



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

TRABAJO DE TITULACIÓN
SANGOLQUÍ, ECUADOR
SEPTIEMBRE 2022

***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***

Autores:

Camacho Pinos, Danny Alejandro
Carpio Asimbaya, Sol Aracely

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"

Director del Proyecto: Cnel. (SP) Rodolfo Salazar
Docente Evaluador: Ing. Oswaldo Padilla, PhD

Director de Carrera: Ing. Alexander Robayo, MSc.
Secretaria Académica: Ab. Michelle Benavides



1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



INTRODUCCIÓN



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE

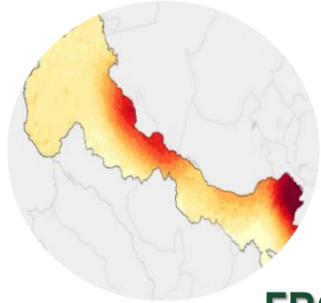


DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

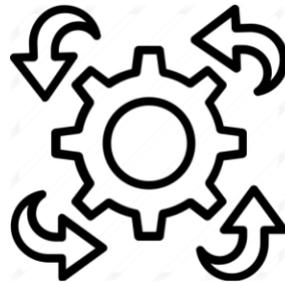
ANTECEDENTES



FRONTERA
NORTE



CRIMEN
ORGANIZADO



ACTIVIDADES
ILICITAS

RIESGO
SEGURIDAD



PASOS FRONTERIZOS
NO AUTORIZADOS



OBJETIVO 9



OBJETIVO 10



OBJETIVO 16



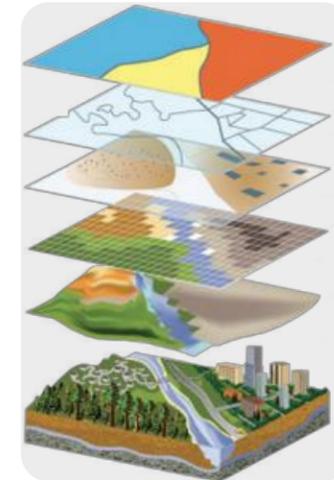
PROBLEMÁTICA

Complejidad en el control y la permeabilidad que existe de nuevos corredores o vías



Contrabando por donde fugan e ingresan productos y elementos exentos de fiscalización

Una cartografía base no georreferenciada





1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Objetivo General

Determinar 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 proceso jerárquico 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 PFNA



Recopilar información geoespacial temática



Generar una geodatabase



Modelar geoespacialmente las variables



Verificar los resultados



Generar productos cartográficos





1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



METODOLOGÍA



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



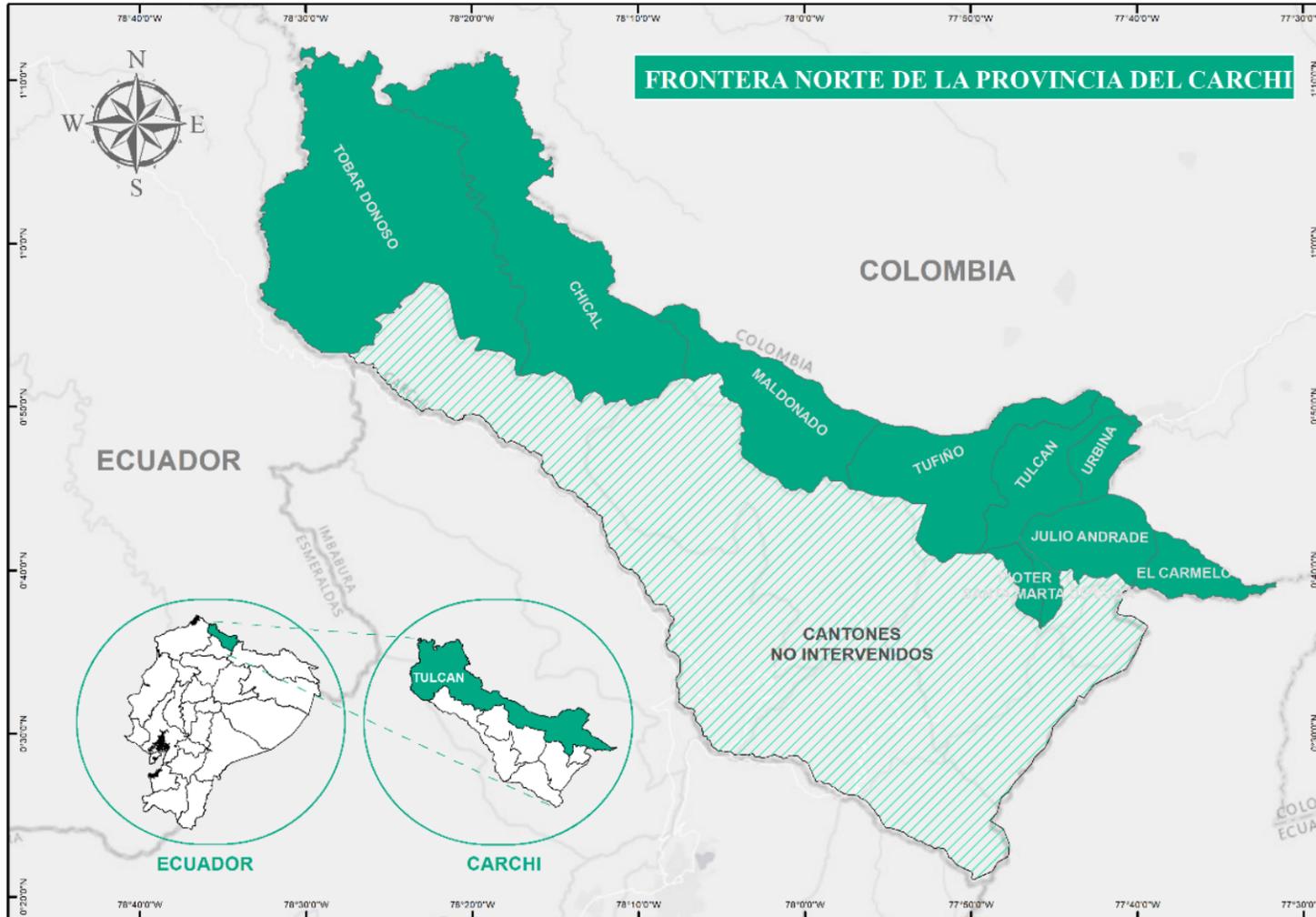
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE



ÁREA DE ESTUDIO

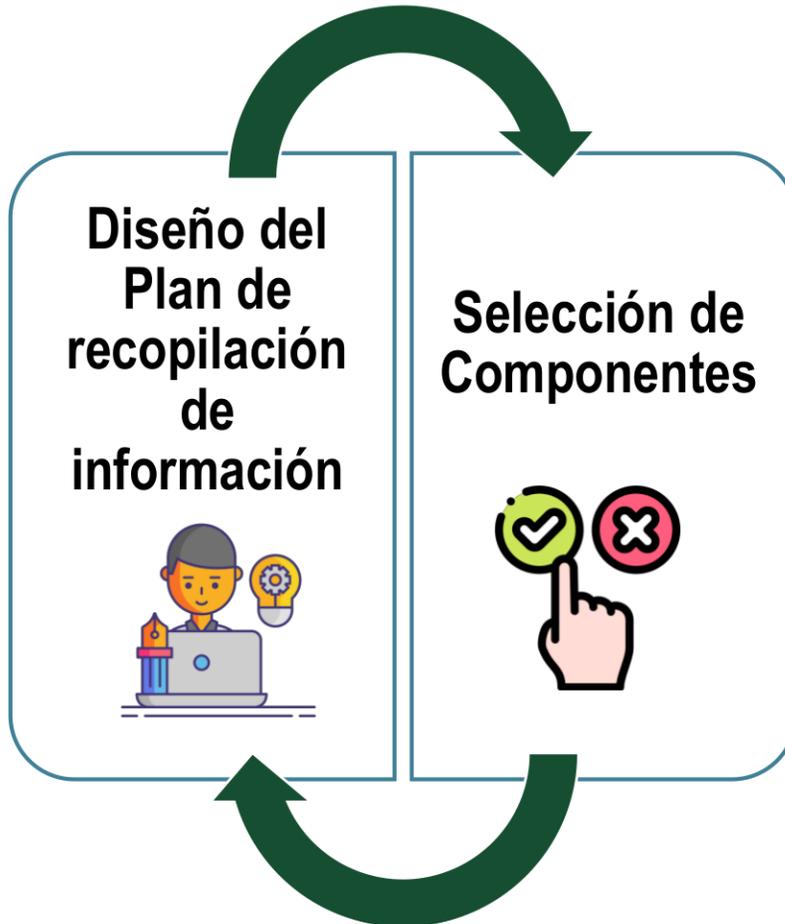


CANTÓN TULCÁN

- Tulcán
- Tobar Donoso
- Chical
- Maldonado
- Tufiño
- Urbina
- Julio Andrade
- El Carmelo



FASE DE ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN PRELIMINAR



COMPONENTE	VARIABLE
BIOFÍSICO	Uso y Capacidad del Suelo
	Cobertura del Suelo
	Textura del Suelo
	Ecosistemas
	Precipitación
	Temperatura
	Tipos de Clima
	Pendiente
	Hidrología
	Áreas de Protección
MILITAR	Pasos Fronterizos No Autorizados
	Equipamientos de Seguridad
SOCIAL	Pasos Fronterizos Autorizados
	Densidad Poblacional
	Servicios de Educación
	Servicios de Salud
	Vías



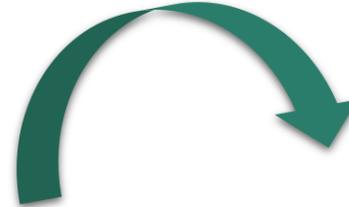
FASE DE RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN



Obtención de
información Temática



Toma de coordenadas de
pasos fronterizos no
autorizados



- IV División del Ejercito "Amazonas"
- GAD del cantón Tulcán
- Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica
- Instituto Geográfico Militar
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología



- 26 PFNA
- GPS Navegador
- Precisión 3m



FASE DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Generación de
Información Geoespacial

Generación de la
Geodatabase

Método de
Ponderación

Normalización

Peso Derivados de
Encuestas a Expertos

Proceso Analítico
Jerárquico

Mapa de Subcriterios
Ponderados

Saaty Modificado

Interpolación IDW

Distancias

Restricción

Densidad de Puntos

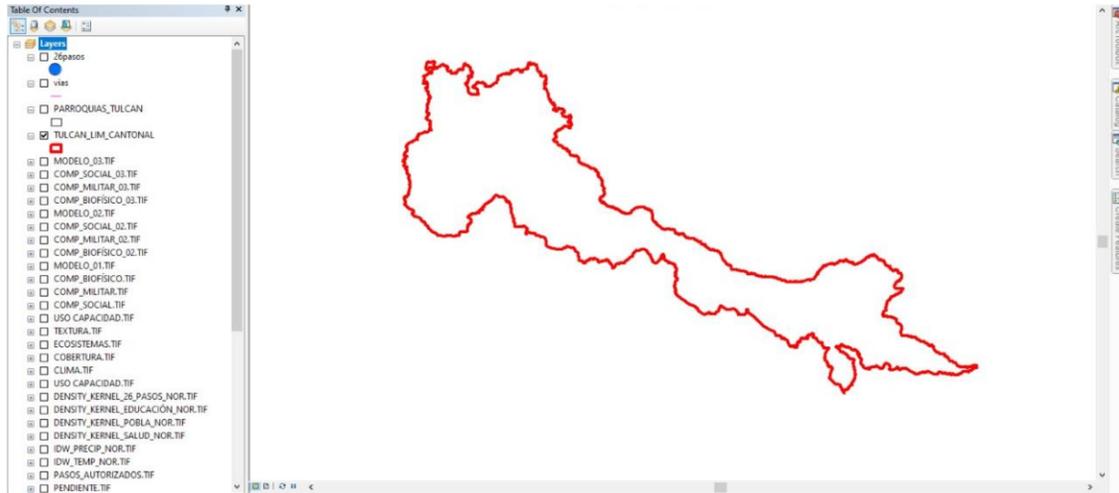


COMPONENTE	VARIABLE	METODO PONDERACIÓN
BIOFÍSICO	Uso y Capacidad del Suelo	Saaty Modificado
	Cobertura del Suelo	Saaty Modificado
	Textura del Suelo	Saaty Modificado
	Ecosistemas	Saaty Modificado
	Precipitación	Interpolación IDW
	Temperatura	Interpolación IDW
	Tipos de Clima	Saaty Modificado
	Pendiente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



METODOLOGÍA

Generación de Información Geoespacial



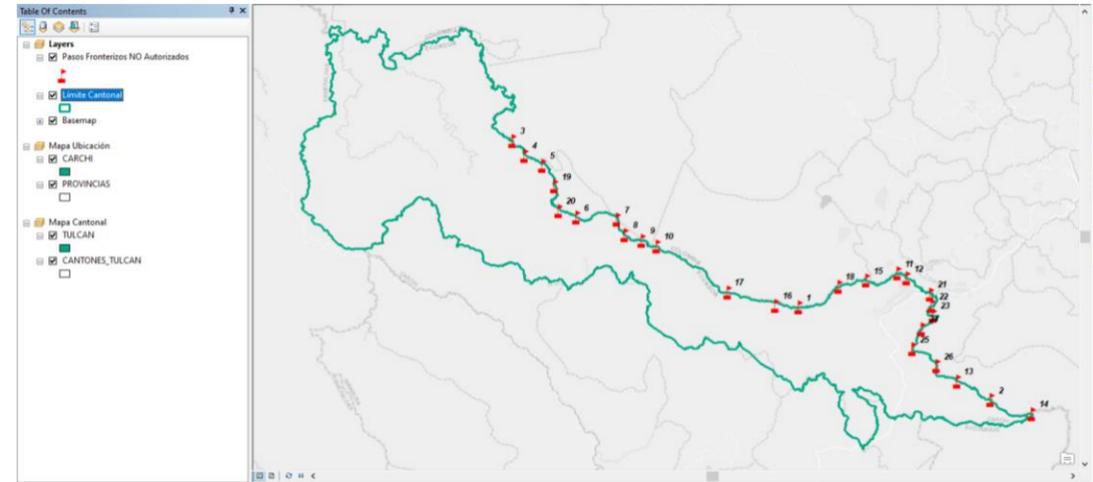
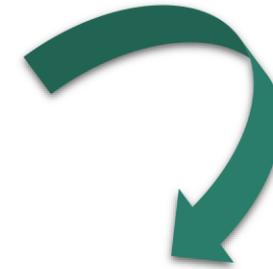
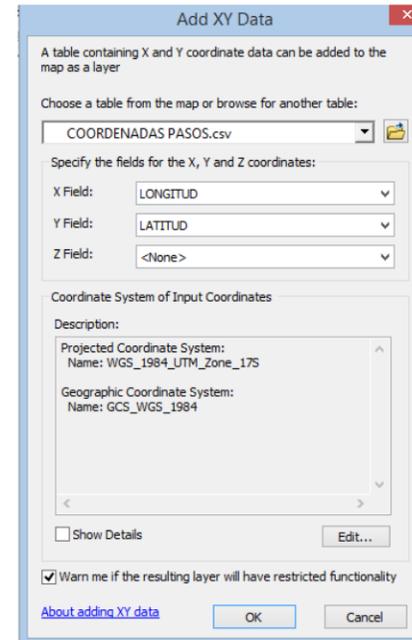
UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN

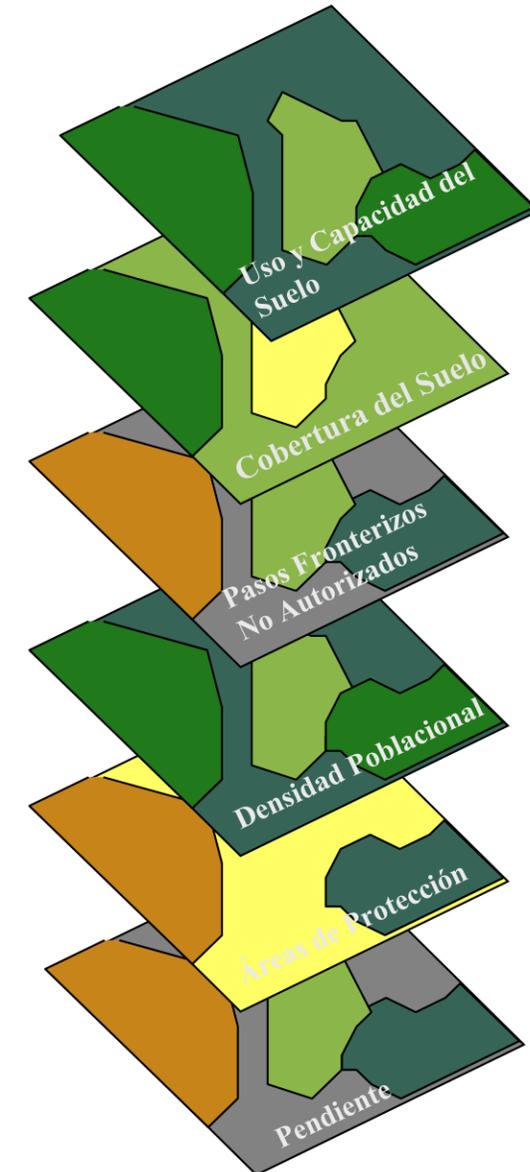


CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE



Generación de la Geodatabase

- Mapas_Tulcan.gdb
 - Componente_Biofísico
 - ÁREAS_DE_PROTECCIÓN
 - COBERTURA_DEL_SUELO
 - ECOSISTEMAS
 - HIDROLOGÍA
 - PENDIENTE
 - PRECIPITACIÓN
 - TEMPERATURA
 - TEXTURA_DEL_SUELO
 - TIPOS_DE_CLIMA
 - USO_Y_CAPACIDAD_DEL_SUEL
 - Componente_Militar
 - EQUIPAMIENTOS_DE_SEGURID.
 - PASOS_FRONTERIZOS_AUTORI
 - PASOS_FRONTERIZOS_NO_AU'
 - Componente_Social
 - DENSIDAD_POBLACIONAL
 - SERVICIOS_DE_EDUCACIÓN
 - SERVICIOS_DE_SALUD
 - VIAS

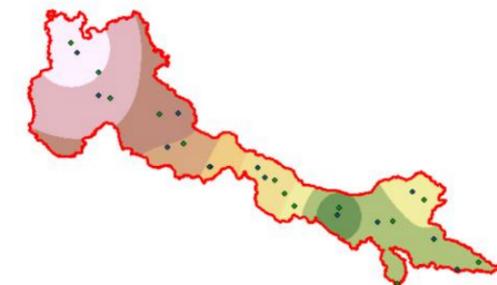
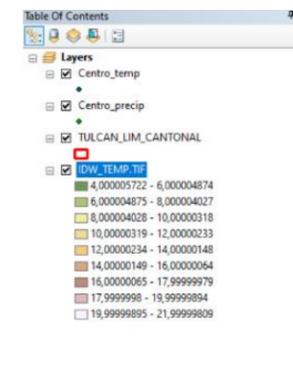
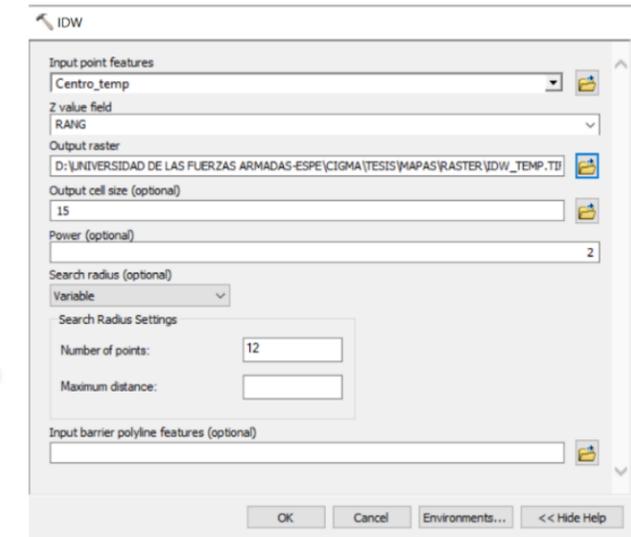


Método de Ponderación

Saaty Modificado

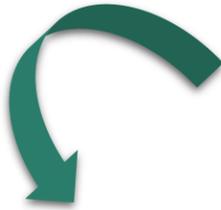
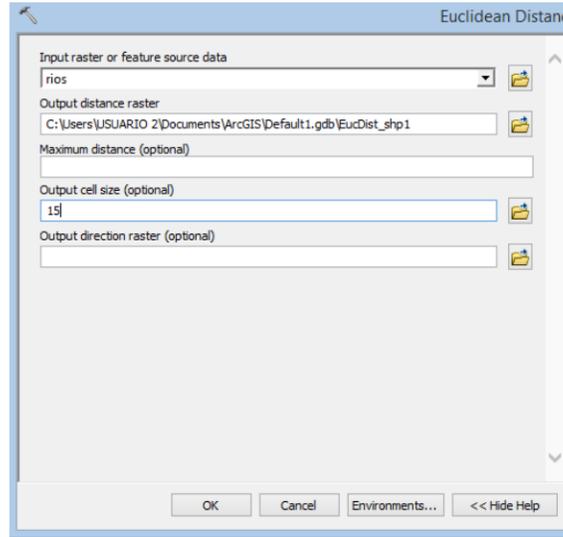
VARIABLE	CLASE	GRADO DE IMPORTANCIA	PESOS
USO Y CAPACIDAD DEL SUELO	Tierras aptas para aprovechamiento forestal	9	0,3750
	Tierras de protección	7	0,2917
	Tierras de conservación	5	0,2083
	Ligeras limitaciones	1	0,0417
	Moderadas limitaciones	1	0,0417
COBERTURA DEL SUELO	Limitaciones fuertes a muy fuertes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

Interpolación IDW

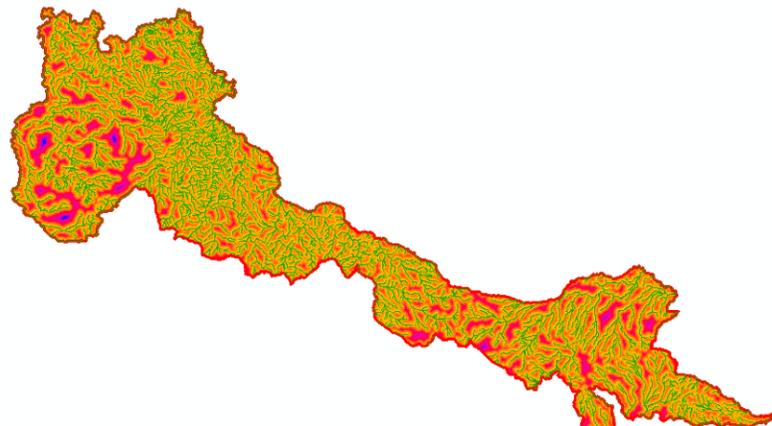
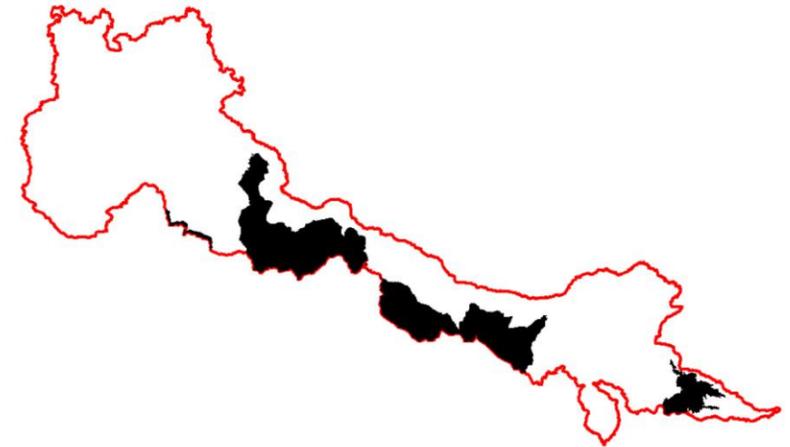
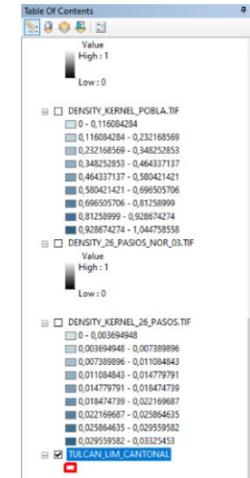


Método de Ponderación

Distancias



Restricción

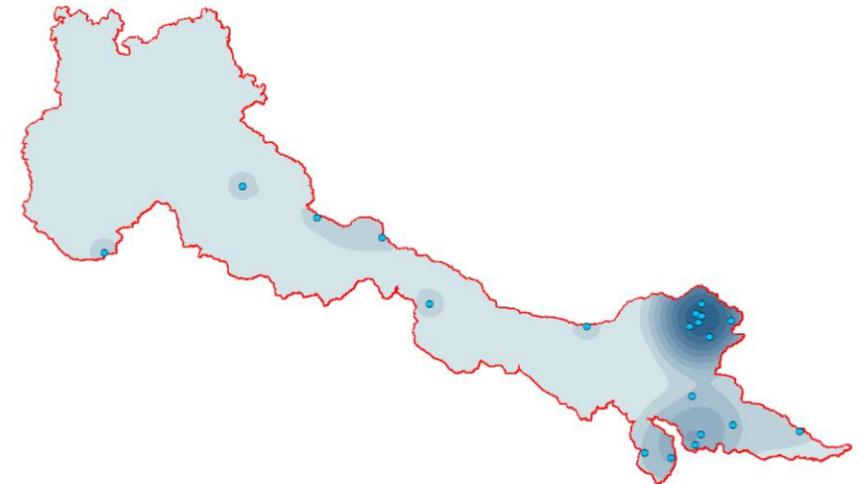
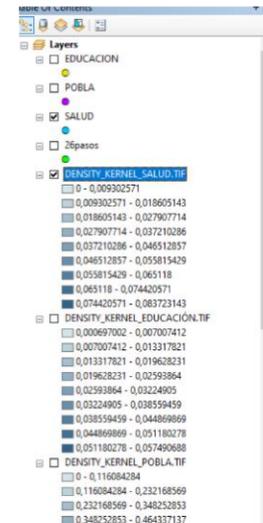
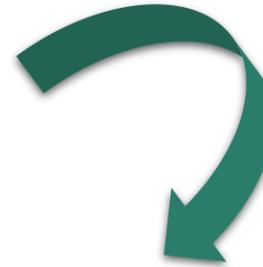
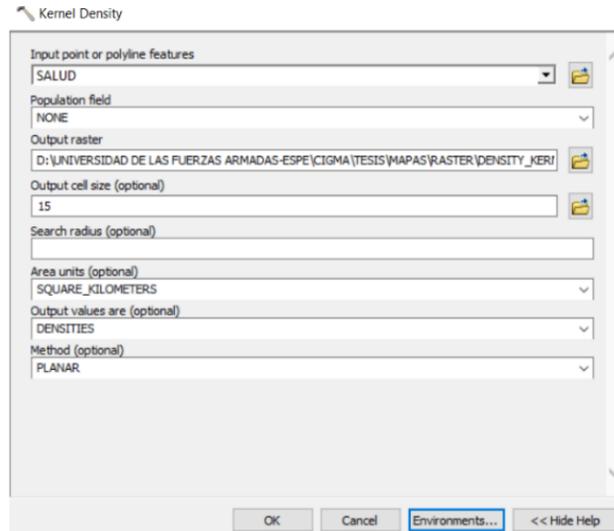


Activar Windows

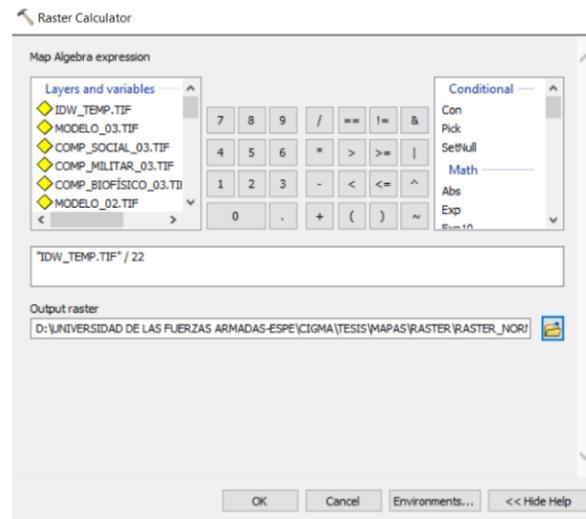
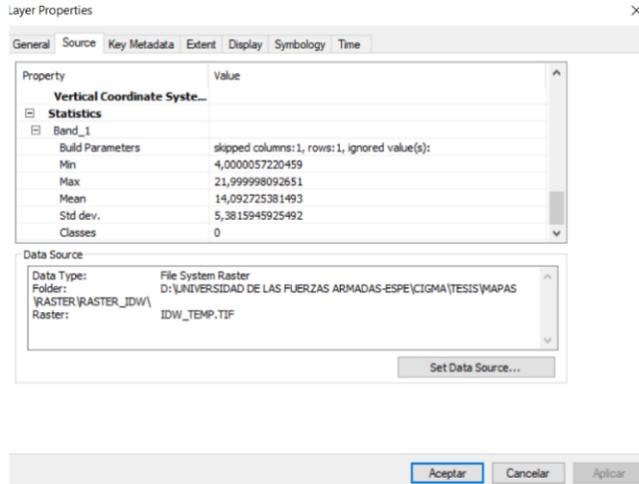


Método de Ponderación

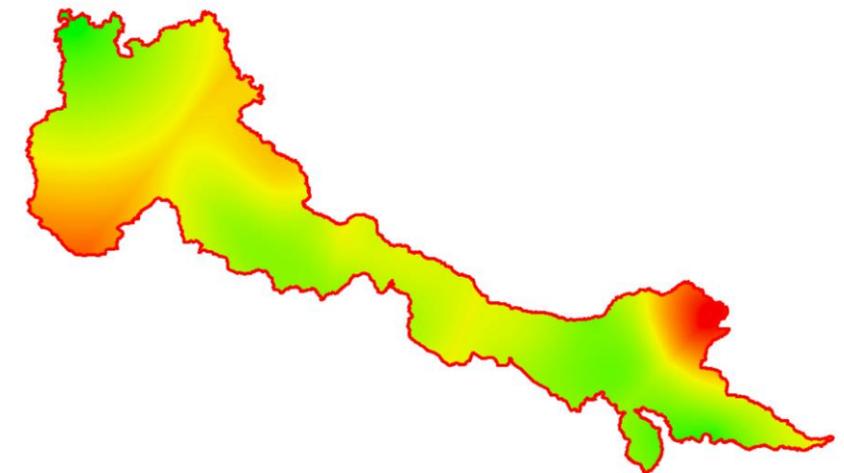
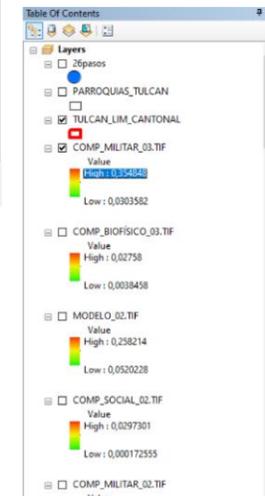
Densidad de Puntos



Normalización



$$\text{Raster Normalizado} = \frac{\text{Raster no Normalizado}}{\text{Valor max del Pixel}}$$



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

Con el objetivo de determinar nuevas áreas potenciales para la ubicación de la 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.

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 mas 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 (biofisico, militar,social)

Peso Derivados de Encuestas a Expertos

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
				HIDROLOGÍA	7,0	5,0000	7,0000
MILITAR	9,0	9,0000	9,0000	AREAS DE PROTECCION	1,0	1,0000	1,0000
				PASOS FRONTERIZOS NO AUTORIZADOS	9,0	9,0000	7,0000
				EQUIP. SEGURIDAD	1,0	5,0000	9,0000
SOCIAL	1,0	1,0000	7,0000	PASOS FRONTERIZOS AUTORIZADOS	1,0	1,0000	1,0000
				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

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

	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

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

Donde:

X_1 = Componte uno

X_2 = Componte dos

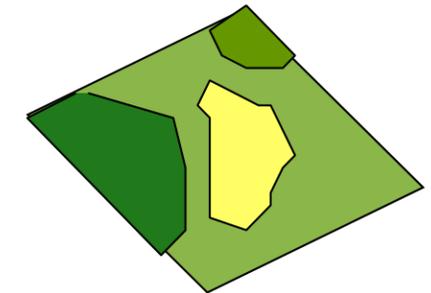
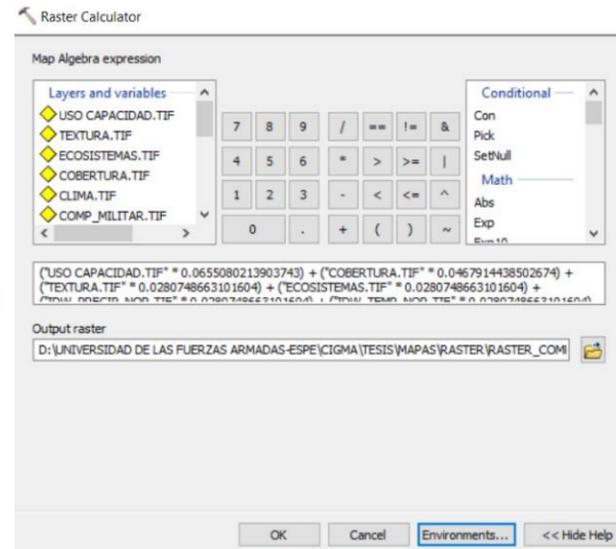
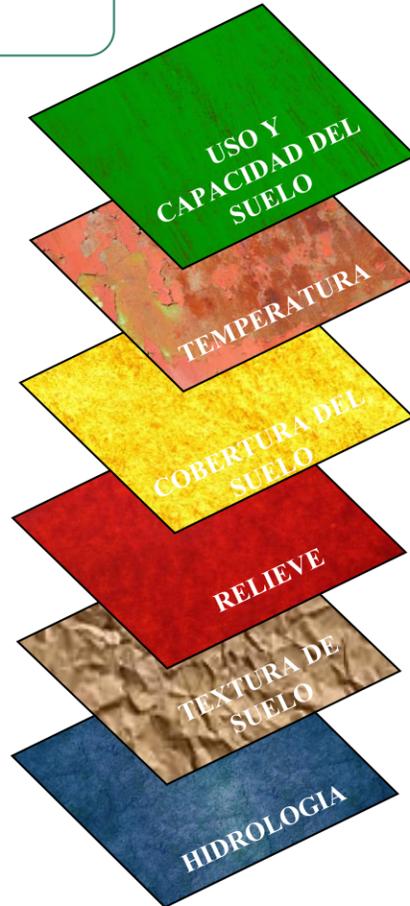
X_3 = Componte tres

$$Y = 0,4118 X_1 + 0,5294 X_2 + 0,0588 X_3$$

CI =	0
RCI =	0,66
CR =	0



Mapa de Subcriterios Ponderados



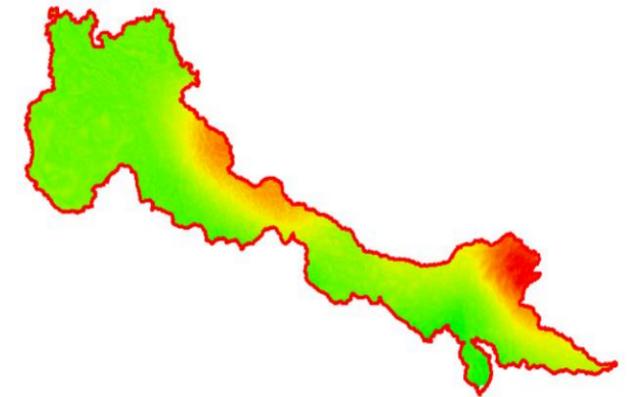
Modelo Geoespacial

FASE DE VERIFICACIÓN



Verificación
en campo

Mapa de
zonas
Óptimas





1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA

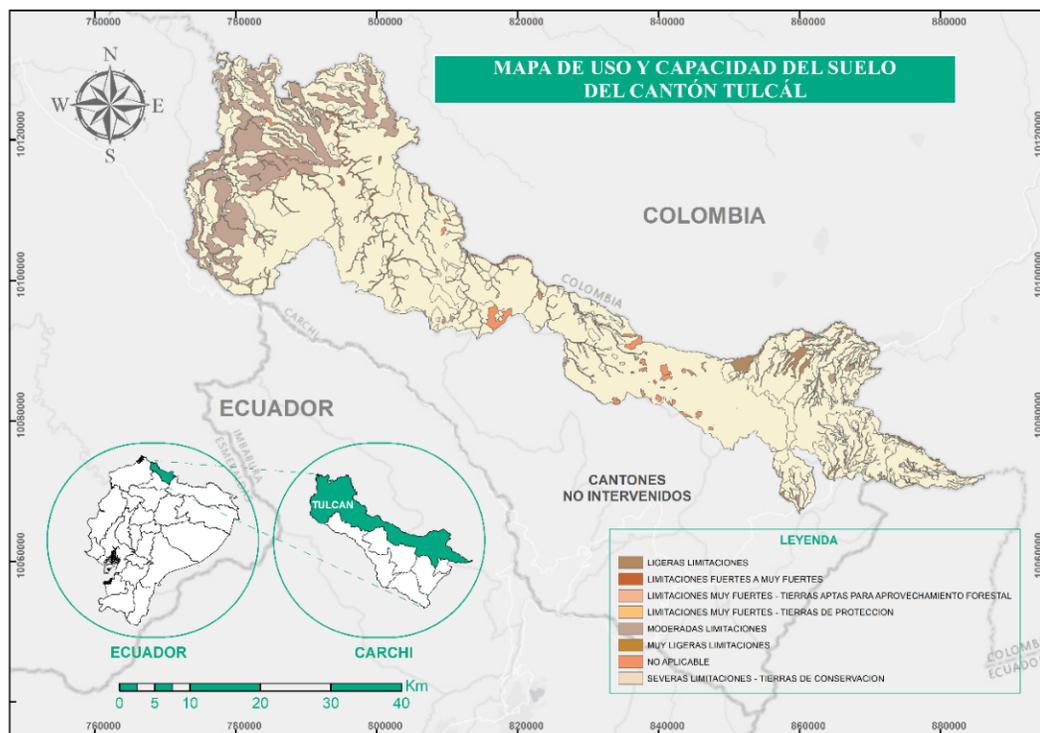
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

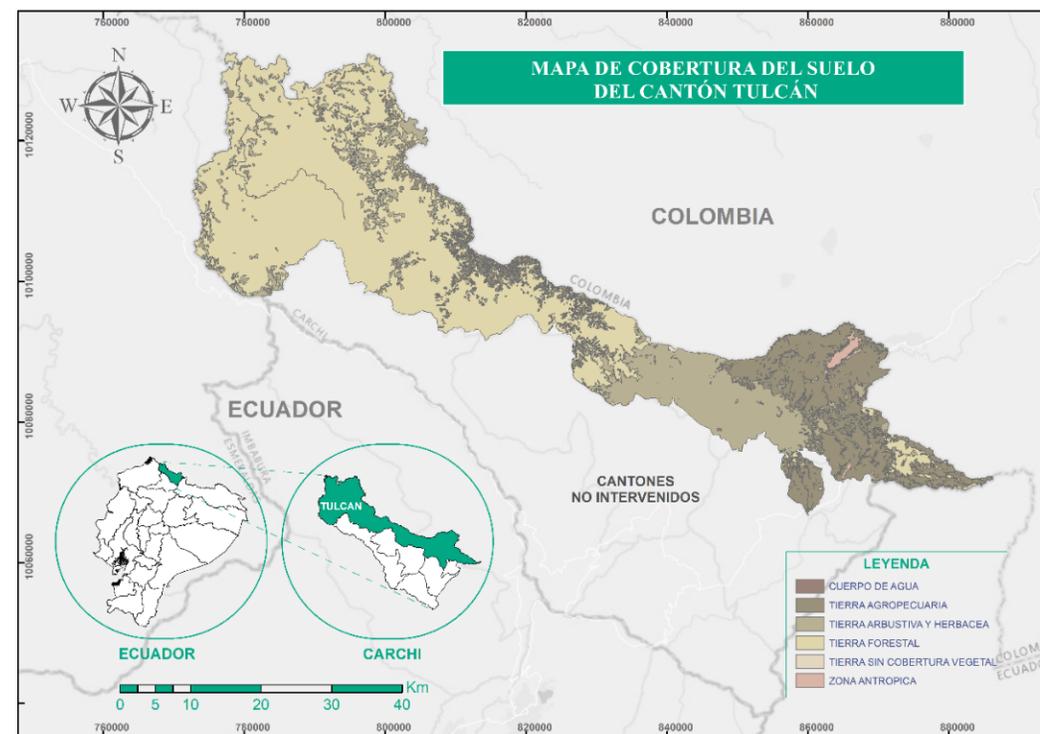


Variables Del Componente Biofísico

Uso y capacidad del suelo

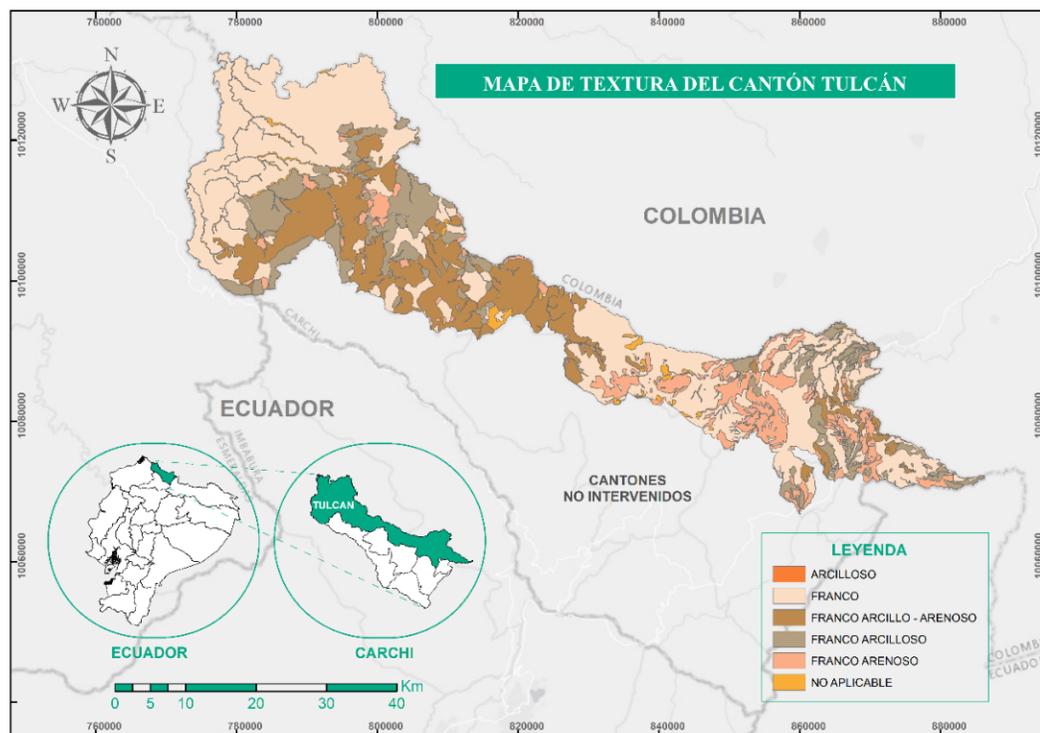


Cobertura del suelo

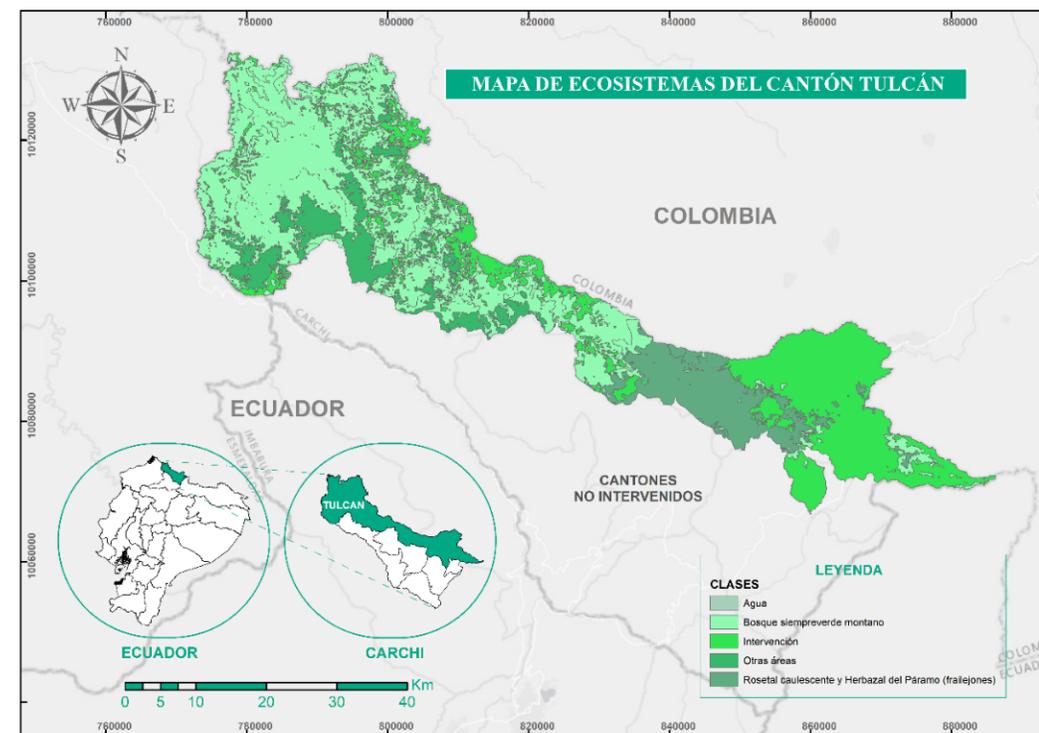


Variables Del Componente Biofísico

Textura del suelo



Ecosistemas



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



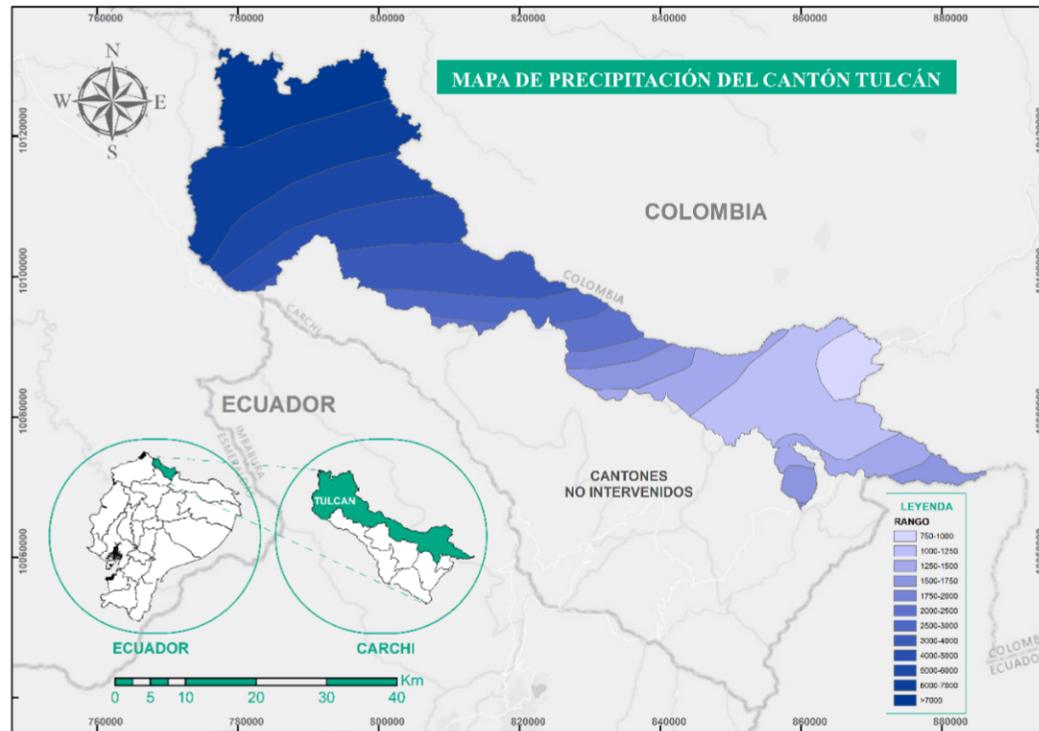
DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



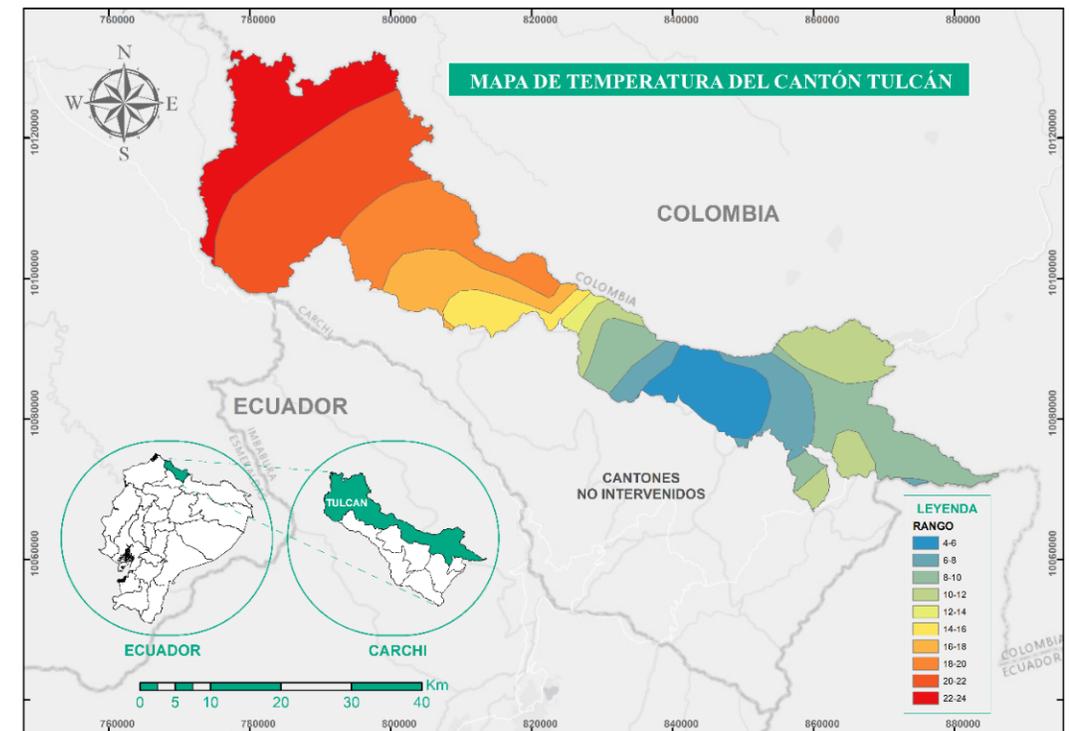
CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

Variables Del Componente Biofísico

Precipitación

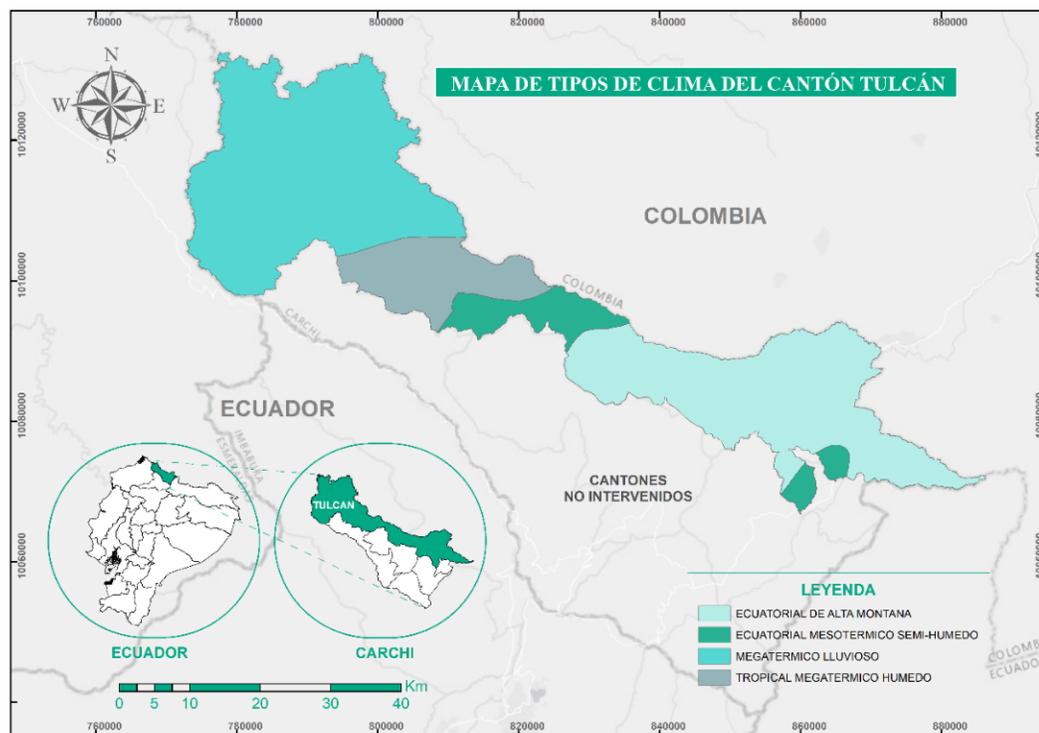


Temperatura

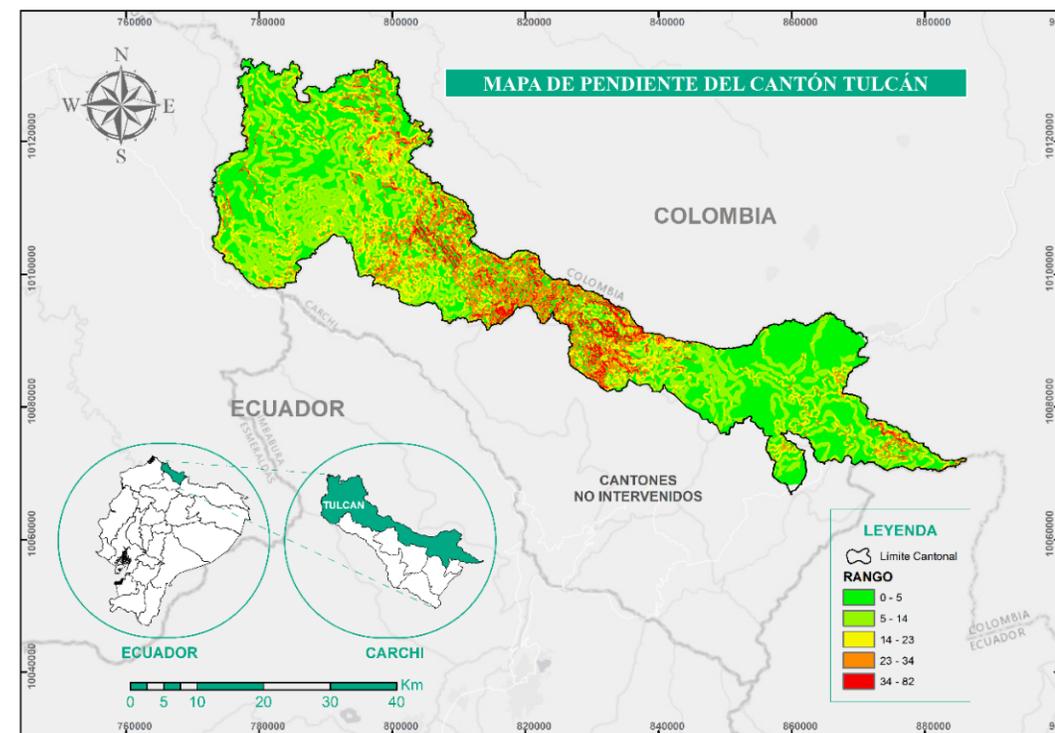


Variables Del Componente Biofísico

Tipos de climas

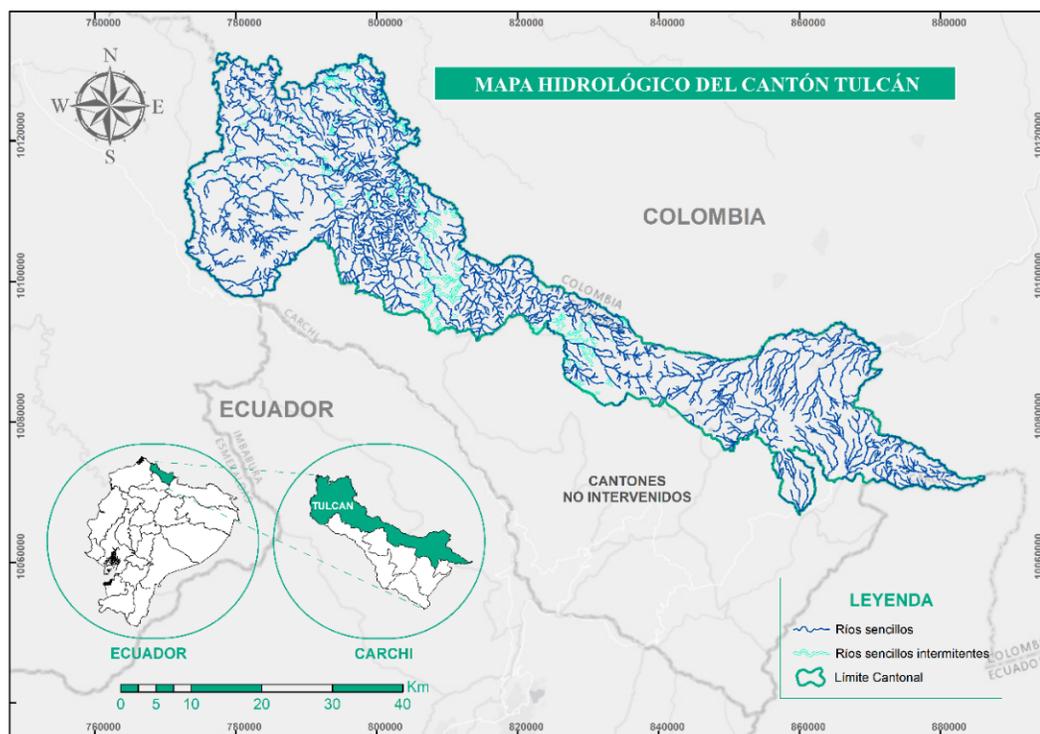


Pendiente

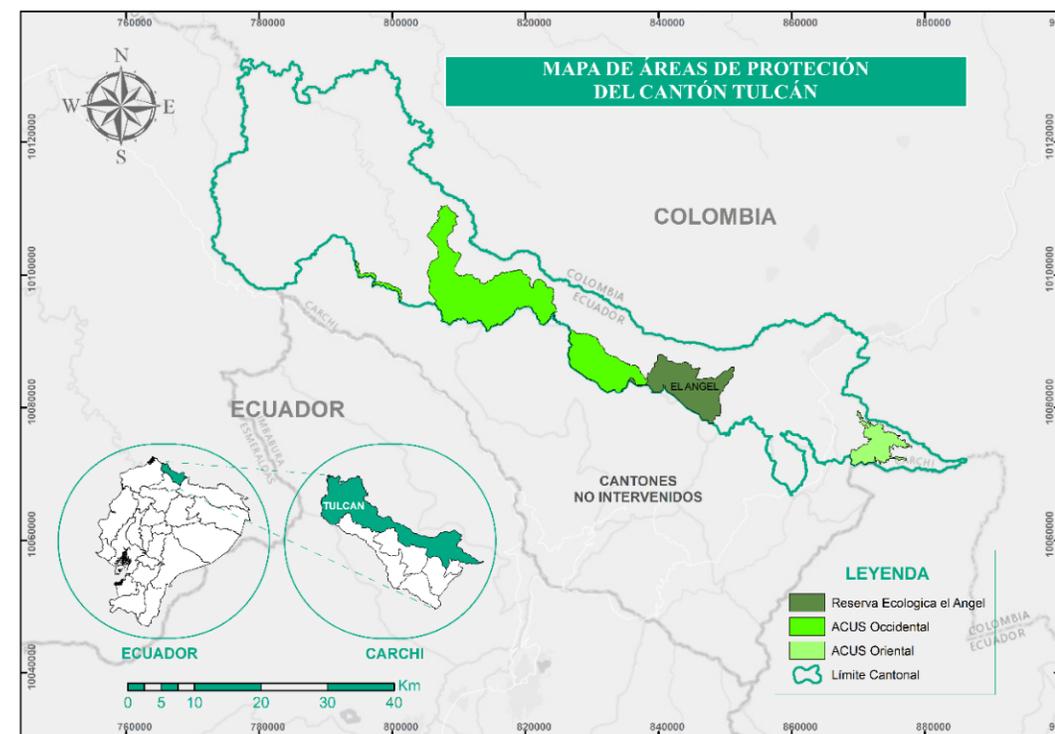


Variables Del Componente Biofísico

Hidrología



Áreas Protegidas



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

Variables Del Componente Militar

Pasos fronterizos no autorizados

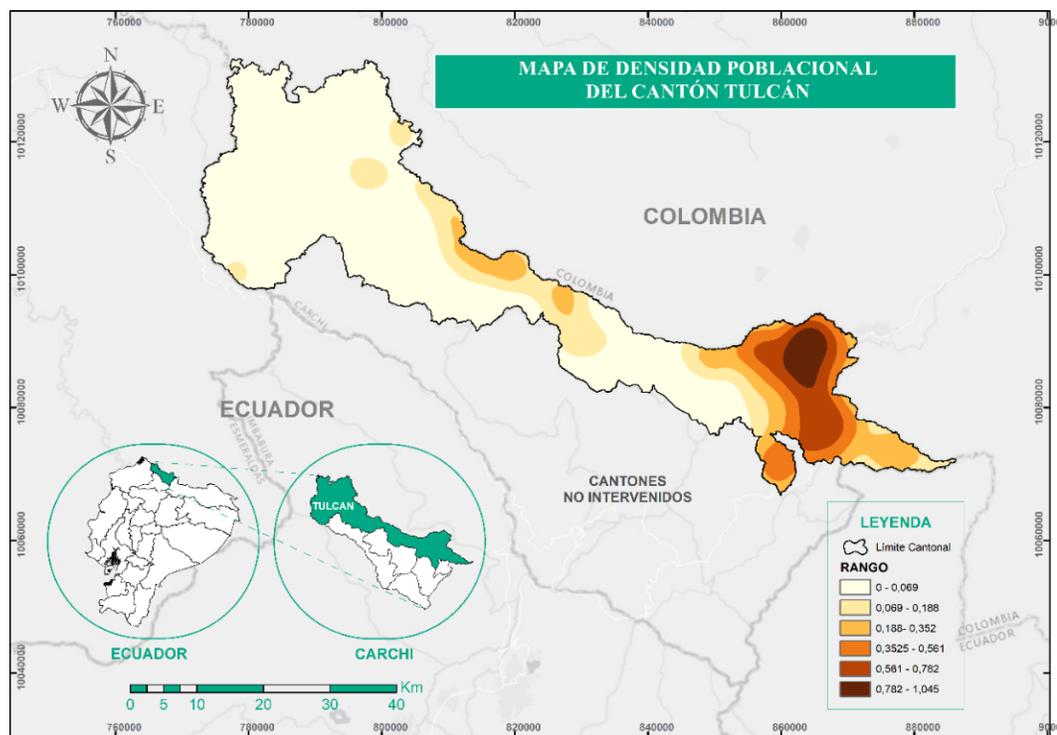
Unidades Militares

Pasos fronterizos autorizados

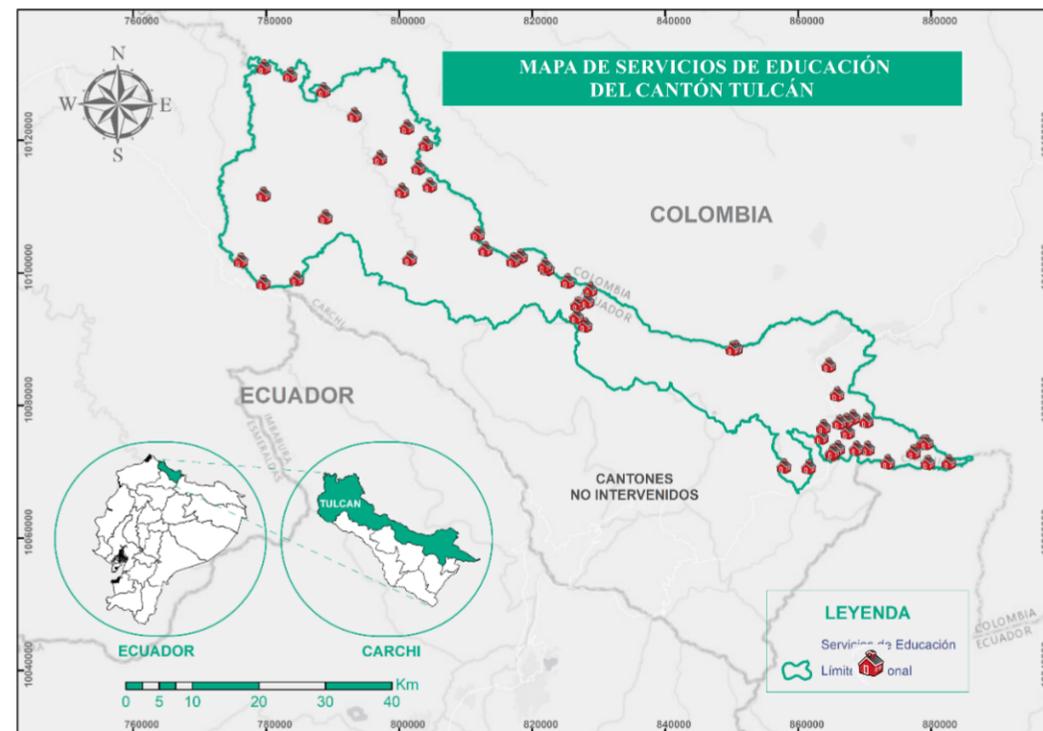


Variables Del Componente Social

Densidad Poblacional



Servicios de Educación

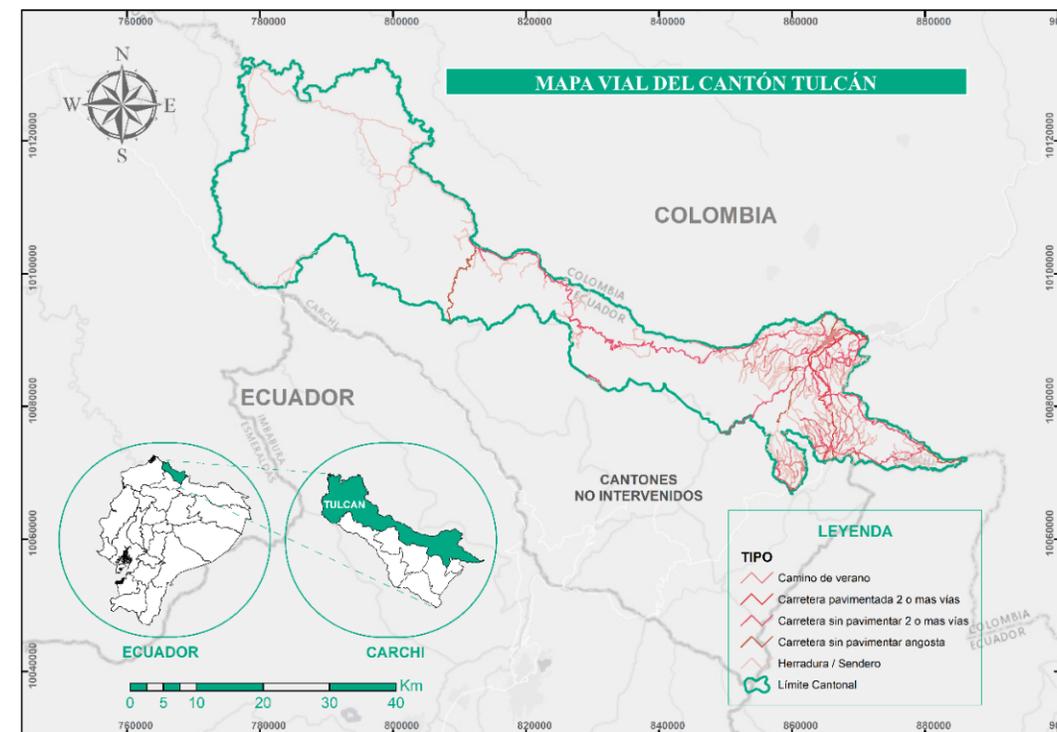


Variables Del Componente Social

Servicios de Salud



Vías



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



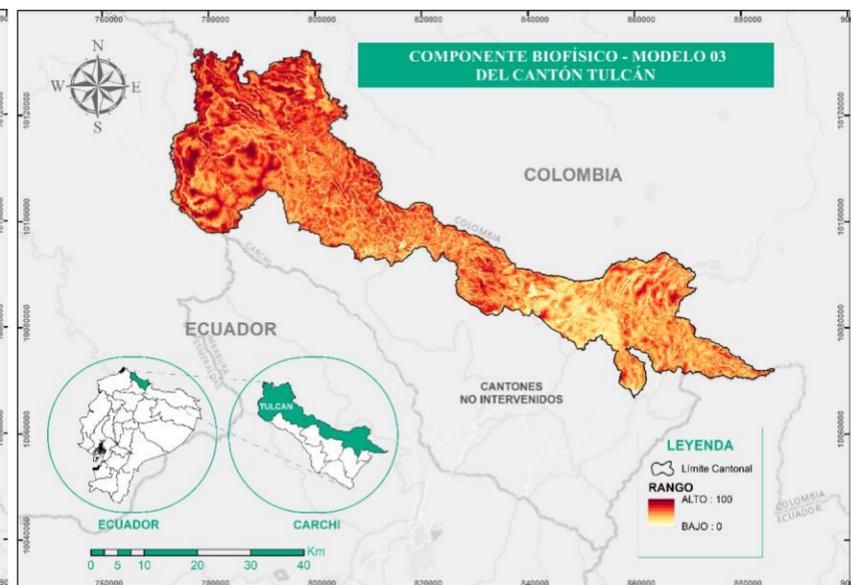
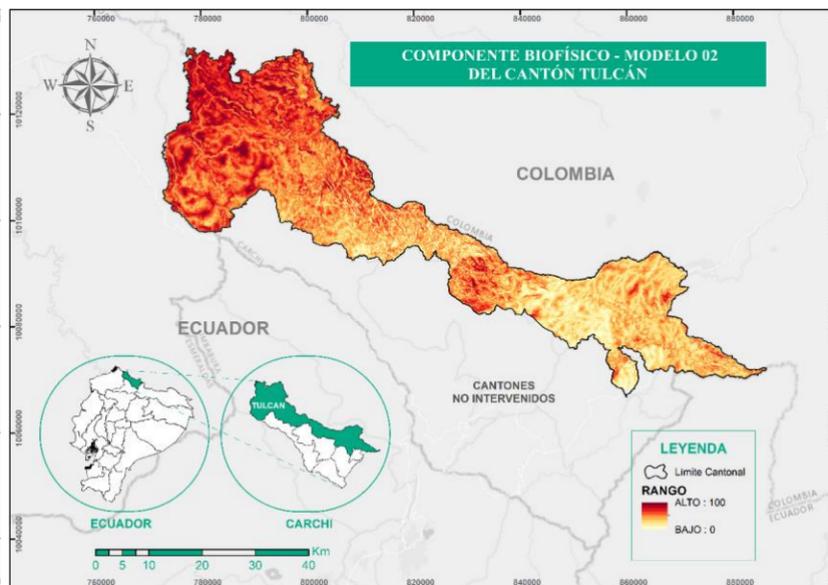
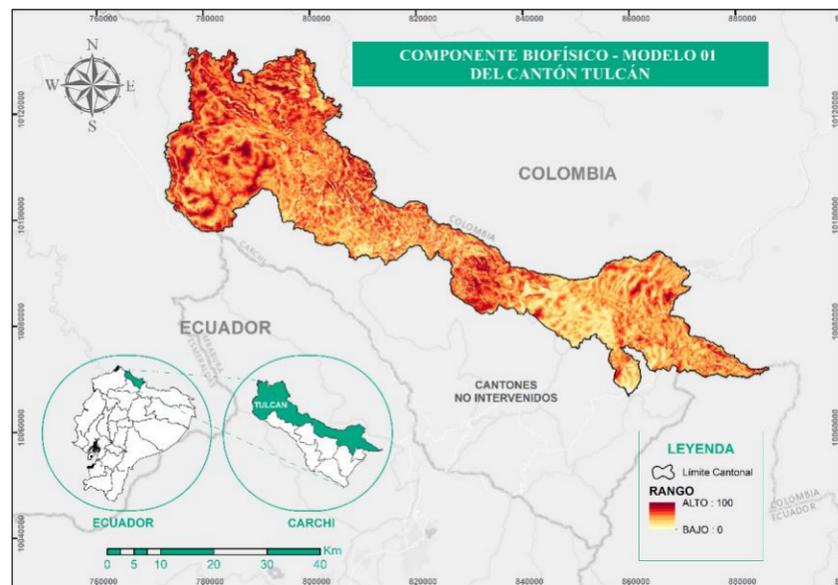
CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

COMPONENTE BIOFÍSICO

MODELO 01

MODELO 02

MODELO 03



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



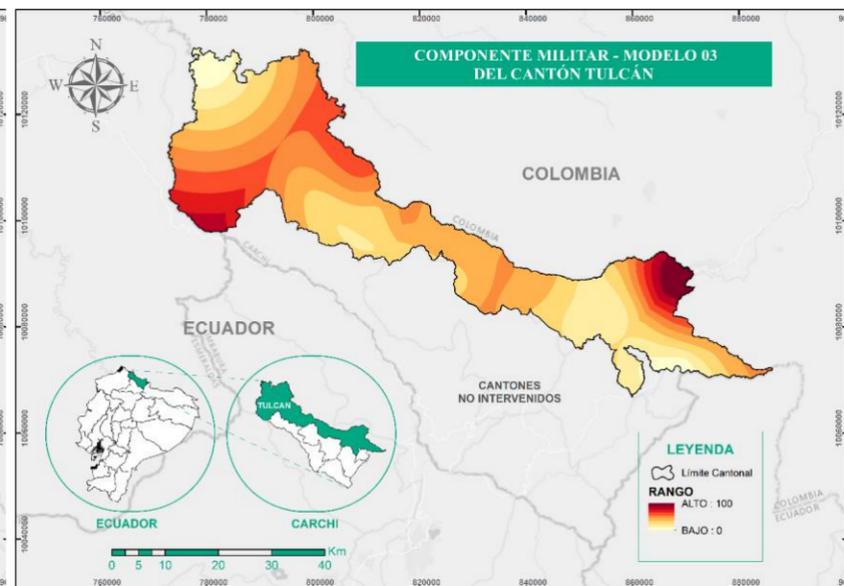
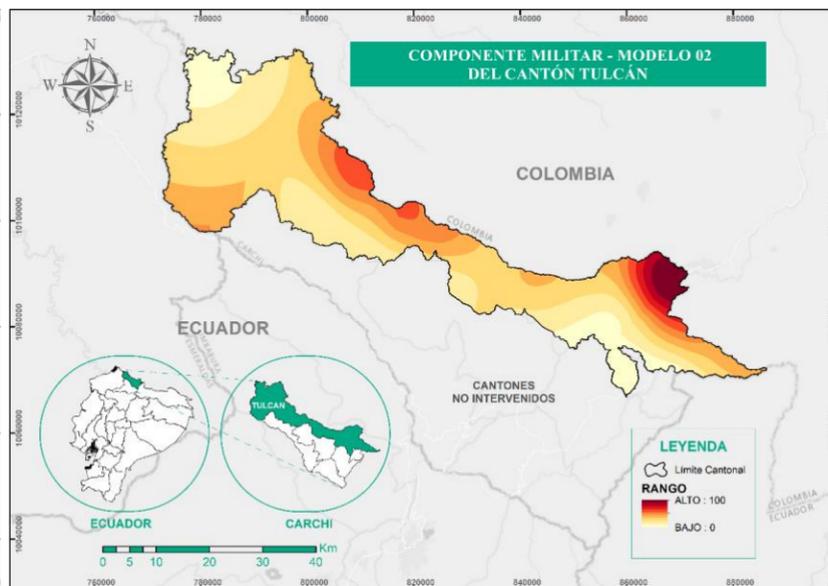
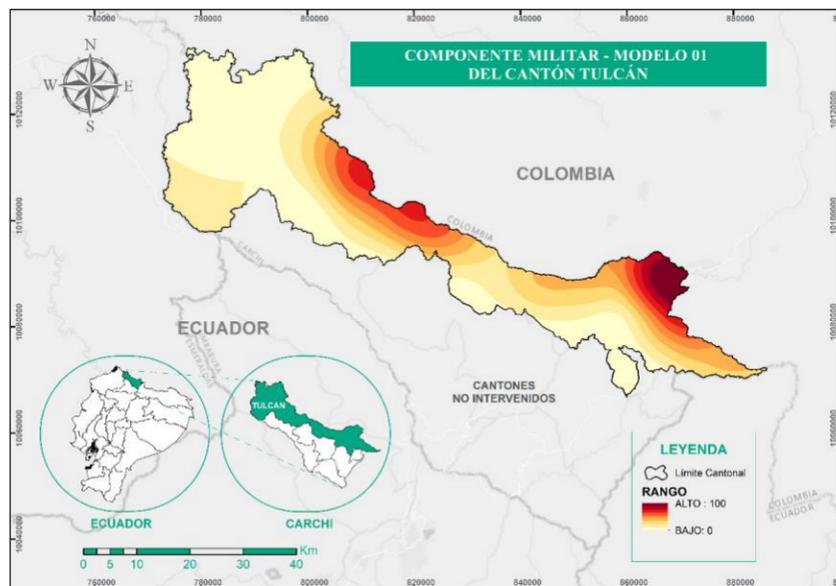
CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

COMPONENTE MILITAR

MODELO 01

MODELO 02

MODELO 03



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



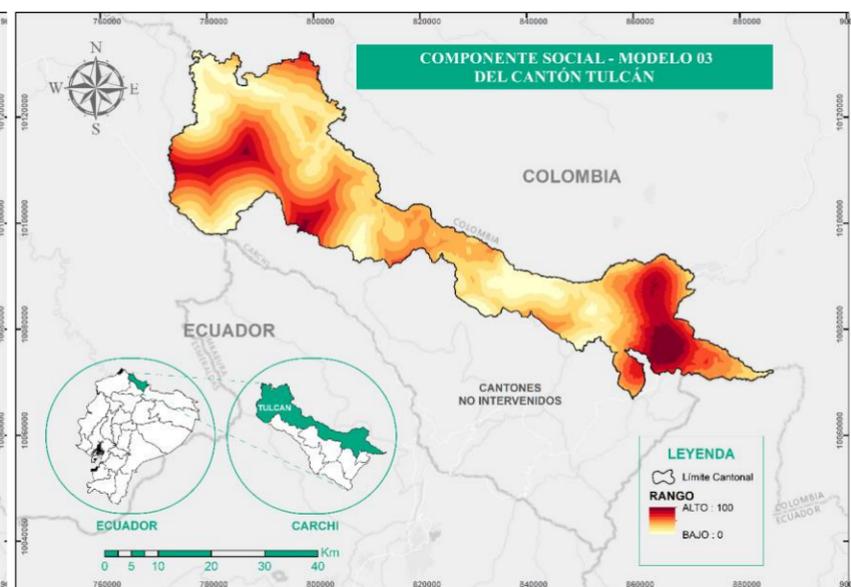
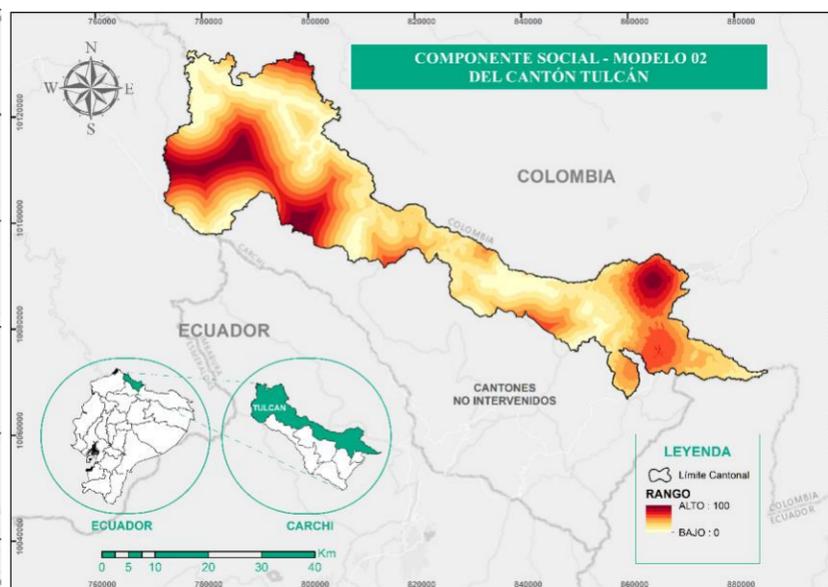
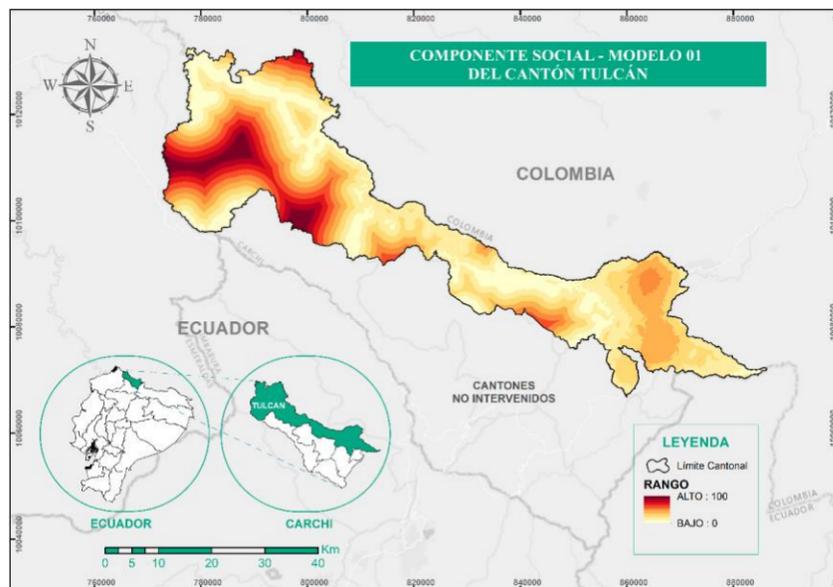
CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

COMPONENTE SOCIAL

MODELO 01

MODELO 02

MODELO 03



MODELOS GEOESPACIALES

MODELO 01

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

MODELO 02

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

MODELO 03

VARIABLES	PESOS EXPERTO 2
Educación	0,004
Áreas de protección	0,011
Densidad poblacional	0,013
Salud	0,013
Vías	0,029
Uso y capacidad del suelo	0,033
Textura del suelo	0,033
Ecosistemas	0,033
Temperatura	0,033
Tipos de clima	0,033
Pasos autorizados	0,035
Cobertura del suelo	0,054
Precipitación	0,054
Hidrología	0,054
Pendiente	0,076
Equip. Seguridad	0,176
Pasos no autorizados	0,318
SUMATORIA	1



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



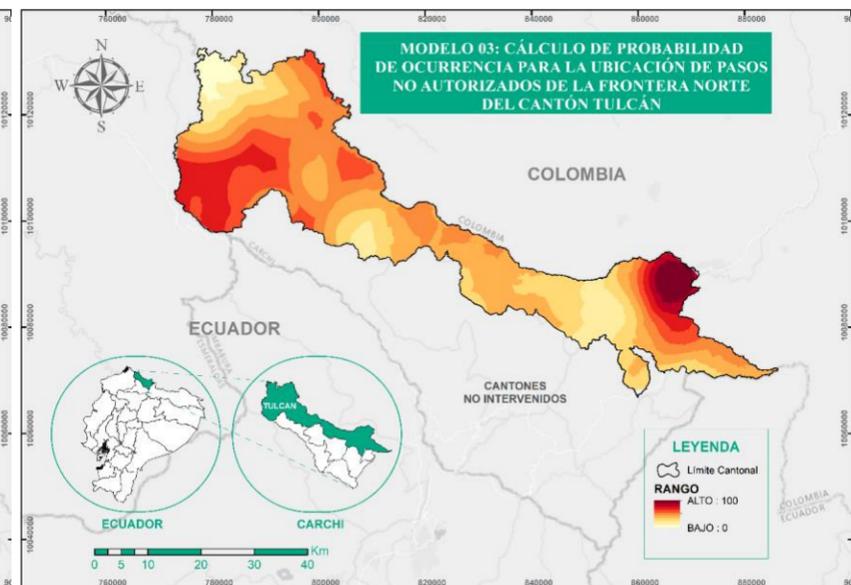
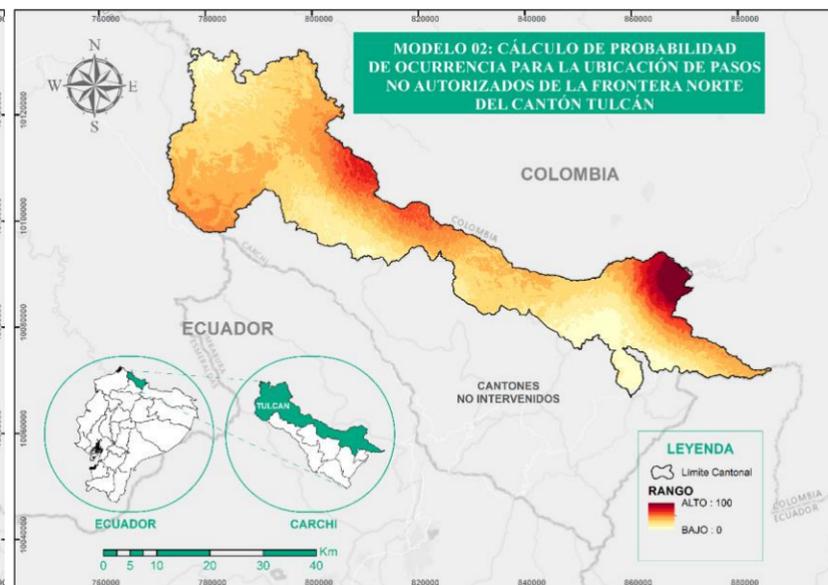
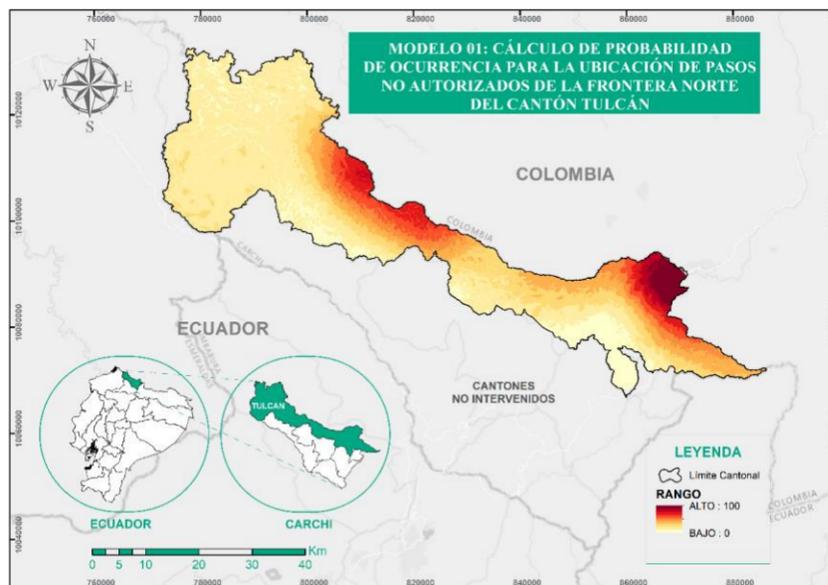
CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

MODELOS GEOESPACIALES

MODELO 01

MODELO 02

MODELO 03



COMPONENTES	PESOS TESISTAS	PESOS EXPERTO 1	PESOS EXPERTO 2
SOCIAL	0,0588	0,4118	0,0588
BIOFISICO	0,4118	0,0588	0,4118
MILITAR	0,5294	0,5294	0,5294





1. INTRODUCCIÓN

2. OBJETIVOS

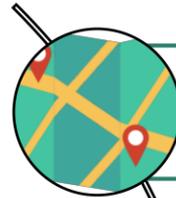
3. METODOLOGÍA

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES



La determinación de coordenadas de los 26 PFNA es un factor muy esencial ya que gracias a eso las unidades militares pueden tener una información más precisa y real sobre estas áreas



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.



La geodatabase permitió clasificar los datos y ayudó a la toma de decisiones para la elaboración de los diferentes modelos geoespaciales



Se modeló geoespacialmente a través de una evaluación espacial multicriterio, obteniendo así mapas de áreas para posibles pasos no autorizados de la frontera norte del cantón Tulcán.



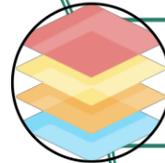
Se verificó los resultados lo que permitió confirmar los polígonos obtenidos a través del modelamiento, lo que permitió seleccionar al modelo 01 como el más razonable en comparación con los puntos de PFNA



RECOMENDACIONES



Es importante realizar la verificación en campo para confirmar o descartar áreas de acuerdo con las variables y condiciones utilizadas del territorio.



Se recomienda usar otro tipo de variables que puedan influenciar en el modelamiento, además de otros métodos.



Utilizar una escala de trabajo mayor la cual permita tener el detalle necesario para el modelamiento y estandarización.



Tener un plan logístico y de resguardo militar para seguridad de quienes estén realizando el trabajo de campo necesario.



Implementación de nuevos controles militares en estas áreas potenciales, con el fin de brindar una mayor seguridad a los poblados fronterizos.



**TRABAJO DE TITULACIÓN
SANGOLQUÍ, ECUADOR
SEPTIEMBRE 2022**

***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***

Autores:

Camacho Pinos, Danny Alejandro
Carpio Asimbaya, Sol Aracely

Director del Proyecto: Cnel. (SP) Rodolfo Salazar
Docente Evaluador: Ing. Oswaldo Padilla, PhD

Director de Carrera: Ing. Alexander Robayo, MSc.
Secretaria Académica: Ab. Michelle Benavides



UNIVERSIDAD DE
LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE



DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS DE LA TIERRA Y
LA CONSTRUCCIÓN



CARRERA DE INGENIERÍA
GEOGRÁFICA Y DEL
MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"

