura de la educación en el cantón Tulcán corresponde al 84,01%, constituyéndose de esta manera en la más alta de la provincia de Carchi que corresponde al 8,3% (INEC, 2010).

Dentro de la cobertura y equipamiento se encuentran: escuelas de educación básica, colegios militares, unidades educativas y redes educativas hispanas.

Figura 54

Mapa de servicios de educación



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

### Servicios de Salud

Los servicios de salud tienen como objetivo mejorar el acceso, la atención y garantizar la prestación eficaz de los servicios sociales. La infraestructura de salud del cantón de Tulcán se encuentra conformada por hospitales, centros y subcentros de salud públicos y privados, los mismos que están concentrados principalmente en la ciudad de Tulcán, lo que crea una alta dependencia en relación con otros centros de población.

En lo que respecta a parroquias rurales, se cuenta con al menos una infraestructura de salud, sin embargo, no hay suficiencia de personal médico, así como también existe una carencia de equipos adecuados y medicinas.

Figura 55

Mapa de servicios de salud



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

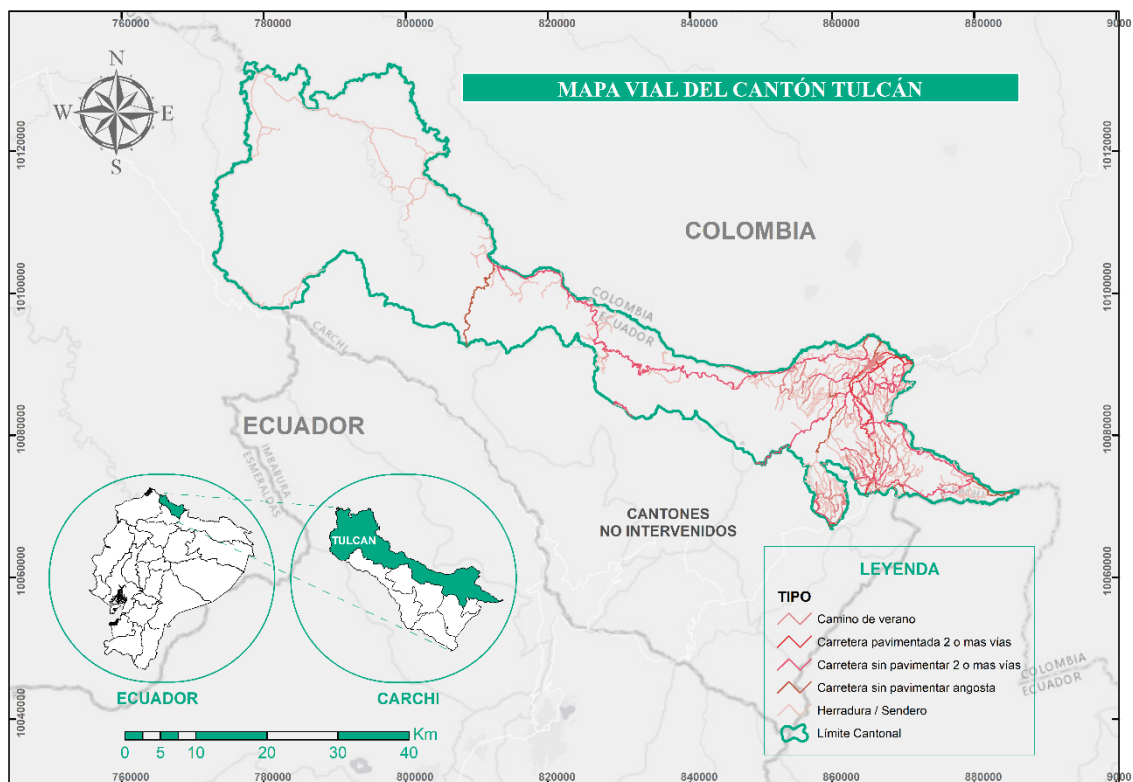
### Vías

La viabilidad del cantón corresponde a la creciente demanda a lo largo del tiempo, donde las carreteras existentes satisfacen actualmente las necesidades de transporte tanto de productos como de personas. El transporte del cantón de Tulcán es principalmente terrestre, y la vía principal denominada autopista panamericana, se encuentra marcada por las relaciones comerciales internacionales por lo que se ha convertido en una vía estratégica sumamente importante para el país; además, se han construido algunas carreteras principales de menor importancia con la finalidad de resolver la conectividad

lateral de comercios locales y ofrecer mayor movilidad en las parroquias y localidades del cantón.

**Figura 56**

*Mapa vial*



*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022)

Para realizar un análisis más detallado acerca de la relación de los pasos fronterizos no autorizados con las vías, se procedió a ejecutar una selección por atributos, con el fin de obtener las categorías de las vías por separado para su posterior análisis de forma individual.

Una vez obtenidas las categorías de las vías en shapes diferentes, se ejecutó una selección por localización, la herramienta permite seleccionar entidades en función de su ubicación relativa a las entidades de otra capa, en este caso se desea saber cuántos pasos

fronterizos no autorizados se encuentran a cierta distancia de las vías; para ello se analizó desde los 30m hasta los 15 km, dando como resultado que la mayoría de pasos fronterizos no autorizados se encuentran más cercanos a los caminos de herradura/sendero, como se pudo determinar en la tabla 10.

**Tabla 10**

*Relación de las vías con los PFNA*

Distancia	Tipos de Vías				
	Carretera pavimentada 2 o más vías	Carretera sin pavimentar 2 o más vías	Carretera sin pavimentar angosta	Camino de verano	Herradura / Sendero
30 m	1 PFNA	2 PFNA	-	1 PFNA	4 PFNA
50 m	3 PFNA	3 PFNA	-	3 PFNA	4 PFNA
100 m	5 PFNA	4 PFNA	-	5 PFNA	6 PFNA
200 m	6 PFNA	4 PFNA	-	6 PFNA	9 PFNA
300m	7 PFNA	6 PFNA	2 PFNA	7 PFNA	11 PFNA
500 m	8 PFNA	8 PFNA	3 PFNA	8 PFNA	13 PFNA
1 km	9 PFNA	12 PFNA	5 PFNA	9 PFNA	21 PFNA
3 km	17 PFNA	22 PFNA	5 PFNA	17 PFNA	26 PFNA
5 km	20 PFNA	22 PFNA	11 PFNA	20 PFNA	-
10 km	24 PFNA	25 PFNA	20 PFNA	24 PFNA	-
15 km	26 PFNA	26 PFNA	24 PFNA	26 PFNA	-

### Componentes de los modelos geoespaciales

Acerca de los componentes obtenidos después de la ponderación y modelación de los mismos, de acuerdo al criterio de cada experto se obtuvo tres modelos con sus respectivos componentes

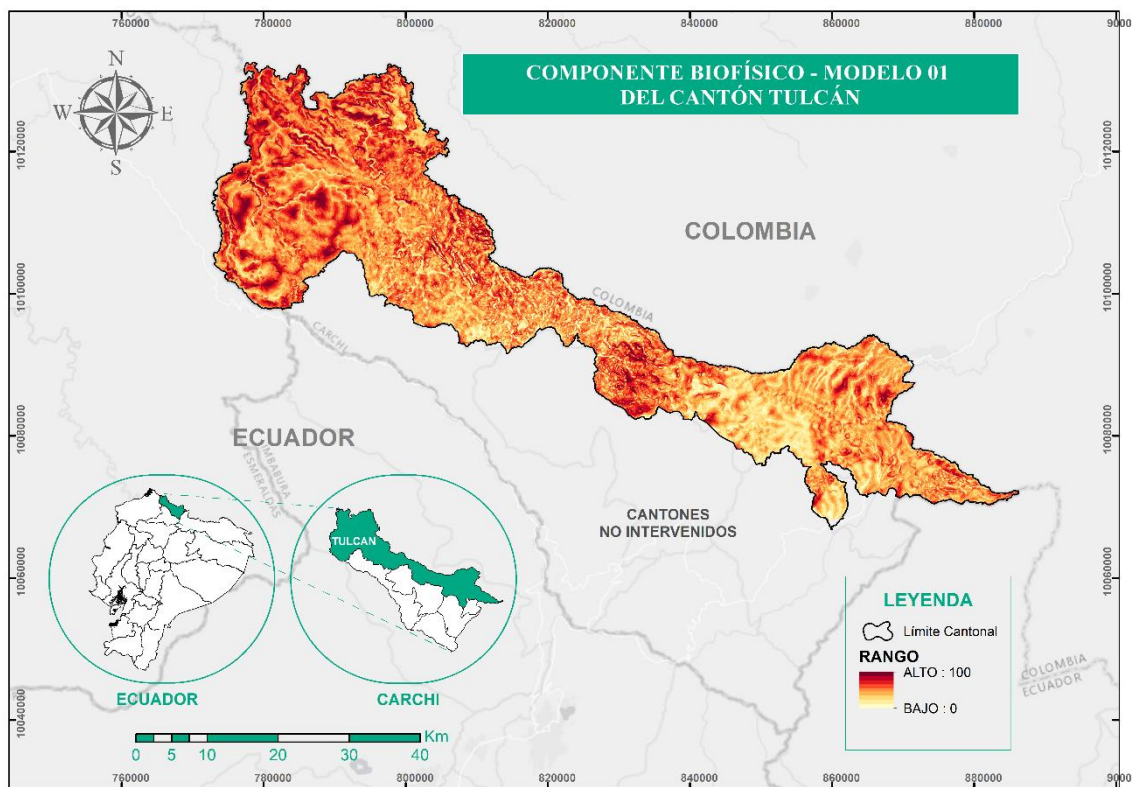
#### Componente Biofísico

Mediante una comparación entre el Modelo 01 al Modelo 03, se encontró que en los 3 modelos existe una mayor influencia de áreas para la ubicación de PFNA al noroeste del cantón en las parroquias de Tobar Donoso y Chical debido a que una de las variables que se utilizó con mayor valor de ponderación fue la pendiente en el rango entre 0 a 5% y la cercanía a los cuerpos hídricos como los ríos sencillos y ríos sencillos intermitentes,

tomando una diferencia relativa entre los tres modelos en la parroquia Maldonado y la zona urbana de Tulcán ya que las ponderaciones por parte de los expertos no son iguales para las demás variables.

**Figura 57**

*Mapa Componente Biofísico – Modelo 01*



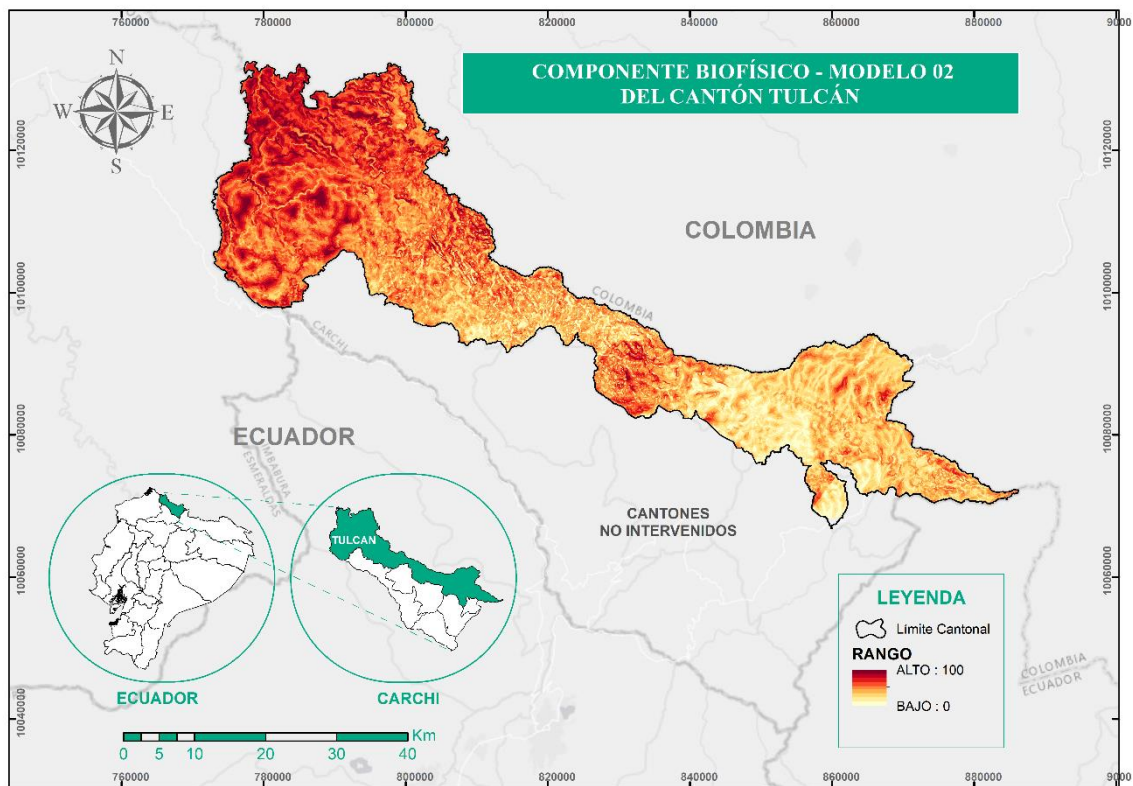
*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características biofísicas que se evaluó.



Figura 58

Mapa Componente Biofísico – Modelo 02

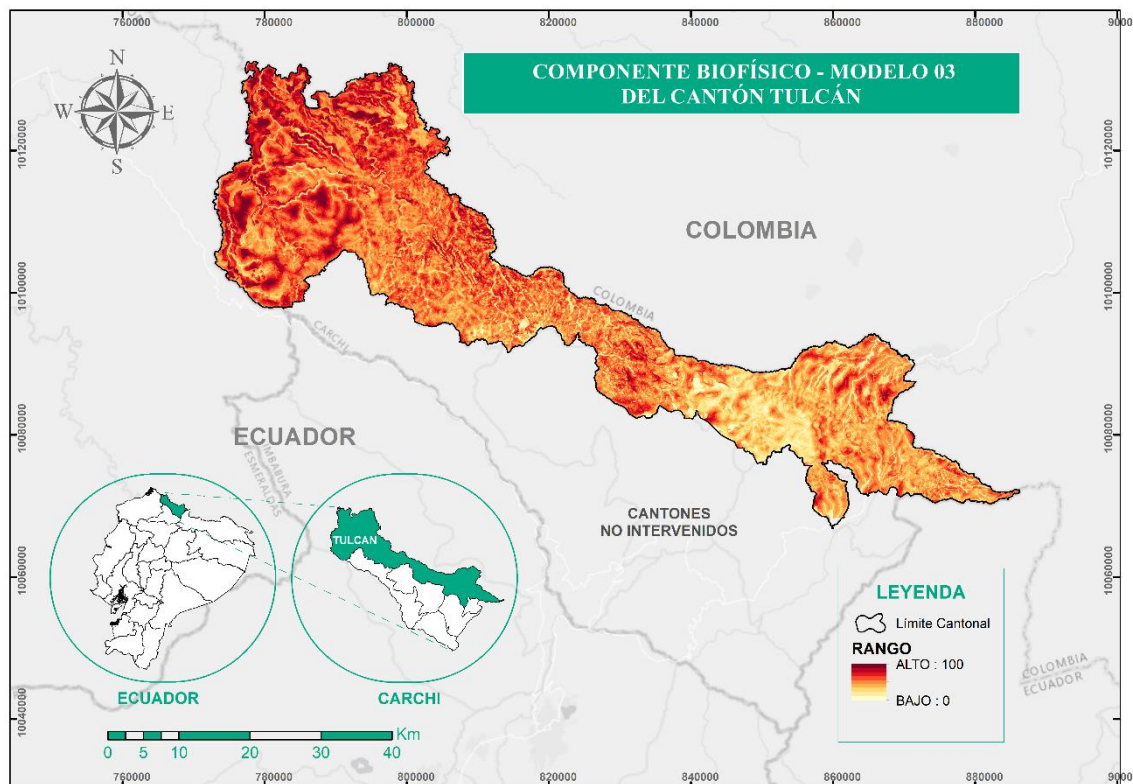


Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características biofísicas que se evaluó.

Figura 59

Mapa Componente Biofísico – Modelo 03



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características biofísicas que se evaluó.

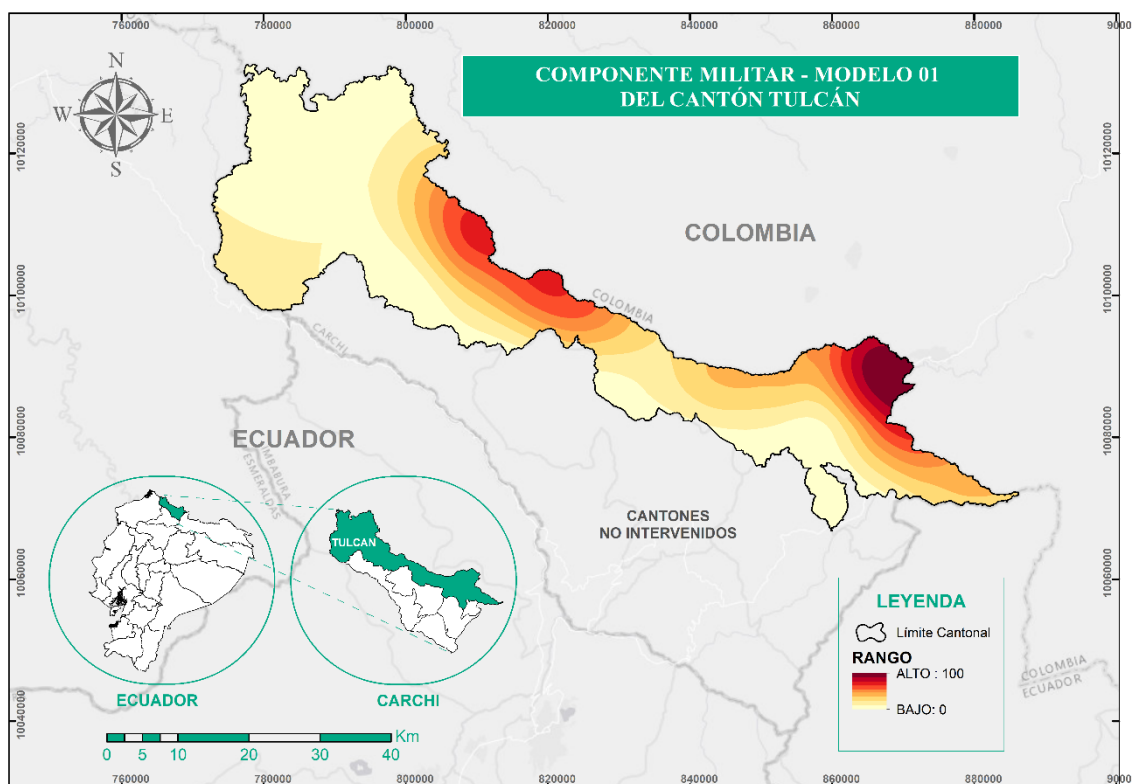
### Componente Militar

Mediante una comparación entre el Modelo 01 al Modelo 03, se encontró que en los 3 modelos existe una mayor influencia de áreas para la ubicación de PFNA en las parroquias de Tulcán, Urbina y parte de Tufiño, sin embargo se evidenció una diferencia significativa en el resto del cantón, esto se debe a que cada experto ponderó de una manera diferente cada una de las variables utilizadas, tomando como referencia los pasos

fronterizos no autorizados con mayor importancia para el modelo 01 y 02 y los equipamientos de seguridad con mayor importancia para el modelo 03.

### Figura 60

*Mapa Componente Militar – Modelo 01*

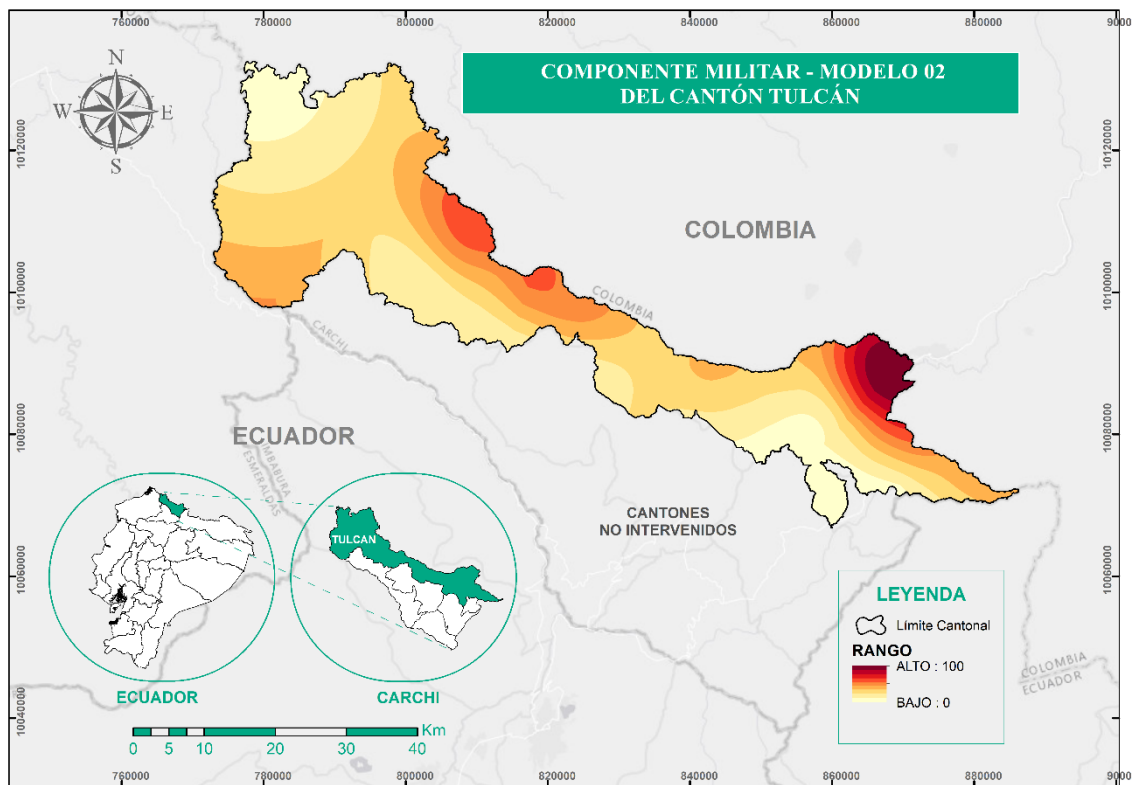


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características militares que se evaluó.

### Figura 61

*Mapa Componente Militar – Modelo 02*

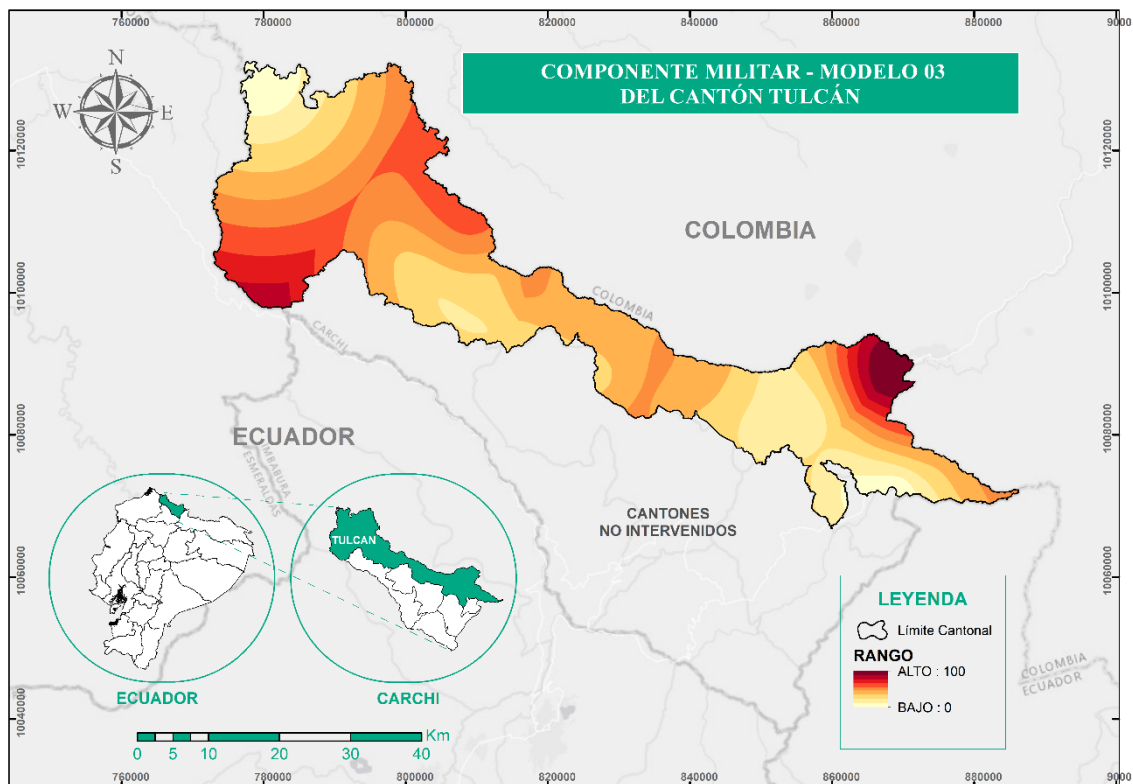


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores mas rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características militares que se evaluó.

Figura 62

Mapa Componente Militar – Modelo 03



*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características militares que se evaluó.

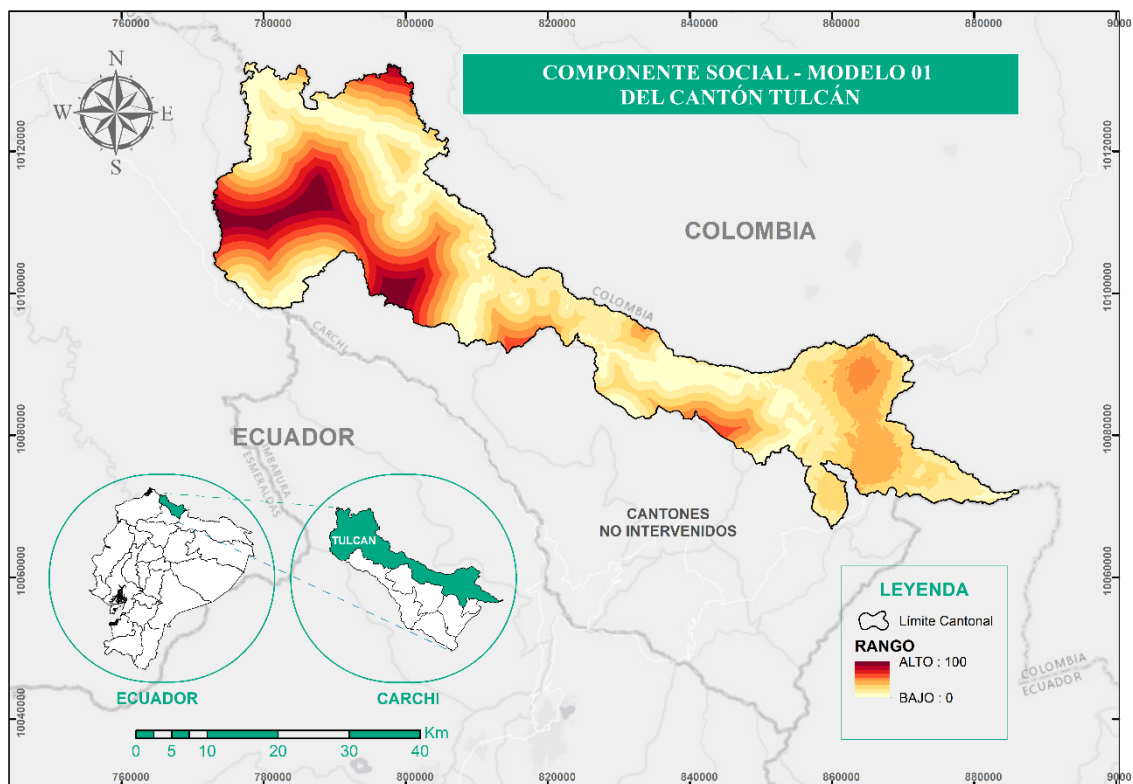
### Componente Social

Mediante una comparación entre el Modelo 01 al Modelo 03, se encontró que en los 3 modelos existe una mayor influencia de áreas para la ubicación de PFNA al noroeste del cantón en las parroquias de Tobar Donoso y Chical, esto se debe a que se tomó a las vías como la variable de mayor importancia, sin embargo se obtuvo una diferencia para el resto del cantón en las parroquias de Tulcán, Urbina y Julio Andrade, debido a que la

ponderación para densidad poblacional y los servicios sociales como educación y salud fueron ponderados de manera diferente para cada modelo.

**Figura 63**

*Mapa Componente Social – Modelo 01*

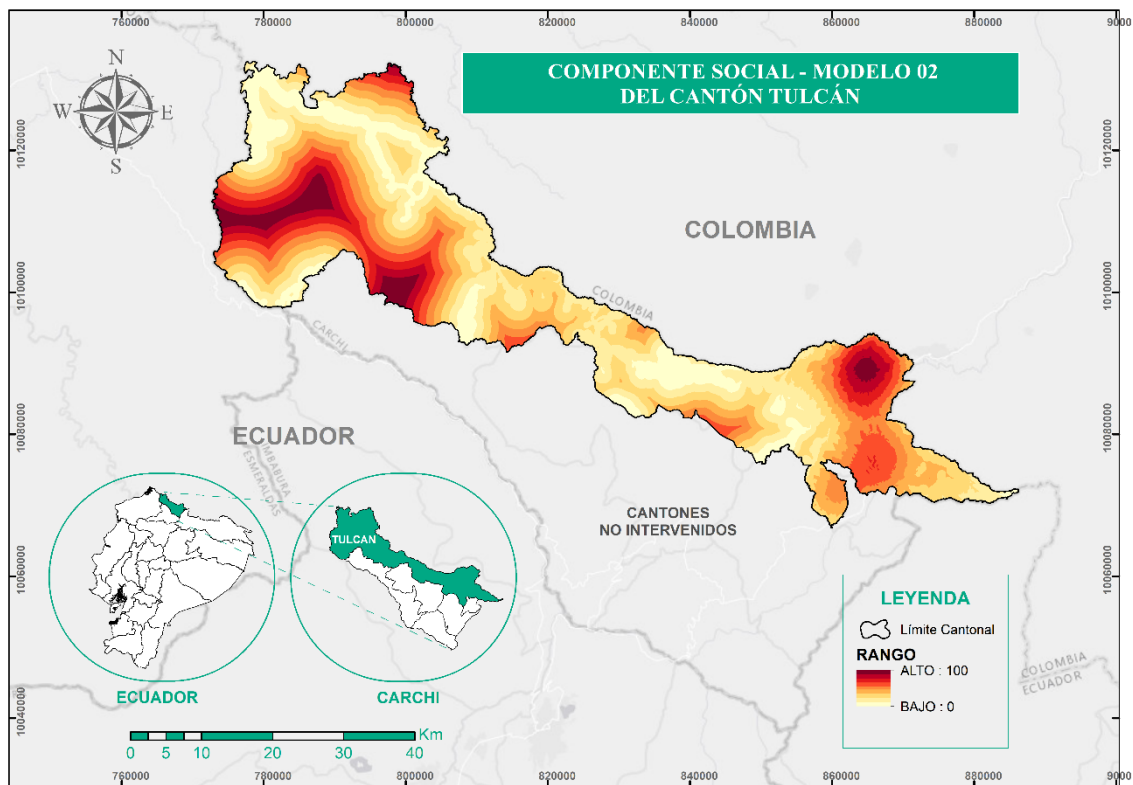


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características sociales que se evaluó.

**Figura 64**

*Mapa Componente Social – Modelo 02*



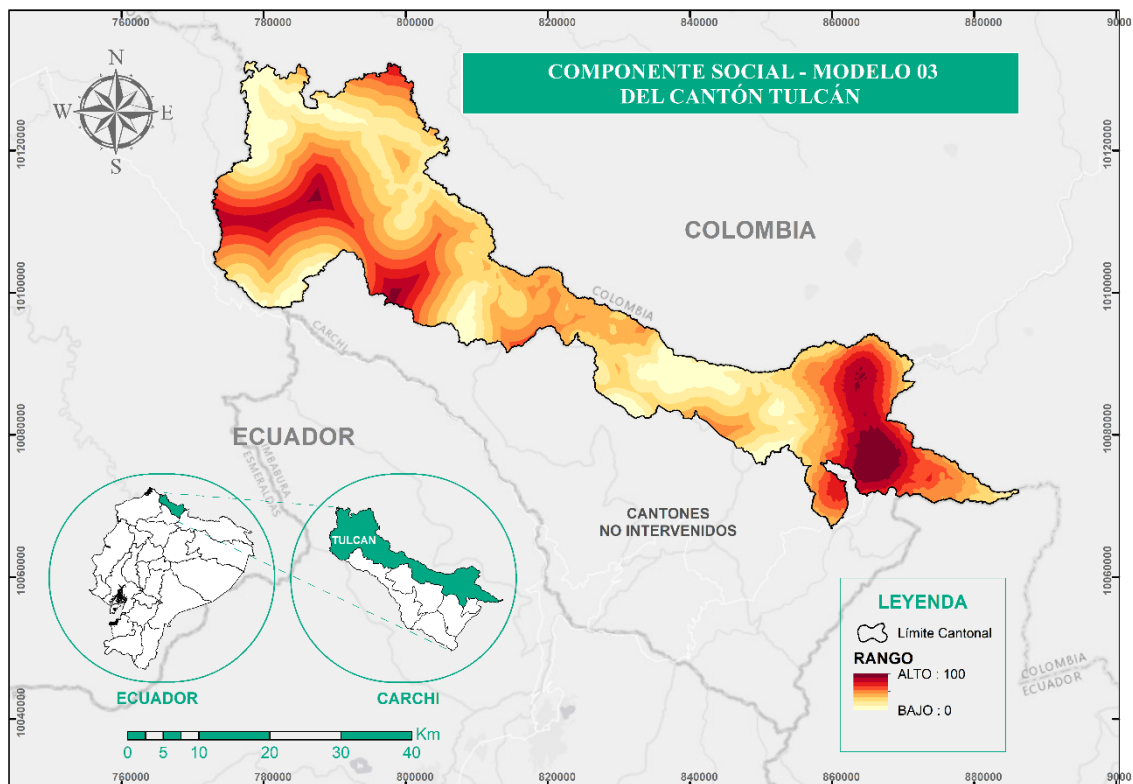
*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características sociales que se evaluó.



Figura 65

## Mapa Componente Social – Modelo 03



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad de cumplir con las características sociales que se evaluó.

### Modelos

En cuanto a los resultados finales de la investigación se obtuvo 3 modelos que reflejan áreas potenciales para la ubicación de pasos fronterizos no autorizados en la frontera norte del cantón Tulcán, tomando en cuenta que para cada modelo la ponderación de variables y componentes, se basó en el criterio de cada experto, ordenando las variables



de menor a mayor importancia de acuerdo al valor de los pesos, como se muestra en las tablas 11,12 y 13.

**Tabla 11**

*Pesos de las variables por tesisistas*

<b>VARIABLES</b>	<b>PESOS TESISISTAS</b>
<b>Educación</b>	0,004
<b>Salud</b>	0,004
<b>Áreas de protección</b>	0,009
<b>Densidad poblacional</b>	0,013
<b>Textura del suelo</b>	0,028
<b>Ecosistemas</b>	0,028
<b>Precipitación</b>	0,028
<b>Temperatura</b>	0,028
<b>Tipos de clima</b>	0,028
<b>Vías</b>	0,038
<b>Cobertura del suelo</b>	0,047
<b>Equip. Seguridad</b>	0,048
<b>Pasos autorizados</b>	0,048
<b>Uso y capacidad del suelo</b>	0,066
<b>Hidrología</b>	0,066
<b>Pendiente</b>	0,084
<b>Pasos no autorizados</b>	0,433
<b>SUMATORIA</b>	1,000

**Tabla 12**

*Pesos de las variables por experto militar*

<b>VARIABLES</b>	<b>PESOS EXPERTO 1</b>
<b>Educación</b>	0,004
<b>Áreas de protección</b>	0,011
<b>Densidad poblacional</b>	0,013
<b>Salud</b>	0,013
<b>Vías</b>	0,029

<b>Uso y capacidad del suelo</b>	0,033
<b>Textura del suelo</b>	0,033
<b>Ecosistemas</b>	0,033
<b>Temperatura</b>	0,033
<b>Tipos de clima</b>	0,033
<b>Pasos autorizados</b>	0,035
<b>Cobertura del suelo</b>	0,054
<b>Precipitación</b>	0,054
<b>Hidrología</b>	0,054
<b>Pendiente</b>	0,076
<b>Equip. Seguridad</b>	0,176
<b>Pasos no autorizados</b>	0,318
<b>SUMATORIA</b>	1

**Tabla 13**

*Pesos de las variables por experto docente*

<b>VARIABLES</b>	<b>PESOS EXPERTO 2</b>
<b>Tipos de clima</b>	0,001
<b>Áreas de protección</b>	0,001
<b>Ecosistemas</b>	0,004
<b>Precipitación</b>	0,004
<b>Temperatura</b>	0,004
<b>Cobertura del suelo</b>	0,007
<b>Textura del suelo</b>	0,007
<b>Pendiente</b>	0,009
<b>Hidrología</b>	0,009
<b>Uso y capacidad del suelo</b>	0,012
<b>Salud</b>	0,019
<b>Pasos autorizados</b>	0,031
<b>Educación</b>	0,094
<b>Densidad poblacional</b>	0,131
<b>Vías</b>	0,168
<b>Pasos no autorizados</b>	0,218
<b>Equip. Seguridad</b>	0,280
<b>Sumatoria</b>	1

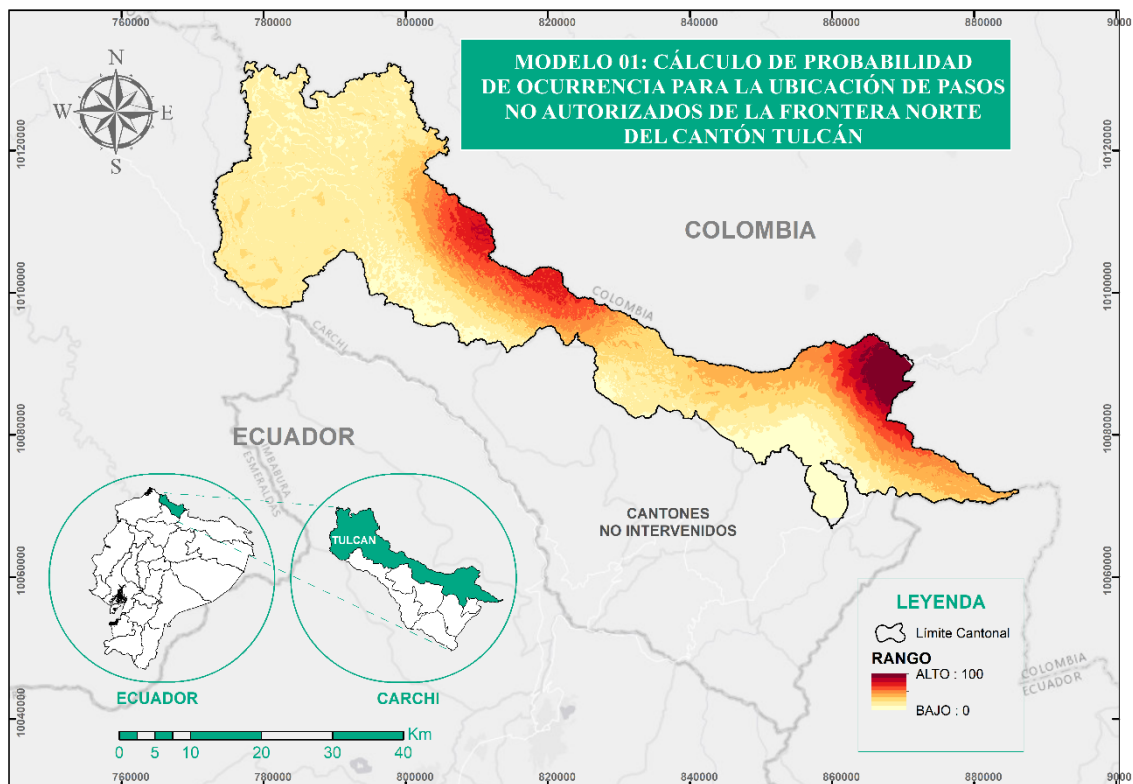
**Tabla 14***Pesos de los componentes por expertos*

<b>COMPONENTES</b>	<b>PESOS TESISISTAS</b>	<b>PESOS EXPERTO 1</b>	<b>PESOS EXPERTO 2</b>
<b>SOCIAL</b>	0,0588	0,0588	0,4118
<b>BIOFISICO</b>	0,4118	0,4118	0,0588
<b>MILITAR</b>	0,5294	0,5294	0,5294

Reflejando así que para los tres modelos existen dos áreas potenciales de posibles pasos fronterizos no autorizados que se encuentran entre las parroquias: Chical – Maldonado y entre Tufiño – Tulcán – Urbina – Julio Andrade, sin dejar a un lado que dependiendo de la experiencia de cada experto se puede tomar en cuenta otras áreas para su estudio. Además es importante mencionar que para el modelo 01 y 02 se tomó como mayor importancia a las componentes militar y biofísico a diferencia del modelo 03 que se tomó como componte más sobresaliente a la componente militar y social, generando áreas fuera de la franja fronteriza.

Figura 66

Mapa modelo 01

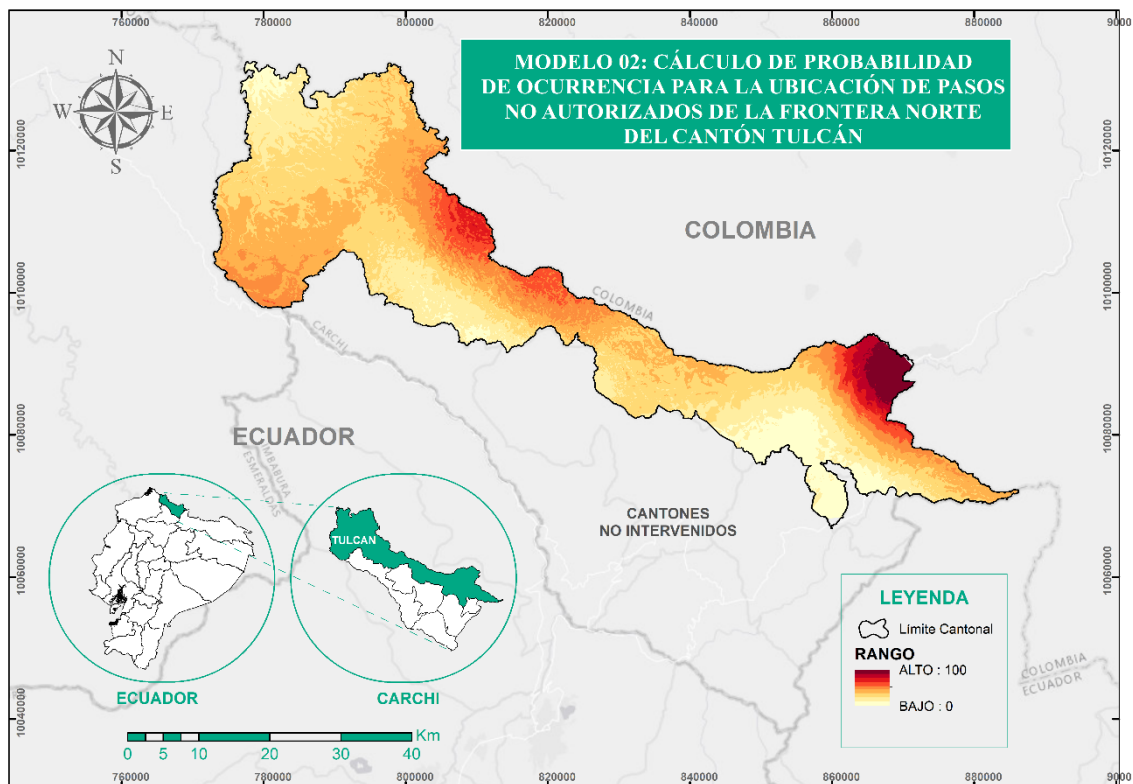


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad para la ubicación de pasos fronterizos no autorizados a lo largo del cantón Tulcán.

Figura 67

Mapa modelo 02

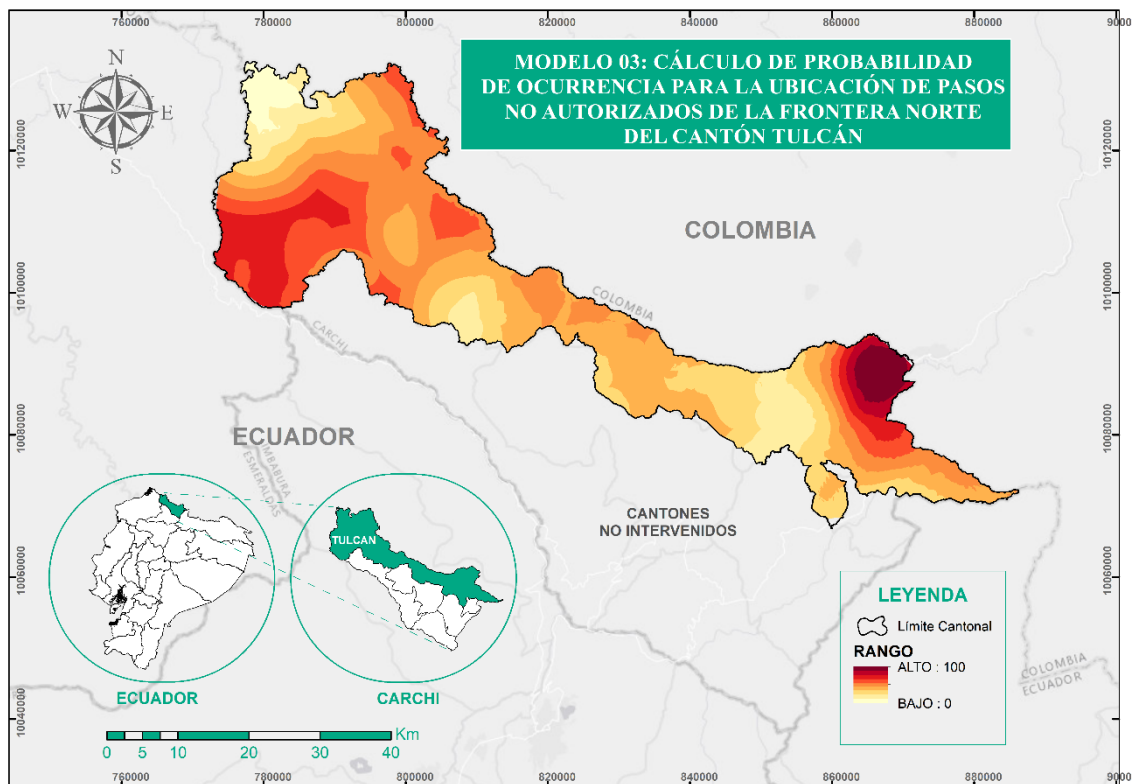


*Nota.* Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad para la ubicación de pasos fronterizos no autorizados a lo largo del cantón Tulcán.

Figura 68

Mapa modelo 03



Nota. Tomado de (GAD TULCÁN, 2022); (MAATE, 2022)

A través de la estandarización y tomando como referencia porcentual el 100%, se obtuvo valores altos y bajos, donde los colores más rojizos representan aquellas zonas que tienen una alta probabilidad para la ubicación de pasos fronterizos no autorizados a lo largo del cantón Tulcán.

Finalmente luego de la verificación en campo se pudo determinar que efectivamente los pasos fronterizos no autorizados ubicados en las parroquias de Chical, Maldonado, Tulcán, Urbina y Julio Andrade presentan características del terreno similares a las variables que se utilizó en el modelamiento, como es el caso de la pendiente, cuya inclinación en dichas zonas no es muy inclinada, además la temperatura y precipitación

muestran valores idóneos para el paso de productos ilícitos, así mismo la cobertura del suelo corresponde a tierras agropecuarias.

## Capítulo V

### Conclusiones

Una vez examinados los resultados de los modelos se pudo reflejar que para los tres modelos existen dos áreas potenciales para la ubicación de posibles pasos fronterizos no autorizados que se encuentran entre las parroquias: Chical – Maldonado y entre Tufiño – Tulcán – Urbina – Julio Andrade, por lo que servirían de apoyo en las operaciones militares de las Fuerzas Armadas, aportando en la seguridad del país.

Además como se eviencia en las figuras N° 66,67 y 68 es importante mencionar que para el modelo 01 y 02 se tomó como mayor importancia a las componentes militar y biofísico a diferencia del modelo 03 que se tomó como componte más sobresaliente a la componente militar y social, generando áreas fuera de la franja fronteriza, que podrán permitir el estudio de áreas para pasos no autorizados con los cantones y provincias aledañas

La determinación de coordenadas de los 26 pasos fronterizos no autorizados es un factor muy escencial ya que gracias a eso las unidades militares pueden tener una información más precisa y real sobre estas áreas, con la finalidad de planificar y ejecutar controles que ayuden a la disminución del contrabando y demás actividades ilícitas que se encuentran al margen de la ley. Sin embargo en las parroquias de Tobar Donoso y parte de el Chical debido a su compleja accesibilidad no fue factible la toma de puntos GPS, por lo que es necesario elaborar un plan que cuente con toda la logística necesaria para la toma de coordenadas y de esta manera las Fuerzas Armadas puedan tener una cobertura más amplia a lo largo de toda la franja fronteriza para la defensa y seguridad de todo el pueblo ecuatoriano.



La recopilación de información geoespacial a escala 1:50000 de la frontera norte mediante la investigación bibliográfica y cartográfica disponible en entidades públicas como el GAD de Tulcán, Instituto Geográfico Militar, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, entre otras instituciones, fue muy indispensable ya que toda la información obtenida fue necesaria para el análisis de cada una de las variables, evaluación a expertos, así como la creación de mapas que reflejan la situación actual de la frontera, además de modelos con el propósito de determinar áreas potenciales para la ubicación de nuevos pasos fronterizos no autorizados.

La geodatabase al ser un modelo que permite el almacenamiento físico de la información geográfica de manera organizada, fue de gran importancia para el análisis y gestión de cada una de las variables correspondientes al componente biofísico, militar y social, ya que permitió clasificar los datos y ayudó a la toma de decisiones para la elaboración de los diferentes modelos geoespaciales. Además la geodatabase contribuye a que la información se encuentre disponible y al alcance de otras instituciones que requieran realizar estudios similares en la frontera norte para beneficio del Ecuador.

Se modeló geoespacialmente las variables cuantitativas tanto de los componentes biofísico, militar y social, mediante la asignación de variables con sus respectivas ponderaciones y a través de una evaluación espacial multicriterio, obteniendo así mapas de áreas para posibles pasos no autorizados de la frontera norte del cantón Tulcán, que servirán para uso directo de las fuerzas armadas para el control de estos.

Se verificó los resultados de las posibles áreas potenciales obtenidas, mediante la visualización en campo, que permitió confirmar los polígonos obtenidos a través del modelamiento anterior, lo que permitió seleccionar al modelo 01 como el más razonable en comparación con los puntos de pasos fronterizos no autorizados tomados previamente ya que las parroquias de Chical. Maldonado, Tulcán, Urbina y Julio Andrade presentan

condiciones biofísicas aptas para la ubicación de los PFNA. Sin embargo, las características del terreno en la parroquia de Tufiño no son las más ideales ya que al estar rodeada por zonas montañosas con pendientes fuertes, en un ecosistema de páramo con precipitaciones constante y temperaturas bajas.

Se generó productos cartográficos desde las variables utilizadas hasta de las áreas potenciales de los pasos fronterizos no autorizados a una escala 1:50000, que permitan la ubicación de posibles controles militares en estas áreas.

### **Recomendaciones**

Es importante realizar la verificación en campo para confirmar o descartar áreas de acuerdo con las variables y condiciones utilizadas del territorio para el modelamiento. De igual manera aumentar el número de variables según las condiciones del espacio.

Con el fin de realizar comparaciones en próximos estudios de modelamiento para aéreas potenciales de pasos fronterizos no autorizados se recomienda usar otro tipo de variables que puedan influenciar, logrando así comparar las predicciones efectuadas.

El número de posibilidades metodológicas para este tipo de modelamiento es numeroso, por lo que, para próximas investigaciones se recomienda usar otros métodos, los cuales se encuentran incluidos en los softwares utilizados en este trabajo de investigación.

Para investigaciones donde es difícil obtener datos o información geoespacial a una escala mayor como para esta investigación mayor a 1:50000, se recomienda utilizar una escala de trabajo menor la cual permita tener el detalle necesario para el modelamiento y estandarización de todas la variables a trabajar.

Para territorios de alta peligrosidad como la frontera norte, se recomienda tener un plan logístico y de resguardo militar para seguridad de quienes estén realizando el trabajo de campo necesario.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda al Comando de la Cuarta División de Ejército “Amazonas”, la implementación de nuevos controles militares en estas áreas potenciales, con el fin de brindar una mayor seguridad a los poblados fronterizos y el control de las amenazas mixtas cometidas por las organizaciones delincuenciales multinacionales, ya que Colombia al no disponer de un sistema vial cercano a la frontera, lo más probable es que la mercancía se transporte por nuestro país Ecuador.

## Referencias Bibliográficas

- Crovo, F. (10 de 2014). *UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN*. Obtenido de Análisis de trayectoria guiada por GPS utilizando métodos de estimación:  
[http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1977/3/Tesis\\_Analisis\\_de\\_Trayectoria\\_guiada\\_por\\_GPS.pdf](http://repositorio.udec.cl/bitstream/11594/1977/3/Tesis_Analisis_de_Trayectoria_guiada_por_GPS.pdf)
- ArcGIS 10.8. (2020). *Arc GIS Desktop*. Obtenido de  
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/business-analyst-toolbox/how-spatial-overlay-works.htm>
- Ayala, M. U. (07 de 2019). *IAEN*. Obtenido de Contribución de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas, en operaciones de protección al sector hidrocarburífero, en el período comprendido entre el 2008 y el 2014:  
<https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/5197/MARCO%20AYALA%20TESIS%20ACTUAL%20COMPLETA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Burbano, P. (2011). *IAEN*. Obtenido de Elaboración de un plan de seguimiento y evaluación por resultados al Plan Operativo Anual del Ministerio de Defensa Nacional:  
<https://repositorio.iaen.edu.ec/bitstream/handle/24000/2619/PATRICIO%20BURBANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental: la observación de la tierra desde el espacio*. Catena, Barcelona, España.: Ariel Ciencia.
- CONASIF. (2018). *Comite Nacional de Seguridad Integral Fronteriza*. Quito: Quito S.A.

- CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR [Const.]. (2008). *Artículo 158*. Quito: Quito: Ediciones Legales.
- Cruz, G. (04 de 2019). LA INTELIGENCIA NACIONAL EN LA PROBLEMÁTICA DE LA FRONTERA NORTE. *ACADEMIA DE GUERRA DEL EJERCITO ECUATORIANO*, 12(1), 17-23. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Academia-de-guerra/article/view/VOL12ART2/html>
- Dammert, M., & Bensús, V. (2017). *El sistema fronterizo global en América Latina: un estado del arte*. Obtenido de Sistema fronterizo global y mercados ilegales en Perú: apuntes para una agenda de investigación: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56979.pdf>
- Fuenmayor, J. (06 de 2021). *Universidad Rafael Belloso Chacín*. Obtenido de Componentes de un Sig : <https://es.slideshare.net/josefuenmayor14/componentes-de-un-sig>
- GAD TULCÁN. (01 de 2022). *Gobierno Autonomo Descentralizado del Cantón Tucán* . Obtenido de <http://www.gmtulcan.gob.ec/gmtulcan/>
- García, M. (2009 ). *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA*. Obtenido de Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/1022/Msgc.pdf>
- Gómez, M., & Barredo, J. (2006). *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio* (2 ed.). Madrid, España: Alfaomega.
- González , P. (2017). *UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA* . Obtenido de LEVANTAMIENTO MEDIANTE GPS DE UNA RED DE PUNTOS ESTABLEZIDOS PARA CORRELACIONAR LOS DISTINTOS ESPACIOS DE LA UNIVERSIDAD EN EL MISMO SISTEMA DE COORDENADAS.: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/4651/pfc5890.pdf>
- INEC. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Ley de Seguridad Publica y del Estado. (2009). *Artículo 38*. Quito: Quito: Ediciones Legales.
- Ley de Seguridad Publica y del Estado. (2009). *Artículo 39*. Quito: Quito: Ediciones Legales.
- Llamazares , F., & Berumen, S. (09 de 2011 ). *Los métodos de decisión multicriterio y su aplicación al análisis del desarrollo local*. Obtenido de Aplicación de un caso en los municipios de la Comunidad Autónoma de Castilla y León: <https://www.researchgate.net/publication/293644879>
- MAATE. (enero de 2022). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Martínez, F. (07 de 2002). *Universidad Politécnica de Valencia* . Obtenido de Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica a la gestión técnica de redes de distribución de agua potable: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46025/Mart%C3%ADnez%20-%20Aplicaci%C3%B3n%20de%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%>

C3%A1fica%20a%20la%20gesti%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20de%20redes%20de%20...pdf?sequence=1

- Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de Objetivo 16: Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas:  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/peace-justice/>
- Pacheco, J., & Contreras, E. (07 de 2008). *Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES)*. Obtenido de Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos:  
[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/1/manual58\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35914/1/manual58_es.pdf)
- Paspuel, D. (05 de 2015). *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO*. Obtenido de Diseño e Implementación del Sistema de Información Geográfico (SIG) para la Empresa Pública de Ferrocarriles del Ecuador:  
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4272/1/120766.pdf>
- Ramírez, L. (2000). *Universidad Nacional del Nordeste - Argentina*. Obtenido de METODOLOGIA BASICA PARA LA LOCALIZACION DE HOSPITALES MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA RASTER Y VECTORIAL:  
<https://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public03.pdf>
- Romo, M., & Muñoz, F. (03 de 1996). *ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*. Obtenido de Factibilidad para instalar una red de localización automática de vehículos en el Distrito Metropolitano de Quito utilizando Sistema Global de Posicionamiento GP:  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11048/1/T213.pdf>
- Rosado, A., Méndez, K., & Mogrovejo, J. (2010). *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL*. Obtenido de SISTEMA PARA LOCALIZACION DE AUTOMÓVILES UTILIZANDO EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL :  
<http://201.159.223.180/bitstream/3317/1248/1/T-UCSG-PRE-ING-CIS-55.pdf>
- Rosero, S. (2015). *UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL*. Obtenido de ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNOLÓGICA DE UN SERVICIO DE MONITOREO VEHICULAR PARA LA “COOPERATIVA DE TRANSPORTE DE TAXIS LOS GIRASOLES” DE LA CIUDAD DE MACHALA.:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20240/1/TESIS%20FINAL%20LISTA.pdf>
- Sastre, P. (20 de 04 de 2010). *Instituto Geológico y Minero de España*. Obtenido de Sistemas de Información Geográfica (SIG) Técnicas básicas para estudios de biodiversidad:  
<https://geoinnova.org/wp-content/uploads/2018/08/Sistemas-de-Informaci%C3%B3n-Geogr%C3%A1fica-SIG-T%C3%A9cnicas-b%C3%A1sicas-para-estudios-de-biodiversidad.pdf>
- Secretaria Nacional de Planificación. (2021). *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025*. Quito: Secretaria Nacional de Planificación.
- Taboada, J., & Cotos, J. (2005). *SISTEMAS DE INFORMACION MEDIOAMBIENTAL*. España: NETBIBLO.
- UNODC. (2020). *Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito*. Colombia: Legis S. A.

Villalobos, C. (10 de 08 de 2004). *Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico*.  
Obtenido de EL SIG Y LA DEFENSA: <https://www.conicyt.cl/fondef/2004/08/10/el-sig-y-la-defensa/>