

# ESTRUCTURACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

## COMUNICACIÓN VIAL

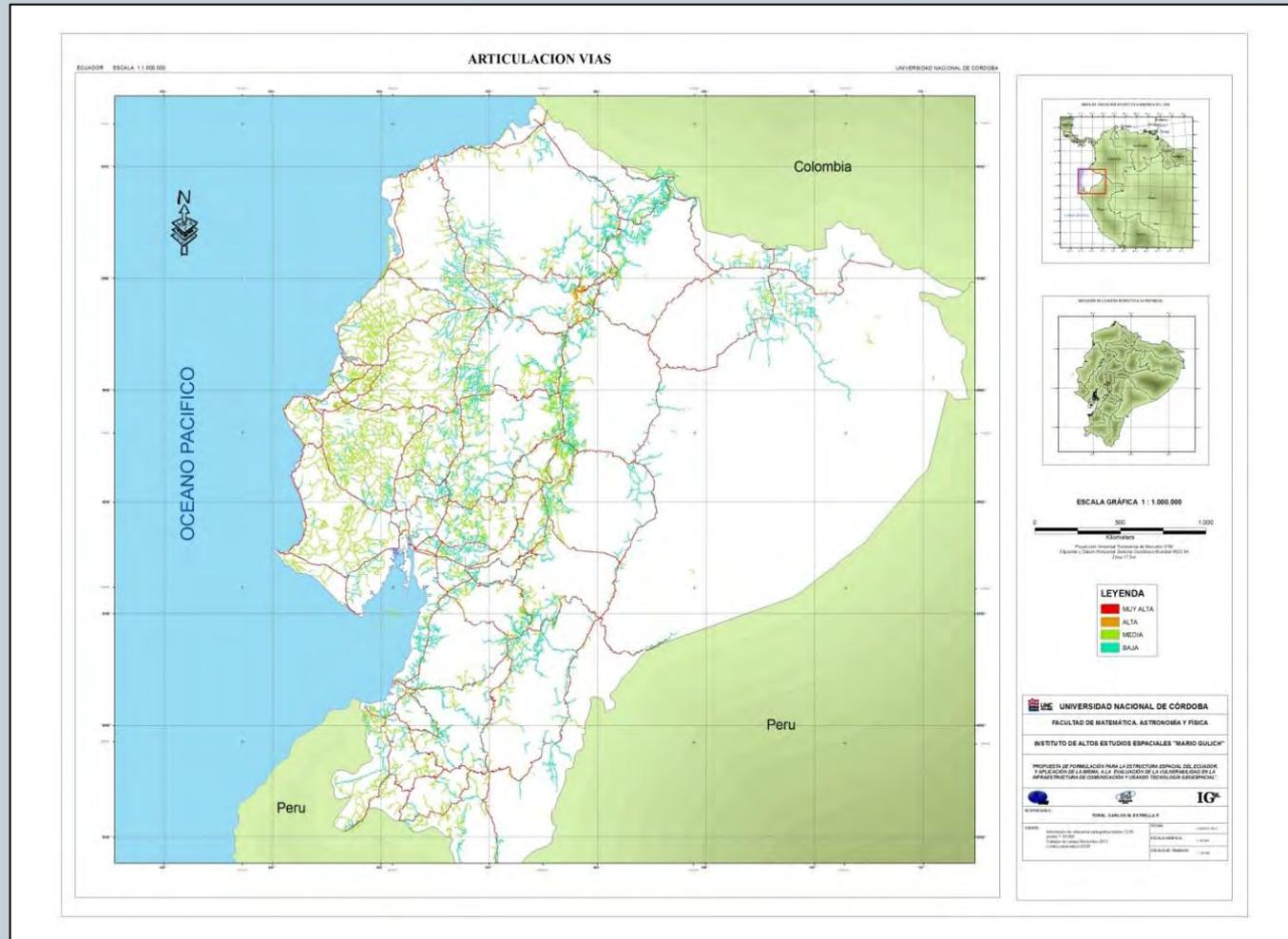


- Hasta el momento no existe ningún método consistente para hacer frente a la vulnerabilidad, por lo que debemos generar modelos personalizado por cada país. (Jurgen Straub, President's Office, Bonn Germany, Federal Office of Civil Protection and Disaster Assistance).



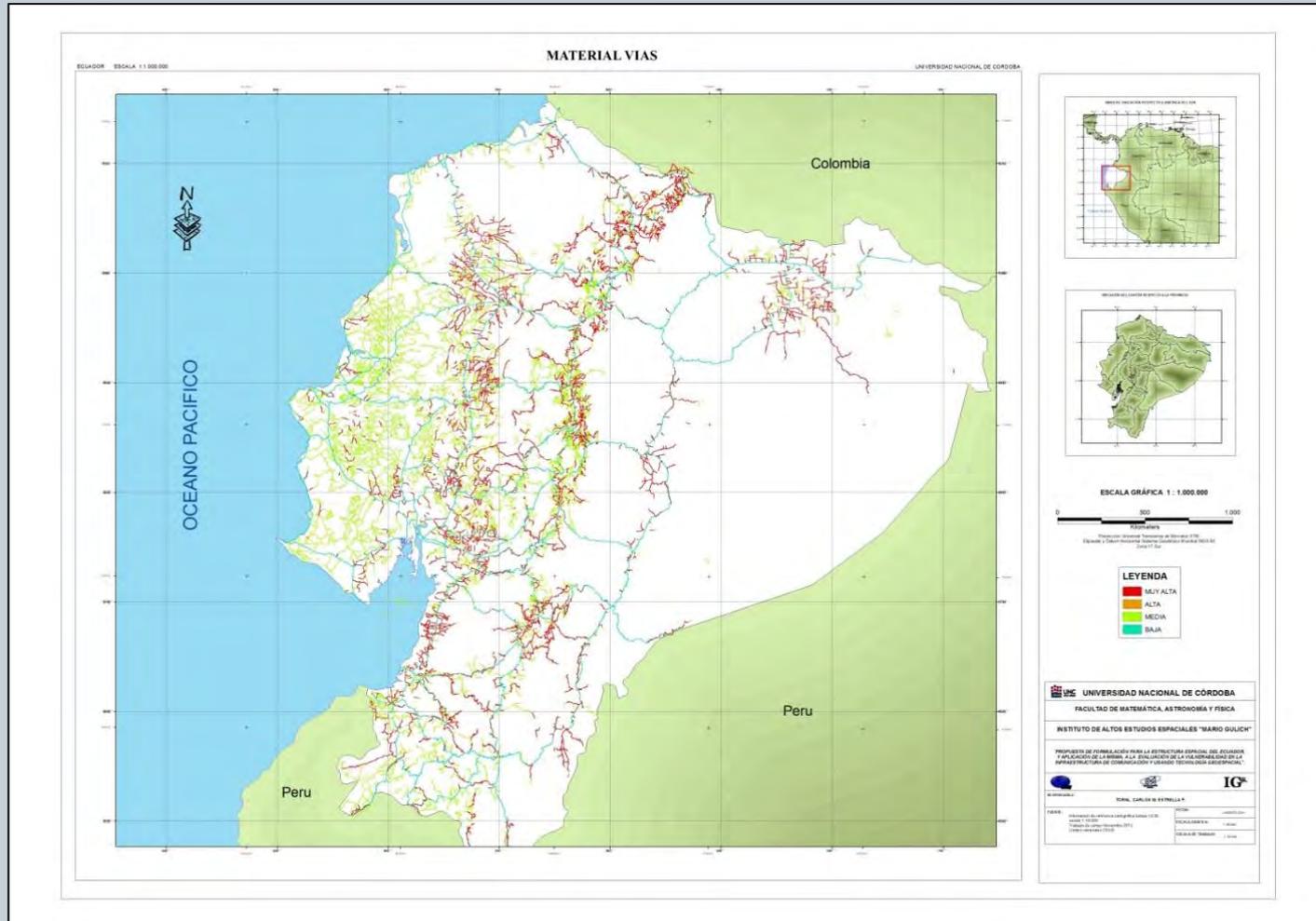
# VULNERABILIDAD EN LA INFR. DE COMUNICACIÓN VIAL

## Articulación, Material y Tipo



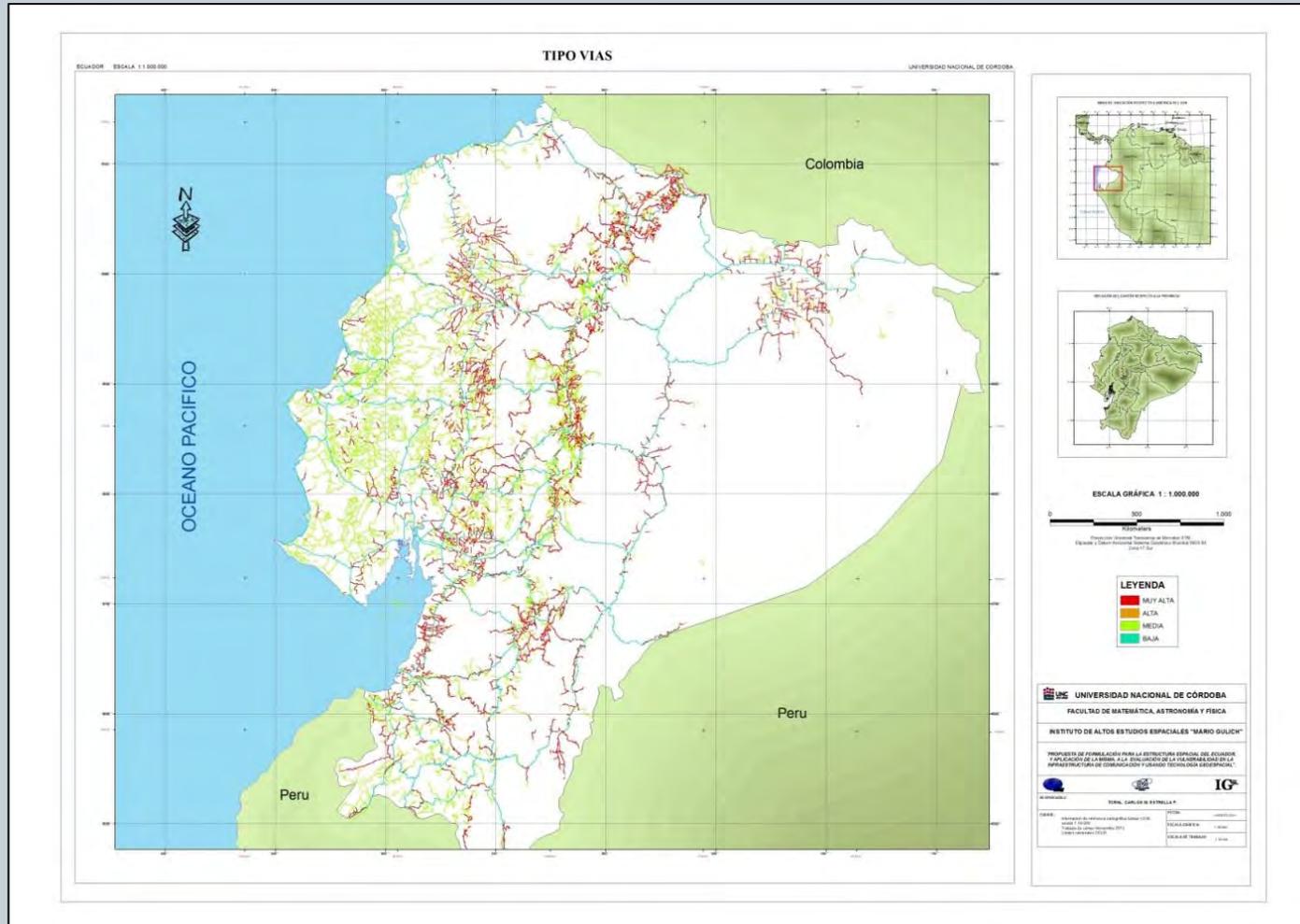
# VULNERABILIDAD EN LA INFR. DE COMUNICACIÓN VIAL

## Articulación, **Material** y Tipo



# VULNERABILIDAD EN LA INFR. DE COMUNICACIÓN VIAL

## Articulación, Material y Tipo



# MÉTODO AHP (PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO)

## THOMAS L. SAATY



La vulnerabilidad de la variable vías de comunicación, está dada por la siguiente ecuación:

$$V_{vc} = C_1 * I_1 + C_2 * I_2 + C_3 * I_3$$

Donde:

- V<sub>vc</sub>** = corresponde a la Variable, "Vulnerabilidad Vías de Comunicación"
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>** = son coeficientes
- I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub>** = son indicadores, articulación, material y tipo

Para calcular los coeficientes, de acuerdo al método AHP de jerarquización de Thomas Saaty se realiza el siguiente procedimiento:

#	Vías	Jerarquización
1	Articulación	3
2	Material	1
3	Tipo	2
<b>Sumatoria Σ</b>		<b>6</b>

Tabla V.09 Jerarquización de las Variables

Fórmula de jerarquización AHP

$$Peso_o = \frac{N - O_i - 1}{\sum(N - O_i + 1)}$$

Donde:

$O_i$  = Grado de importancia

$N$  = # de variable

1	→	3-3+1=	1/6=	0,17	Articulación
2	→	3-1+1	3/6=	0,50	Material
3	→	3-2+1	2/6=	0,33	Tipo
<b>Sumatoria Σ</b>				<b>1,00</b>	

Tabla V.010 Determinación de coeficientes para aplicación de la Vulnerabilidad (Peso de las variables)

Se asigna pesos de acuerdo a la importancia de las características de la articulación, material y tipo de vía, y se procede a homogenizar con respecto al grado de vulnerabilidad.

Descripción (tipo de articulación)	Vulnerabilidad	Valor
Cabece		
Cabece		
Ca		
C:		
<b>Descripción (material)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Valor</b>
Tierra	Muy alta	2
<b>Descripción (tipo)</b>	<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Valor</b>
Camino de verano	Muy alta	2
Camino lastrado de una vía	Alta	1.5
Camino lastrado 2 ó más vías	Media	1
Camino pavimentado, hormigón de 2 o más vías, Autopista	Baja	0.5

Tabla V.012

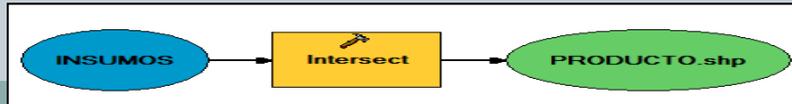
Tabla V.013

Tabla V.014 Indicador 3 (I3): Tipo de Vía

Una vez determinados los pesos se establece la relación con los indicadores respecto a la amenaza (MOVIMIENTOS EN MASA)

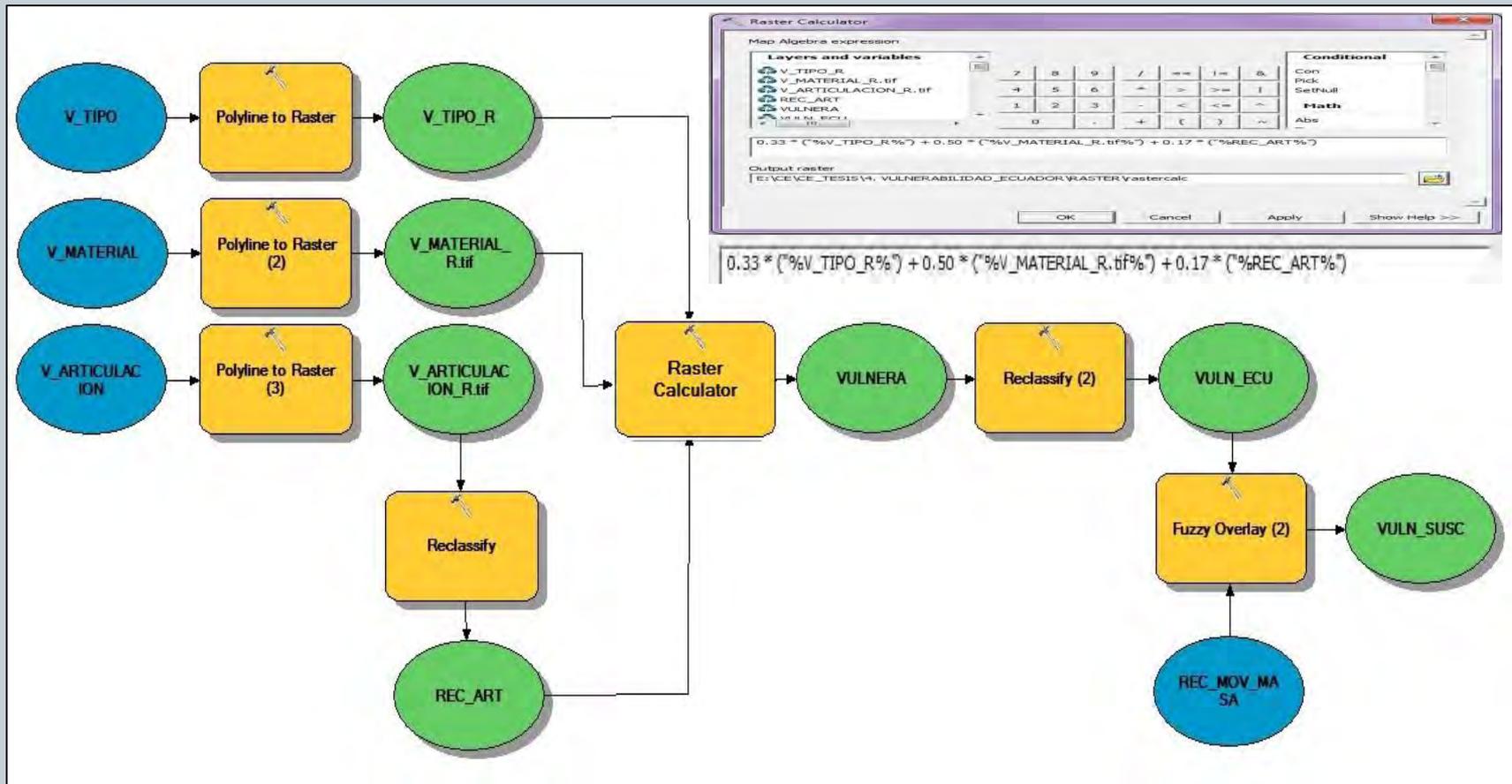
Variable: Vías de Comunicación			
Amenaza	Indicadores	Ponderación (Saaty)	Simbología
<b>Movimiento en Masa</b>	Articulación	0.17	C1
	Material de la vía	0.50	C2
	Tipo de vía	0.33	C3

Tabla V.011 Indicadores respecto al movimiento de masa



# ESTRUCTURACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

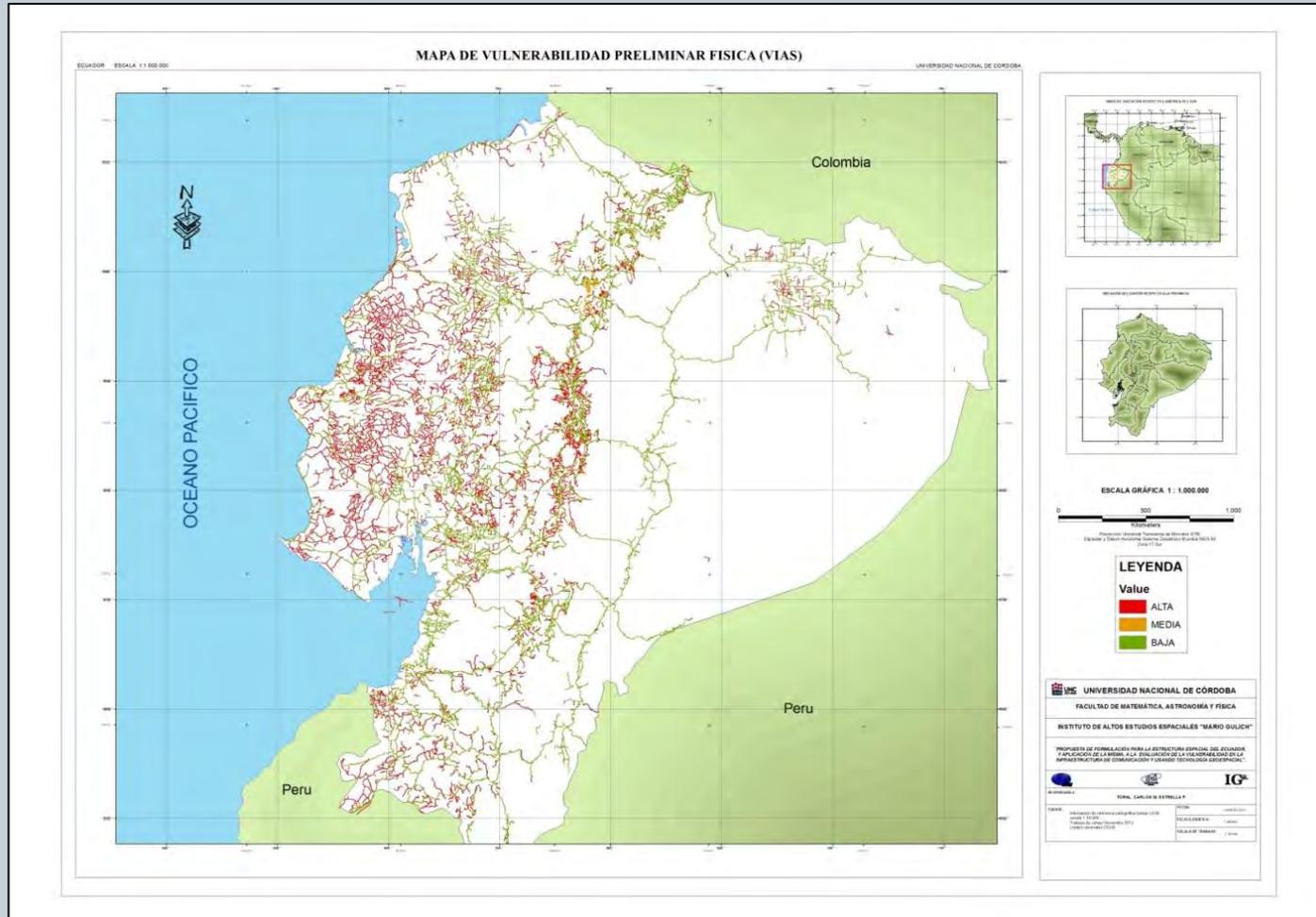
## GENERACIÓN AUTOMÁTICA



Antes de correr todo el proceso al model builder es necesario a través de comandos CORREGIR ERRORES TOPOLÓGICOS, CONTROL DE ESTRUCTURACION Y NODOS (Encerar)

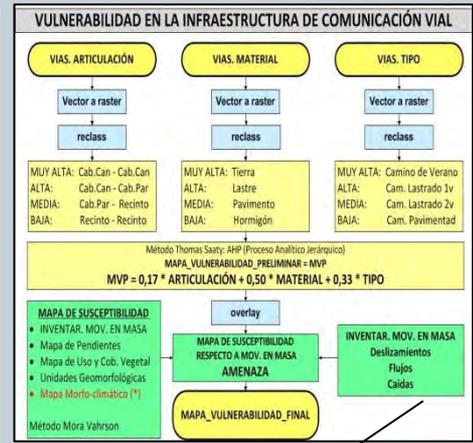
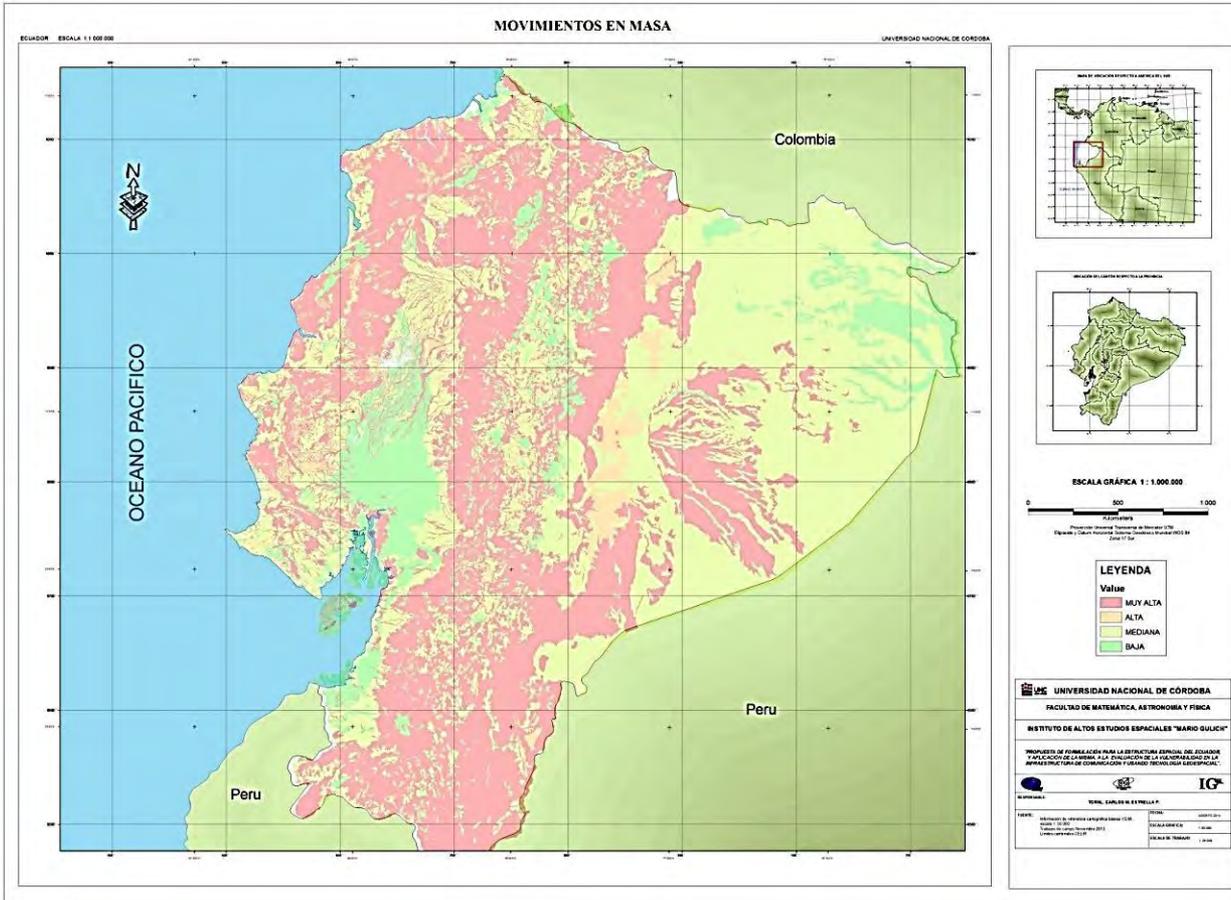
# MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VÍAS

## OVERLAY



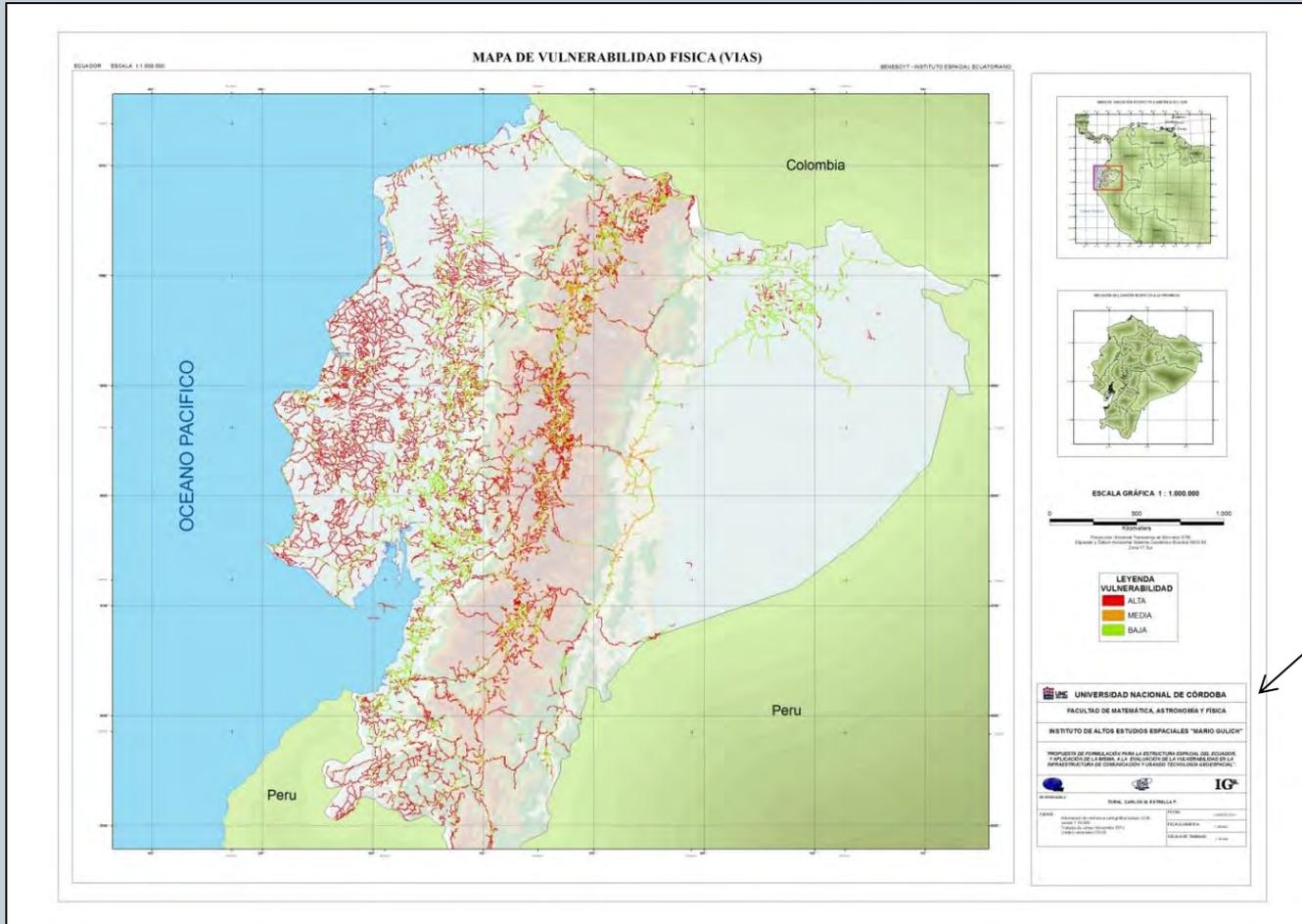
# MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VÍAS

## OVERLAY <- Inventario en Movimientos en Masa



# MAPA DE VULNERABILIDAD FINAL FISICA DE VÍAS

## MAPA VULNERABILIDAD FINAL



**IG**

INSTITUTO  
DE ALTOS  
ESTUDIOS  
ESPACIALES  
MARIO GULICH

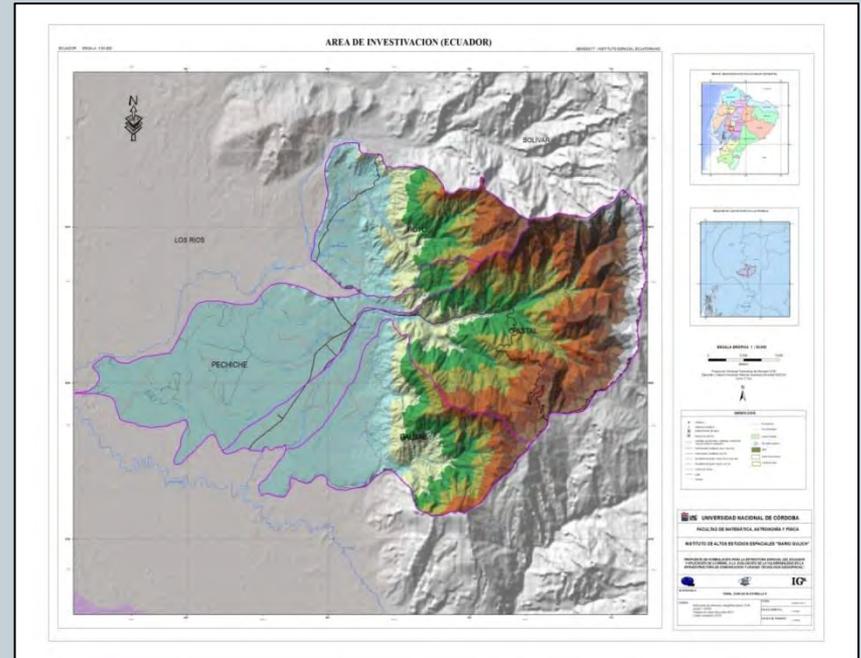
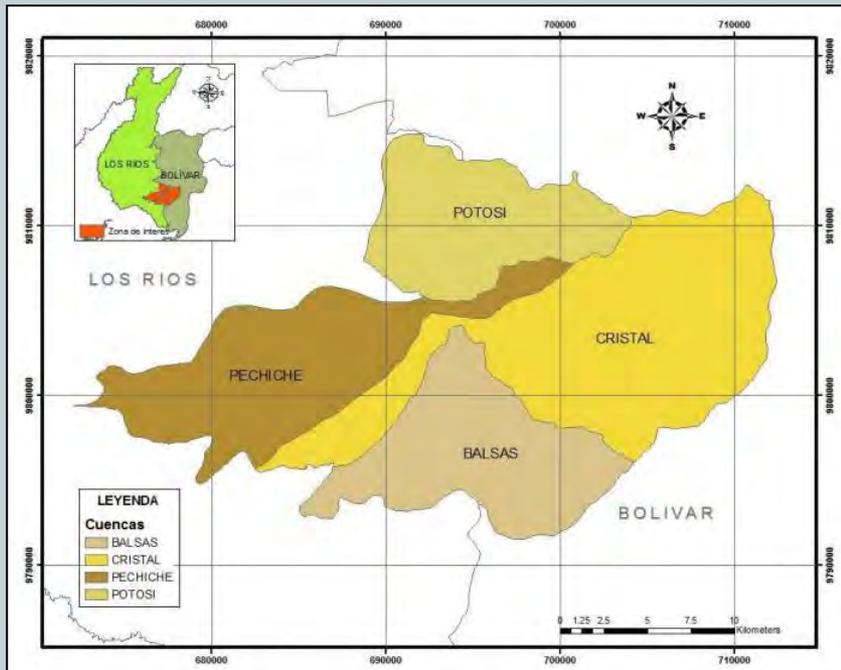


**VULNERABILIDAD FÍSICA DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN VIAL  
FRENTA A LA AMENAZA DE MOVIMIENTOS EN MASA (Flujos, Caídas y  
Deslizamientos) EN EL ÁREA ESPECÍFICA DE PRUEBAS QUE CUMPLA  
CON LAS TRES UNIDADES AMBIENTALES**

# ÁREA DE PRUEBAS DETERMINACIÓN

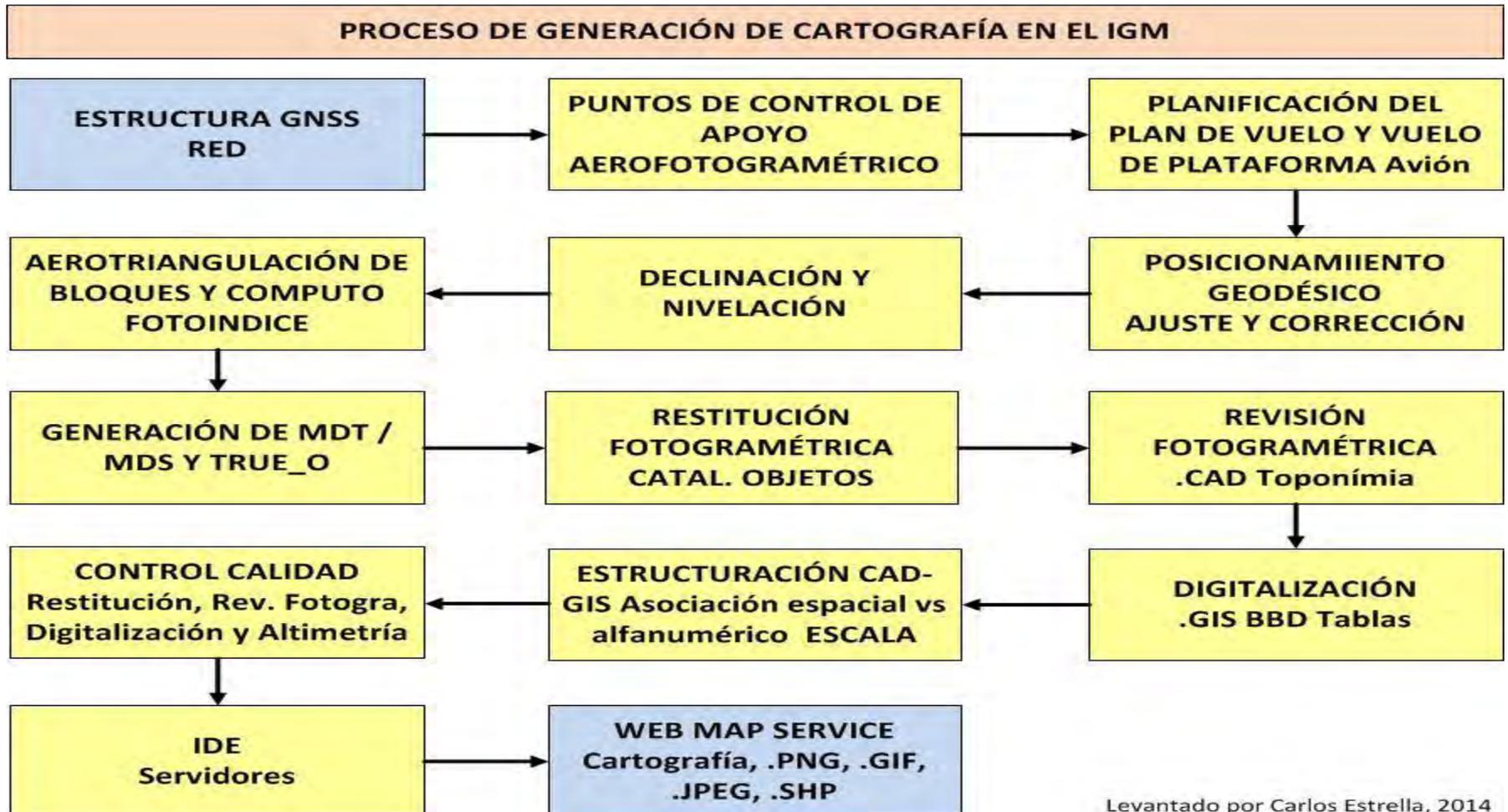


- **IEE:** El área comprende las micro cuencas de los ríos Cristal, Potosí, Balsas y Pechiche con una superficie de 518 kilómetros cuadrados, en territorios pertenecientes a los cantones: Montalvo, Chimbo y San Miguel, de las provincias de Los Ríos y Bolívar (ECUADOR). [Geol. Jorge Acosta, IEE](#)



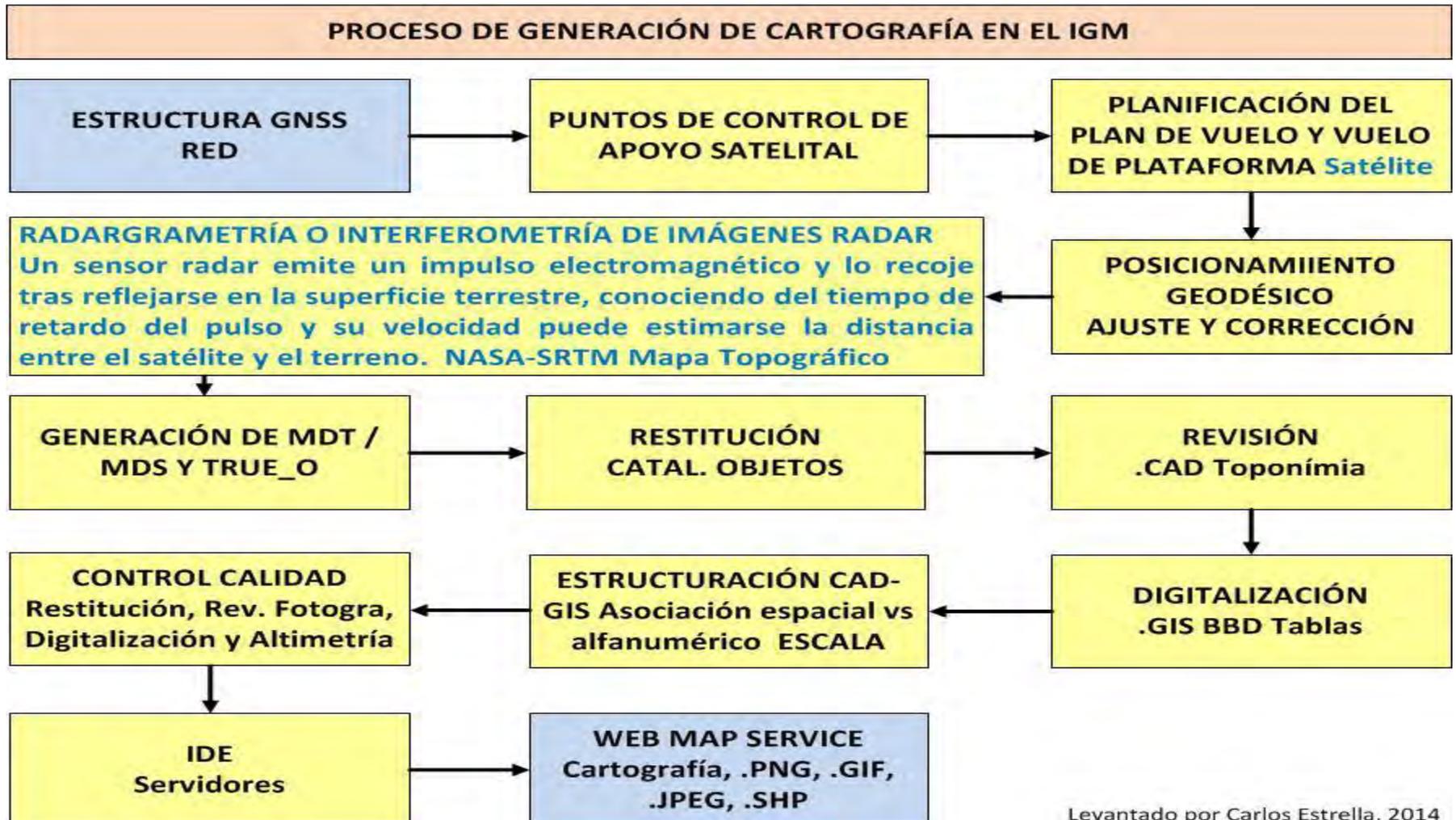
# GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA OFICIAL (IGM)

## NECESIDAD INICIAL



# GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA OFICIAL (IGM)

## NECESIDAD INICIAL



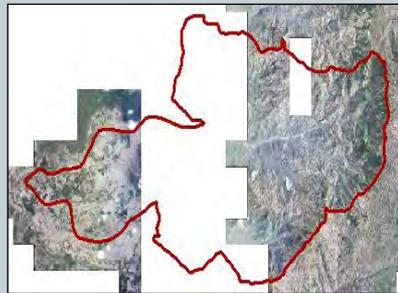
# AREA DE PRUEBAS

## GENERACIÓN AUTOMÁTICA M. VULNERABILIDAD



- Para el presente análisis de vulnerabilidad se utilizará la misma metodología de AHP (Proceso de Análisis Jerárquico) de Thomas Saaty. Sin embargo es necesario indicar que en este caso se construyeron todos los mapas desde una fase cero, y la cartografía base, al no existir en el país a escala 1:25.000 se generó con un proceso de radargrametría usando la constelación CosmoSkyMed en la generación del DEM de 10 m. El equipo de Geodinámica del Instituto Espacial Ecuatoriano, realizó todo el proceso de campo para levantar la geoinformación base como temática (geomorfología, litología, inventario en movimientos en masa, cobertura y uso del suelo, y validación del mapa de pendientes). La planificación inicial se lo hizo usando las imágenes satelitales Rapid-Eye de resolución espacial 5m.

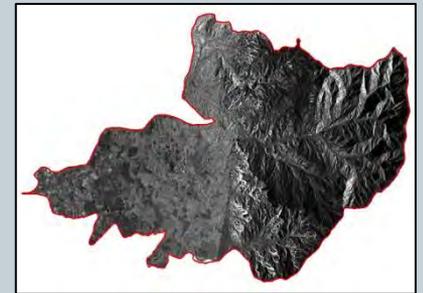
• DEM RADARGRAMETRIA ORTOFOTOS



IMAG. RapidEye

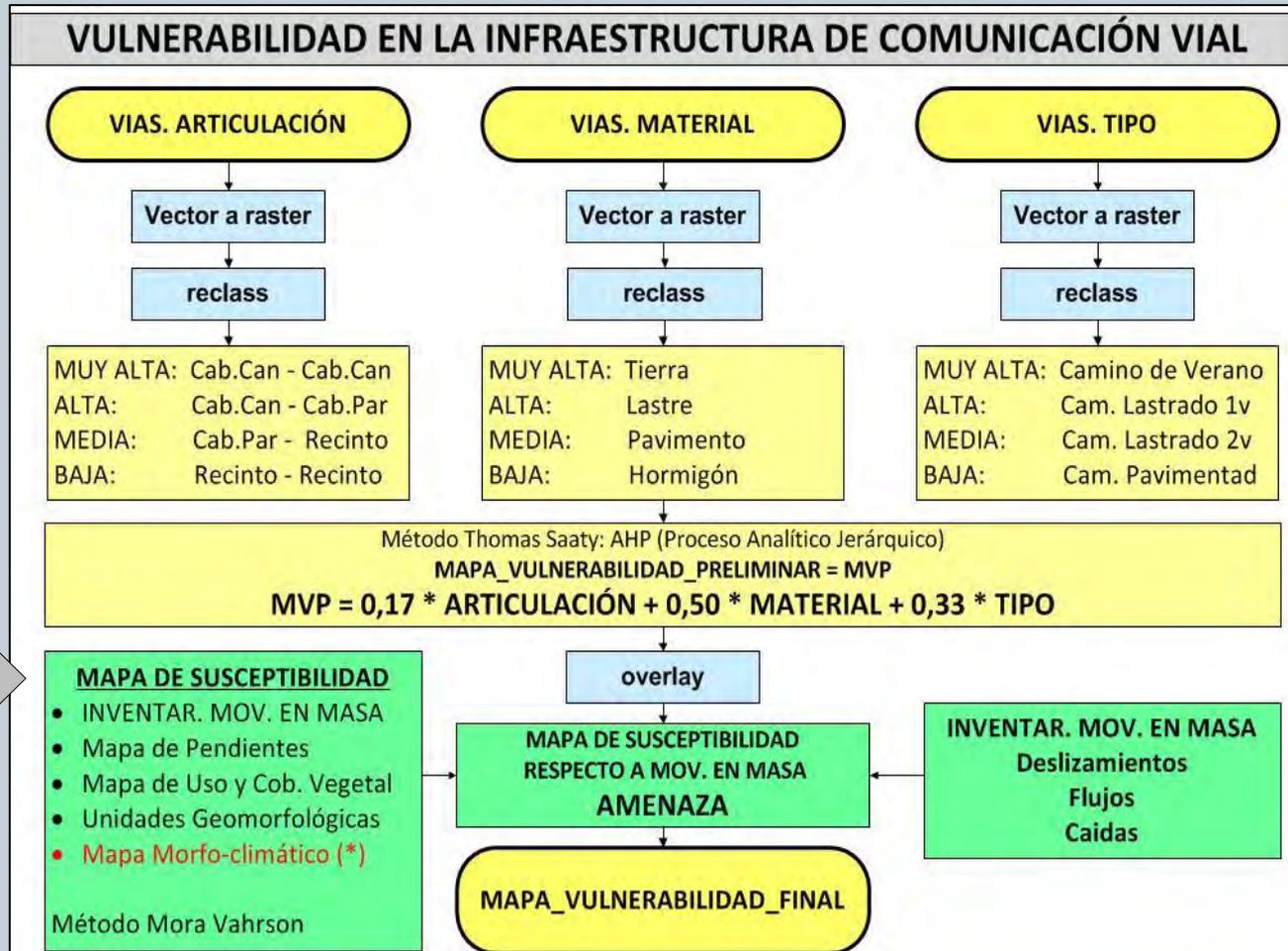


IMAG. CosmoSKYMED



# ESTRUCTURACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

## AREA DE PRUEBA



# AREA DE PRUEBAS

## ANÁLISIS CARTOGRÁFICO VIAL

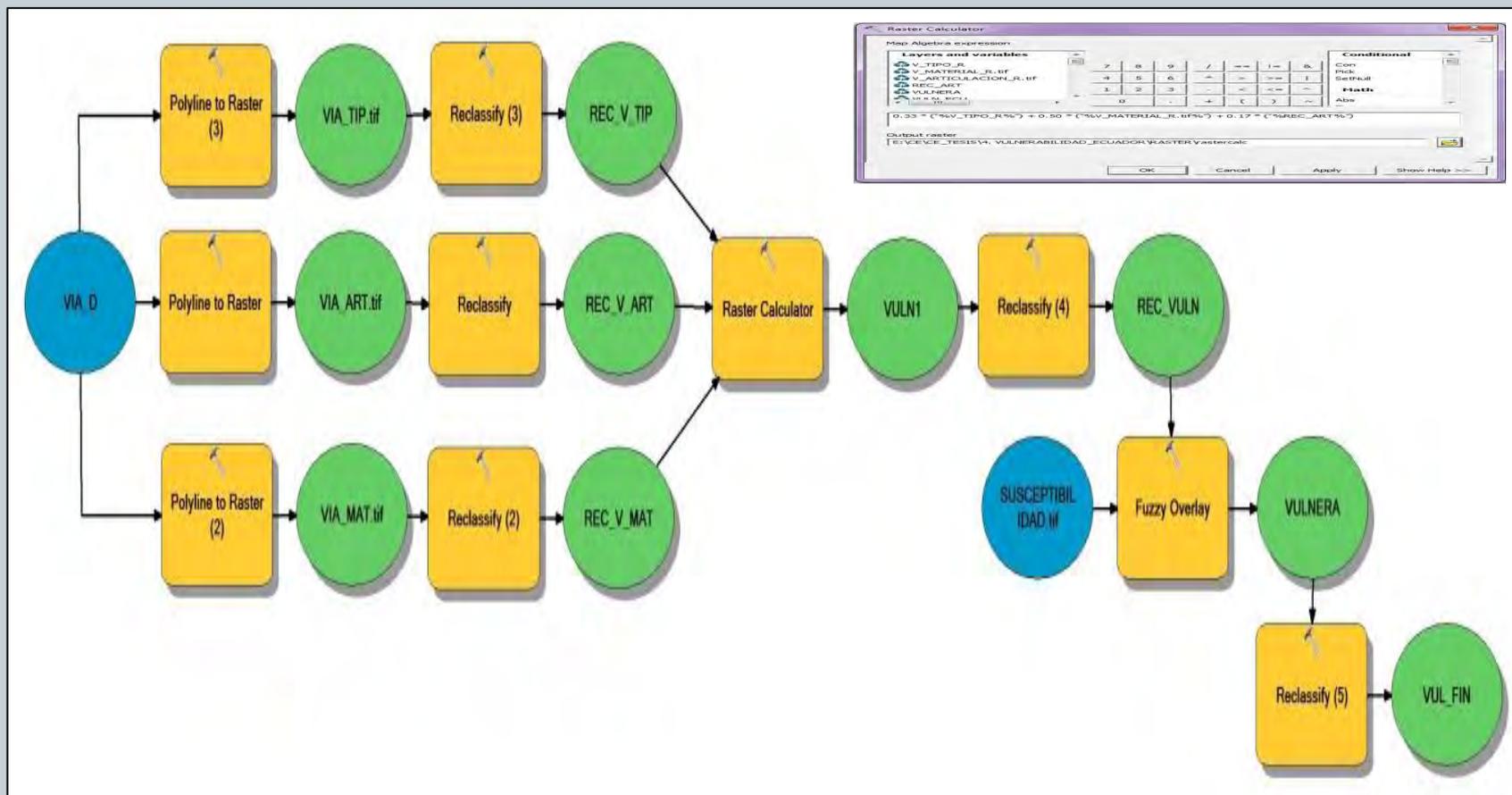


- El área se encuentra atravesada por la vía Panamericana de este-oeste, vía que comunica la capital nacional y el sur del país con las provincias de Bolívar y Los Ríos.
- La red vial del área de estudio se compone de la siguiente manera:

<u>VIAS</u>	<u>Longitud(Km)</u>	<u>Porcentaje (%)</u>
PAVIMENTADA O ASFALTADA, DOS O MAS VIAS	66.47	8.58
REVESTIMIENTO SUELTO O LIGERO, DOS O MAS VIAS	63.30	8.17
REVESTIMIENTO SUELTO O LIGERO, UNA VIA	275.67	35.60
CAMINO DE VERANO	116.98	15.10
SENDERO	252.02	32.54
<b>TOTAL</b>	<b>774.45</b>	<b>100</b>



# ÁREA DE PRUEBAS GENERACIÓN AUTOMÁTICA

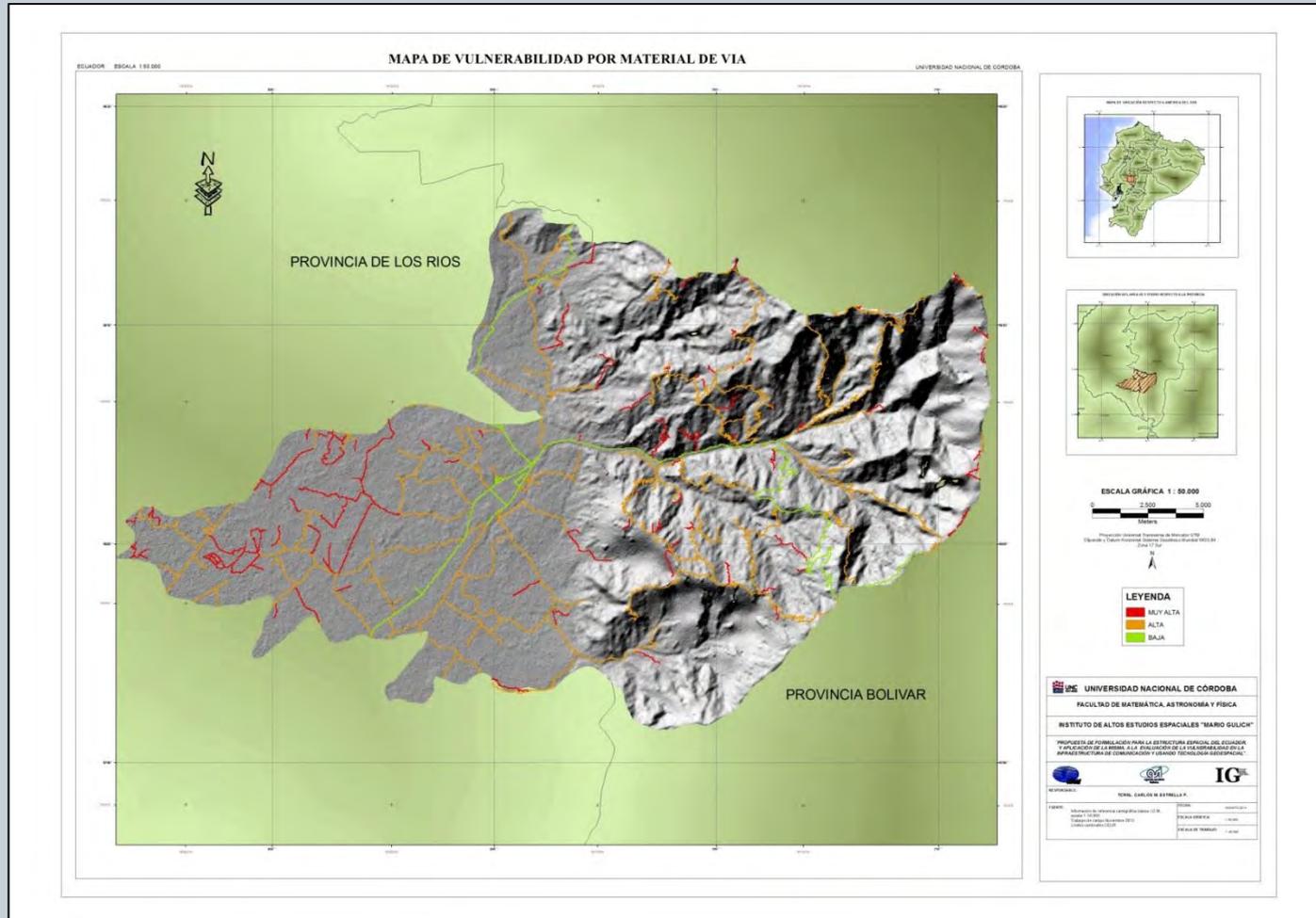


Antes de correr todo el proceso al model builder es necesario a través de comandos CORREGIR ERRORES TOPOLÓGICOS, CONTROL DE ESTRUCTURACION Y NODOS (Encerar)



# VULNERABILIDAD EN LA INFR. DE COMUNICACIÓN VIAL

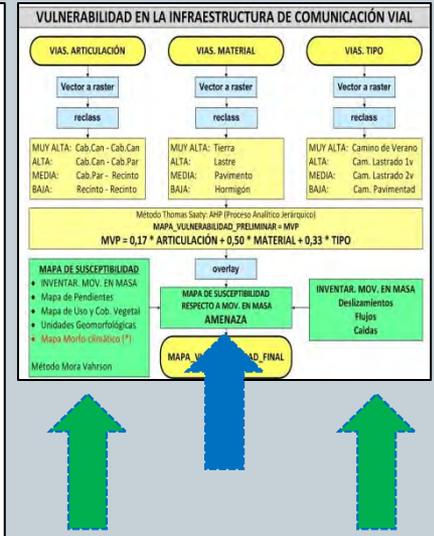
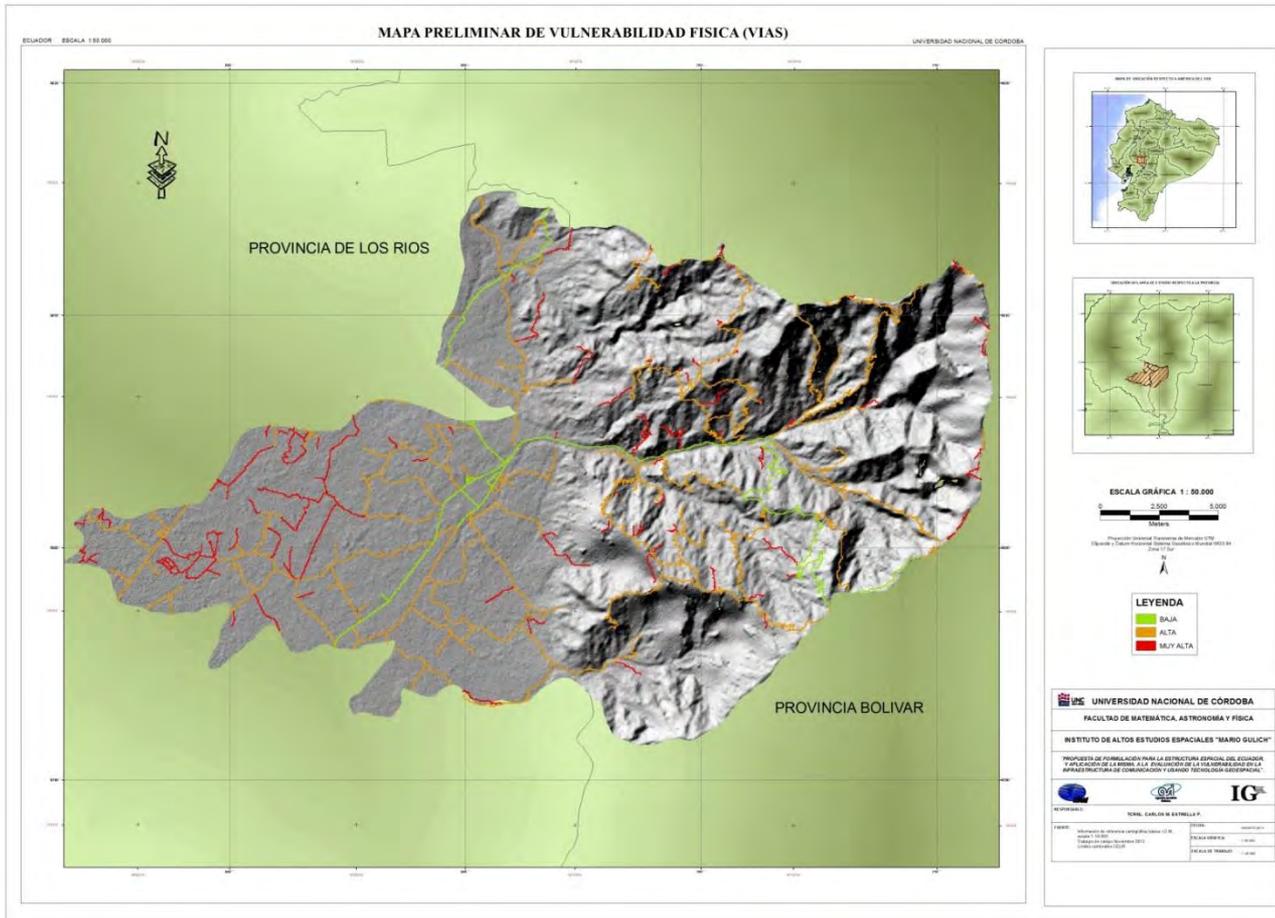
## ÁREA DE PRUEBAS: Articulación, **Material** y Tipo





# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE VULNERABILIDAD PRELIMINAR FISICA DE VIAS

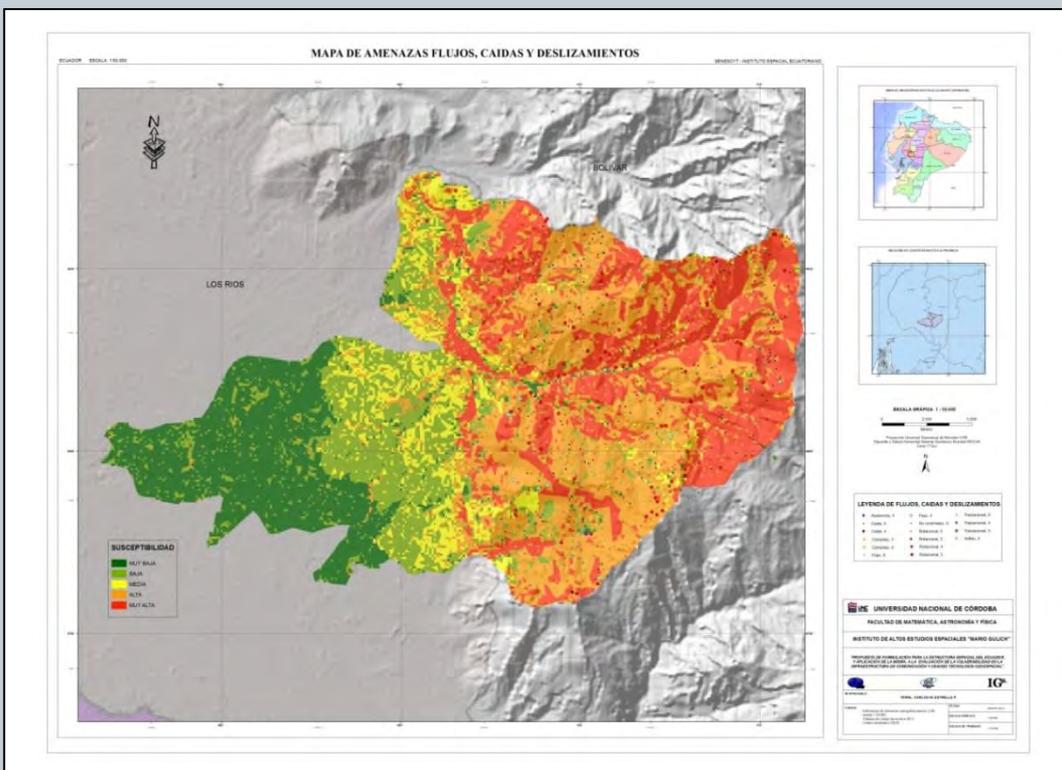


# AREA DE PRUEBAS

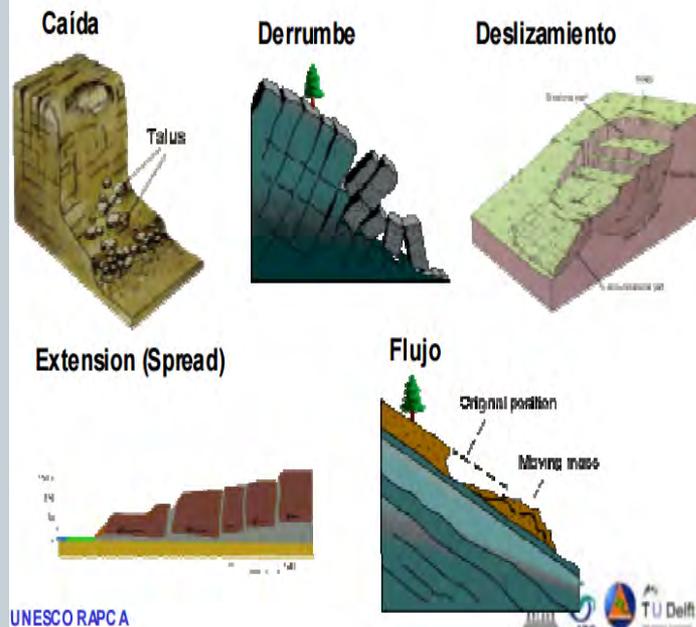
## INVENTARIO EN MOVIMIENTOS EN MASA



- Al determinar el/los paisajes, en función de su estructura y cambios provocados por el ser humano, se identifican las amenazas naturales de movimientos en masa (**flujos, caídas y deslizamientos**).



### Tipos de deslizamiento





# ÁREA DE PRUEBAS

## SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA



PENDIENTES

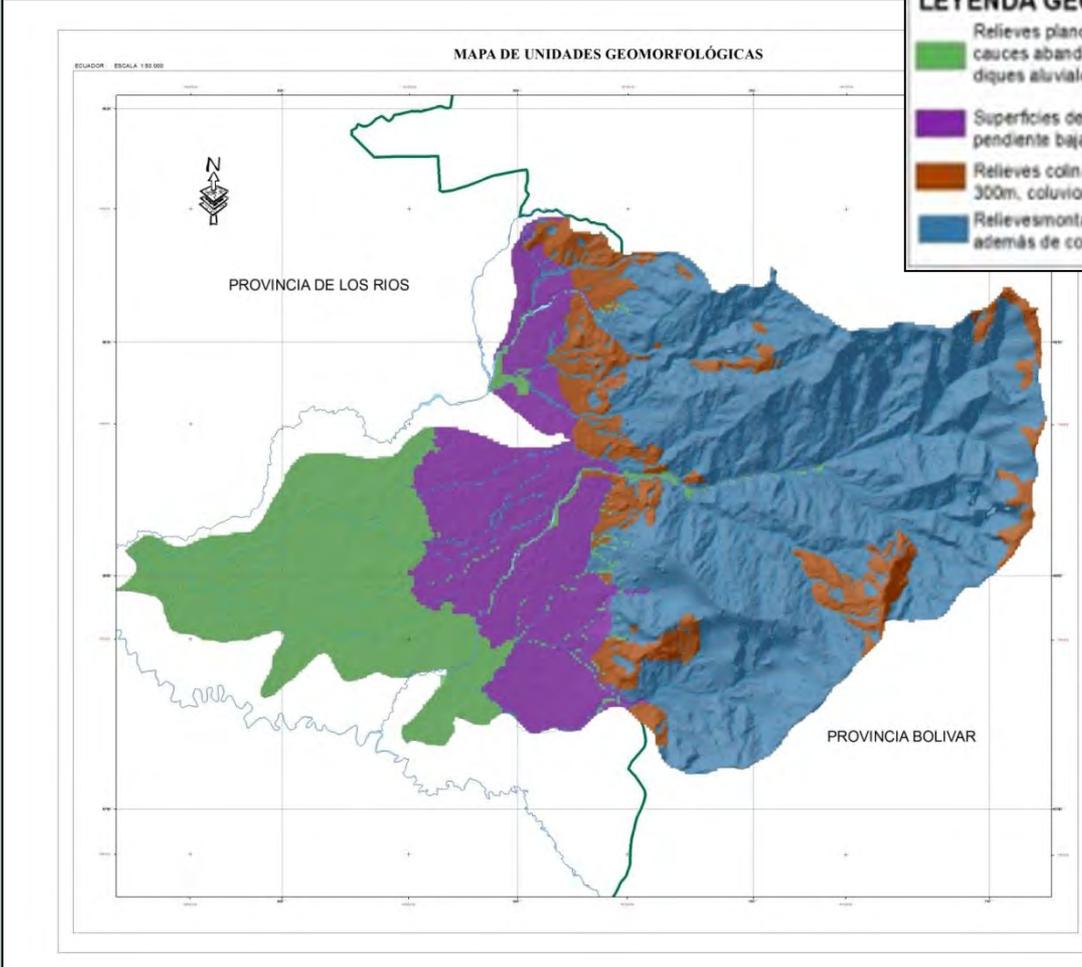
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

UNIDADES LITOLÓGICA

COBERTURA VEGETAL

INVENTARIO DE MOVIMIENTO DE MASA

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA



**LEYENDA GEOMORFOLOGIA**

- Relieves planos y ondulados de la baja pendiente, incluye cauces abandonados, cuencas, depresiones, meandros y diques aluviales.
- Superficies de conos de deyección antiguos y recientes con pendiente baja.
- Relieves colinados con desniveles relativos entre 100m y 300m, coluviones recientes.
- Relieves montañosos con desniveles superiores a los 300m, además de coluviales antiguos y recientes.



**LEYENDA GEOMORFOLOGIA**

- Relieves planos y ondulados de la baja pendiente, incluye cauces abandonados, cuencas, depresiones, meandros y diques aluviales.
- Superficies de conos de deyección antiguos y recientes con pendiente baja.
- Relieves colinados con desniveles relativos entre 100m y 300m, coluviones recientes.
- Relieves montañosos con desniveles superiores a los 300m, además de coluviales antiguos y recientes.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA**  
 FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
 INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GUILICH"

PROYECTO DE FORMACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR Y APLICACIÓN DE LA MISMA A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA DEFENSA NACIONAL COMANDO EN JEFE FUERZAS ARMADAS ECUATORIANAS.

**IG**

TONI, CARLOS N. ESTRELLA P.

# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA



PENDIENTES

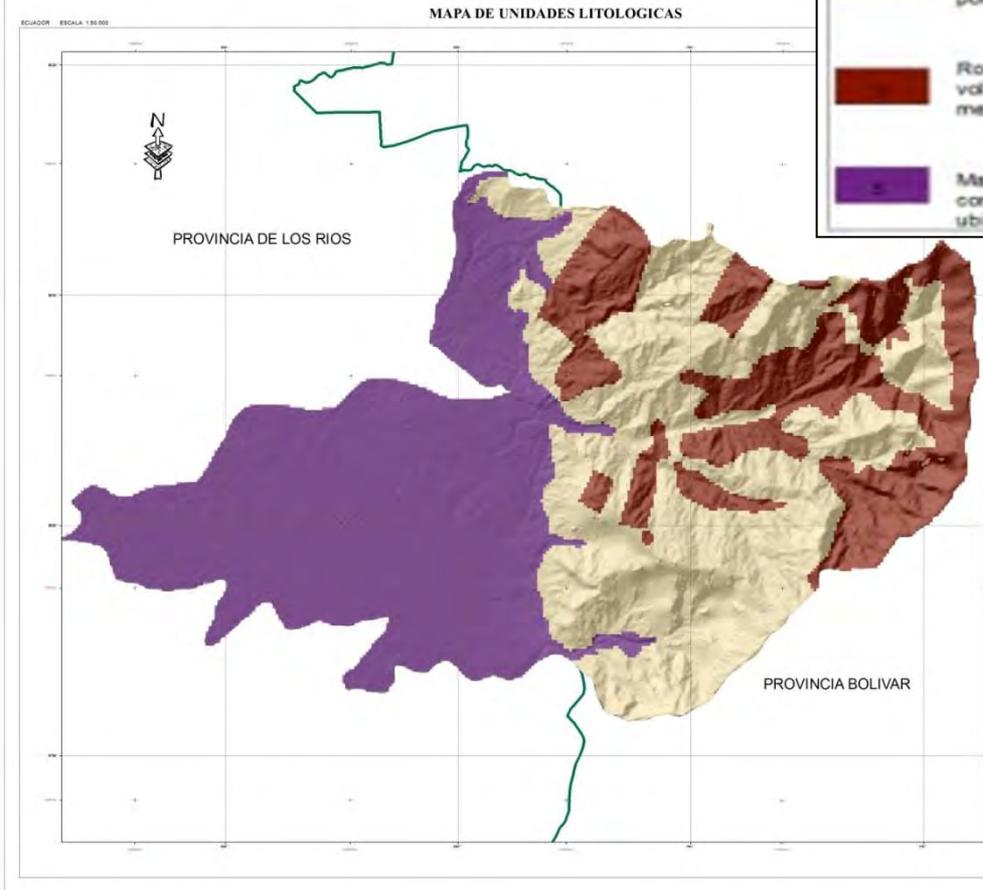
UNIDADES  
GEOMORFOLÓGICAS

UNIDADES  
LITOLÓGICA

COBERTURA VEGETAL

INVENTARIO DE  
MOVIMIENTO DE  
MASA

ZONIFICACIÓN  
CLIMÁTICA



### LEYENDA LITOLÓGICA

- 2** Rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de composición andesítica, masivas con poca fracturación y meteorización.
- Rocas intrusivas, lavas andesíticas, volcanosedimentos, brechas y calizas medianamente fracturados y meteorizados.
- Materiales coluviales y aluviales con poca compactación, material arcilloso y arenoso ubicado en la llanura costera.



ESCALA GRÁFICA 1 : 50 000

0 2.500 5.000  
Metros

Proyecto: Muestreo Sistemático de Bases de Datos  
Ecuador: Unidad Académica de Estudios Geográficos y Ambientales  
(para ITC)

- ### LEYENDA LITOLÓGICA
- 2** Rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de composición andesítica, masivas con poca fracturación y meteorización.
  - Rocas intrusivas, lavas andesíticas, volcanosedimentos, brechas y calizas medianamente fracturados y meteorizados.
  - Materiales coluviales y aluviales con poca compactación, material arcilloso y arenoso ubicado en la llanura costera.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA

INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GULICH"

PROYECTO DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPINAL DEL ECUADOR  
FUNCIÓN DE RESEÑA AL ESTUDIO DE LA FORMACIÓN GEOLÓGICA  
ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA DE COMPOSICIÓN Y GRADO TECNOLÓGICO (EQUIS)

IG

TORRE CARLOS DE ESTRELLA S

ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA

# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA



PENDIENTES

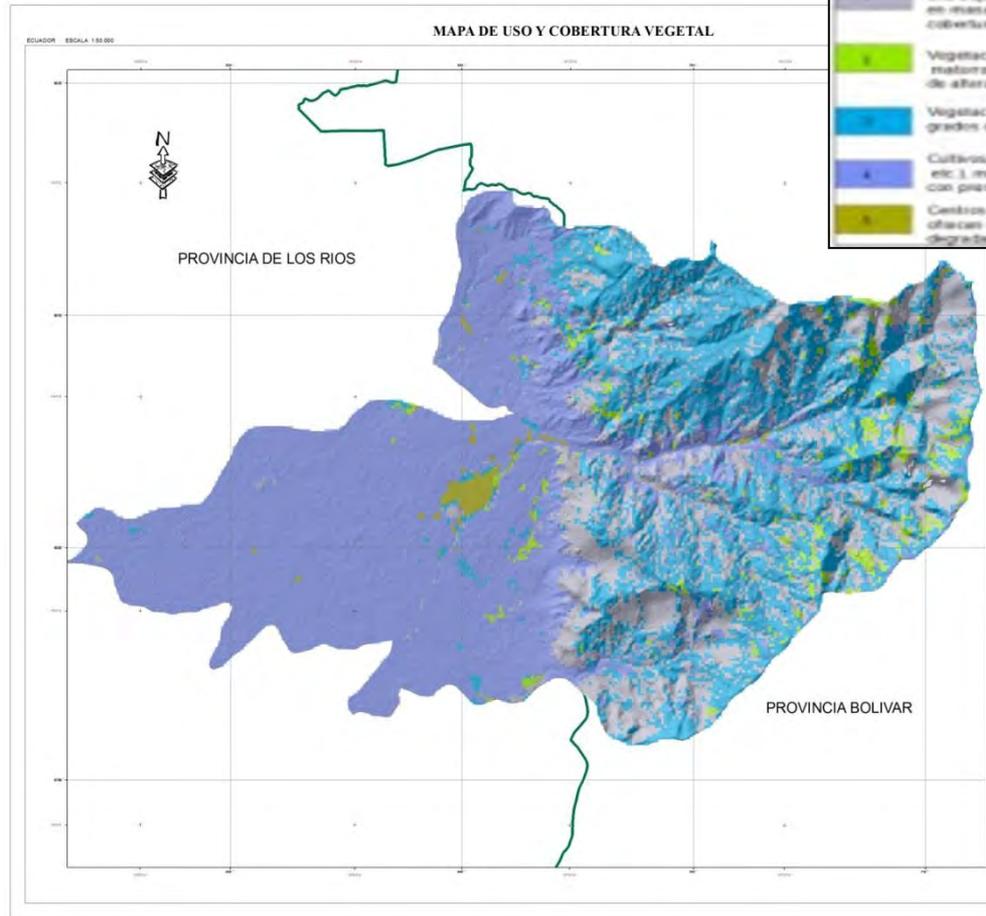
UNIDADES  
GEOMORFOLÓGICAS

UNIDADES  
LITOLÓGICA

COBERTURA VEGETAL

INVENTARIO DE  
MOVIMIENTO DE  
MASA

ZONIFICACIÓN  
CLIMÁTICA



### LEYENDA USO Y COBERTURA VEGETAL

- Bosque nativo, natural y plantado que representan una baja susceptibilidad relativa a movimientos en masa, debido a que ofrecen una buena cobertura del suelo.
- Vegetación arbustiva, básicamente constituyen materiales húmedos con un grado variable de alteración.
- Vegetación herbácea húmeda con diversos grados de alteración además de pastos cultivados.
- Cultivos de ciclo corto y largo (caña, café, maíz, etc.) y invasores agropastorales y pastos cultivados con presencia de árboles.
- Centros poblados y áreas de erosión que no sufren ninguna protección al suelo o han degradado el suelo debido a su uso.



ESCALA GRÁFICA 1 : 50 000

### LEYENDA USO Y COBERTURA VEGETAL

- Bosque nativo, natural y plantado que representan una baja susceptibilidad relativa a movimientos en masa, debido a que ofrecen una buena cobertura del suelo.
- Vegetación arbustiva, básicamente constituyen materiales húmedos con un grado variable de alteración.
- Vegetación herbácea húmeda con diversos grados de alteración además de pastos cultivados.
- Cultivos de ciclo corto y largo (caña, café, maíz, etc.) y invasores agropastorales y pastos cultivados con presencia de árboles.
- Centros poblados y áreas de erosión que no sufren ninguna protección al suelo o han degradado el suelo debido a su uso.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA

INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GULLICH"

PROYECTO DE FORMACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPECIAL DEL ECUADOR Y EDUCACIÓN DE LA ARQUITECTURA Y LA INGENIERÍA DE LA INGENIERÍA DE LA APRENDIZAJE DE COMARCAS Y URBANISMO TECNOLÓGICO ESPACIAL



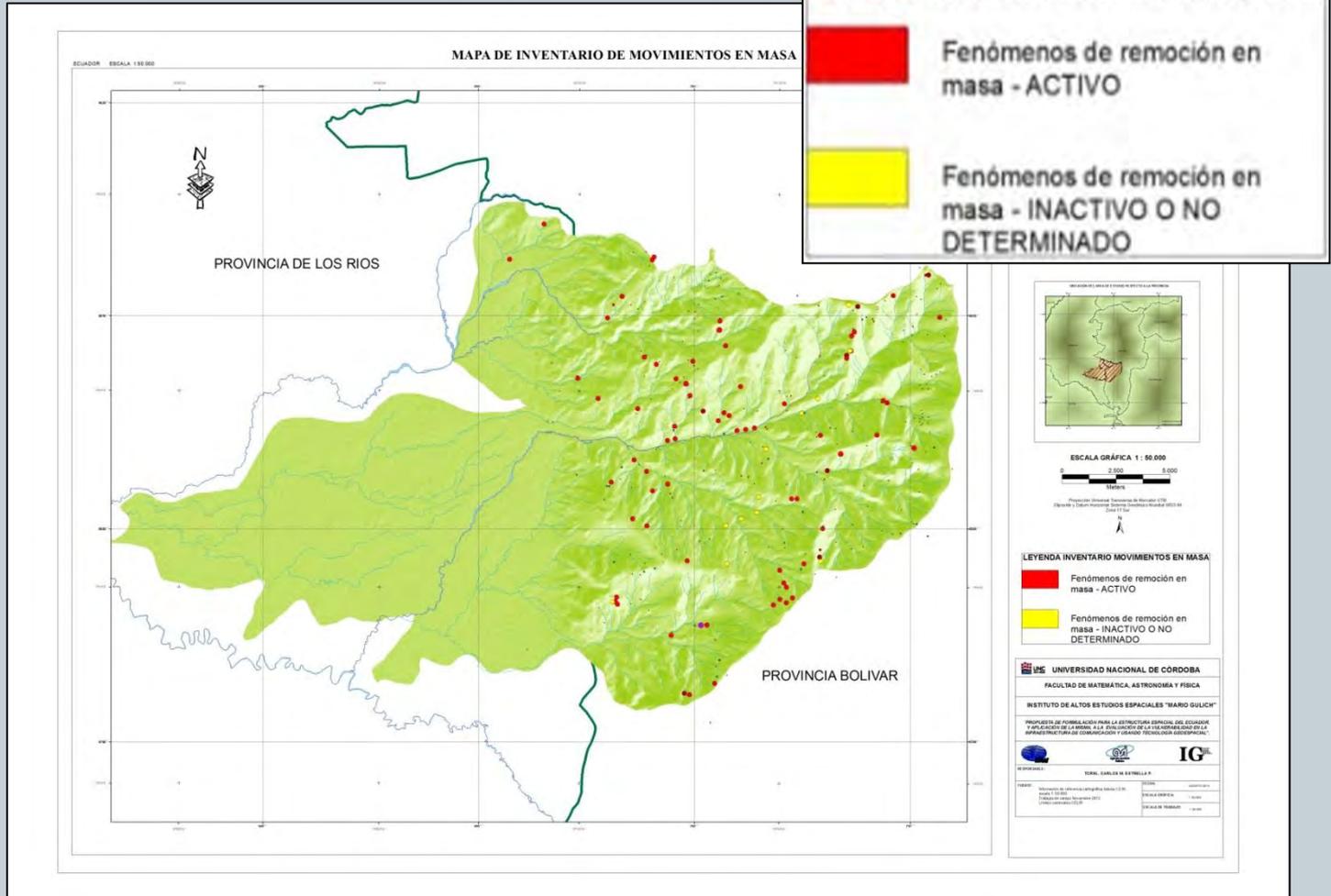
INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GULLICH"

# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA



- PENDIENTES
- UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
- UNIDADES LITOLÓGICA
- COBERTURA VEGETAL
- INVENTARIO DE MOVIMIENTO DE MASA**
- ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA



# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA



PENDIENTES

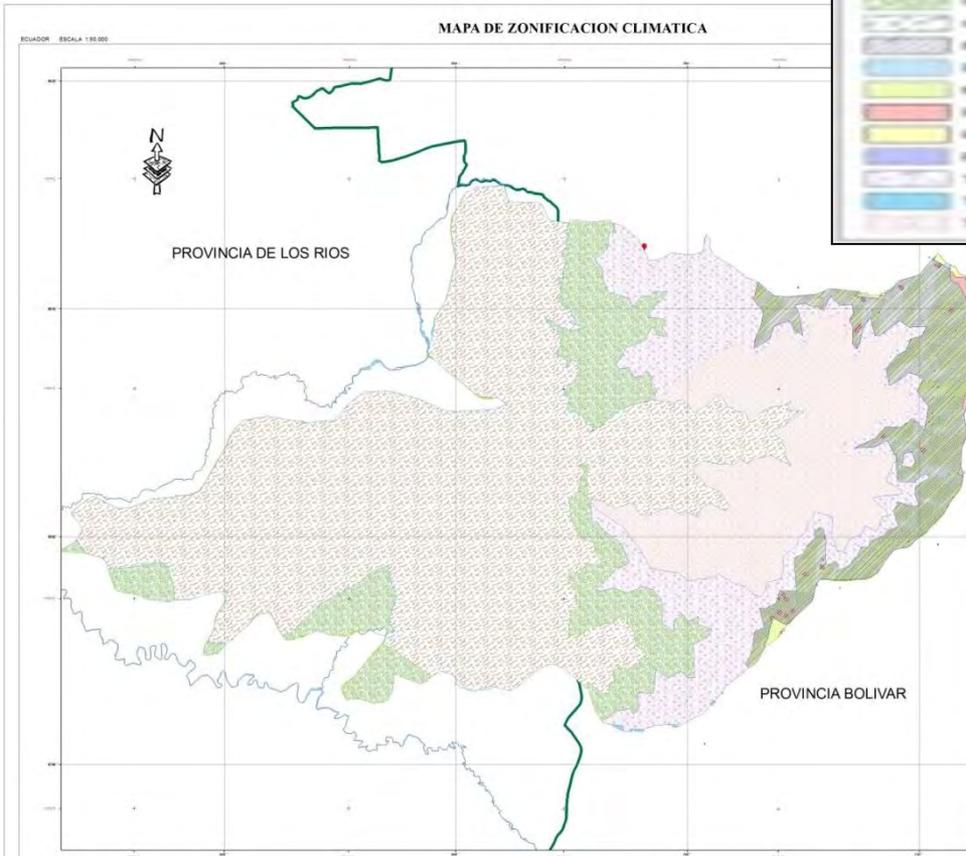
UNIDADES  
GEOMORFOLÓGICAS

UNIDADES  
LITOLÓGICA

COBERTURA VEGETAL

INVENTARIO DE  
MOVIMIENTO DE  
MASA

ZONIFICACIÓN  
CLIMÁTICA



ESCALA GRAFICA 1 : 50.000

0 2500 5000

Metros

Proyecto de Investigación de Grado en Ingeniería de Geomorfología y Geología Ambiental (IGGA) en la Universidad Nacional de Córdoba



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA

INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GUILICH"

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR Y APLICACIÓN DE LA MISMA A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN Y SERVICIOS TELECOMUNICACIONALES



TITULO: TESIS DE GRADO EN INGENIERÍA DE GEOMORFOLOGÍA Y GEOLOGÍA AMBIENTAL

FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO: 2011

FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO: 2011

FECHA DE ENTREGA DEL TRABAJO: 2011

# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTO DE MASA

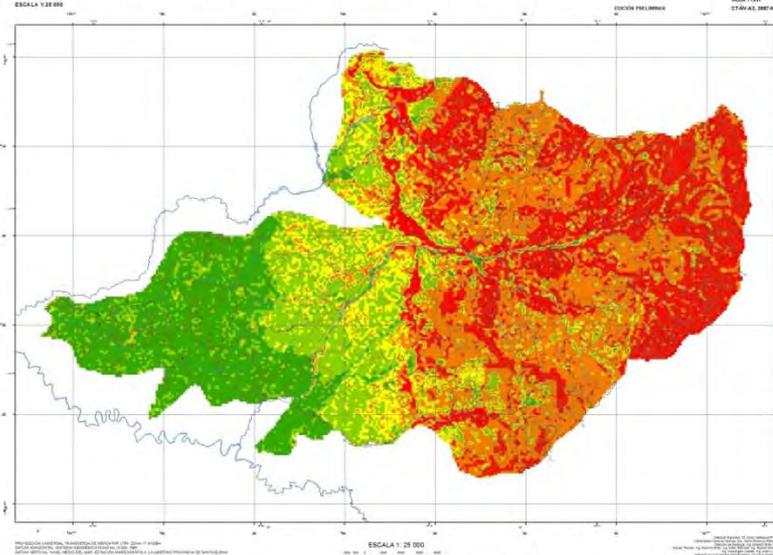


MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS DE MASA DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RIOS POTOSI, PECHICHE, BALSAS Y CRISTAL (ECUADOR)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COTACACHI  
FACULTAD DE MATEMÁTICA, ASTRONOMÍA Y FÍSICA  
INSTITUTO DE ALTOS ESTUDIOS ESPACIALES "MARIO GUILCH"  
PROYECTO DE AFILIACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL EDUCADOR Y PROFESOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN Y USUARIO TECNOLÓGICO DESPACHAL

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA  
Escala: 1:25 000

República del Ecuador  
SENECYT  
INAMHI  
INOCARUM  
PROYECTO TECNOLÓGICO Y CIENTÍFICO EN LA GESTIÓN DE LOS RIOS POTOSI, PECHICHE, BALSAS Y CRISTAL EN LA ZONA DE ESTUDIOS DE MUNDIAL EN Y CUBA DE CONSERVACIÓN



**CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD (\*)**

- Verde:** Zona de susceptibilidad baja. No se observan movimientos en masa que presenten consecuencias graves. El riesgo de deslizamiento es bajo. El nivel de susceptibilidad es bajo. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.
- Verde claro:** Zona de susceptibilidad baja. Se observan movimientos en masa que pueden ser controlados y tratados de manera oportuna. El riesgo de deslizamiento es bajo. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.
- Verde oscuro:** Zona de susceptibilidad moderada. Se observan movimientos en masa que pueden ser controlados y tratados de manera oportuna. El riesgo de deslizamiento es moderado. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.
- Amarillo:** Zona de susceptibilidad moderada. Se observan movimientos en masa que pueden ser controlados y tratados de manera oportuna. El riesgo de deslizamiento es moderado. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.
- Naranja:** Zona de susceptibilidad alta. Se observan movimientos en masa que pueden ser controlados y tratados de manera oportuna. El riesgo de deslizamiento es alto. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.
- Rojo:** Zona de susceptibilidad alta. Se observan movimientos en masa que pueden ser controlados y tratados de manera oportuna. El riesgo de deslizamiento es alto. Se recomienda mantener un monitoreo constante de la zona para detectar cualquier cambio en las condiciones de susceptibilidad.

PENDIENTES

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

UNIDADES LITOLÓGICA

COBERTURA VEGETAL

INVENTARIO DE MOVIMIENTO DE MASA

ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA



**FACTORES PARA LA DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD (ESCALA VISUAL 1:400 000)**

**1. MAPA DE PENDIENTES**

0-2°	Pendientes
2-5°	Pendientes muy bajas
5-10°	Pendientes bajas
10-15°	Pendientes moderadas
15-20°	Pendientes altas
20-25°	Pendientes muy altas

**2. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

1	Unidades geomorfológicas de alta susceptibilidad
2	Unidades geomorfológicas de susceptibilidad moderada
3	Unidades geomorfológicas de baja susceptibilidad

**3. MAPA DE UNIDADES LITOLÓGICAS**

1	Unidades litológicas de alta susceptibilidad
2	Unidades litológicas de susceptibilidad moderada
3	Unidades litológicas de baja susceptibilidad

**4. MAPA DE USO Y COBERTURA VEGETAL**

1	Áreas con cobertura vegetal de alta susceptibilidad
2	Áreas con cobertura vegetal de susceptibilidad moderada
3	Áreas con cobertura vegetal de baja susceptibilidad

**5. MAPA DE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA**

1	Zonas de alta susceptibilidad
2	Zonas de susceptibilidad moderada
3	Zonas de baja susceptibilidad

**6. MAPA DE INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA**

1	Áreas con movimientos en masa de alta susceptibilidad
2	Áreas con movimientos en masa de susceptibilidad moderada
3	Áreas con movimientos en masa de baja susceptibilidad

**CONCLUSIONES**

El estudio de susceptibilidad por movimientos en masa en las microcuencas de los ríos Potosi, Pechiche, Balsas y Cristal, Ecuador, muestra que el 70% del área estudiada presenta niveles de susceptibilidad moderada a alta. Esto se debe principalmente a las condiciones de alta pendiente, unidades geomorfológicas de alta susceptibilidad y unidades litológicas de alta susceptibilidad. Se recomienda implementar medidas de mitigación de riesgos en las zonas de alta susceptibilidad para reducir el impacto de los movimientos en masa.

**METODO DE ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA**

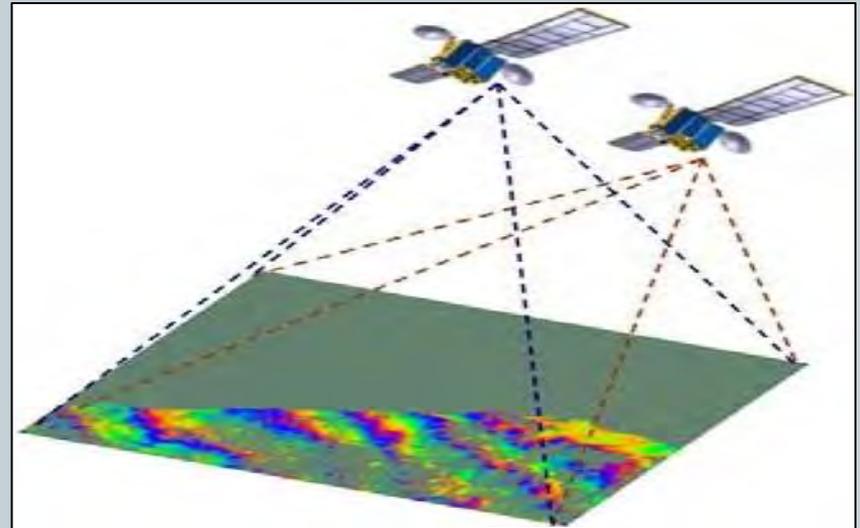
Este estudio se realizó en el marco del proyecto de investigación "Evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa en las microcuencas de los ríos Potosi, Pechiche, Balsas y Cristal, Ecuador". El método de análisis se basó en el uso de técnicas de SIG y se realizó en el SIG ArcGIS 10.2. El proceso de análisis se realizó en cinco etapas: 1) Recopilación de datos, 2) Procesamiento de datos, 3) Análisis de susceptibilidad, 4) Validación del modelo y 5) Generación del mapa de susceptibilidad. El mapa de susceptibilidad se generó a partir de la combinación de los factores de susceptibilidad y se validó utilizando datos de inventario de movimientos en masa.

# ÁREA DE PRUEBAS

## INTERFEROMETRÍA RADAR (VALIDACIÓN)



- La interferometría con SAR es una técnica que puede aplicarse en muchas áreas diferentes. Implica utilizar un radar para registrar dos o más imágenes de exactamente la misma área en diferentes puntos temporales. Al comparar las imágenes, es posible detectar cualquier cambio que pueda haber ocurrido durante ese período particular de tiempo. La interferometría se puede conseguir con un único satélite o usando dos que van uno detrás de otro en la misma orbita.



- La técnica DINSAR consiste en la combinación de dos imágenes SAR de la misma zona adquirida desde posiciones ligeramente diferentes. El resultado de esta combinación es una nueva imagen conocida como Interferograma, cuya componente de fase está integrada por los siguientes términos.

$$\Delta\Phi_{Int} = \Phi_{Topo} + \Phi_{Mov} + \Phi_{Atm} + \Phi_{Noise}$$

CONDICIONARÁN LA PRECISIÓN

**$\Phi_{Topo}$**  = Término relacionado con la topografía del terreno (cancelado con mapa de elevaciones y parámetros orbitales de adquisición)

**$\Phi_{Mov}$**  = Componente de fase correspondiente al movimiento del terreno

**$\Phi_{Atm}$**  = Componente ruidosa causada por condiciones atmosféricas entre las dos adquisiciones SAR (difícil eliminar con 1 solo par interferométrico)

**$\Phi_{Noise}$**  = Es el ruido térmico de las medidas

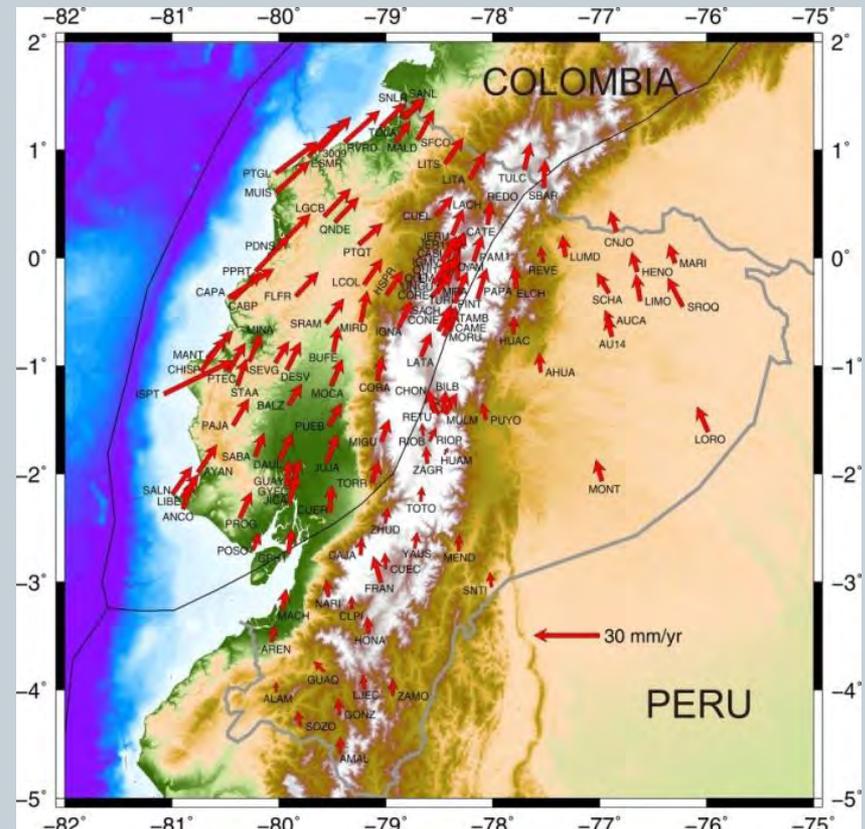
\*Para obtener la DEFORMACIÓN DEL TERRENO debemos eliminar o minimizar los efectos no deseados

# ÁREA DE PRUEBAS

## INTERFEROMETRÍA RADAR (VALIDACIÓN) – C. VELOCIDADES



- El SAR logra una resolución  $>$  cuanto  $<$  es la longitud de antena.
- Esta técnica permite tomar mediciones muy exactas de la subsidencia, o de los desplazamientos del terreno causados por terremotos.
- En esta tesis se usará el Interferograma para poder validar el levantamiento del inventario de movimiento de masa y determinar las franjas entre montaña, pie de monte y llanura aluvial.



A través de la Red Activa y Pasiva del Ecuador, el IGM obtuvo el primer campo de velocidades tanto del Ecuador Continental como Insular.

Los datos del Campo de Velocidad VEC-1, son aplicados para investigaciones en el campo de las Ciencias de la Tierra.

# AREA DE PRUEBAS

## INTERFEROMETRÍA RADAR

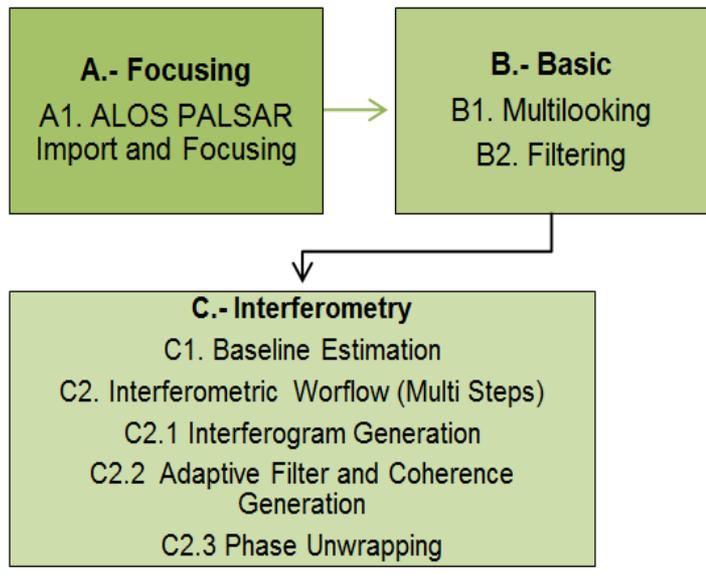
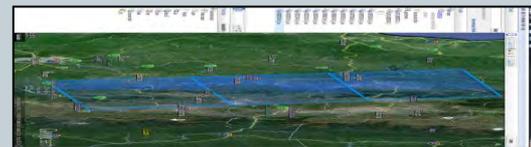


- Basada en un conjunto de 24 imágenes ascendentes del año 2012, con un nivel 1.0 que son datos con señal reconstruida, no procesada. (Lo ideal complementar con descendentes para corregir el efecto sombra y errores de geometría).

**A1.** Construye la imagen pero tiene ruido. Genera el SINGLE LOOK COMPLEZ de 1.0 (dato crudo) – 1.1 (pixel consolida la imagen).

**B1.** Disminuye el ruido Speckle, mientras ciclos se reduce el ruido pero voy perdiendo RESOLUCIÓN RADIOMÉTRICA (Capacidad para definir un objeto del otro). Con un buen DEM puedo COREGISTRAR las imágenes (no diferencia entre píxeles). RESTAURA LA IMAGEN PASANDO LOS PÍXELES DE FORMA RECTANGULAR A CUADRADA, BUSCANDO ASÍ LA GEOMETRÍA PRÓXIMA A LA REALIDAD DEL TERRENO, POR LO QUE SE INVIERTE LAS MEDIDAS DE LOS PÍXELES EN AZIMUT Y RANGO.

**B2.** Técnicas avanzadas para reducir el SPECKLE. Froz, etc. Segunda coregistración de las imágenes.

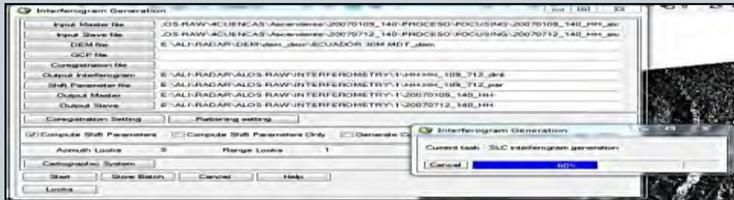


# AREA DE PRUEBAS

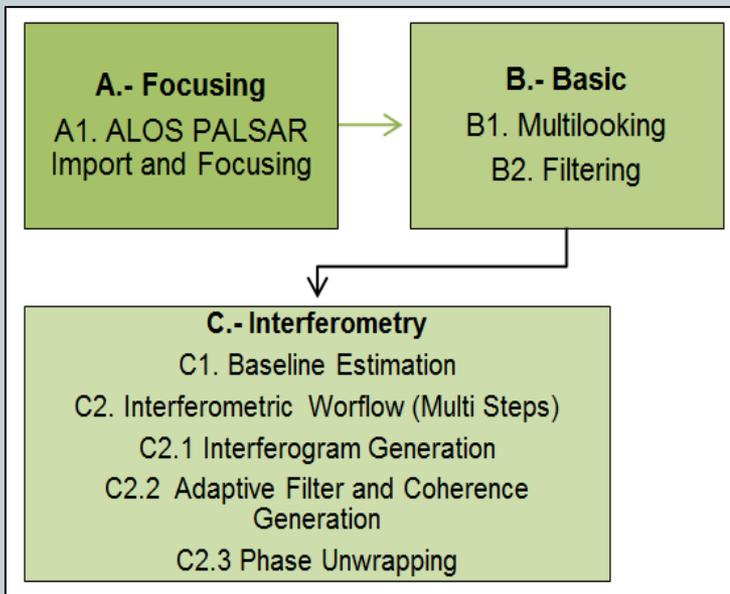
## INTERFEROMETRÍA RADAR



- Basada en un conjunto de 24 imágenes ascendentes del año 2012, con un nivel 1.0 que son datos con señal reconstruida, no procesada. (Lo ideal complementar con descendentes para corregir el efecto sombra y errores de geometría).



Se requieren dos imágenes SAR para producir un interferograma, los cuales se pueden obtener pre-procesado, o producidos a partir de datos en bruto. Las dos imágenes deben ser primero co-registrado, utilizando un procedimiento de correlación para encontrar el desplazamiento y la diferencia en la geometría entre las dos imágenes de amplitud. El interferograma se forma entonces por la multiplicación cruzada de cada píxel en las dos imágenes.

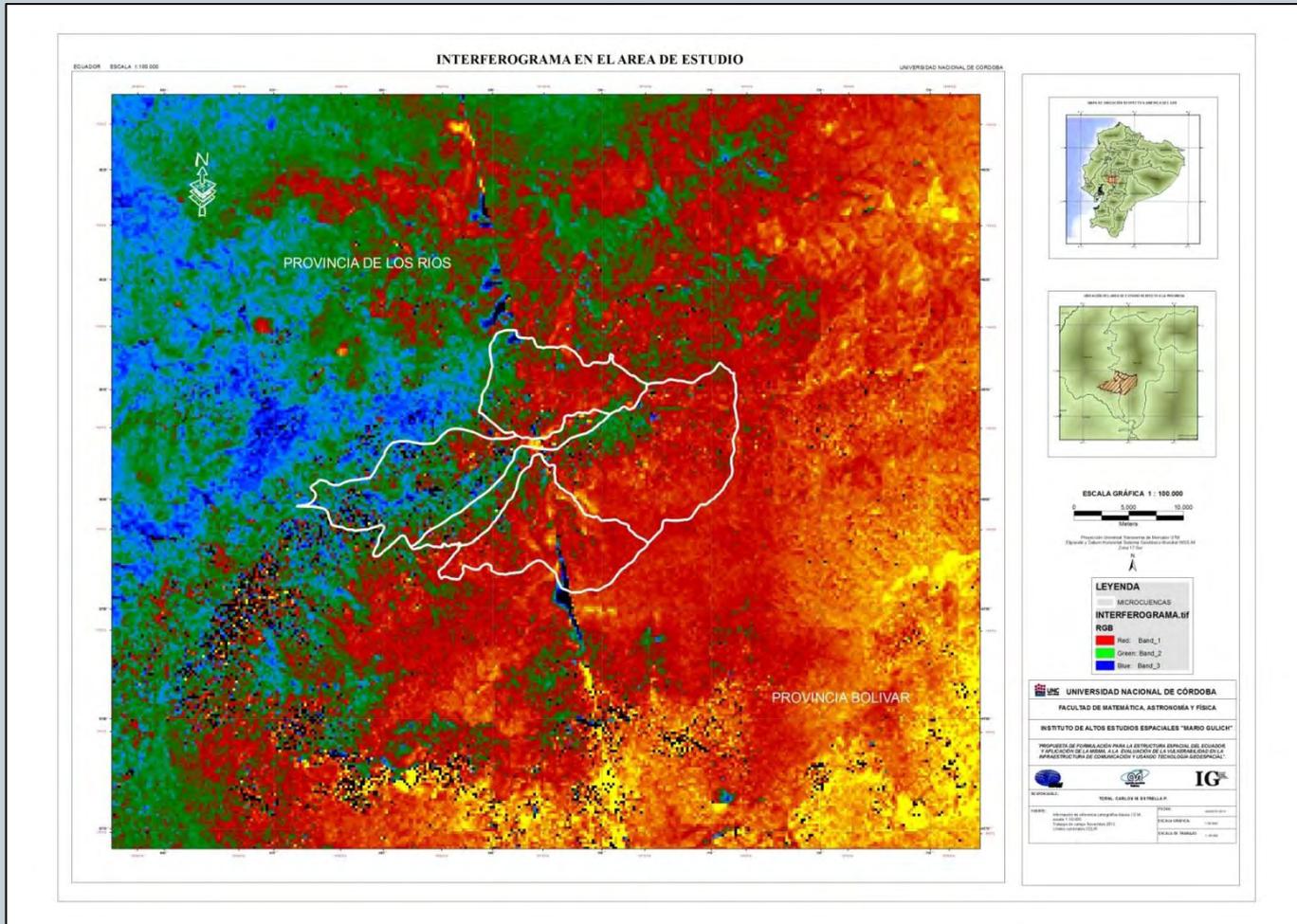


**C1.** Define si las imágenes tienen una buena calidad para hacer el interferograma. GEOMETRIA ADECUADA.

**C2.** GENERO EL INTERFEROGRAMA, ADAPTATIVE FILTER (filtro Golstein toma en cuenta el espectro de potencia de la franja presente en la escena) Y MAPA DE COHERENCIA (Medidor de calidad del interferograma en binario 1.coherencia 0.no coherencia), DESENROLLADO , todo con la finalidad de dar REFINAMIENTO Y APLANAMIENTO.

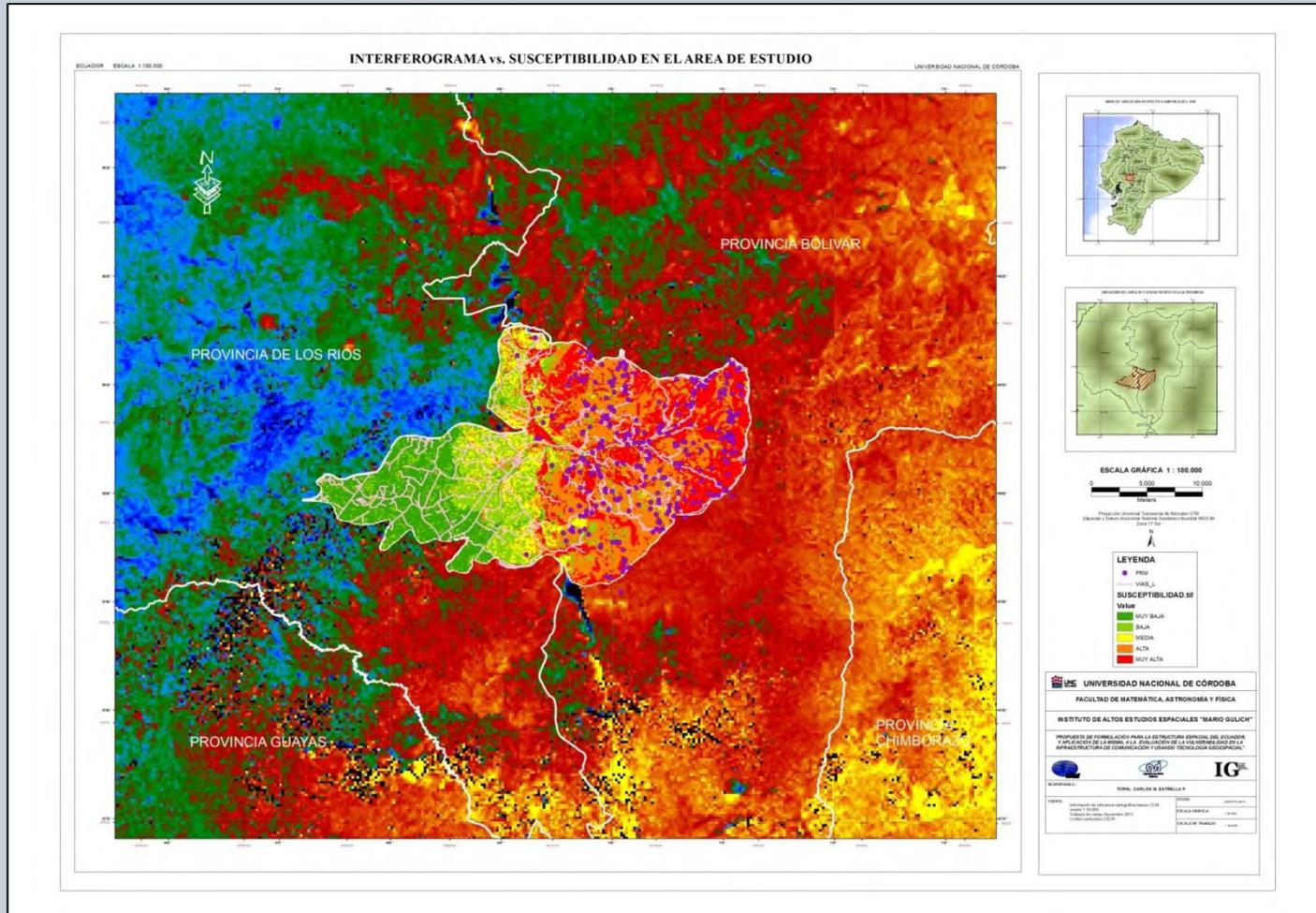
Posterior a esto se georeferencia el Interferograma resultante y se empata para validar las zonas montañosa, pie de monte y llanura aluvial.

# ÁREA DE PRUEBAS INTERFEROGRAMA



# ÁREA DE PRUEBAS

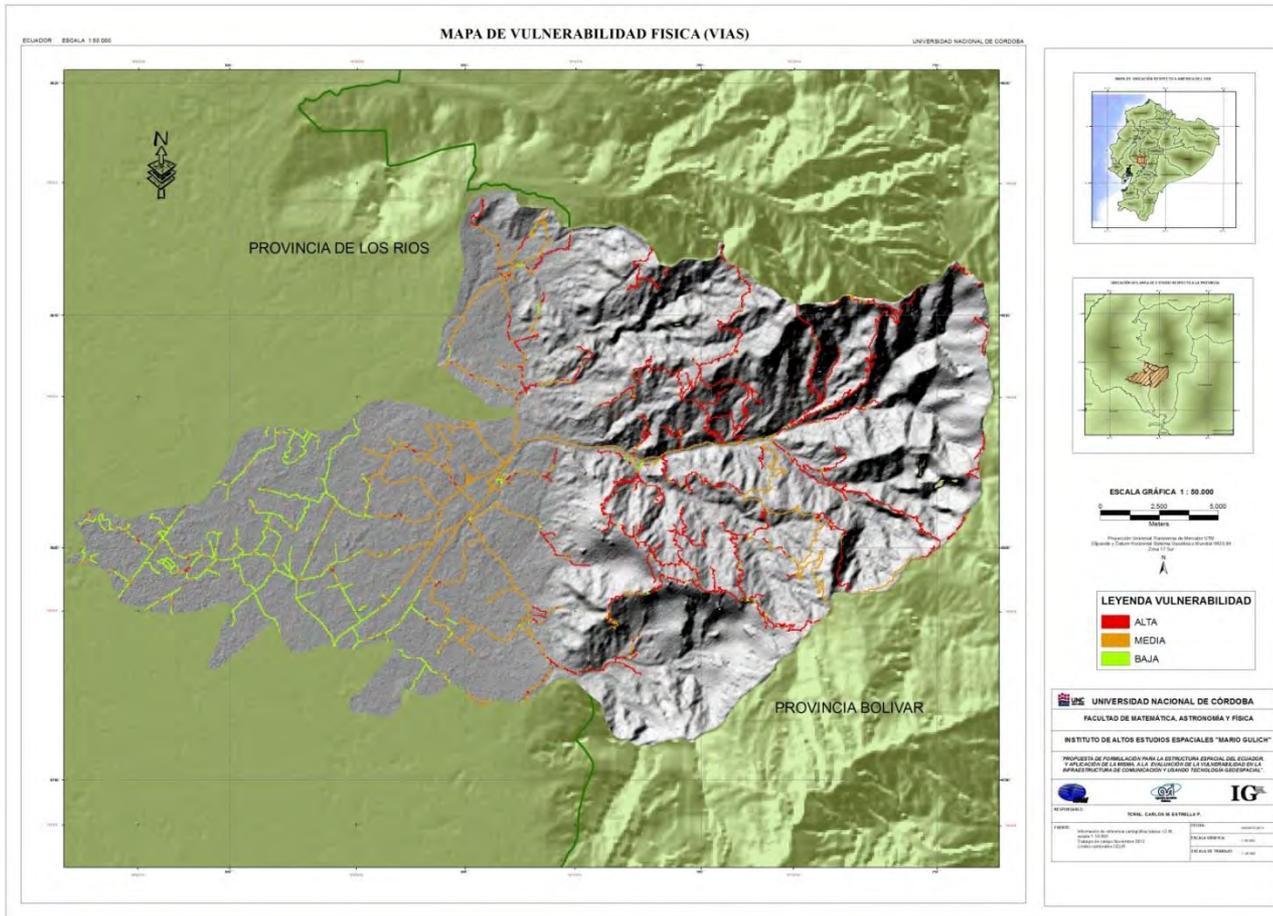
## INTERFEROGRAMA VS SUSCEPTIBILIDAD





# ÁREA DE PRUEBAS

## MAPA DE VULNERABILIDAD FISICA DE VIAS



**IG**

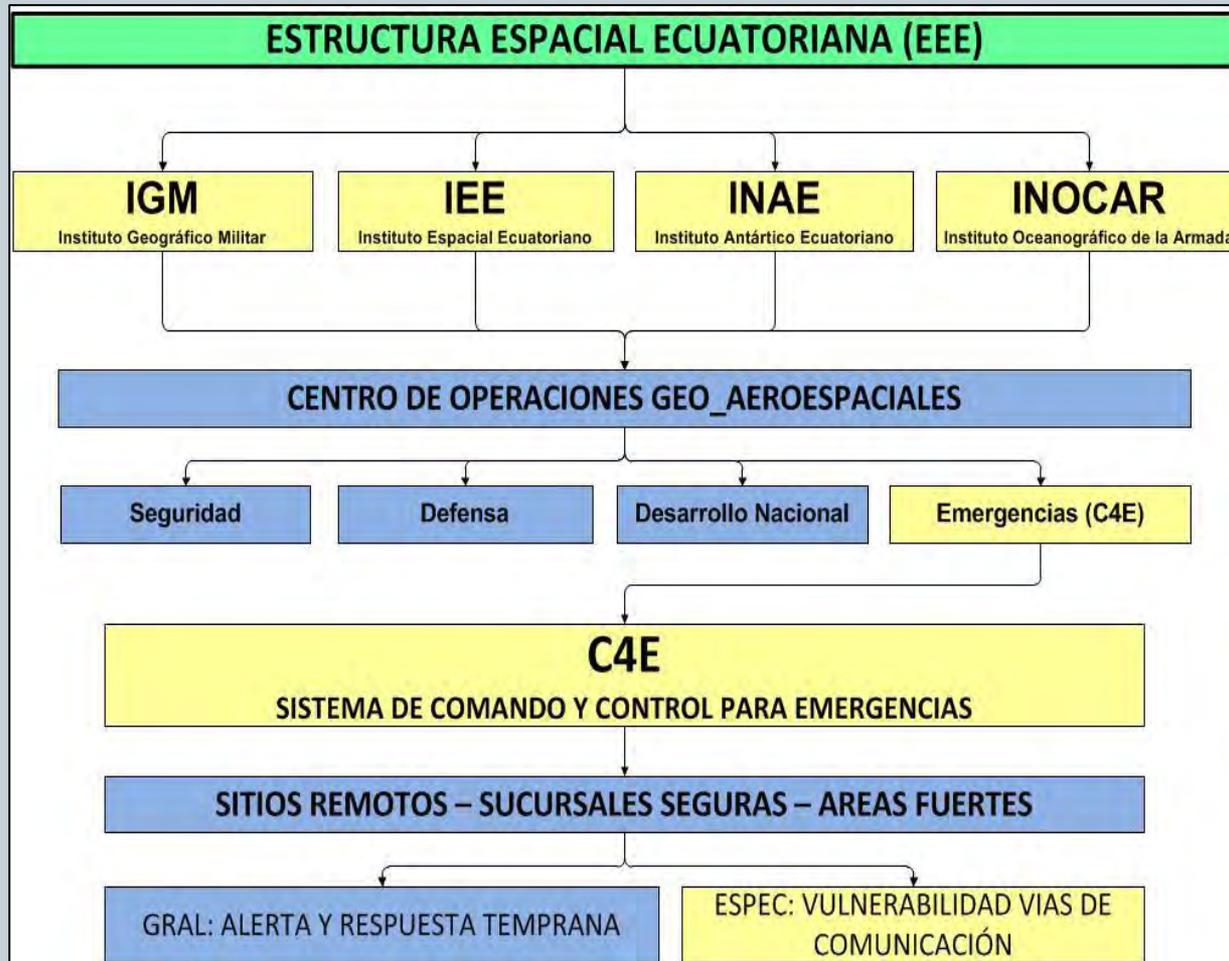
INSTITUTO  
DE ALTOS  
ESTUDIOS  
ESPACIALES  
MARIO GULICH



Universidad Nacional  
de Córdoba

# PLAN DE ACCIÓN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# PLAN DE ACCIÓN



# PLAN DE ACCIÓN



- **EEE.** Planificación Estratégica, implementación de procesos y generación de compromiso
- **MODELO DE GESTIÓN.** Subir de FASE 0 a FASE 1 (mejora continua)
- **COAG.** Proyecto de fortalecimiento y materialización (inversión). Apalancamiento
- **C4E.** Plan prioritario de operacionalización. Campaña de difusión y aplicación
- **Red de Sitios Remotos (Sucursales Seguras o Áreas Fuertes).** Proyecto de financiamiento e instalación de Sitios. Validar con planes de evacuación y de ordenamiento territorial.
- **Vulnerabilidad en Sistemas de Comunicación Vial del Ecuador.** Estudiar y aumentar variables. Desarrollar aplicaciones libres sobre los modelos de decisión.
- **Vulnerabilidad de Detalle (Área Piloto: Montaña/Pie de Monte/Llanura Aluvial).** Aumentar variables al modelo, mejorar la Esc. De cartografía Oficial. Probar en otras áreas.
- **Nuevas Acciones o Aplicaciones.** Evolucionar a otras multiamenazas
- **Personal.** Fortalecer los procesos con PROMETEOS y contratación de especialistas.
- **Hardware / Software.** Promover un inventario de equipos de todos los Institutos con fines de conocer el estado tecnológico y evitar traslapos en compras, o falta de uso.

# PLAN DE ACCIÓN



- **Geoinformación.** Integrar e interoperar datos espaciales. Proyecto de Ley
- **Redes de Investigación.** Generar recursos para fortalecer las redes de investigación y de transferencia de datos. Crear Vinculación y transferencia.
- **Investigación, Desarrollo, Innovación.** Coordinar y generar proyectos de investigación financiados con SENESCYT y otras instituciones, en temas de EMERGENCIAS.
- **Transferencia de Conocimiento y Tecnología.** Desarrollar convenios marco y establecer procesos de transferencia de conocimiento y tecnología a nivel internacional.
- **Cambio de la Matriz Productiva.** La EEE aportará totalmente a la matriz productiva del país, sin embargo deberá buscar alianzas y proyectos en equipos de Instituciones.
- **Seguridad.** Mantener estructura, aumentar variables y fortalecer objetivos
- **Defensa.** Procesos DUALES combinados.
- **Comunicaciones.** Motivar la generación de layer cartográficos , redes y sistemas
- **Conocimiento (Capacitación, Formación y Perfeccionamiento).** Todo este proceso ha desencadenado un sin número de expectativas, desarrollar planes de capacitación de herramientas geo\_aeroespaciales, y otro de formación y perfeccionamiento, en el ámbito de maestrías y doctorados. GENERACIÓN DE CONVENIOS.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- El Estado Ecuatoriano dentro del contexto de **I+D+I, V+t** y generación de geoinformación a todo nivel; y con la creación y/o fortalecimiento del IGM, INOCAR, IEE e INAE, cubre todos los espacios desde el concepto de territorio, razón por la cual constituyen las líneas bases de estructuración, soporte y coordinación en el proceso de los Sistemas de Gestión de Alerta y Respuesta temprana emergencias. (Trabajo en equipo)
- La generación y centralización de geoinformación en el ámbito de competencia de la presente tesis, sirvió para determinar la necesidad de estructurar la información (IDE) en beneficio del PTD, y esto a su vez obliga a crear una denominada ESTRUCTURA ESPACIAL ECUATORIANA.
- Esta EEE, constituirá en nuestro país, una de las herramientas más poderosas en apoyo al proceso de toma de decisiones orientado al CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA, DESARROLLO NACIONAL, SEGURIDAD y GESTIÓN DE RIESGOS.
- La distribución de competencias sustentadas en el espectro electromagnético, ayudará al país a no generar procesos de aislamiento tecnológico, superposición de esfuerzos, o falta de compatibilidad técnica-administrativa.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- La determinación del período de vida de una infraestructura estratégica (sitios remotos – sucursales seguras) debe ser programada con tiempos de vida útil de 50 años (períodos de 5 años), considerando estudios de períodos de retorno de procesos geodinámicos externos. Sin embargo durante este período de tiempo se debe mantener un monitoreo relacionado con sismicidad, pluviosidad, lo cual enriquecerá la base de datos de las áreas fuertes o sitios seguros.
- La línea base de mapeo de un país es su RED GEODÉSICA (activa o pasiva), y su RED ESTRUCTURADA DE SITIOS REMOTOS (sucursales seguras), tal y como se evidencio en la fuerza de los objetivos del presente estudio.
- MODELO MULTICRITERIO. El mapa base del Ecuador fue realizado por el Instituto Geográfico Militar (IGM), mediante restitución aerofotogramétrica, sobre la base de fotografías aéreas, un DEM de 90 y con una resultante de 1:250.000, con curvas de nivel a intervalos de 40 m.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- Fuerte minería de datos, para derivar la geodata necesaria. Durante esta acción se obtuvo la cartografía fundamental, en una escala 1:50.000 (IGM. Instituto Geográfico Militar); pero en el ÁREA DE PRUEBAS al requerir una zona que contenga, montaña, pie de monte y llanura aluvial, con el objeto de caracterizar de mejor manera el inventario de movimiento de masa, y al no disponer información base 1:25000 se levantó todo desde fase cero (IEE. Instituto Espacial Ecuatoriano), dentro de un proyecto de Investigación financiado por SENESCYT. La cartografía fue generada por primera vez partiendo de la técnica de radargrametría (Imágenes CosmoSKYMED), para generar el DEM de 10 m, y levantar cartografía 1:25000. Se uso gran cantidad de EQUIPOS DE MEDICIÓN.
- En el país existe la SGR, quién es la encargada de enfrentar los procesos de emergencias o desastres naturales. Sin embargo su accionar de una o de otra manera está ligado a coordinar y tomar decisiones con otros organismos, con especial atención al MDN; generando con esto una operación a gran escala, la cual se podrá realizar de manera sistemática y técnica a través de un centro no solo de control, sino de Comando y Control para Emergencias (C4E), con una flexibilidad estructural muy grande, que permitirá de manera conjunta solventar las necesidades generadas por el país.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- La selección del área de prueba, se realizó en función de la importancia de la cuenca más representativa del país como es la Cuenca del Río Guayas, se toma de sus subcuencas, 4 microcuencas como son (Pechiche, Cristal, Balsas y Potosí), mismas cumplen con las características de montaña, pie de monte y llanura aluvial, para su desarrollo en vulnerabilidad. Geol. Jorge Acosta, IEE. Se concluye que en el Ecuador la mayor cantidad de carreteras tienen una vulnerabilidad alta y media, afectando con más fuerza la región interandina y parte de la costa. Se recomienda implementar todo el proceso desarrollado.
- Los problemas causados por el calentamiento global generan impactos cada vez más frecuentes sobre nuestras vidas. No existe una política de prevención de riesgos sólo hay una política reactiva frente a fenómenos naturales que hace que , cuando se produce el fenómeno actuemos, pero sin reacción de comando y control para enfrentar las multiamenazas. Se debe generar un plan en donde todos los Municipios se integren a la red de sitios remotos, y una vez implementada, desarrollar sus mapas de vulnerabilidad, riesgos, planificación y desarrollo territorial. Todos bajo la misma doctrina y normativa para evitar problemas de no concatenación.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- La fragilidad ecológica en la red vial de nuestro país, y en particular de la zona de estudio, debe considerar el análisis y evaluación fundamentada en la interrelación de las características y la sensibilidad ambiental, a través de la superposición cartográfica temática, estimando el riesgo para el ambiente natural o para las obras y actividades del sistema vial; mostrando la complejidad de los problemas y sus interrelaciones, que pueden incidir a corto, mediano y largo plazo. La complejidad de las interrelaciones, trae como consecuencia el aprovechar la tecnología de punta disponible en el mercado, que son el sensoramiento remoto y los sistemas de información geográfica. Herramientas poderosas que nos ayudan al análisis de los factores de manera dinámica y gráfica, permitiendo con esto, obtener resultados, para la toma de decisiones acertadas.
- La restitución fotogramétrica utiliza pares de imágenes, parcialmente solapados y tomados desde puntos de vista diferentes, que forman los denominados pares estereoscópicos. Actualmente a estas fotografías aéreas se han sumado las imágenes digitales tomadas por sensores transportados por satélites. Aunque probablemente es la técnica del futuro, las dificultades operacionales son aún significativas. Sin embargo, la magnitud del error del MDE resultante permite establecer ya una competencia real con los métodos más convencionales.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- La prueba realizada con interferometría-gnss define una anomalía con una dirección nor-nor oeste, sur-sureste, misma que puede definir el límite de la Cuenca del Guayas en la zona de pruebas. Adicionalmente en la parte centro sur del área de pruebas, existe una evidencia de mayor subsidencia en medio de dos zonas de levantamiento, lo que puede implicar un sistema pull-apart debido a un desplazamiento de falla dextral (abajo - arriba), relacionado con el sistema norandino. Al sobreponer el elemento de susceptibilidad, valida el lineamiento antes dicho, evidenciando las divisiones de montaña, con pie de monte, fuertemente, y llanura aluvial.
- Los sitios remotos (sucursales seguras o áreas fuertes) obtenidas en este análisis, son la clara evidencia de que nuestro país tiene un sin número de dificultades geográficas a procesos de alerta y respuesta temprana a emergencias. Del área total del Ecuador 283.560 km<sup>2</sup> tan solo 2633,74 km<sup>2</sup>, distribuidos en 83 sitios remotos, son considerados sucursales seguras. Por lo que es necesario recomendar se priorice este tipo de acciones que vayan en función de salvaguardar las vidas y la infraestructura a través de planes consistentes y funcionales.

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



- Nuestro país constituye uno de los mejores laboratorios de investigación geo\_aeroespacial del planeta en razón de contar con una ubicación espacial privilegiada, y una infinidad de condiciones, que van, desde zonas con alta visibilidad a zonas de eterna nubosidad, lluvia y sequia constante, cambios de gravedad fuertes, de vegetación nula a extrema, cambios de alturas de 0 m a 6000 m en pocos tiempos, ecosistemas únicos, y por si fuera poco con todo tipo de MULTIAMENAZAS. Todo esto crea la necesidad de generar una buena cartografía (fundamental, básica y temática), desarrollar modelos, aplicaciones, investigaciones y maniobras geomáticas orientadas a luchar día a día con los eventos destructivos, pero mas que eso nos obliga a realizar proyectos técnicos científicos regionales, y a apoyar a toda estructura internacional que busque el beneficio del planeta. Gracias por todo apoyo brindado a mi persona y a mi País.



# AEARTE

**ALUMNO:**  
CARLOS ESTRELLA

# GRACIAS

**IG**

INSTITUTO  
DE ALTOS  
ESTUDIOS  
ESPACIALES  
MARIO GULICH



Universidad Nacional  
de Córdoba