



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS

*Convenio de Cooperación N° 1005-08-12-07
Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO*

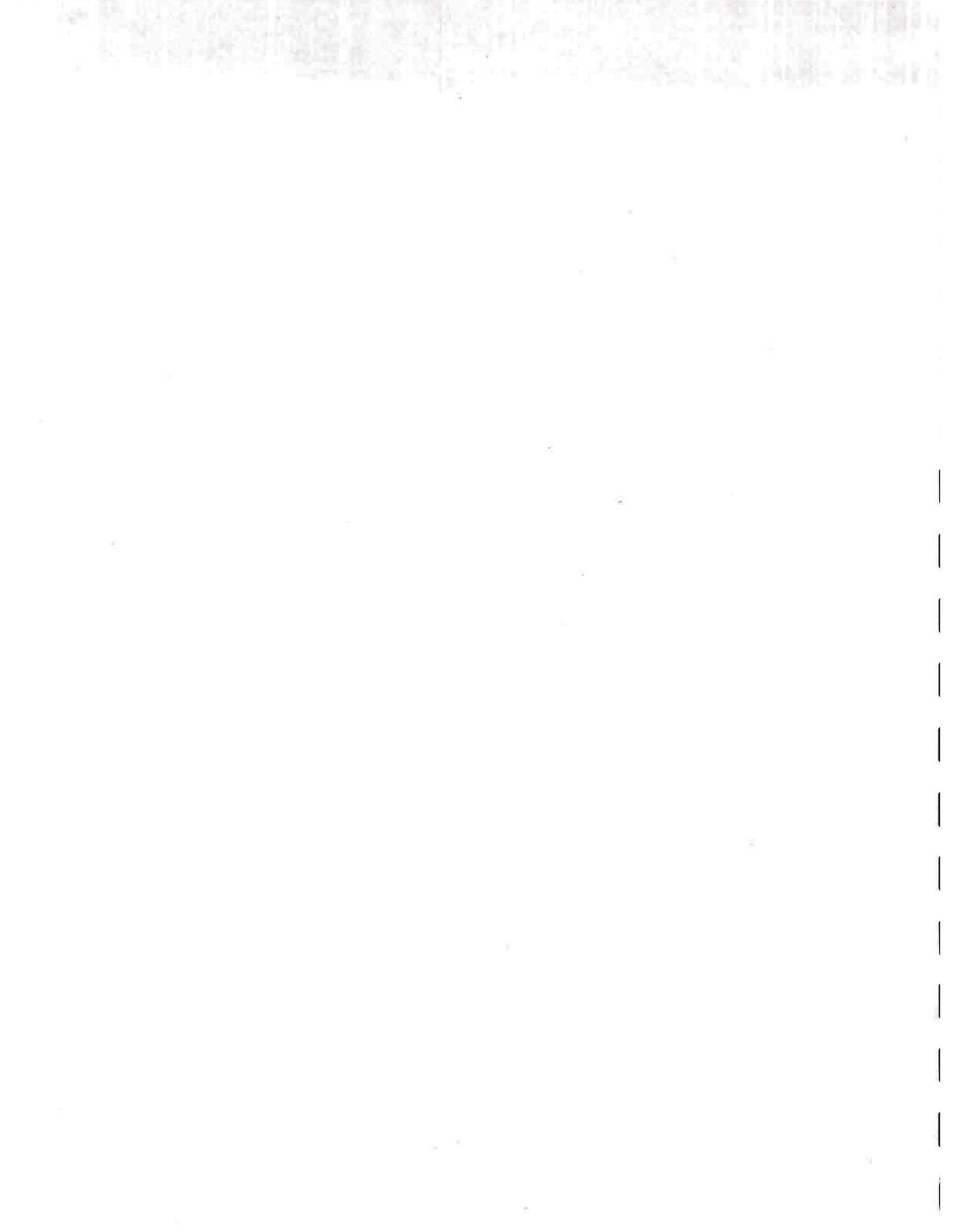
ESTUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS

INFORME FINAL CAPÍTULO V

-7. Sistema de vías y transporte-



San Juan de Pasto, 2009



CONTENIDO**Capítulo V. 7. Vulnerabilidad del sistema de vías y transportes**

5.7 Vulnerabilidad física y funcional del sistema de vías y transportes	4
5.7.1 Descripción general de los sistemas de vías y transportes	4
5.7.2 Inventario del sistema de vías y transportes	7
5.7.3 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de vías y transportes.....	13
5.7.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional del sistema de vías y transportes.	16
5.7.5 Conclusiones	23
Anexo 1 Mapas Afectación Sistema de vías y transportes	27

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización de infraestructura aeroportuaria	12
Figura 2. Representación espacial de daño severo.....	14
Figura 3. Representación espacial de daño severo en detalle entre Pasto, Nariño y La Florida	15
Figura 4. Representación espacial de daño severo en detalle entre La Florida y Consacá	15
Figura 5. Plano de influencias y dependencias sistema de vial.....	18
Figura 6. Plano de influencias y dependencias del sistema de transporte aéreo	20
Figura 7. Plano de influencias y dependencias sistema de transporte terrestre.....	22
Figura 8. Distribución de daños potenciales en vías primarias por caída piroclástica	28
Figura 9. Distribución de daños potenciales en vías primarias por flujos de lodo	29
Figura 10. Distribución de daños potenciales en vías primarias por flujo piroclástico.....	30
Figura 11. Distribución de daños potenciales en vías primarias por nube acompañante	31
Figura 12. Distribución de daños potenciales en vías primarias por proyectiles balísticos	32
Figura 13. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por caída piroclástica	33
Figura 14. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por flujos de lodo.....	34
Figura 14. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por flujos piroclásticos.....	35
Figura 15. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por caída piroclástica.....	36
Figura 16. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por flujo de lodo	37
Figura 17. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por flujo piroclástico	38

Figura 18. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por nube acompañante.....	39
Figura 19. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por proyectiles balísticos.....	40

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Inventario general de la infraestructura vial.....	8
Tabla 2. Movimiento de vehículos y pasajeros	9
Tabla 3. Tránsito Promedio Diario de vehículos.....	10
Tabla 4. Categorías de vehículos de transporte	10
Tabla 5. Aspectos funcionales de los aeropuertos	13
Tabla 6. Matriz de vulnerabilidad física del sistema de vías y transportes	13
Tabla 7. Efectos directos sobre los sistemas de vías y transportes.....	16
Tabla 8. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias de la infraestructura vial	17
Tabla 9. Cálculo de valores de influencia y dependencia	18
Tabla 10. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de transporte aéreo.....	19
Tabla 11. Cálculo de valores de influencia y dependencia	19
Tabla 12. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de transporte terrestre	21
Tabla 13. Cálculo de valores de influencia y dependencia	22
Tabla 14. Acumulación de ceniza volcánica por tramo vial a partir del modelo de Ceniza Corposso (2009).....	25

5.7 Vulnerabilidad física y funcional del sistema de vías y transportes

5.7.1 Descripción general de los sistemas de vías y transportes

Sistema de vías

Los sistemas de vías y transportes permiten la interconexión, movilidad de vehículos y personas, así como de intercambio de bienes, productos y servicios. En ese sentido estos sistemas cumplen principalmente tres roles¹: un rol estructurante, debido a que la disposición de los elementos de la red vial en el territorio condiciona, positiva o negativamente, la distribución de los usos del suelo y orienta los procesos de urbanización; un rol ordenador, por las particularidades físico-funcionales de los elementos que forman parte de la red vial, contribuyen a la definición funcional y morfológica de las áreas que atraviesan y un rol funcional, porque los distintos elementos de la red vial constituyen los canales de circulación y vinculación de las áreas urbanas con el territorio circundante y de los distintos sectores de las poblaciones entre sí (áreas rurales).

La movilidad corresponde a una serie de intercambios, flujos y desplazamientos realizados con diferentes motivos, con diferentes medios de transporte (p. ej., bus, taxi) que se organizan sobre un soporte físico (p. ej. red vial) y que depende de la distribución espacial de las actividades urbanas o rurales, del sitio en el que se encuentran asentadas las poblaciones y del contexto socioeconómico². De otro lado, el transporte tiende a crear lugares preferenciales para su funcionamiento que pueden ser puntuales (terminales terrestres, nodos de llegada o inicio, intersecciones), lineales (vías arteriales, corredores de transporte colectivo) y zonales (sectores de concentración de infraestructuras viales, por ejemplo la Circunvalar del Galeras). Es así como, en caso de cierre de un eje vital (Circunvalar Galeras), de interrupción de un servicio de transporte esencial (intermunicipal), pueden generar graves traumatismos en la accesibilidad a las poblaciones, las dinámicas usuales y los patrones de movilidad habituales, cuyas consecuencias pueden ser significativas a corto, mediano y largo plazo.

Para propósitos del análisis de vulnerabilidad física y funcional del sistema de vías y transportes, pueden considerarse cuatro componentes básicos: tipológico, cualitativo, cuantitativo y espacial³. El componente tipológico permite distinguir los elementos de mayor interés en tres grupos:

1. Los Elementos Puntuales: estos pueden ser una terminal terrestre, ferrocarril,

¹ El tránsito, el transporte y el sistema vial. Las políticas del Plan

² METODOLOGÍA DE IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE MAYOR INTERÉS DEL TRANSPORTE URBANO - APLICACIÓN A LA CIUDAD DE QUITO Y REPRESENTACIÓN ESPACIAL A TRAVÉS DE UN SIG. Florent DEMORAES Doctorante en el Laboratorio de Geografía – Universidad de Saboya – Francia. En colaboración con el Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo (IRD – Francia), y las Direcciones Metropolitanas de Territorio y Vivienda y de Transporte - Municipio del Distrito de Quito – Ecuador.

³ *Ibíd.*

aeroportuaria; una estación; una intersección; un lugar de estacionamiento; una infraestructura vial mayor (túnel, puente, paso a desnivel).

2. **Los Elementos Lineales:** constituidos por un soporte físico (una vía; un eje fluvial) y el tráfico que lo utiliza.
3. **Los Elementos Zonales:** están directamente vinculados con los dos anteriores ya que corresponden a sectores de concentración de infraestructuras viales y de transportes (puntuales o lineales).

El componente cualitativo permite determinar la función y utilidad del elemento y por lo tanto determinar su uso e importancia en relación a los demás en términos de la función, que refleja el papel que juega cada componente dentro del sistema (p. ej., acceso, evacuación (salida), transferencia, conexión, transbordo, redistribución, descongestión, circunvalación) y la utilidad, que indica el valor del uso de un elemento (p. ej. el tipo de rodadura).

El componente cuantitativo permite jerarquizar los elementos e identificar los de mayor interés según los siguientes indicadores:

- carga de pasajeros;
- volúmenes de tráfico;
- número y frecuencia de líneas de buses;
- cantidades de modalidades de transporte posibles;
- alternativas, conexiones, destinos posibles;
- número de vías que una intersección permite conectar;
- ancho de las vías o número de carriles;
- afluencia de personas en un lugar dado (terminales de transporte, sitios de llegada o salida, aeropuerto).

El componente espacial sirve para localizar los diferentes elementos del sistema de vías y transportes en el contexto urbano, rural y regional, que al cruzarse con los escenarios de amenaza volcánica, permite conocer la cantidad y el tipo de elementos que pueden estar expuestos a cada uno de los fenómenos volcánicos.

Para el análisis de la vulnerabilidad física y funcional de los elementos del sistema vial del área de estudio, se identificaron y clasificaron los elementos a inventariar y evaluar;

- **Vías primarias⁴:** son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de éste con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Las carreteras consideradas como primarias deben estar pavimentadas. (Vías nacionales).

⁴ Instituto Nacional de Vías. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

- Vías secundarias⁵: las que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera primaria. Las carreteras consideradas como secundarias pueden estar pavimentadas o en afirmado. (Vías departamentales).
- Vías terciarias⁶: son las vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como terciarias deben ser en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías secundarias. (Caminos vecinales).
- Nodos de llegada o salida: estos corresponden a los sitios de llegada o de salida a las cabeceras municipales
- Accesos o empalmes: conexiones de una carretera con otras, acondicionada para el tránsito vehicular.
- Cruce o intersección de vías: Área de uso público formada por la intersección de dos (2) o más vías.
- Cruce o paso a desnivel: Intersección en la cual dos o más ejes de vías se atraviesan a diferentes niveles.
- Pasos a nivel (puentes y pontones): son aquellas estructuras que permiten el cruce a nivel sobre ríos o quebradas. Cuando su luz es menor a nueve (9) metros se denomina pontón y si es mayor, puente.
- Box coulvert: es una estructura rectangular en concreto reforzado que funciona como alcantarilla para drenaje de agua, por debajo de una vía.

Sistema de transporte terrestre

Un sistema de transporte terrestre puede caracterizarse mediante 5 tipos de elementos:

- Infraestructura (redes y terminales)
- Oferta: equipamiento y oferta de servicio (empresas/entidades operadoras)
- Demanda
- Regulación/reglamentación (técnica y económica)
- Financiamiento⁷.

Desde el punto de funcionalidad el sistema de transporte debe poseer y/o garantizar⁸:

Movilidad y accesibilidad. La infraestructura de transporte debe proveer dos funciones básicas: movilidad, para permitir la circulación en forma rápida, cómoda, económica y segura de los vehículos, y accesibilidad, es decir permitir el acceso a cualquier punto habitado en el área que sirve la red.

Estacionalidad. La demanda de transporte es dinámica, varía estacionalmente. Desde el punto de vista de la oferta, por tratarse de un servicio, el transporte presenta la

⁵ *Ibíd.*

⁶ *Ibíd.*

⁷ Adaptado de Sistemas de Transporte - caracterización del sistema de transporte en La República de Argentina, en materias.fi.uba.ar/6807/contenidos/6807TP1_Caracterizacion_Transporte_Argentina.doc

⁸ *Ibíd.*

importante característica de que no se puede almacenar (generar stock) para su utilización en los picos de demanda. Esto genera significativos problemas en las horas pico, y desequilibrios importantes en los períodos fuera de las horas pico.

Sistema de transporte. Es un conjunto de instalaciones fijas -redes y terminales, entidades de flujo –vehículos- y un sistema de control que permiten movilizar eficientemente personas y bienes, para satisfacer las necesidades de movilidad.

Capacidad. Es el número máximo de vehículos o unidades de tráfico (pasajeros, toneladas) que pueden pasar por un punto dado durante un período de tiempo.

Nivel de servicio. La relación entre la capacidad (oferta) y la demanda determina el nivel de servicio del sistema, que define cualitativamente la calidad percibida por el usuario sobre el funcionamiento del mismo.

Regulaciones. En general, la infraestructura y los vehículos no pertenecen ni son operados por la misma empresa o entidad, lo que genera un conjunto de interacciones entre las autoridades de gobierno (nacional, provincial y local), empresas constructoras, empresas operadoras y usuarios, y la necesidad de establecer regulaciones técnicas y económicas.

Sistema de transporte aéreo

La actividad aérea cuenta con tres elementos: el espacio aéreo, las aeronaves y la infraestructura aeronáutica⁹. La entidad encargada de la regulación del sector en Colombia es la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil AEROCIVIL; también intervienen el Ministerio de Transporte y la Superintendencia del ramo¹⁰.

El Departamento Nacional de Planeación establece una división entre infraestructura aeronáutica e infraestructura aeroportuaria. La primera hace referencia a todas las locaciones y equipos que prestan asistencia a una aeronave durante el vuelo: torres de control, radares, equipos y sistemas de comunicación tierra-aire, entre otros; la infraestructura aeroportuaria está conformada por los aeropuertos (terminales aéreas), los sistemas y los servicios que se requieren para su operación¹¹.

5.7.2 Inventario del sistema de vías y transportes

Inventario de la infraestructura vial

Las vías inventariadas, un total de 617,8 km, fueron clasificadas según criterio funcional, en: primarias, con 189,1 km, secundarias, con 156,8 km y terciarias, con 271,8 km. El inventario también incluye nodos de llegada y de salida (cabeceras

⁹ El Código de Comercio, en su artículo 1808, se refiere a la infraestructura aeronáutica como "el conjunto de instalaciones y servicios destinados a facilitar y a hacer posible la navegación aérea, tales como aeródromos, señalamientos, iluminación, ayudas de navegación, informaciones aeronáuticas, telecomunicaciones, meteorología, aprovisionamiento y reparación de aeronaves". En Botero & Fernández (2002).

¹⁰ Contrato de concesión de aeropuertos en Colombia. María Isabel Botero Cuartas & Rodrigo Fernández Ávila. Pontificia Universidad Javeriana - Facultad de Ciencias Jurídicas. Bogotá, D.C. 2002.

¹¹ *Ibid.*

municipales), cruces o pasos a nivel (puentes y pontones), pasos a desnivel (puentes elevados), intersecciones y accesos viales, como elementos constitutivos del sistema.

Para el análisis las vías se segmentaron en tramos de acuerdo con la clasificación del INVÍAS y la SOP de la Gobernación. En total se analizaron 40 tramos; de éstos, 8 corresponden a la Circunvalar del volcán Galeras, con 92 km, 3 a la Panamericana, con 97,1 km, y 29 al resto del sistema en vías secundarias y terciarias, con 432,4 km. Además se inventariaron 90 pasos a nivel, clasificados en 30 puentes, 45 pontones y 15 Box Couvert. En la tabla siguiente se presenta el inventario general.

De otro lado, para cada elemento del sistema de vías y transportes se determinó la cantidad de ceniza que se podría acumular, debido a que ésta puede ocasionar accidentes por disminución de la visibilidad y porque las carreteras se vuelven resbalosas.

Tabla 1. Inventario general de la infraestructura vial

NOMBRE VÍA	TRAMO	NIVEL FUNCIONAL	LONGITUD (km)	PUENTE	PONTÓN	BOX COULVERT
Circunvalar al Volcán Galeras	Cebadal - Yacuanquer	Primario	3,35	0	1	0
	Yacuanquer - Bomboná	Primario	23,36	0	1	4
	Bomboná - Consacá	Primario	3,77	1	1	0
	Consacá - Sandoná	Primario	15,55	0	4	1
	Sandoná - El Ingenio	Primario	5,08	0	1	0
	El Ingenio - Florida	Primario	15,78	1	4	0
	Florida - Nariño	Primario	8,38	1	2	0
	Nariño - Pasto	Primario	16,74	0	5	0
Panamericana	Pílcuan Recia - Pedregal	Primario	3,76	0	0	0
	Pedregal - Pasto	Primario	42,45	0	0	1
	Pasto - Mercaderes	Primario	50,93	1	2	1
Varios	Ancuya - Sandoná	Secundario	13,57	1	0	0
	Ancuya - Linares	Secundario	18,83	0	5	1
	Linares - San Pedro	Secundario	12,75	1	1	0
	El Tambo - San Pedro	Secundario	12,15	0	1	0
	Florida - Robles	Terciario	6,55	1	0	0
	La Caldera - Matituy	Terciario	12,63	0	2	0
	Nariño - La Caldera	Terciario	6,95	0	2	0
	A el Rodeo	Terciario	6,43	0	3	0
	Florida (Hacia el Albergue La Palma)	Terciario	0,23	1	3	0
	Consacá - Ancuya	Secundario	14,49	1	-	-
	Consacá - Guaitarilla	Secundario	28,43	1	-	-
	Motilón - El Tambo	Secundario	21,42	0	0	0

NOMBRE VÍA	TRAMO	NIVEL FUNCIONAL	LONGITUD (km)	PUENTE	PONTÓN	BOX COULVERT
	Al Peñol	Secundario	7,82	0	0	0
	Pasto – Buesaco	Secundario	3,11	0	0	0
	El Tambo - El Peñol	Secundario	11,50	0	0	0
	San Pedro - Gúaitara	Secundario	12,78	0	0	0
	a Matituy	Terciario	9,97	0	0	0
	a San Antonio	Terciario	2,87	0	0	0
	a Duarte Bajo	Terciario	0,86	0	0	0
	Tunja Grande - Duarte	Terciario	2,01	0	0	0
	Robles - El Tambo	Terciario	9,05	0	0	0
	a Bellavista	Terciario	4,73	0	0	0
	Capuly – Matituy	Terciario	9,50	0	0	0
	Plazuelas – Robles	Terciario	6,67	0	0	0
	a Genoy	Terciario	10,46	0	0	0
	San Pedro - El Tambo	Terciario	6,38	0	0	0
	a CH Julio Bravo	Terciario	6,57	0	0	0
	Pasto	Red urbana	15,70	20	7	7
	SD (Sin Nombre)	Terciario	173,91	0	0	0
TOTAL	41	—	637,48	30	45	15

Inventario del componente del sistema de transporte terrestre

El sistema de transporte terrestre en la zona de estudio que se vería afectado por la ocurrencia del evento máximo volcánico del Galeras está compuesto por 4 categorías de empresas¹²: transporte de carga, con 38 empresas; transporte de pasajeros, con 33 empresas; transporte mixto con 16 y transporte especial con 12 empresas.

El movimiento de vehículos y pasajeros en el terminal de Pasto en el año 2007, según el anuario estadístico del transporte en Colombia¹³, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Movimiento de vehículos y pasajeros

Elemento	Automóvil	Camioneta	Microbús	Buseta	Bus (corriente)	Bus (de lujo)	Total
Número de vehículos despachados	72.611	108.911	59.454	10.863	61.554	12.780	326.179
Pasajeros moviizados	203.311	381.210	624.267	197.707	1.292.634	357.840	3.056.968

¹² Listado de empresas de transporte en <http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Documentos.htm>.

¹³ Ministerio de Transporte. Oficina Asesora de Planeación. Anuario Estadístico del Transporte en Colombia.

En cuanto al tránsito terrestre y tipo de vehículos que se movilizan en la zona de estudio, en las vías que intercomunica a San Juan de Pasto con el Norte, Sur, Occidente y Oriente, se presenta las siguientes tablas de Tránsito Promedio Diario (TPD)¹⁴ y tipo de vehículos.

Código de Estación	Estación	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5	Cat6	Cat7	TPDTOTAL
304	PASTO - EL EMPATE	3798	769	319	287	143	0	1	760
308	CEBADAL - CONSACA	3083	142	321	561	45	0	5	594
312	CRUCERO MOTILON - PASTO	10079	596	411	445	29	0	5	1652
323	PASTO - ENCANO	7169	304	295	871	483	0	8	1304
711	CONSACA - CRUCERO MOTILON	6137	356	247	376	19	0	4	1020
779	AEROPUERTO - EL TABLON	6289	1812	1457	1741	731	533	1464	2004

Tabla 3. Tránsito Promedio Diario de vehículos

Tabla 4. Categorías de vehículos de transporte¹⁵

CATEGORÍA	TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
Categoría 1	AUTOS		
			
			
	BUSES	BUSETA	
		BUS	
BUS METROPOLITANO			
Categoría 2	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑO – C2 P		
	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDE – C2 G		
Categoría 3 y 4	CAMIÓN C3		
	CAMIÓN C4		

¹⁴ Volúmenes de tránsito 2007 Departamento de Nariño, en <http://www.invias.gov.co>

¹⁵ Elaborada a partir del Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito. Ministerio de Transporte Instituto Nacional de Vías Subdirección de Apoyo Técnico. 2007

CATEGORÍA	TIPO DE VEHÍCULO	ESQUEMA
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S1	
	TRACTOR – CAMIÓN C2-S2	
	TRACTOR – CAMIÓN C3-S1	
Categoría 5	TRACTOR – CAMIÓN C3-S2	
Categoría > 5	TRACTOR – CAMIÓN C3-S3	

Inventario de la infraestructura aeroportuaria

De la misma manera y como parte del sistema de transportes, se inventarió y evaluó la infraestructura aeroportuaria de la zona de estudio, conformada por el aeropuerto Antonio Nariño (código IATA¹⁶: PSO, código OACI¹⁷: SKPS), localizado en el municipio de Chachagüí a una altura de 1 814 msnm, con una distancia a la ciudad de San Juan de Pasto sobre la vía Panamericana hacia el norte de 30 km, y del cráter del volcán Galeras en línea recta de 21 km; y como aeropuerto alternativo el de San Luis, localizado en el municipio de Ipiales a una altura de 2 976 msnm, con una distancia a Pasto sobre la vía Panamericana hacia el sur de 90 km y del cráter del volcán Galeras de 53 km.

¹⁶ Asociación de Transporte Aéreo Internacional.

¹⁷ Organización de Aviación Civil Internacional.

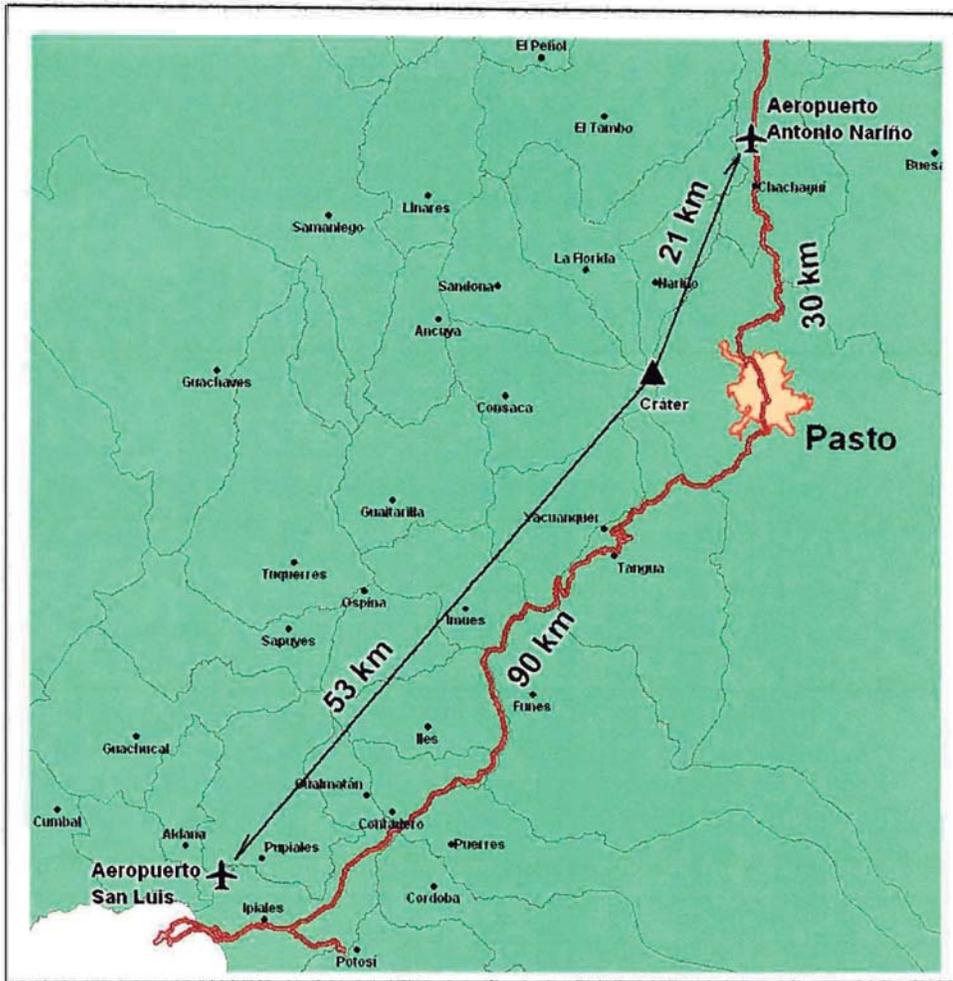


Figura 1. Localización de infraestructura aeroportuaria

El aeropuerto Antonio Nariño es administrado por la Unidad Administrativa Especial de la Aeronáutica Civil. Cuenta con servicios médicos¹⁸ y de abastecimiento de combustibles, no tiene servicios de aduana e inmigración. El edificio tiene áreas dedicadas a las aerolíneas, locales comerciales y áreas comunes, salas de espera y oficinas. Es de tráfico nacional, a cargo de las aerolíneas SATENA y AVIANCA. Tiene ayudas de aeronavegación tipo VOR¹⁹ y DME²⁰ desde 1998, que permiten la aproximación de las aeronaves al sitio de aterrizaje. Dadas las condiciones climáticas adversas comunes en la zona, con frecuencia se presentaban dificultades para el aterrizaje de las aeronaves, por lo que en el 2007 la Aeronáutica Civil instaló un sistema de ayudas ILS²¹ e iluminó la pista. Con esta instalación se redujeron los cierres del aeropuerto y aumentaron significativamente las horas de operación del mismo²². La

¹⁸ Para dar cumplimiento a los objetivos establecidos a los servicios de emergencia de la aviación civil internacional y a la normatividad nacional como soporte en materia de salud, el Aeropuerto Antonio Nariño de Pasto que está clasificado en categoría II.

¹⁹ Radiofaro Omnidireccional de muy alta Frecuencia

²⁰ Equipo radio telemétrico para la medición de distancias.

²¹ Sistema de Aterrizaje por Instrumentos.

²² Documento. Conpes 3303. Consejo Nacional de Política Económica y Social. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación.

pista del Aeropuerto Nariño es de asfalto y sus dimensiones son 2 312 m de largo y 40 m de ancho. La pista del aeropuerto San Luis es de asfalto, con una longitud de 1 760 m y 28 m de ancho²³. En la tabla 5 se incluyen las características funcionales de los aeropuertos.

Tabla 5. Aspectos funcionales de los aeropuertos

AEROPUERTO	MUNICIPIO	Nacional		Capacidad (aviones en plataforma)	Operaciones promedio/día	N° pasajeros/día
		Pasajeros	Carga y correo (Ton)			
Antonio Nariño	Chachagüí	172.476	1.126	3 -4	10	300
San Luis	Ipiales	19.201	55	3 - 4	2,8	50

5.7.3 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de vías y transportes

La vulnerabilidad física general del sistema de vías y transporte se determinó a partir de la utilización de los criterios expresados en el Capítulo II – Metodología, con los que se califica el grado de favorabilidad o desfavorabilidad de la condición y disposición de los elementos expuestos a cada uno de los fenómenos volcánicos, en los municipios del área de estudio. En la siguiente tabla se presenta la matriz de vulnerabilidad física aplicada.

Tabla 6. Matriz de vulnerabilidad física del sistema de vías y transportes

Fenómenos (solicitud)	Indicador de exposición																		
	Flujo piroclástico			Flujo lava		Caldas piroclásticas		Flujo lodo		Onda choque				Proyectiles balísticos				Nube acompañante	
	FPA	FPM	FPN	LVA	LVN	CPA	CPB	FLA	FLN	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN	PBA	PBM	PBB	PBN	NAM	NAN
Camino - sendero superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Carreteable superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Vía pavimentada 2 o más carriles superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Vía sin pavimentar 2 o más carriles superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Vía sin pavimentar superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Puente concreto y mampostería en viga y arco	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Puente en concreto y losa	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Puente en concreto y viga	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Puente en madera y viga	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

²³ Word Aero Data. En <http://worldaerodata.com/wad.cgi?id=CO08617>.

En las siguientes figuras se presentan en rojo intenso los elementos expuestos desde el punto de vista físico a los fenómenos arriba mencionados y que podrían generar daño severo al sistema.

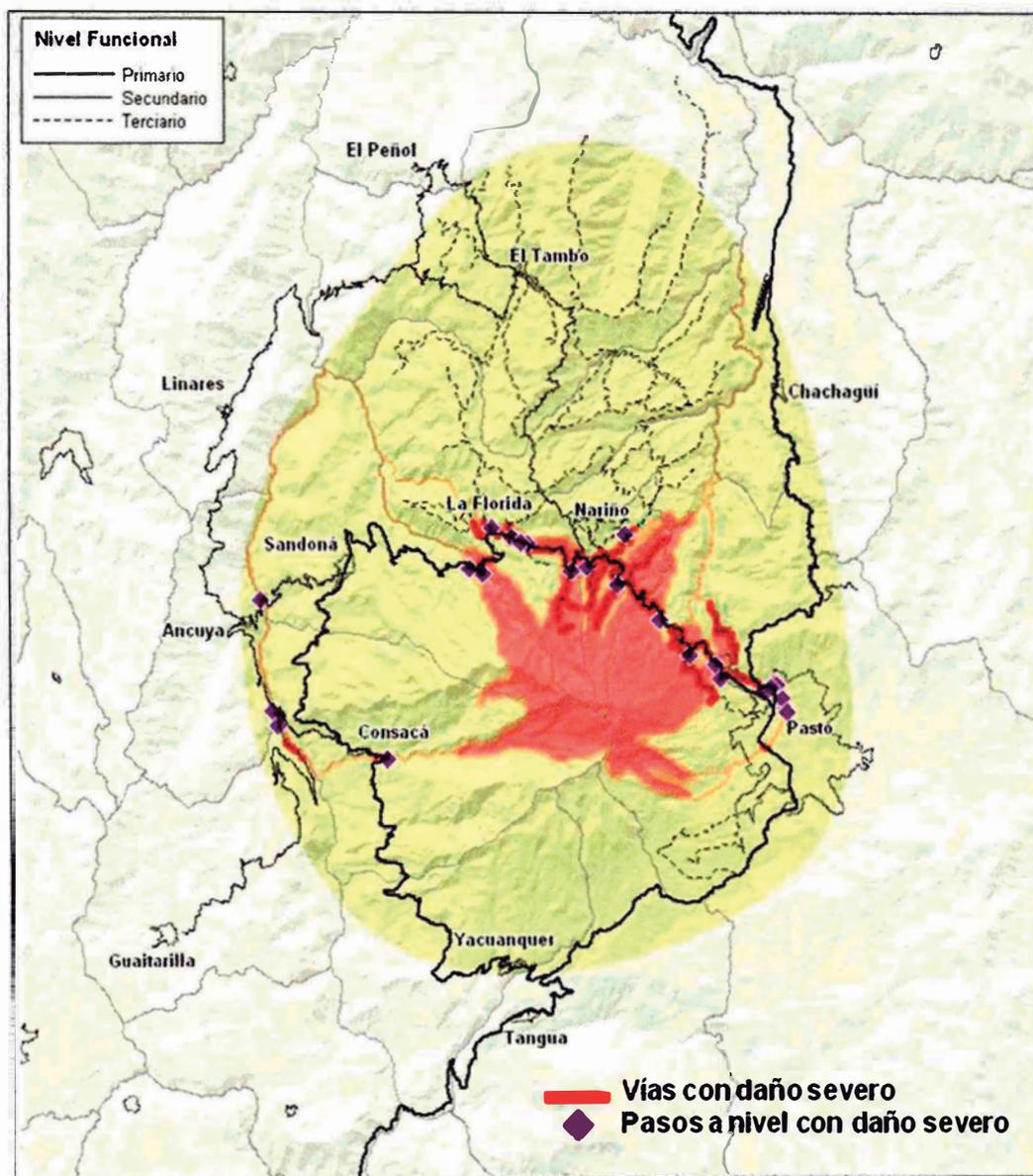


Figura 2. Representación espacial de daño severo

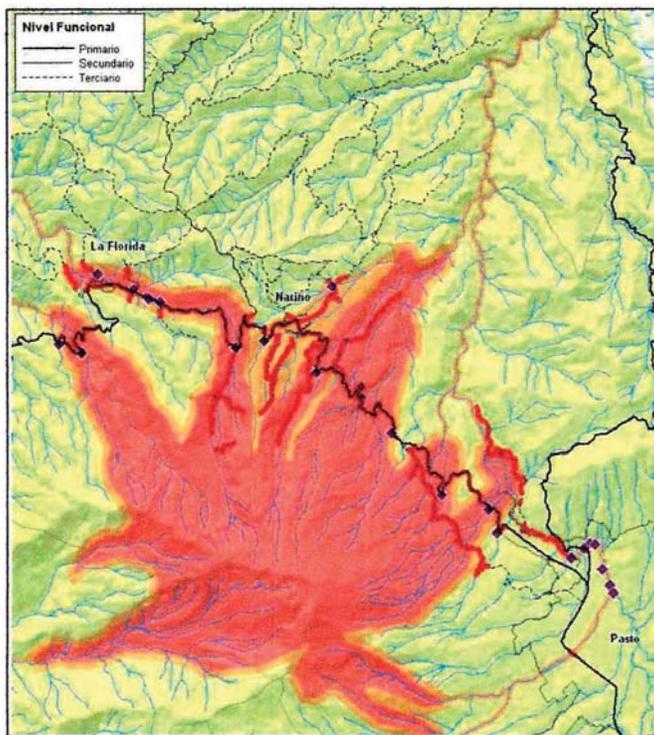


Figura 3. Representación espacial de daño severo en detalle entre Pasto, Nariño y La Florida

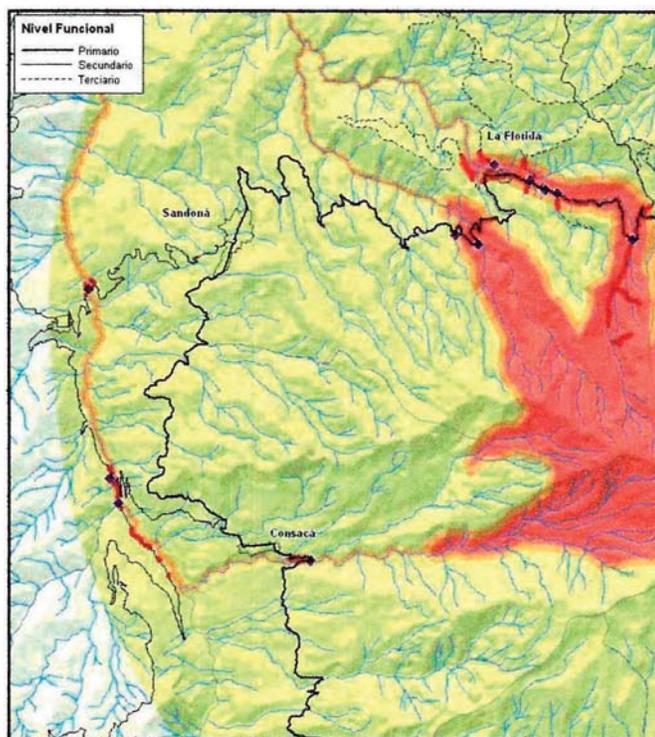


Figura 4. Representación espacial de daño severo en detalle entre La Florida y Consacá

Tabla 7. Efectos directos sobre los sistemas de vías y transportes

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	TRAMO VIAL	INTERSECCIONES VIALES	ACCESOS VIALES	PASOS A NIVEL (PUENTES Y PONTONES)	PASOS A DESNIVEL	NODOS DE SALIDA O LLEGADA
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	Adherencia, opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), abrasión, obstrucción	Opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), obstrucción, pérdida de fricción en material de rodadura	Opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), Obstrucción pérdida de fricción en material de rodadura	Opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), Obstrucción pérdida de fricción en material de rodadura	Opacidad, Obstrucción pérdida de fricción en material de rodadura	Opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), Obstrucción pérdida de fricción en material de rodadura
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, arrastre	Obstrucción, enterramiento
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE	Presiones laterales y onda de calor	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura	Obstrucción, arrastre incendio, derretimiento, aumento temperatura	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Perforación, obstrucción	Perforación, obstrucción	Perforación, obstrucción	Perforación, obstrucción	Perforación, obstrucción	Perforación, obstrucción
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE	Onda de calor y colisión de partículas	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento	Obstrucción, enterramiento, arrastre	Obstrucción, enterramiento, arrastre	Obstrucción, enterramiento
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	Ningún efecto	Ningún efecto	Ningún efecto	Ningún efecto	Ningún efecto	Ningún efecto

5.7.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional del sistema de vías y transportes.

Para evaluar la vulnerabilidad funcional del sistema de vías y transporte a fenómenos volcánicos, se procedió en primera instancia a realizar un análisis estructural prospectivo de los componentes del sistema, tanto de la infraestructura vial y de transporte aéreo y terrestre, analizando los elementos básicos que son necesarios para su funcionamiento.

Como se describió en la metodología, se consideraron cada una de las variables

ordenadas en columnas, que indican cuales son las que influyen sobre cada una de las que están en fila, y se construye con ellas una matriz de doble entrada, es decir, se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación: se asigna “0” a las variables sin influencia; “1” a las variables que si ejercen una baja influencia; “3” a las variables con una influencia intermedia y “5” a las variables que ejercen una influencia alta. Con estas calificaciones se obtiene el siguiente cuadro:

Tabla 8. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias de la infraestructura vial

Nº		Vías primarias	Vías secundarias	Vías terciarias	Cruces o intersecciones viales	Cruces o paso a desnivel	Accesos viales	Puentes-Pontones a nivel	Nodos de llegada o de salida
1	Vías primarias	5	3	0	0	0	0	0	5
2	Vías secundarias	0	5	0	0	0	0	0	3
3	Vías terciarias	0	0	5	0	0	0	0	1
4	Cruces o intersecciones viales	5	3	1	5	0	0	0	5
5	Cruces o paso a desnivel	3	1	1	0	5	0	0	5
6	Accesos viales	3	3	3	0	0	5	0	5
7	Puentes-Pontones a nivel	5	5	5	0	0	0	5	5
8	Nodos de llegada o de salida	0	0	0	0	0	0	0	5
	DEPENDENCIA (D)	16	17	13	0	0	0	0	29

Determinación de las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 9,4), y se grafica los valores correspondientes a (I) e (D) como se indica de manera siguiente:

Tabla 9. Cálculo de valores de influencia y dependencia

N°	Elemento	D	I
1	Vías primarias	3	13
2	Vías secundarias	17	3
3	Vías terciarias	13	1
4	Cruces o intersecciones viales	0	14
5	Cruces o paso a desnivel	0	10
6	Accesos viales	0	14
7	Puentes-Pontones a nivel	0	20
8	Nodos de llegada o de salida	29	0

Estos valores se identifican y grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver figura siguiente.

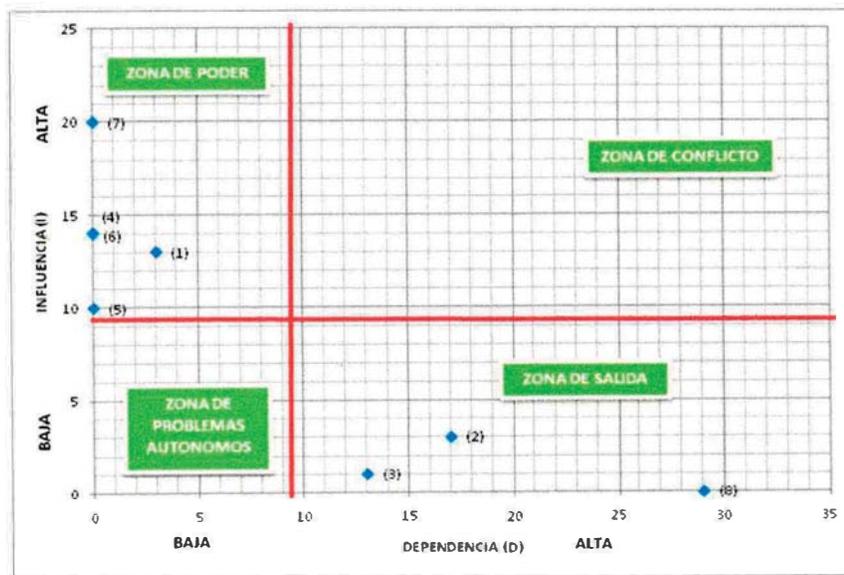


Figura 5. Plano de influencias y dependencias sistema de vial

De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (4), (5), (6) y (7), que corresponden a los que se encuentran en la zona de poder: en su orden, las vías primarias, los cruces o intersecciones viales, los cruces o pasos a desnivel, los accesos viales y los puentes-pontones a nivel, lo cual significa que estos componentes son los más importantes para el funcionamiento del sistema por que influyen en gran medida sobre los demás. En la

zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia que son el (2), (3) y (8) que corresponden a las vías secundarias, vías terciarias y a los nodos de llegada o de salida respectivamente, lo que significa que estos elementos son los más susceptibles a sufrir pérdida funcional si los de la zona de poder se afectan.

Tabla 10. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de transporte aéreo

N°		Espacio aéreo	Aeronaves	Infraestructura aeronáutica	Infraestructura aeroportuaria	INFLUENCIA (I)
1	<i>Espacio aéreo</i>	5	0	0	0	5
2	<i>Aeronaves</i>	1	5	0	0	1
3	<i>Infraestructura aeronáutica</i>	3	5	5	5	13
4	<i>Infraestructura aeroportuaria</i>	0	3	5	5	8
	DEPENDENCIA (D)	4	13	5	5	27

Determinación de las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 6,8), y se grafica los valores correspondientes a (I) e (D) como se indica de manera siguiente:

Tabla 11. Cálculo de valores de influencia y dependencia

N°	Elemento	D	I
1	Espacio aéreo	4	5
2	Aeronaves	13	1
3	Infraestructura aeronáutica	5	13
4	Infraestructura aeroportuaria	5	8

Estos valores se identifican y grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables, como se ve en la figura siguiente.

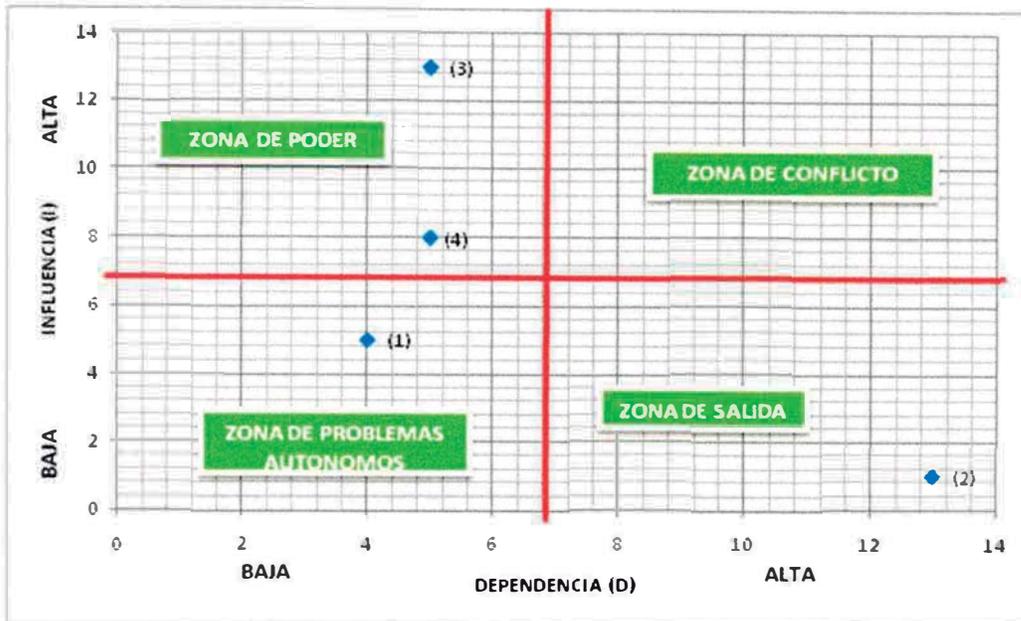


Figura 6. Plano de influencias y dependencias del sistema de transporte aéreo

De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y alta dependencia son el (3) y el (4), que corresponden respectivamente a la infraestructura aeronáutica y aeroportuaria ubicadas en la zona de poder, lo cual significa que estas componentes son las más importante para el funcionamiento del sistema, por que influye en gran medida sobre los demás; de otro lado en la zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia que en este caso es el (2), las aeronaves, lo que significa que estos elementos son los más susceptibles a sufrir perdida funcional si los de la zona de poder se afectan; y por último en la zona de problemas autónomos con baja influencia y dependencia se ubica el elemento (1) que corresponde al espacio aéreo.

Tabla 12. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de transporte terrestre

Nº		Infraestructura vial	Movilidad	Accesibilidad	Vehículos	Capacidad del sistema	Nivel de servicio	Suministro de combustible	INFLUENCIA (I)
1	Infraestructura vial	5	5	1	3	3	5	22	
2	Movilidad	0	3	5	0	5	1	14	
3	Accesibilidad	0	0	3	0	5	3	11	
4	Vehículos	3	3	1	5	5	3	20	
5	Capacidad del sistema	3	3	1	5	5	1	18	
6	Nivel de servicio	0	5	5	3	5	0	18	
7	Suministro de combustible	0	5	5	5	0	5	20	
	DEPENDENCIA (D)	6	21	20	22	13	28	13	123

Determinación de la las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 14,3), y se grafican los valores correspondientes a (Ic) e (Dc), como se indica a continuación:

Tabla 13. Cálculo de valores de influencia y dependencia²⁴

N°	Elemento	Dc	Ic
1	Infraestructura vial	4,9	17,9
2	Movilidad	17,1	11,4
3	Accesibilidad	16,3	8,9
4	Vehículos	17,9	16,3
5	Capacidad del sistema	10,6	14,6
6	Nivel de servicio	22,8	14,6
7	Suministro de combustible	10,6	16,3

Estos valores se identifican y grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver figura siguiente.

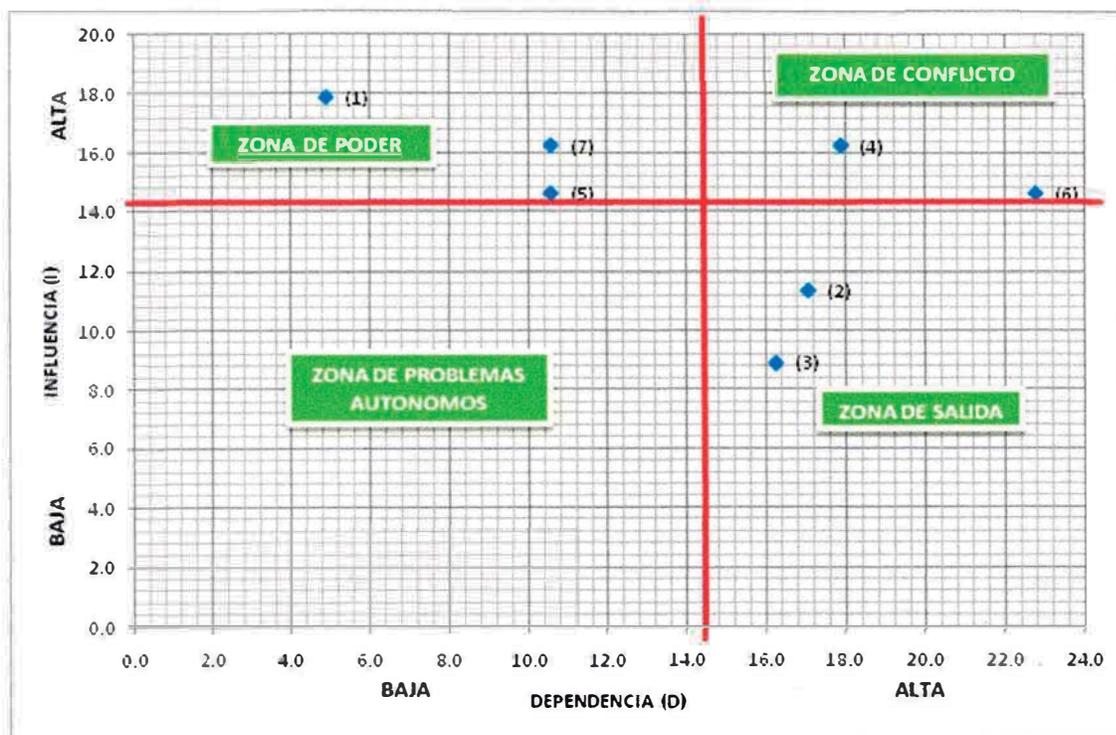


Figura 7. Plano de influencias y dependencias sistema de transporte terrestre

De acuerdo con los resultados obtenidos en este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (5) y (7), que corresponden

²⁴ Valores de (D) y (I) corregidos, para el cálculo de la media con propósitos de elaboración de la grafica. Que corresponden a: $D_c = (\text{valor de D}) / (\text{suma total de dependencias} * 100)$; $I_c = (\text{valor de I}) / (\text{suma total de Influencias} * 100)$.

respectivamente a la infraestructura vial, la capacidad del sistema y el suministro de combustibles, localizados en la zona de poder, lo que significa que son los más importante para el funcionamiento del sistema, porque influyen en gran medida sobre los demás. En la zona de conflicto se ubican componentes de alta influencia y dependencia, el (4) y el (6), que corresponden respectivamente a los vehículos y al nivel del servicio. En la zona de salida se ubican los componentes de baja influencia y alta dependencia, que son el (2) y (3), la movilidad y la accesibilidad, elementos que son los más susceptibles a sufrir pérdida funcional si los de la zona de poder se afectan.

5.7.5 Conclusiones

La funcionalidad vial se vería seriamente afectada por flujos piroclásticos, nube acompañante y flujos de lodo, ya que estos fenómenos ocasionarían daños severos, es decir pérdida total, en tramos y pasos a nivel importantes de la Circunvalar del Galeras (CG), sobre todo en aquellos que intercomunican las cabeceras municipales de Pasto, Nariño, La Florida, Sandoná y Consacá. Los municipios más afectados por esta pérdida de funcionalidad serían Nariño y La Florida, debido a que la CG es la única vía de interconexión con la capital departamental (no hay redundancia) y a que la proporción de tramos afectados en el área municipal es cercano al 100% en ambos municipios. Nariño y La Florida también verían comprometida la funcionalidad de tramos de orden secundario (Motilón–El Tambo) y terciario importantes para su conectividad con los centros poblados y cabeceras municipales ubicados al norte, los cuales se verían afectados por nube acompañante con capacidad de daño severo. Los tramos que permiten la conectividad de las poblaciones en ZAVA y ZAVM con los albergues temporales también se verían seriamente comprometidos (daño severo) por los mismos fenómenos descritos anteriormente.

Sandoná contaría con la interconectividad que la CG ofrece por el sur desde Consacá; sin embargo ésta presentaría daños severos en un tramo de 1 km aprox. en su intersección con el río Azufral (que presentaría flujos de lodo con capacidad de daño severo); también se vería afectado el puente respectivo. Otra opción para Sandoná es la interconexión con Ancuya, igualmente afectada por flujos de lodo en el río Gúaitara en un tramo de 1 km aprox., que comprometería también al puente asociado; la interconectividad al sur con la cabecera de Guaitarilla también se vería afectada en la intersección con el río Guitara (2 km aprox.), con las mismas consecuencias de la conexión a Ancuya.

La conectividad de los centros poblados localizados entre Pasto y Nariño que dependen de la CG y la vía terciaria de Pasto a Genoy (Mapachico Alto, San José y Aticante, Charguayaco, Villa María, Genoy, Briceño y Chorrillo), también sería gravemente comprometida, ya que estas vías y los pasos a nivel interceptan áreas con flujos piroclásticos, nube acompañante y flujos de lodo que tienen capacidad de daño severo (pérdida total), afectando cerca del 100% de estos tramos. Además no cuentan con redundancia en la interconectividad, y de haberla se verían igualmente comprometidas

si la amenaza se manifiesta con la severidad planteada en el Mapa de Amenaza Volcánica elaborado por Ingeominas.

La conectividad de Pasto con el norte -y el aeropuerto de Chachagüí- a través de la vía Panamericana sería afectada en la intersección de ésta y el puente con el río Pasto por flujos de lodo en un tramo de 0.2 km aprox., y 500 m más adelante, por la intersección de dos tramos (0.2 km aprox.) que también serían afectados por el mismo fenómeno. La vía Panamericana vería afectada su funcionalidad por flujos de lodo en un tramo de 0.2 km que intercepta la quebrada Mijitayo; sin embargo la conectividad de la ciudad con el sur no se afectaría debido a la redundancia ofrecida por las vías urbanas. Algunos sectores al norte de la ciudad podrían ver disminuida su conectividad con el centro de la ciudad por la afectación de vías urbanas que interceptan la quebrada Mijitayo, y con el oriente por la pérdida de los puentes que cruzan el río Pasto entre la confluencia con la misma quebrada y el cruce con la Panamericana; la conectividad con la subestación eléctrica Julio Bravo se perdería por daño severo en más del 80% del tramo debido a flujos piroclásticos, nube acompañante y flujos de lodo.

La conectividad de la región en general con el occidente se afectaría por la pérdida de tramos y puentes que cruzan el río Gúaitara por flujos de lodo. Los centros poblados localizados al norte del área de estudio mantendrían sus niveles de conectividad por las vías terciarias y la vía secundaria que las interconecta -tramo Motilón-El Tambo- que permite conectividad con la cabecera municipal de El Tambo y de allí con El Peñol, Linares y Ancuya. La principal afectación de esta zona estaría representada en la interrupción de la conectividad con la capital departamental y la interrupción del acceso a los servicios de transporte aéreo de pasajeros y carga que ofrece el aeropuerto de Chachagüí.

La manifestación de estos fenómenos generaría traumatismos para el funcionamiento del sistema de transporte terrestre automotor en las vías antes mencionadas, para el transporte de carga (alimentos, animales, encomiendas, equipos, vehículos) y pasajeros, afectando el comercio y el intercambio de productos, bienes y servicios con el Ecuador.

En cuanto a la caída y acumulación de ceniza volcánica, el sistema de vías y transportes se vería seriamente afectado debido a que pueden ser necesarias restricciones de velocidad o cierres de vías (avenida Circunvalar) para atender problemas de visibilidad (por opacidad) y/o superficies resbaladizas (pérdida de fricción). Las obras de arte de las vías como cunetas, drenajes y Box Couvert, entre otros, pueden obstruirse por caída de ceniza. La ocurrencia de lluvias torrenciales al momento de la erupción podría ayudar a lavar la ceniza rápidamente, evitando que esta se endurezca y se adhiera, lo cual haría difícil su remoción. Por otro lado, los vehículos automotores podrían resultar dañados por la exposición de ceniza (elementos exteriores, maquina, radiador y equipos eléctricos). En la tabla siguiente se presenta el nivel promedio de acumulación de ceniza que podría presentarse en la mayoría de los tramos viales analizados por este estudio, que sería necesario remover para garantizar la movilidad y la accesibilidad a las vías:

Tabla 14. Acumulación de ceniza volcánica por tramo vial a partir del modelo de Ceniza Corposso (2009)

NOMBRE VÍA	TRAMO	CENIZA PROMEDIO (cm)
Circunvalar al Volcán Galeras	Cebadal - Yacuanquer	17,53
	Yacuanquer - Bomboná	12,3
	Bomboná - Consacá	17,41
	Consacá - Sandoná	13,42
	Sandoná - El Ingenio	12,8
	El Ingenio - Florida	16,62
	Florida - Nariño	14,8
	Nariño - Pasto	16,32
Panamericana	Pilcuan Recia - Pedregal	6,7
	Pedregal - Pasto	12,85
	Pasto - Mercaderes	16,21
Varios	Ancuya - Sandoná	7,8
	Ancuya - Linares	8,9
	Linares - San Pedro	7,99
	El Tambo - San Pedro	7,42
	Florida - Robles	20,26
	La Caldera - Matituy	15,05
	Nariño - La Caldera	16,62
	A el Rodeo	9,29
	Consacá - Ancuya	10,71
	Consacá - Guaitarilla	9,81
	Motilón - El Tambo	11,93
	Al Peñol	8,94
	Pasto - Buesaco	18,09
	El Tambo - El Peñol	9,36
	San Pedro - Guaitara	10,05
	a Matituy	13,56
	a San Antonio	9,68
	a Duarte Bajo	6,99
	Tunja Grande - Duarte	12,78
	Robles - El Tambo	9,12
a Bellavista	13,24	
Capuly - Matituy	12,21	
Plazuelas - Robles	12,99	
a Genoy	17,51	
San Pedro - El Tambo	7,7	
a CH Julio Bravo	30,42	
SD (Sin Nombre)	15,01	

En cuanto al Aeropuerto Antonio Nariño, presentaría alteraciones en su funcionalidad por la caída piroclástica, de la cual se estima un espesor de 17 cm, que generaría sobrecarga en las cubiertas de las edificaciones del aeropuerto, así como fallas en los sistemas eléctricos, electrónicos, ópticos, comunicaciones y de radar. Por su dureza y rugosidad las cenizas volcánicas podrían provocar daños importantes en maquinaria y equipos de aviación, desde motores, impresoras y discos duros de cómputo; también podría afectar los sistemas hidráulicos de las aeronaves. De otro lado, las cenizas se pueden fundir en las cámaras de combustión de las turbinas y provocar daños en los motores. Los gases volcánicos combinados con agua podrían formar ácidos que causan la corrosión de las partes metálicas de las aeronaves y de las instalaciones físicas del aeropuerto. Del mismo modo, la ceniza puede adherirse a las superficies, taponando el sistema de refrigeración y los sensores de los aviones. Por estar más alejado del cráter del Volcán Galeras, a unos 53 km, el aeropuerto San Luis de Ipiales está menos expuesto a la afectación por la caída de ceniza.

Anexo 1

Mapas

Afectación Sistema de vías y transportes

Daños potenciales en vías de orden primario

Daños potenciales en vías de orden secundario

Daños potenciales en vías de orden terciario

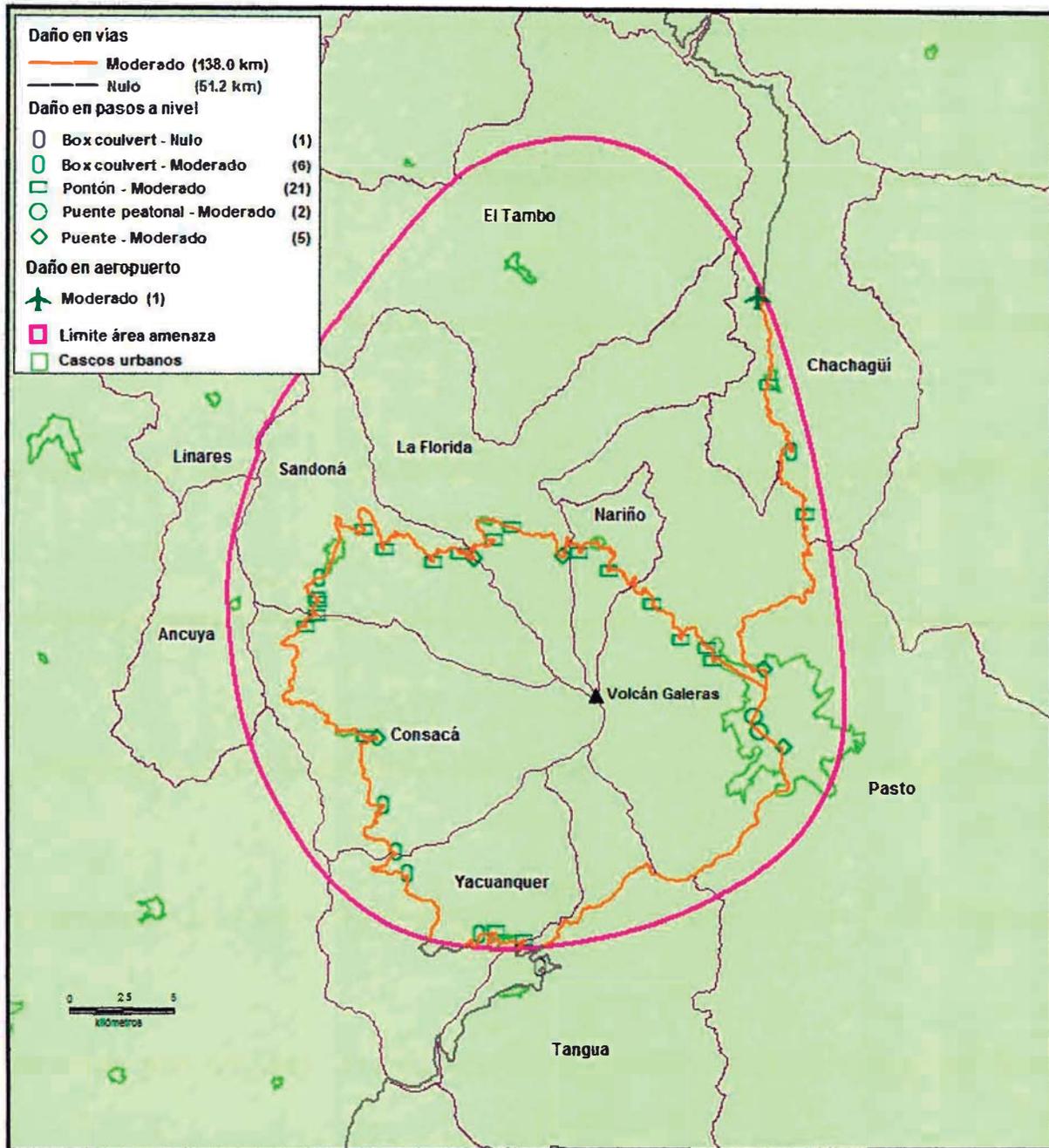


Figura 8. Distribución de daños potenciales en vías primarias por caída piroclástica

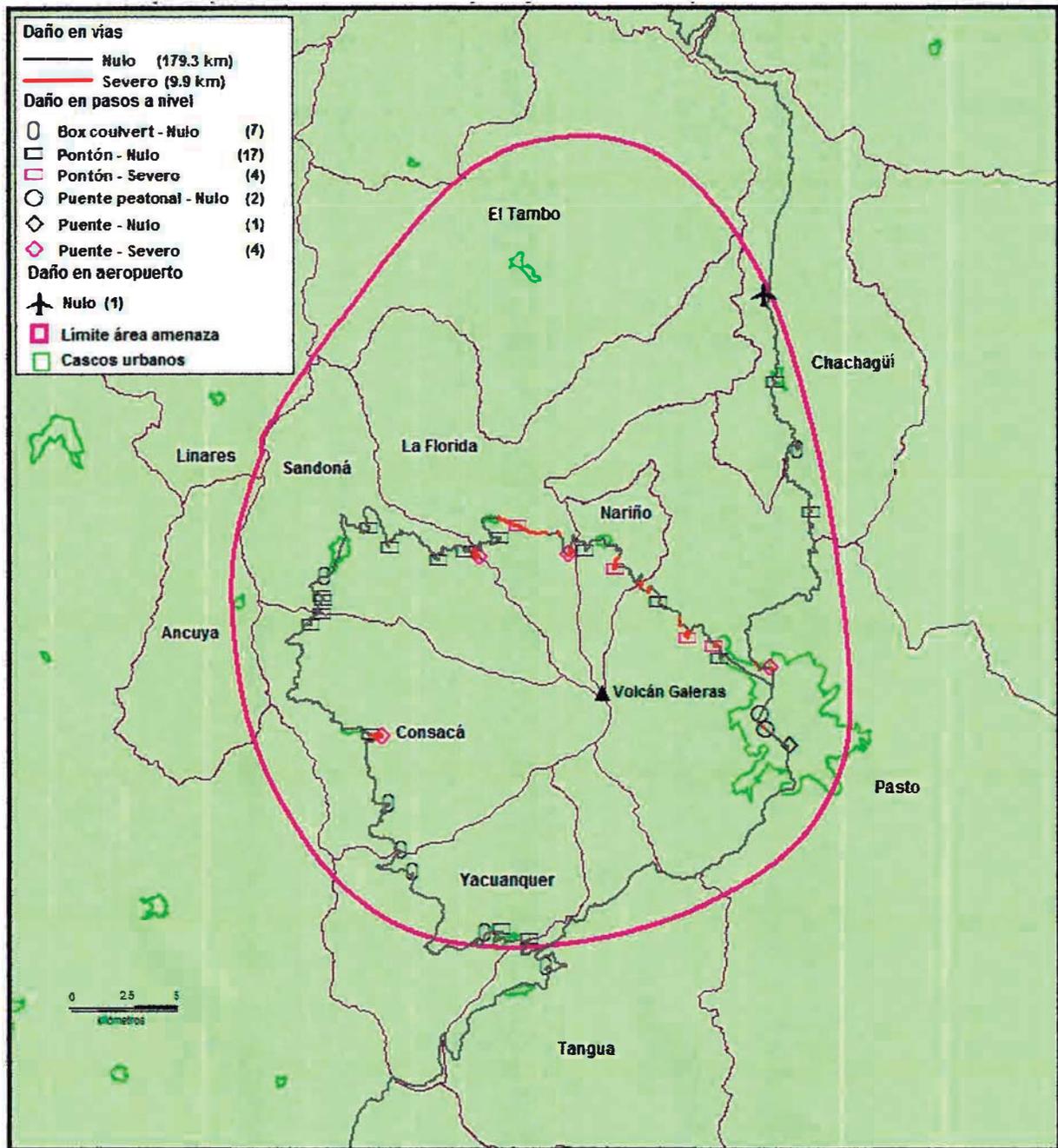


Figura 9. Distribución de daños potenciales en vías primarias por flujos de lodo

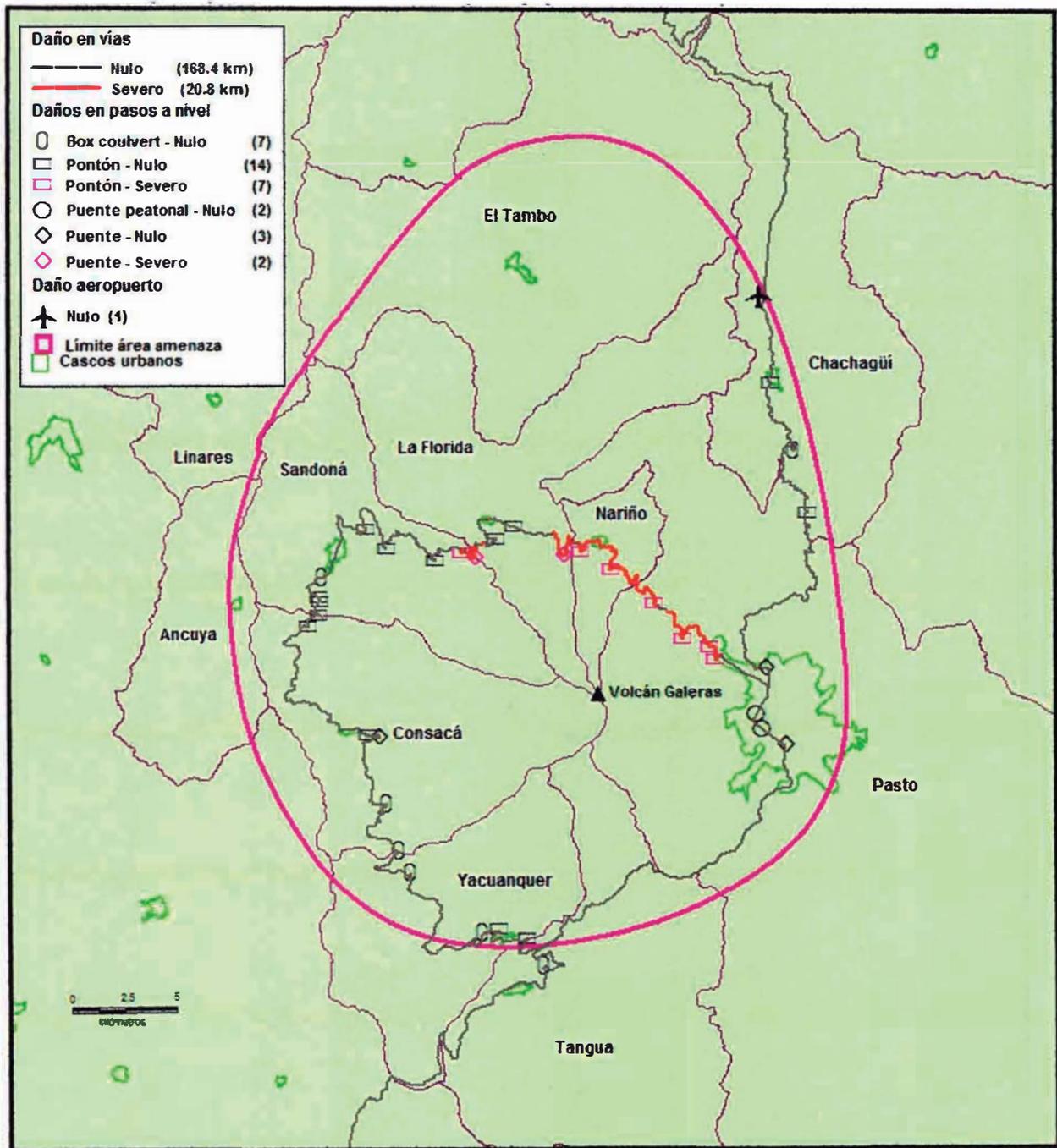


Figura 10. Distribución de daños potenciales en vías primarias por flujo piroclástico

Sistema de vías y transportes, distribución de daños por nube acompañante en vías primarias.

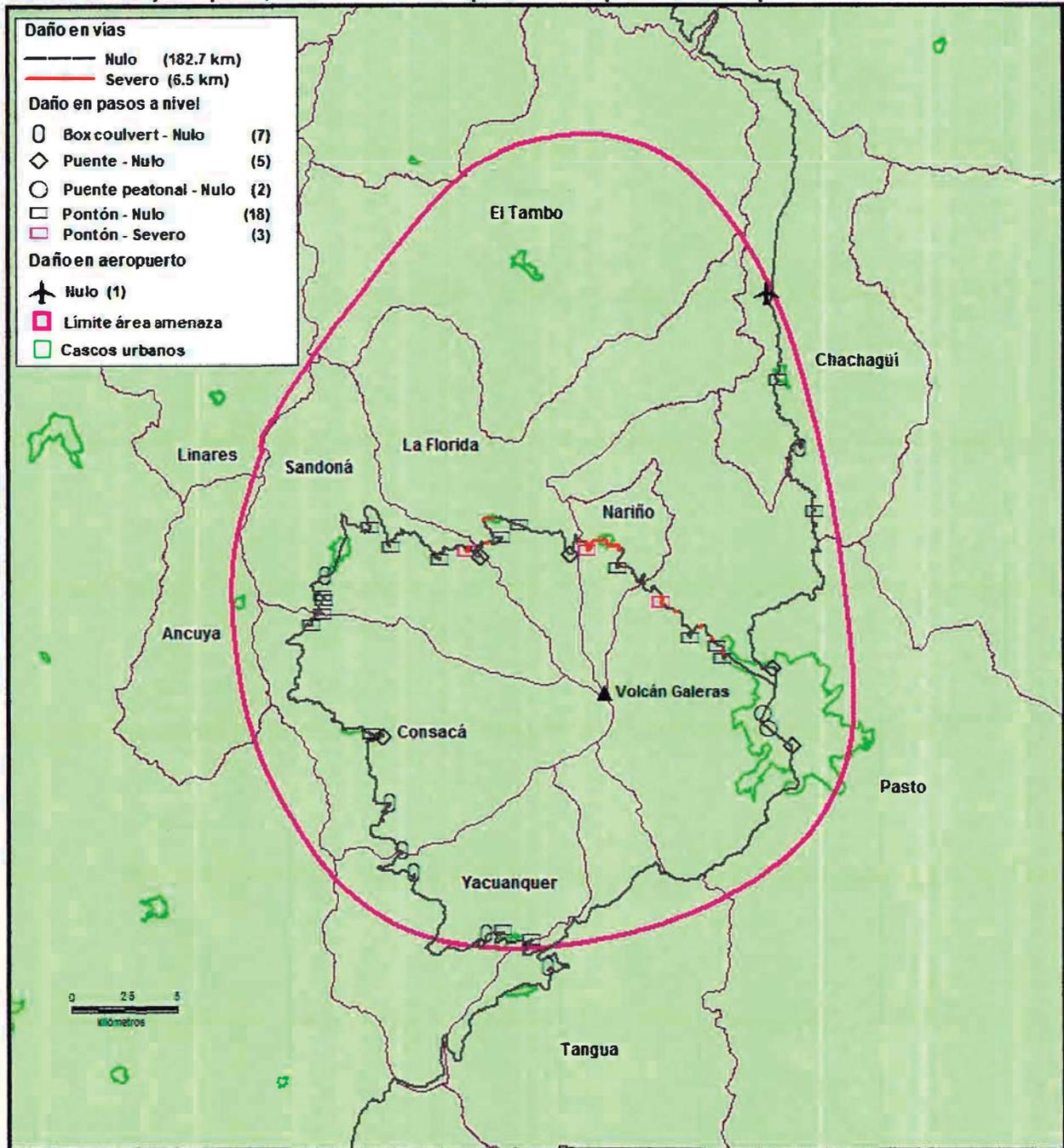


Figura 11. Distribución de daños potenciales en vías primarias por nube acompañante

Sistema de vías y transportes, distribución de daños por proyectiles balísticos en vías primarias.

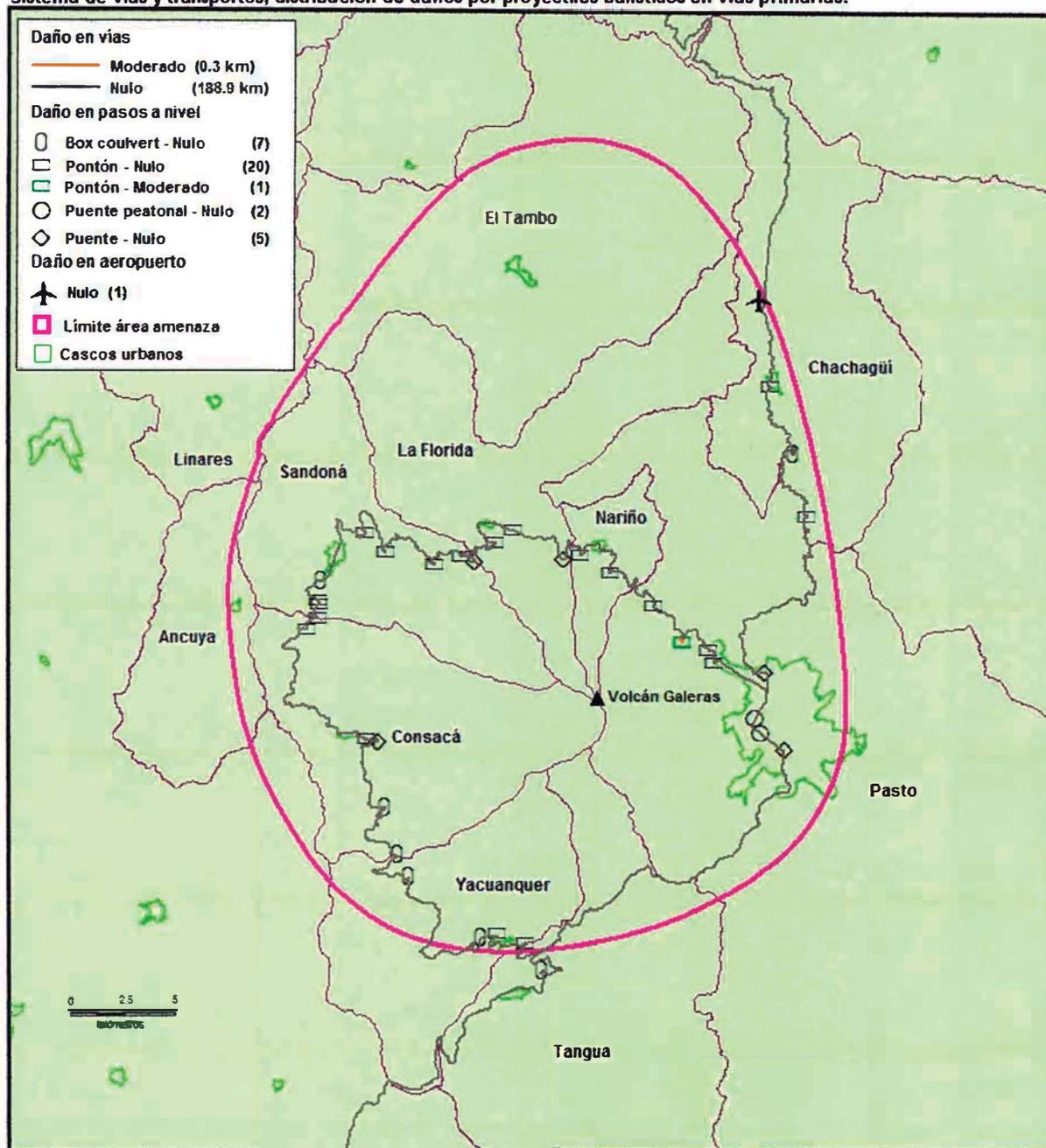


Figura 12. Distribución de daños potenciales en vías primarias por proyectiles balísticos

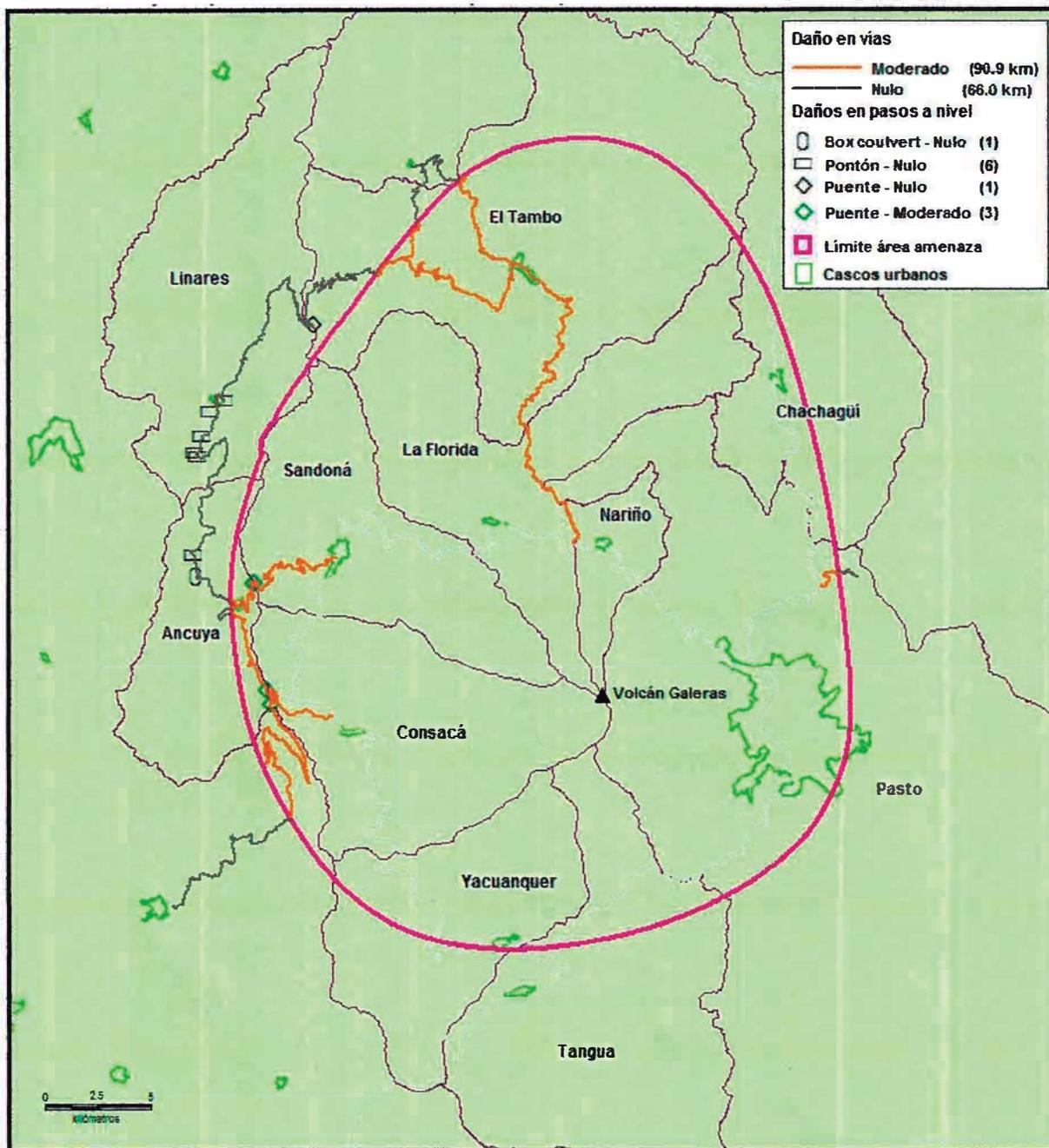


Figura 13. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por caída piroclástica

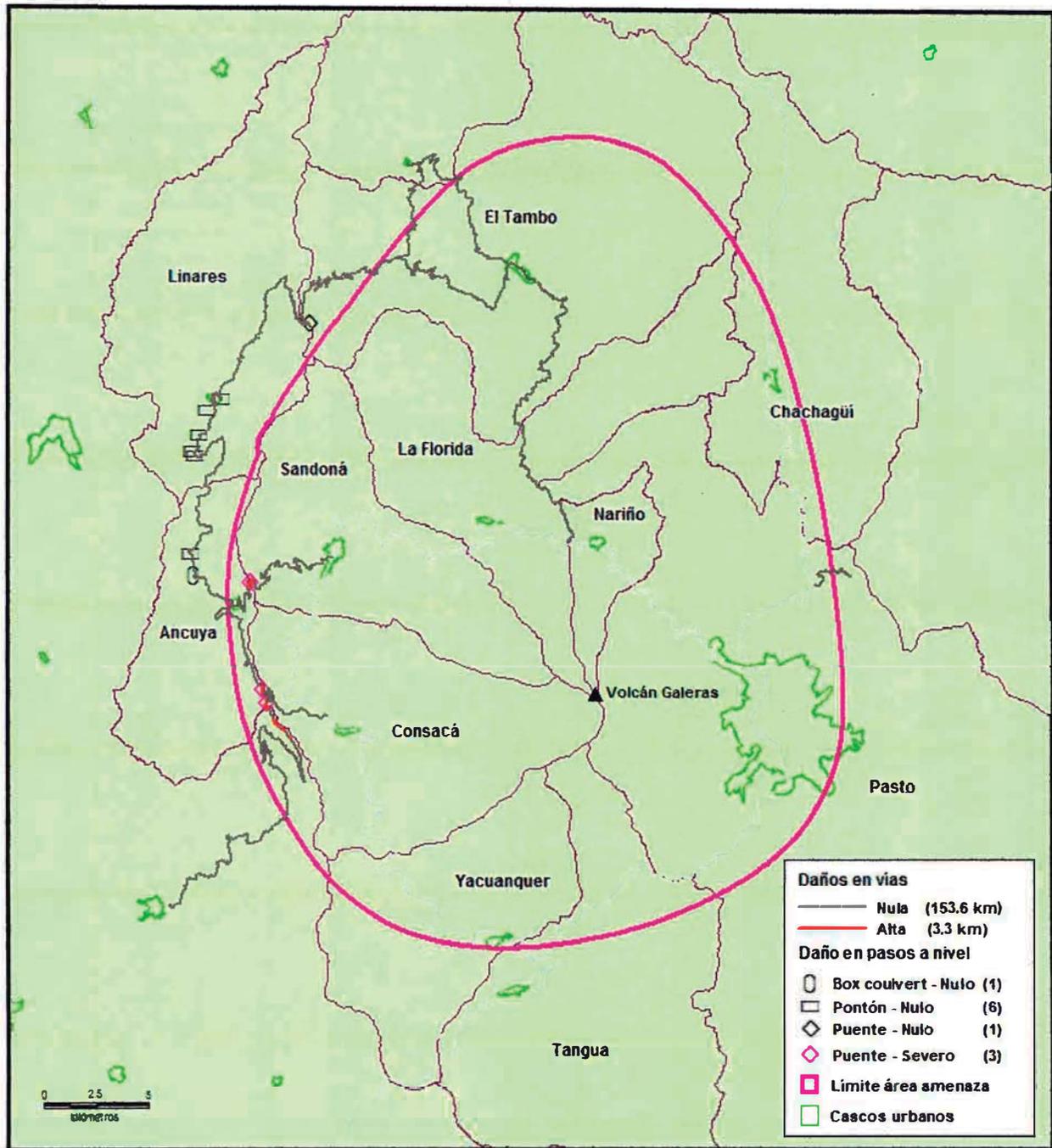


Figura 14. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por flujos de lodo

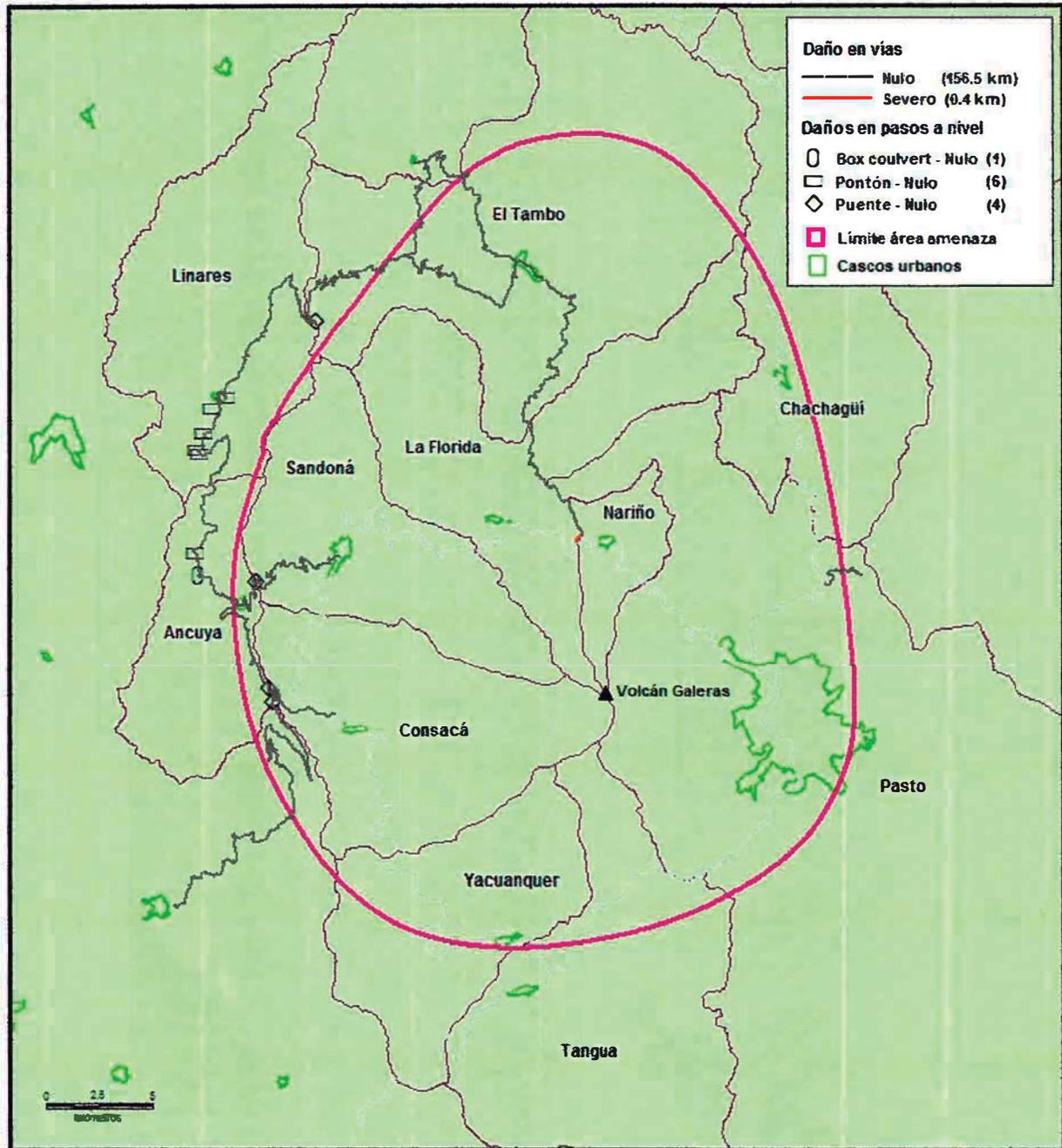


Figura 15. Distribución de daños potenciales en vías secundarias por flujos piroclásticos

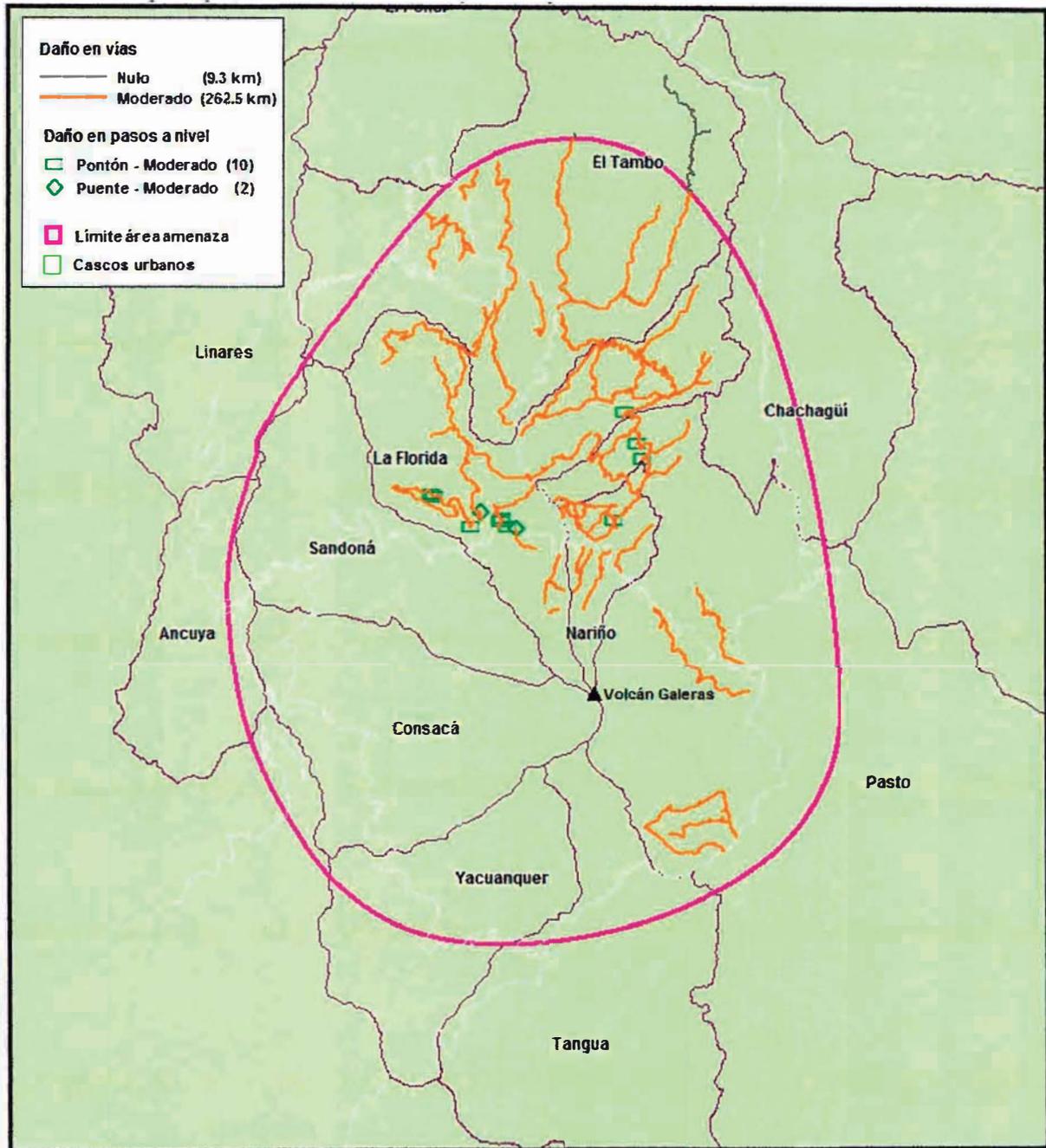


Figura 16. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por caída piroclástica

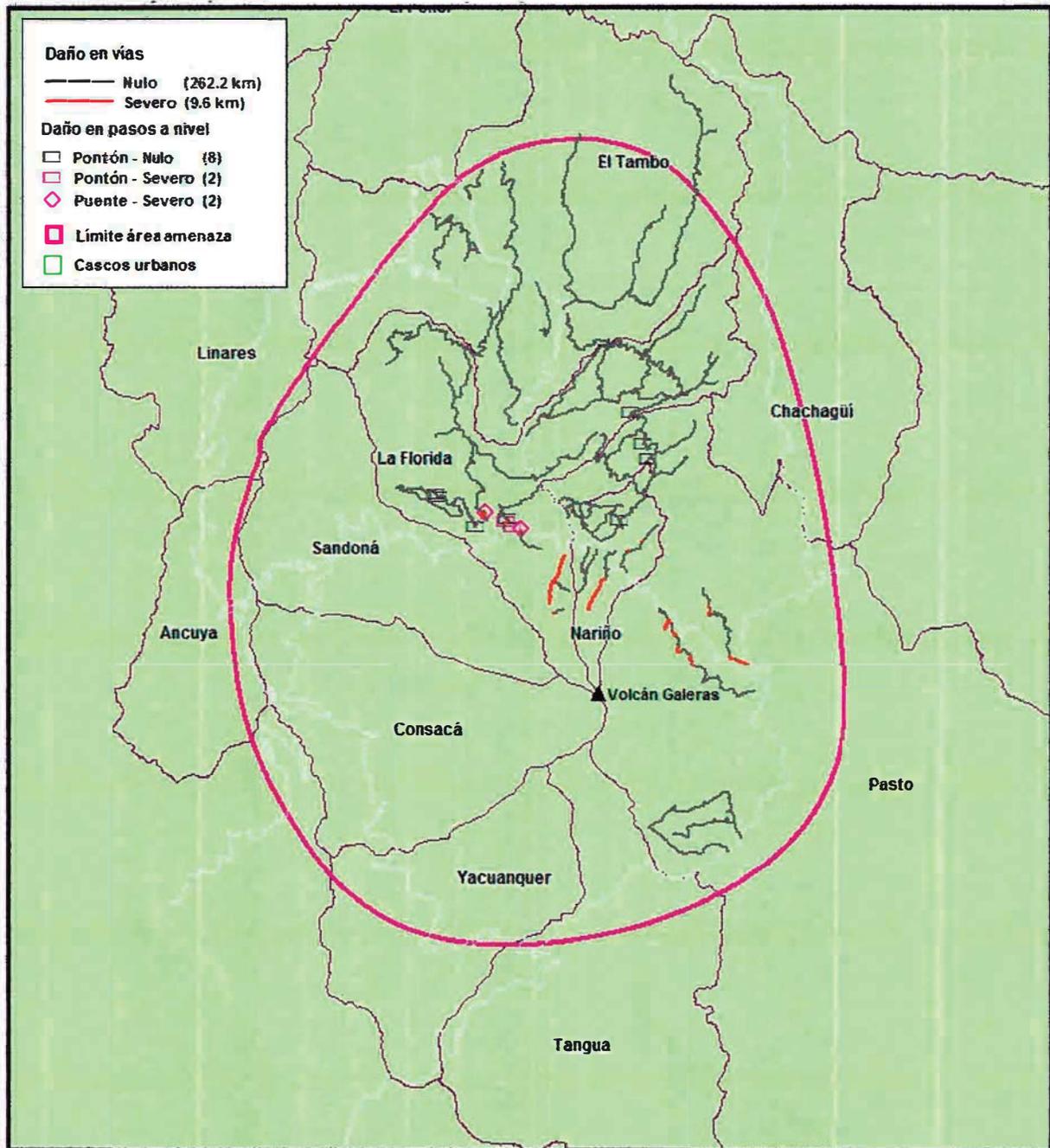


Figura 17. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por flujo de lodo

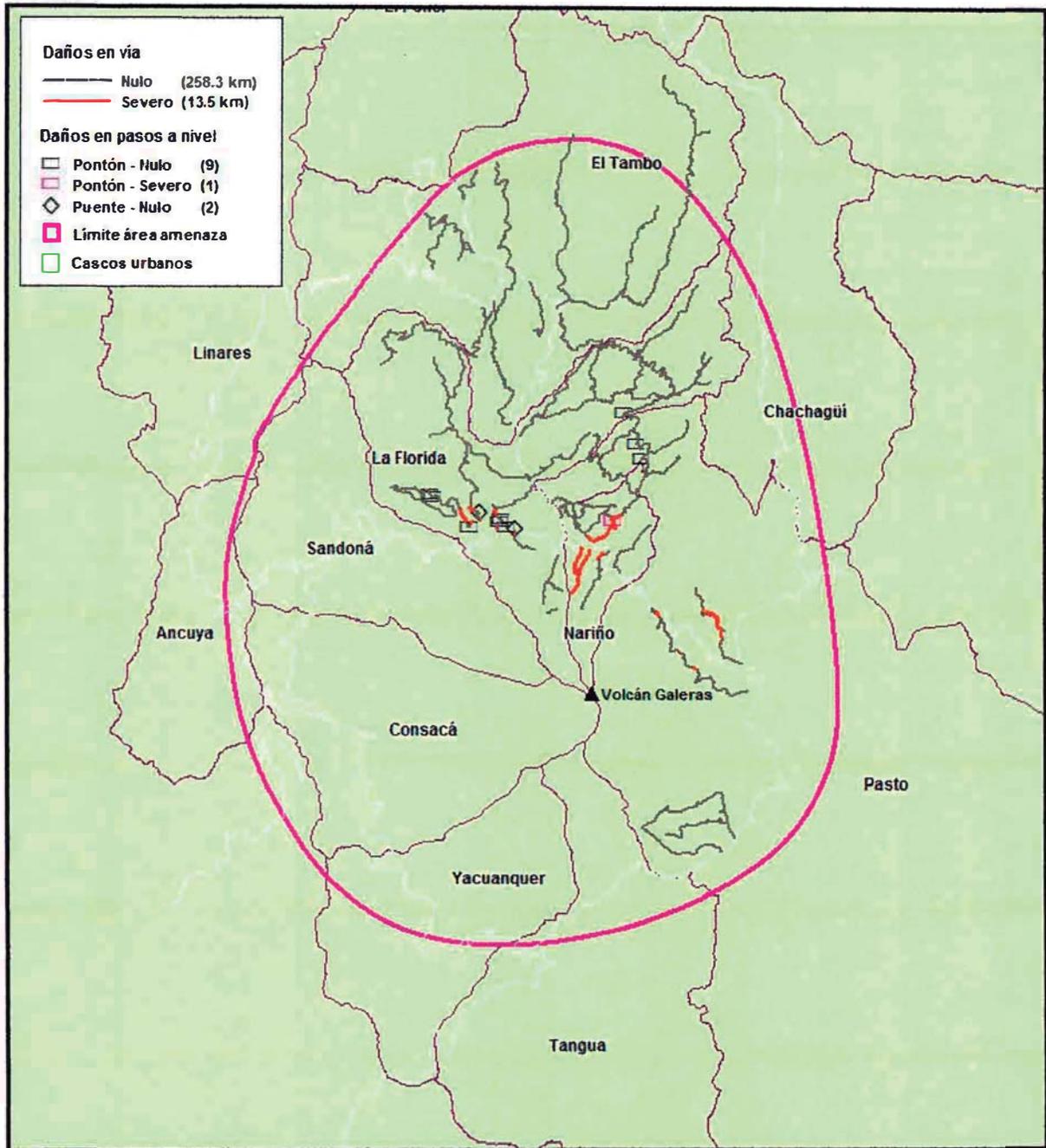


Figura 19. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por nube acompañante

Sistema de vías y transportes, distribución de daños por flujo piroclástico en vías terciarias.

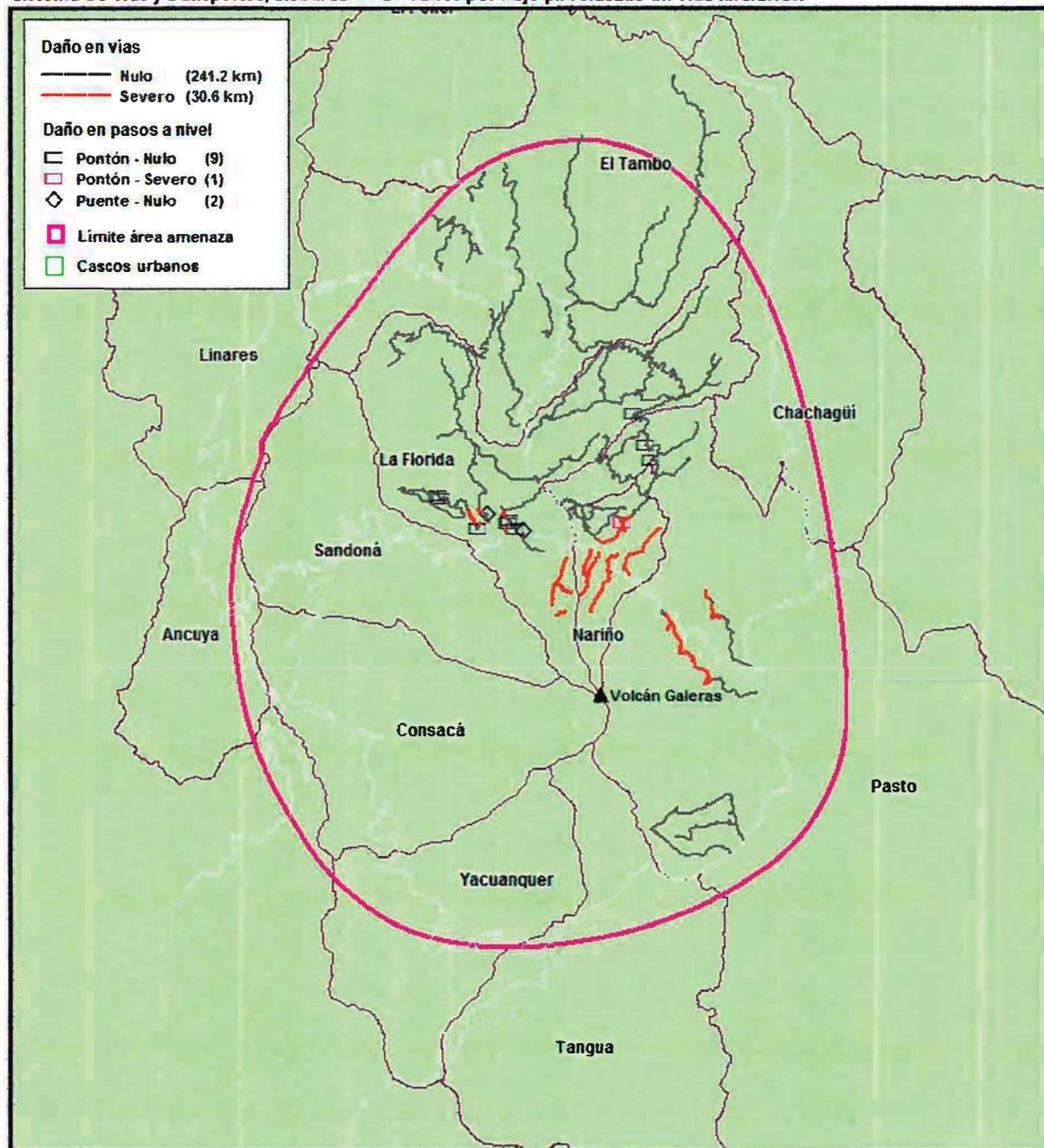


Figura 18. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por flujo piroclástico

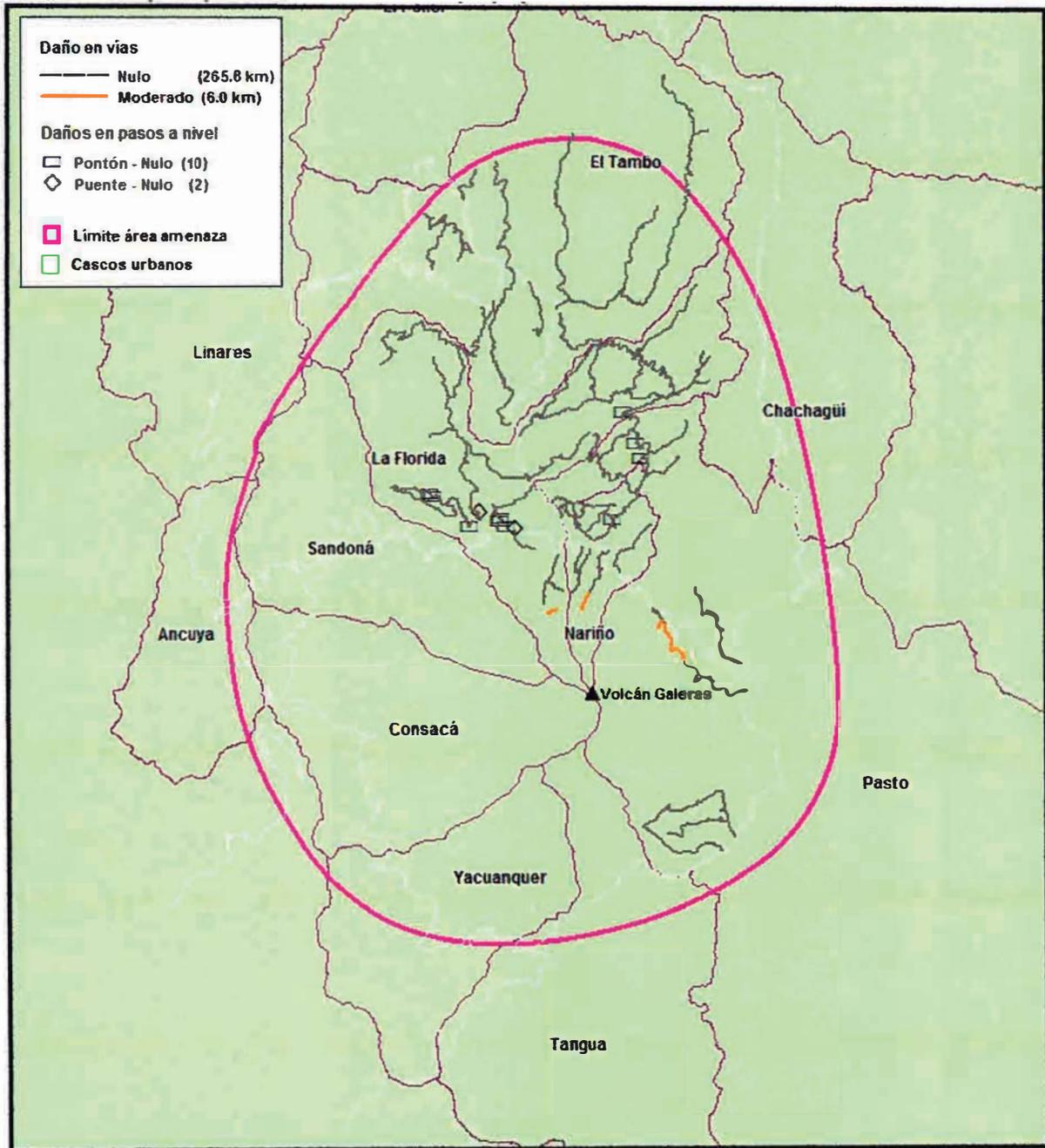
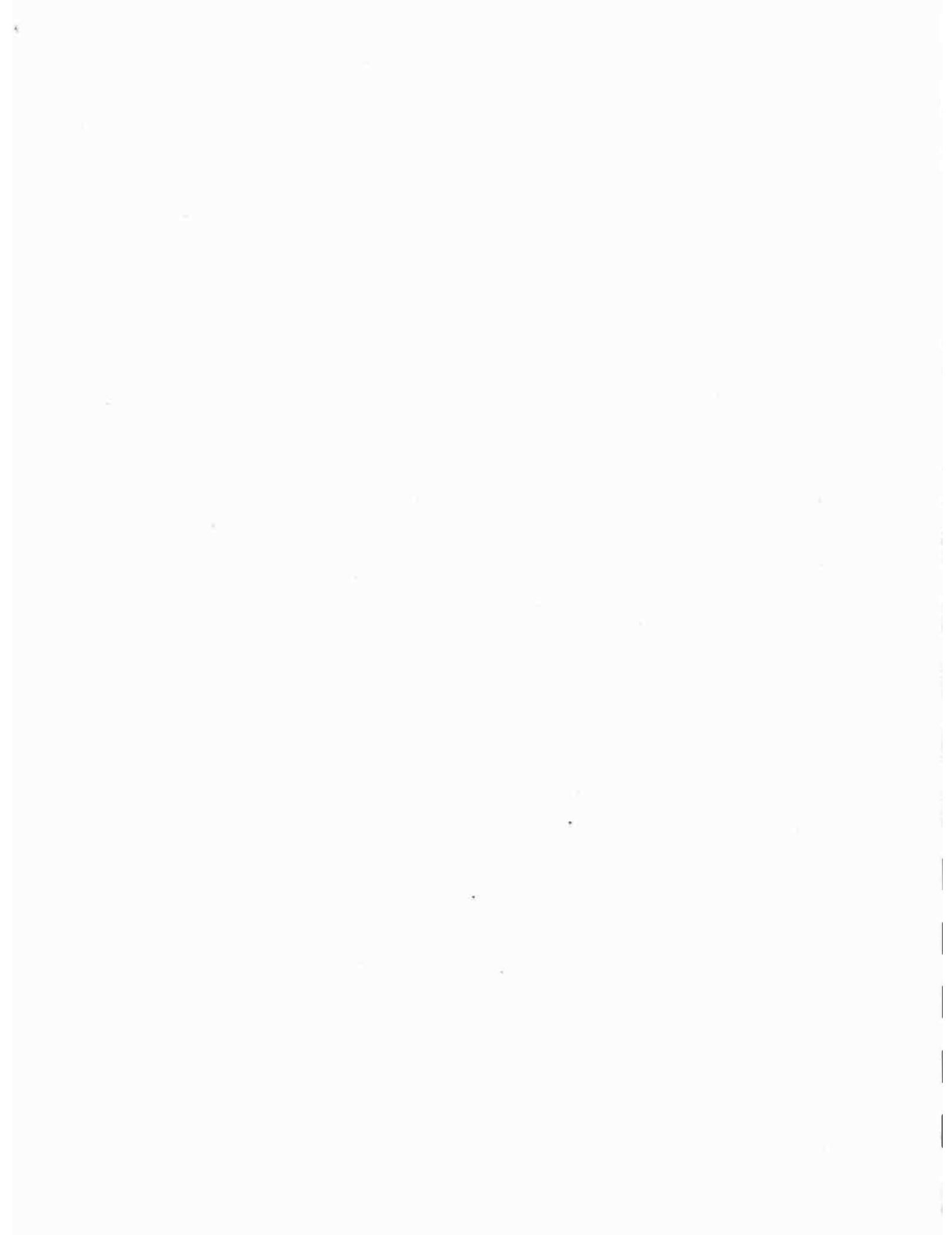


Figura 20. Distribución de daños potenciales en vías terciarias por proyectiles balísticos





REPÚBLICA DE COLOMBIA

**MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS**

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL
A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS**

INFORME FINAL

CAPÍTULO V

**-8. Sistema de abastecimiento de
combustible -**



San Juan de Pasto, 2009

Contenido Capítulo V. 8. Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de combustible

5.8 Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de combustible	3
5.8.1 Descripción general del sistema	3
5.8.2 Inventario del sistema de abastecimiento de combustible	7
5.8.3 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento de combustible.....	9
5.8.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional del sistema de abastecimiento y transporte de combustible	14
5.8.5 Conclusiones	18
Anexo 1 Mapas_Afectación sistema de abastecimiento de combustibles.....	19

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución de daños en el sistema de abastecimiento	13
Figura 2. Plano de influencias y dependencias sistema de abastecimiento y transporte de combustibles.....	16
Figura 3. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por caída piroclástica .	20
Figura 4. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por flujo de lodo	21
Figura 5. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por flujos piroclásticos.....	22
Figura 6. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por nube acompañante	23
Figura 7. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por onda de choque ...	24

Listado de tablas

Tabla 1. Inventario de estaciones de combustibles y capacidad de almacenamiento	7
Tabla 2. Matriz de exposición de sistema de abastecimiento de combustibles.....	10
Tabla 3. Efectos directos sobre el sistema de combustibles	14
Tabla 4. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de abastecimiento y transporte de combustibles.....	15
Tabla 5. Cálculo de valores de influencia y dependencia	16

5.8 Vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de combustible

5.8.1 Descripción general del sistema

De acuerdo con el decreto 1521 de 1998, expedido por el Ministerio de Minas y Energía, las estaciones de servicio son “establecimientos destinados al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos y gas licuado del petróleo (GLP), para vehículos automotores a través de equipos fijos (surtidores) que llenan directamente los tanques de combustible. Además, puede incluir facilidades para uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general y/o motor, cambio y reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnóstico, trabajos menores de mantenimiento automotor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías y accesorios y demás servicios afines”¹.

En las estaciones de servicio también pueden operar mini mercados, tiendas de comidas rápidas, cajeros automáticos, tiendas de video y otros servicios afines a éstos. Las estaciones de servicio también pueden disponer de instalaciones y equipos para la distribución de gas natural comprimido (G.N.C) para vehículos automotores^{2,3}.

Las estaciones de servicio que hacen parte fundamental del sistema de distribución de combustibles se componen de diversos elementos que pueden estar expuestos a los fenómenos volcánicos. Sus componentes se describen a continuación:

Tanques: dispositivo estacionario construido de materiales industriales (acero, fibra de vidrio) que le brindan soporte estructural, diseñado para contener un volumen de combustibles líquidos.

Combustible líquido: líquido que presenta un punto de chispa igual o mayor de 37,8°C. Proviene del proceso de refinación del petróleo, como puede ser el fraccionamiento, la destilación primaria, la ruptura catalítica, la alquilación, etc., que pueden haber sido tratados químicamente para eliminar compuestos indeseables azufrados, o para incorporar aditivos químicos con el fin de mejorar las propiedades de estabilidad a la oxidación y protección contra la corrosión y la herrumbre. Ejemplos son, la gasolina motor, gasolina de avión, diesel, o cualquier gasóleo, que se usa generalmente en la operación de motores. Los combustibles líquidos se clasifican en tres grupos de acuerdo al punto de chispa (Norma NFPA 30A):

- Clase II: combustibles líquidos con punto de chispa entre 37,8°C y 60°C.

¹ Ministerio del Medio Ambiente. 1999. GUIA DE MANEJO AMBIENTAL PARA ESTACIONES DE SERVICIO DE COMBUSTIBLE.

² Siempre y cuando se obtengan de las autoridades competentes las autorizaciones correspondientes y se cumplan todas las normas de seguridad para cada uno de los servicios ofrecidos. Estas actividades comerciales no deberán interferir con el objeto principal para el cual se autorizó la operación de la estación de servicio, vale decir, el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos.

³ Reglamentación específica del Ministerio de Minas y Energía contemplada en el presente decreto y en la resolución 80582 del 8 de Abril de 1996 o en aquella que la aclare, modifique o reemplace.

- Clase IIIA: combustibles líquidos con punto de chispa entre 60°C y 93°C.
- Clase IIIB: combustibles líquidos con punto de chispa por encima de 93°C.

Líquidos inflamables: son aquellos cuyo punto de inflamación es menor a 37,8°C y cuya presión de vapor es menor a 2.068 mmHg a 37,8°C. Estos líquidos se conocen como líquidos clase I y se clasifican en (Norma NFPA 30A):

- Clase IA: Líquidos que tienen puntos de inflamación menores a 22,8°C y punto de ebullición igual o menor a 37,8°C.
- Clase IB: Líquidos cuyo punto de inflamación es menor a 22,8°C y cuyo punto de ebullición es igual o mayor a 37,8°C.
- Clase IC: Líquidos con punto de inflamación igual o mayor a 22,8°C pero menor a 37,8°C.

Los combustibles distribuidos en las estaciones de servicio son:

Gasolina motor extra: combustible preparado a partir de mezclas de naftas obtenidas en proceso de ruptura catalítica y polimerización. Por su alto octanaje se utiliza como combustible para motores de gasolina de alta relación de compresión.

Gasolina motor corriente: combustible proveniente de naftas obtenidas por procesos de destilación, ruptura catalítica, alquilación, etc. Se utiliza en los motores de combustión interna de gasolina con bajas relaciones de compresión (8:1 a 9:1).

A.C.P.M. (Diesel): destilado medio obtenido del fraccionamiento o destilación primaria del petróleo crudo. Se usa como combustible para motores diesel en equipo automotor.

Queroseno (kerosene): producto intermedio de la destilación del petróleo que se obtiene mediante el fraccionamiento del petróleo crudo. Se usa como combustible doméstico en estufas y quemadores.

Almacenamiento

Tipos de Tanques

Tanques Superficiales. Sistema de tanques y tuberías utilizados para contener un volumen de combustible a presión atmosférica, los cuales tienen más del 90% de su volumen por encima de la superficie del terreno⁴.

Tanques Subterráneos. Sistema de tanque y tuberías utilizado para contener un volumen de combustible líquido a presión atmosférica, el cual tiene por lo menos un 10% de su volumen por debajo de la superficie del terreno. De acuerdo a su diseño pueden clasificarse en:

⁴ De acuerdo con el Decreto 1521 de 1998 del Ministerio de Minas y Energía, los tanques superficiales sólo pueden usarse en aquellos casos en que por razones comprobadas es imposible la instalación de tanques subterráneos.

- A. **Tanques de pared sencilla:** independientemente del material utilizado en su construcción, este tipo de tanque requiere de la instalación de una contención secundaria. Estos se pueden clasificar en:
- **Tanques de acero recubiertos:** Son tanques de acero que cuentan con un recubrimiento (baño) exterior en pintura asfáltica altamente dieléctrica, aplicada directamente sobre el tanque, sin espacio intersticial.
 - **Tanques en material no corrosivo de pared sencilla:** Estos tanques son por lo general construidos en fibra de vidrio reforzado con plástico.
 - **Tanques compuestos (Mixtos):** Son tanques de acero que tienen un revestimiento exterior de fibra de vidrio sin espacio intersticial.
- B. **Tanques de doble pared.** Son tanques que se encuentran completamente aislados del medio ambiente por medio de una pared exterior que los cubre totalmente. A la pared exterior se le conoce como tanque secundario o tanque externo; el espacio entre las paredes del tanque es el intersticio o espacio anular. De acuerdo con el material de construcción los tanques de doble pared pueden clasificarse en:
- **Tanques Enchaquetados:** Consiste de un revestimiento de polietileno de alta densidad o de fibra de vidrio que reviste al tanque de acero. Este tipo de tanque cuenta con una zona intersticial entre el enchaquetado y el tanque, que actúa como doble pared.
 - **Tanques de materiales no corrosivos:** En este caso tanto el tanque exterior como el interior son de fibra de vidrio reforzada con plástico.

Distribución

Líneas de conducción. Es el conjunto de tuberías, uniones y conexiones que sirven para transferir el combustible desde el tanque de almacenamiento hacia los sistemas de distribución del producto.

Tipos de líneas de conducción

De acuerdo a la ubicación de la bomba, las líneas de conducción pueden ser:

- **Líneas de conducción a succión:** Sistemas que usan una bomba de succión instalada en el surtidor del producto.
- **Líneas de conducción a presión:** Son sistemas presurizados que usan una bomba sumergible instalada en el tanque.

Las líneas de conducción se pueden clasificar en:

Rígidas. Pueden ser de material metálico como el acero, acero galvanizado, o de materiales no corrosivos como la fibra de vidrio:

Metálica. Son tuberías de acero o hierro modular (ASTM A395-80) recubiertas o revestidas. Tuberías construidas con materiales de punto de fusión bajo (aluminio, cobre, latón) pueden utilizarse únicamente si la tubería se encuentra enterrada; líneas de conducción superficiales construidas con estos materiales, deben dotarse de protecciones contra la exposición al fuego.

De materiales no metálicos. Por lo general están construidas en materiales resistentes a la corrosión, como la fibra de vidrio. Materiales plásticos o similares pueden utilizarse para la construcción de las líneas de conducción siempre y cuando incluyan los principios de una buena ingeniería y sean compatibles con el fluido que transportarán.

Flexible. Son tuberías cuyo material de construcción permite cierto grado de deformación en la tubería sin comprometer sus capacidades estructurales. Se construyen principalmente en termoplásticos compuestos como el poliestireno o el poliuretano.

Sistemas de distribución de combustible: Corresponden a los equipos con los cuales se hace llegar el combustible del tanque a los automotores. El sistema incluye no sólo el equipo de distribución (surtidor o dispensador) sino también una serie de obras inherentes a ellas como son las islas, los *canopies* y los pisos en zonas aledañas.

Islas: son las bases construidas en material resistente y no inflamable sobre la cual se ubican los dispensadores o surtidores de combustibles, las cuales se construyen con una altura mínima de 0,20 m sobre el nivel del piso y con un ancho mayor a 1,20 m1. Las funciones de las islas son:

- Brindar a los sistemas de distribución un anclaje adecuado para prevenir su volcadura y para evitar que vibraciones rompan las tuberías y demás partes mecánicas de los sistemas.
- Dar protección a los sistemas de distribución contra posibles colisiones.

Canopies. Son estructuras de concreto o metálicas, cuya función principal es resguardar los sistemas de distribución del agua lluvia y de la intemperie en general.

Tipos de sistemas de distribución de combustibles

Dependiendo de la operación del sistema estos pueden clasificarse en:

- **Surtidores.** Este sistema de distribución trabaja bajo succión, pues la bomba se encuentra dentro del surtidor.
- **Dispensadores.** Este sistema trabaja bajo presión, pues la bomba se encuentra sumergida dentro de los tanques.

5.8.2 Inventario del sistema de abastecimiento de combustible

En total se inventariaron 63 estaciones de servicio: 61 de combustible líquido y 2 de combustible gaseoso. A continuación aparece la lista:

- 📍 Ancuya: 1
- 📍 Linares: 2
- 📍 Sandoná: 2
- 📍 Tangua: 5
- 📍 Chachagüí: 5
- 📍 El Tambo: 3
- 📍 Consacá: 2
- 📍 Yacuanquer: 1
- 📍 La Florida: 1
- 📍 Nariño: 1
- 📍 Pasto: 40

A partir de información del Ministerio de Minas y Energía se estimó la capacidad en galones/mes para cada una de las estaciones de combustible, lo que dio un total de 2'884.651. De la misma forma se estimó que la longitud de ruta de recorrido vial de los vehículos de transporte en el área de estudio es de 282.4 km. El transporte de combustibles derivados del petróleo para la zona de estudio se realiza desde las plantas de abasto o mayoristas de la ciudad de Yumbo (Valle del Cauca). En la siguiente tabla se presenta el inventario de las estaciones analizadas.

Tabla 1. Inventario de estaciones de combustibles y capacidad de almacenamiento

MUNICIPIO	NOMBRE	CAPACIDAD (Gal-mes)
Pasto	Estación de servicio Vinasaco	SD
	Estación de servicio Corporación de Transportadores Nariñenses (Fundadores)	85.719
	Estación de servicio Altos de Daza	91.306
	Estación de servicio Dolores	SD
	Estación de servicio Estrella Roja	SD
	Estación de servicio Héroes	SD
	Servicentro Juanambú	110.003
	Servicentro Las Avenidas	94.408
	Servicentro La Victoria	51.501

PASTO	Estación de servicio Metropolitana	83.200
	Estación de servicio Morasurco	132.375
	Estación de servicio Oriente	49.424
	Servicentro Panamericana	92.573
	Estación de servicio Parque Infantil	49.813
	Estación de servicio Autobuses del Sur	40.000
	Estación de servicio Canal Sur	126.502
	Estación de servicio Cootranar	42.000
	Estación de servicio Cootranur	SD
	Estación de servicio Del Puente	115.957
	Estación de servicio Corporación de Transportadores Nariñenses (Fundadores)	85.719
	Servicentro Guadalupe	62.240
	Servicentro El Gúaitara	96.592
	Estación de servicio San Bartolomé	56.698
	Servicentro Galeras	81.440
	Servicentro Pasto	SD
	Estación de servicio Servisur	80.190
	Servicentro Super	100.312
	Estación de servicio Occidente S.A.	103.666
	Estación de servicio Sociedad Fátima Ltda.	50.804
	Estación de servicio Falcon	67.550
	Estación de servicio Guamuez	59.010
	Estación de servicio Coonartax	79.861
	Servicentro Potrerillo	SD
	Servicentro Transipiales	53.706
	Estación de servicio Las Américas	65.491
	Estación de servicio Becord	66.424
	Estación de servicio La 17	58.889
Estación de servicio La Merced	31.827	
MONTAGAS	SD	
SUPERGAS	SD	
ANCUYA	Estación de servicio Ancuya	SD
LINARES	Estación de servicio Arboleda	16.641
	Estación de servicio Lubricantes Ortiz	14.965

MUNICIPIO	NOMBRE	CAPACIDAD (Gal-mes)
SANDONÁ	Estación de servicio Sandoná 1	35.181
	Estación de servicio Sandoná 2	49.245
TANGUA	Estación de servicio Los Andes	42.293
	Estación de servicio Cebadal	51.078
	Estación de servicio Coba Negra	29.759
	Estación de servicio La Marquesa	41.444
	Estación de servicio Sindagua	SD
CHACHAGUI	Estación de servicio Aeropuerto	40.424
	Estación de servicio Arizona	SD
	Estación de servicio Cano bajo	8.000
	Servicentro Oro Negro	23.373
	Servicentro Esso Chachagüí	40.209
EL TAMBO	Servicentro Rojas	18.362
	Servicentro El Tambo	49.581
	Servicentro La Playa	SD
CONSACÁ	Estación de servicio Consacá 1	SD
	Estación de servicio Consacá 2	52.386
YACUANQUER	Estación de servicio Yacuanquer	40.275
LA FLORIDA	Estación de servicio Florida	SD
NARIÑO	Estación de servicio Nariño	38.406
TOTAL	63	2.884.651

5.8.3 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema de abastecimiento de combustible.

La vulnerabilidad física general del sistema de combustibles se determinó a partir de la utilización de los criterios expresados el numeral 2.3.5 del Capítulo II – Aspectos metodológicos, con el cual se califica, el grado de favorabilidad o desfavorabilidad de la condición y la disposición de los elementos expuestos con respecto a cada una de las amenazas volcánicas, en los municipios que componen el área de estudio. En la siguiente tabla se presenta la matriz de vulnerabilidad física aplicada.

Tabla 2. Matriz de exposición de sistema de abastecimiento de combustibles

Fenómenos (solicitud)	Indicador de exposición																		
	Flujo piroclástico			Flujo lava		Caída piroclástica		Flujo lodo		Onda choque				Proyectiles balísticos				Nube acompañante	
Elemento	FPA	FPM	FPN	LVA	LVN	CPA	CPB	FLA	FLN	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN	PBA	PBM	PBB	PBN	NAM	NAN
Estación de combustible líquido superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Estación de combustible líquido superficial cubierta	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Estación de combustible gaseoso superficial aire libre	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0

Los daños en los componentes del sistema de suministro de combustible (vehículos, infraestructura vial, almacenamiento y distribución), podrían generar contaminación potencial de aguas superficiales y subterráneas, contaminación de suelos, alteración del paisaje o entorno natural, afectación sobre infraestructura y población adyacente derivado de eventuales riesgos generados por incendios o explosiones.

El sistema de almacenamiento de combustible, tanto en los elementos puntuales como en los lineales, estaría afectado por flujos piroclásticos (FP), flujos de lodo (FL) y nube ardiente o acompañante (NA). Se puede decir que sólo el 7,9% de los 63 elementos puntuales experimentarían daño severo. En cuanto a las vías que permiten el abastecimiento de las estaciones, cuyos elementos lineales están compuestos por vías primarias, secundarias, terciarias y otras sin clasificar, solo el 10,2%, que equivale a una longitud de 63,7 km de 621,5 km del total inventariado y evaluado, experimentarían daño severo. La evaluación de los elementos puntuales de las vías, como puentes, pontones y drenajes, se describen en el sistema de vías y transportes por lo cual se omitirán en la presente descripción, pues para el presente análisis se mencionarán los tramos de vías que por su afectación interrumpirían el desarrollo normal del sistema de almacenamiento de combustible.

Los municipios que presentan mayor exposición a sufrir daño severo en el sistema de almacenamiento de combustibles, principalmente por flujos piroclásticos (FP), flujos de lodo (FL), y nube ardiente o acompañante (NA), son Pasto y Nariño. Del total de las 61 estaciones de combustible líquido, 5, es decir el 8.2%, se encuentran expuestas a sufrir daño severo por flujos piroclásticos, flujos de lodo y nube acompañante o ardiente. Estas estaciones son las siguientes: en el municipio de Pasto están el 80%, 4; la primera de ellas se encuentra en las riveras de la quebrada Payacones en la salida de Pasto hacia Nariño, y se verá afectada por flujos piroclásticos según el modelo de flujos piroclásticos INGEOMINAS – 1997. Las otras 3 estaciones se verían afectadas por el flujo de lodo

proveniente de la quebrada Mijitayo y el río Pasto al norte de la ciudad, según el mapa de amenaza del INGEOMINAS – 1997. En el municipio de Nariño, 1 estación ubicada a la entrada del casco urbano de Nariño desde Pasto, se vería afectada por nube acompañante o ardiente. Los municipios La Florida, Sandoná, Consacá, Ancuya, El Tambo y Linares, no tendrían una afectación severa en sus estaciones de combustible; sin embargo la afectación de las vías que dan acceso a estos municipios alteraría el suministro de combustible. Además, la caída de ceniza, por su acumulación de peso en estructuras y techos, podría generar daños o colapso de las cubiertas o estructuras en las estaciones; la onda de choque podría generar daños leves. Este mismo fenómeno podría presentarse en los municipios de Yacuanquer y Tangua; no obstante, éstos no tendrían inconveniente por el tema de accesibilidad pues su comunicación con el sur del país y el casco urbano de Pasto garantizaría de alguna forma el suministro de combustible.

De las dos estaciones de combustible gaseoso, que constituyen el 9% del total de estaciones localizadas en el casco urbano de Pasto, ninguna tendría afectación severa; sin embargo la acumulación de ceniza, que según el modelo calculado por la Corporación OSSO tendría 7.4 cm en el sector donde se ubica MONTAGAS, ubicada en el sitio conocido como Alto de Daza, en la vía que conduce de Pasto a Chachagüí. En donde está SUPERGAS, en la salida sur de Pasto hacia Catambuco, a un costado de la Panamericana, se podrían acumular 25.8 cm de ceniza, que podrían generar daño en cubiertas y estructuras.

Respecto a las vías que se usan para el abastecimiento de combustibles, de 189,1 km de longitud total de vías primarias, 25,9 km, o sea el 13,7%, tendría daño severo por flujo piroclástico, flujos de lodo y nube acompañante. Los tramos que se verían afectados se distribuyen de la siguiente forma:

8,7 km de vía (el 33,7%) se encuentran en el municipio de Pasto, en la vía Circunvalar hacia Nariño atravesando el casco urbano de Genoy.

En el municipio de Nariño 7,3 km de vía, el 28,2% corresponden al trayecto de la vía Circunvalar que atraviesa el municipio de Nariño y está expuesto a flujos piroclásticos y nube acompañante.

En La Florida, 7,7 km, el 29,7%, también corresponde a la Circunvalar y está expuesta a sufrir daños severos por flujos piroclásticos, flujos de lodo y nube acompañante o ardiente; este tramo va desde el cruce a El Tambo en la Circunvalar hasta la salida del casco urbano de La Florida y el tramo que atraviesa el río Chacagüico.

En Sandoná, 1 km, el 3,9%, va por la Circunvalar, localizado en el tramo que pasa por el río Chacagüico.

En el municipio de Consacá 1.1 km, el 4.4%, es un tramo de la Circunvalar y está expuesto a sufrir daños por flujos de lodo, que se localiza sobre el río Azufral.

De la longitud total de vías secundarias, 156,8 km, el 25,2% del total de vías estudiadas en este aparte, 2.6 km, es decir el 1.7%, sufriría daño severo por flujos de lodo, flujos piroclásticos y nube acompañante o ardiente. Los tramos de ruta expuestos se encuentran localizados en: La Florida, 0,4 kilómetros, o sea el 15,1%, y en la vía que va desde la Circunvalar al El Tambo, en límites con el municipio de Nariño (cruce El Motilón).

93,2 km de rutas son por vías secundarias, de las cuales 1,3 km, equivalentes al 1,4% de ellas, sufriría daño severo por flujos de lodo, flujos piroclásticos y nube acompañante o ardiente. Los tramos de ruta por vías secundarias expuestos se encuentran localizados en: La Florida, 0,4 kilómetros en la vía que va desde la Circunvalar al El Tambo, en límites con el municipio de Nariño (cruce El Motilón); y 0,9 km entre Sandoná y Ancuya en la vía que los comunica y que atraviesa el cañón del río Gúaitara.

El resto de vías que sirven de rutas para el abastecimiento de combustible en el área de estudio (255,2 km), se verían expuestas a sufrir daños moderados por caída piroclástica, que pueden incidir en la vulnerabilidad funcional de los tramos de vías, pues esta haría perder la tracción en las vías, principalmente las de asfalto (136,9 km). De éstas, 40,4 km, pertenecen a la Circunvalar del Galeras y 96,5 km a la Panamericana.

En la siguiente gráfica se encuentran los elementos expuestos desde el punto de vista físico a los fenómenos arriba mencionados y que podrían generar daño severo al sistema.

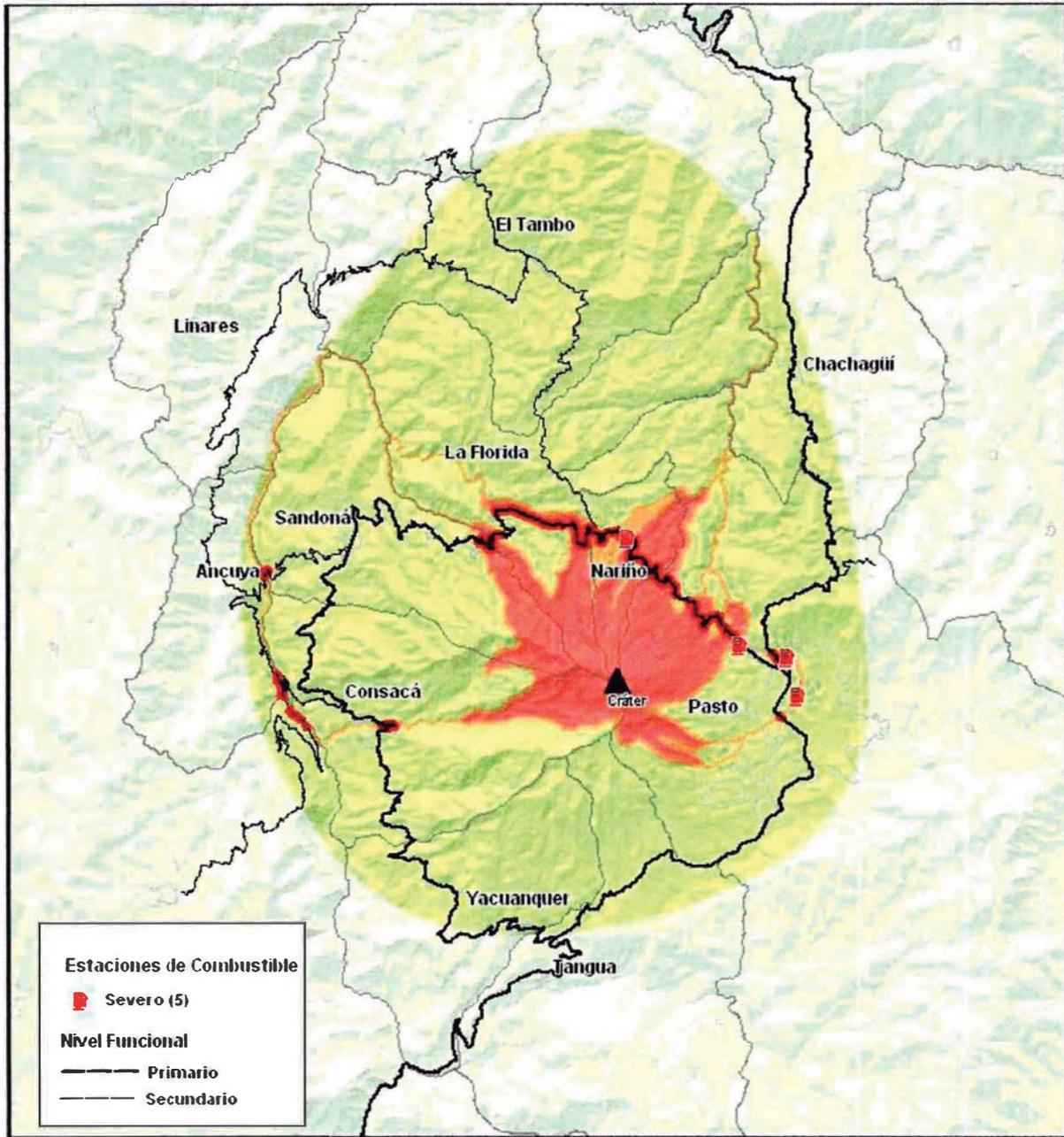


Figura 1. Mapa de distribución de daños en el sistema de abastecimiento y transporte de combustibles

Tabla 3. Efectos directos sobre el sistema de combustibles

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	RED VIAL	ESTACIÓN/ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE	VEHÍCULOS DE TRANSPORTE
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	Adherencia, opacidad, enterramiento (caída piroclástica extrema), abrasión, obstrucción	SEVERO: Enterramiento, colapso por falla de la estructura de cubierta, por acumulación de ceniza de gran espesor. MODERADO: Adherencia, deformación de la estructura de cubierta por acumulación de ceniza Adherencia, corrosión, abrasión, acreción cortos circuitos en surtidores	Adherencia, corrosión, abrasión, acreción cortos circuitos (por caída piroclástica extrema), obstrucción
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas	Obstrucción, enterramiento	Destrucción total, enterramiento, arrastre, ruptura, perforación, impacto Desgarre de la estructura del suelo, incineración, explosión	Arrastre, incineración, aumento de la temperatura, Explosión
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE	Presiones laterales y onda de calor	Obstrucción, enterramiento, incendio, derretimiento, aumento temperatura	Derretimiento, incineración, enterramiento, obstrucción, incendio, explosión	Adherencia, corrosión, abrasión, acreción cortos circuitos,
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Perforación, obstrucción	Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio, explosión	Perforación, Aplastamiento, incendio, explosión
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE	Onda de calor y colisión de partículas	Aumento de temperatura - derretimiento, obstrucción con partículas, opacidad	Derretimiento, incineración, impacto de partículas	Arrastre, incineración, aumento de la temperatura, Explosión
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Obstrucción, enterramiento	Arrastre, volcamiento, enterramiento, impacto de partículas, obstrucción	Arrastre, volcamiento, enterramiento, obstrucción, explosión
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	Ningún efecto	SEVERO fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanas al umbral de daño de la estructura MODERADO: Vibración, rotura, desprendimiento elementos - daños menores en estructuras LEVE: Vibración y rotura de vidrios ventanales, apertura de puertas	Vibración, rotura de vidrios y desprendimiento elementos

5.8.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional del sistema de abastecimiento y transporte de combustible

Para evaluar la vulnerabilidad funcional del sistema de abastecimiento y transporte de combustibles a fenómenos volcánicos, se procedió en primera instancia a realizar un

análisis estructural prospectivo de los componentes tanto de la infraestructura vial y de transporte, analizando los elementos básicos que son necesarios para su funcionamiento.

Para el análisis funcional se consideran cada una de las variables ordenadas en columnas, que indican cuáles de éstas son las que influyen sobre cada una de las que están en fila. Con ellas se construye una matriz de doble entrada, es decir se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación: "0" a los componentes sin influencia, "1" a aquellos que ejercen una influencia baja, "3" a los que presentan influencia intermedia y "5" a aquellos componentes con alta influencia. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sistema de abastecimiento y transporte de combustibles

N°		Sistema vial	Vehículos de transporte	Almacenamiento	Distribución	Suministro de energía	INFLUENCIA (I)
1	Sistema vial	5	3	5	5	0	18
2	Vehículos de transporte	1	5	3	5	0	9
3	Almacenamiento	0	0	5	3	0	3
4	Distribución	0	5	0	5	0	5
5	Suministro de energía	0	1	0	5	5	6
	DEPENDENCIA (D)	1	9	8	18	0	36

Determinación de la las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 7,2), y se grafica los valores correspondientes a (I) e (D) como se indica a continuación:

Tabla 5. Cálculo de valores de influencia y dependencia

N°	Elemento	D	I
1	Sistema Vial	1	13
2	Vehículos de transporte	9	9
3	Almacenamiento	8	3
4	Distribución	18	5
5	Suministro de energía	0	6

Estos valores se identifican y grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver figura siguiente.

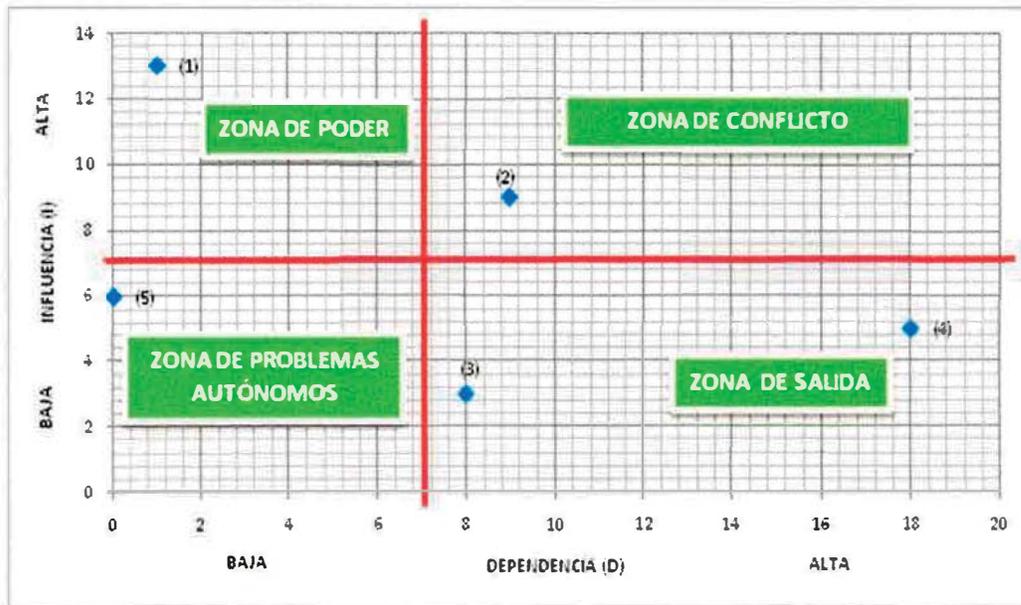


Figura 2. Plano de influencias y dependencias sistema de abastecimiento y transporte de combustibles

De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que el elemento de mayor influencia y baja dependencia es el (1) que se encuentra en la zona de poder, que corresponde al sistema vial, lo que significa que este componente es el más importante para el funcionamiento del sistema, ya que influye en gran medida sobre los demás. En la zona de conflicto se encuentra el elemento (2), que corresponde a los vehículos de transporte de combustibles, que presentan una alta dependencia y una alta influencia. En la zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia que son el (3) y el (4) que corresponden respectivamente al almacenamiento y la distribución de combustibles, lo que significa que estos elementos son los más susceptibles a sufrir

pérdida funcional si los de la zona de poder se afectan. Por último, en la zona de problemas autónomos se encuentra el elemento (5), que corresponde al suministro de energía.

En este orden de ideas, el municipio de Nariño tiene una vulnerabilidad funcional alta en el sistema de abastecimiento de combustible, puesto que su vía principal de acceso, la Circunvalar, y la única estación de combustible del municipio, se verían gravemente afectadas en el 100% de sus elementos por la severidad de los fenómenos a los que están expuestas (FP, NA), lo que significa un colapso del sistema y por lo tanto desabastecimiento de combustible.

El municipio de La Florida, al igual que los municipios de Sandoná, Consacá, Ancuya, Linares y El Tambo, no tendrían afectaciones severas por los fenómenos a los que están expuestos; sin embargo, hay que considerar la cantidad de ceniza promedio que podría depositarse sobre las cubiertas de las estaciones: para la estación de La Florida un espesor de 6,33 cm; en la estaciones de Sandoná 8,7 cm; en la estación de Ancuya 14,8 cm; en las de Consacá 20,3 cm y en las de El Tambo 8,8 cm, mientras que en las estaciones de Linares se esperarían 12,2 cm de ceniza. Estas acumulaciones pueden generar daños y colapsos en las estructura.

La continuidad de las rutas que circulan la vía Circunvalar se vería comprometida en los municipios de Pasto, La Florida y Nariño, con un total de 23,7 kilómetros, y en una menor proporción en los municipios de Sandoná y Consacá, con 2,2 km, afectando el suministro de combustible en estos municipios. Las estaciones localizadas en los municipios de Yacuanquer y Tangua no tendrían afectaciones en su sistema de suministro de combustible, ya que conservarían su conectividad vial con los municipios de Pasto, la Costa Pacífica y el sur del país.

El municipio de Pasto, a pesar de que vería afectadas 4 de las 40 estaciones de combustible líquido que posee, no vería comprometida su funcionalidad, puesto que se habla de solo el 10% de su capacidad afectada; su accesibilidad solo se vería comprometida en el norte de la ciudad, pero su conectividad vial con el Pacífico, el sur y el sur oriente del país se mantendría en buenas condiciones, lo que garantiza su funcionalidad.

5.8.5 Conclusiones

- Debido a la alta dependencia de las estaciones de combustibles de la infraestructura vial existente, y que ella está expuesta a daño severo en tramos importantes en los municipios Pasto, Nariño y La Florida, la funcionalidad del sistema estaría comprometida en los municipios Nariño, La Florida, Sandoná y Consacá, que podrían experimentar desabastecimiento por el aislamiento físico. Los municipios de Pasto, Ancuya, Linares, Tangua, Yacuanquer y El Tambo, presentan mejores condiciones de conectividad con los sitios fuente de combustible, mientras que Pasto dispone de redundancia de depósitos y estaciones de combustible.
- Las estaciones de combustible están expuestas a la depositación de altas cantidades de ceniza volcánica. Además la tipología de las cubiertas en la mayoría de los casos tiene pendientes muy pequeñas que favorecerían la acumulación de ceniza, aumentando el peso de las mismas y por tanto la posibilidad de colapso estructural. De presentarse esta situación, las máquinas surtidoras podrían perderían funcionalidad.
- La ceniza volcánica también puede afectar aquellos componentes eléctricos y electrónicos de los que dependen los surtidores, afectando su funcionalidad. Podrían incluso propiciar la ocurrencia de cortocircuitos y, por tanto, aumentar la posibilidad de incendios por la cercanía de combustible y sus gases.
- El desabastecimiento de combustible en los municipios de Nariño, La Florida, Sandoná y Consacá, afectaría la industria agrícola que dependa de combustibles fósiles para el procesamiento de materia prima, como la caña de azúcar para la producción de panela, el fique o los beneficiaderos de café. El sector de transporte público también se vería afectado por este motivo.

Anexo 1
Mapas
Afectación sistema de abastecimiento de combustibles

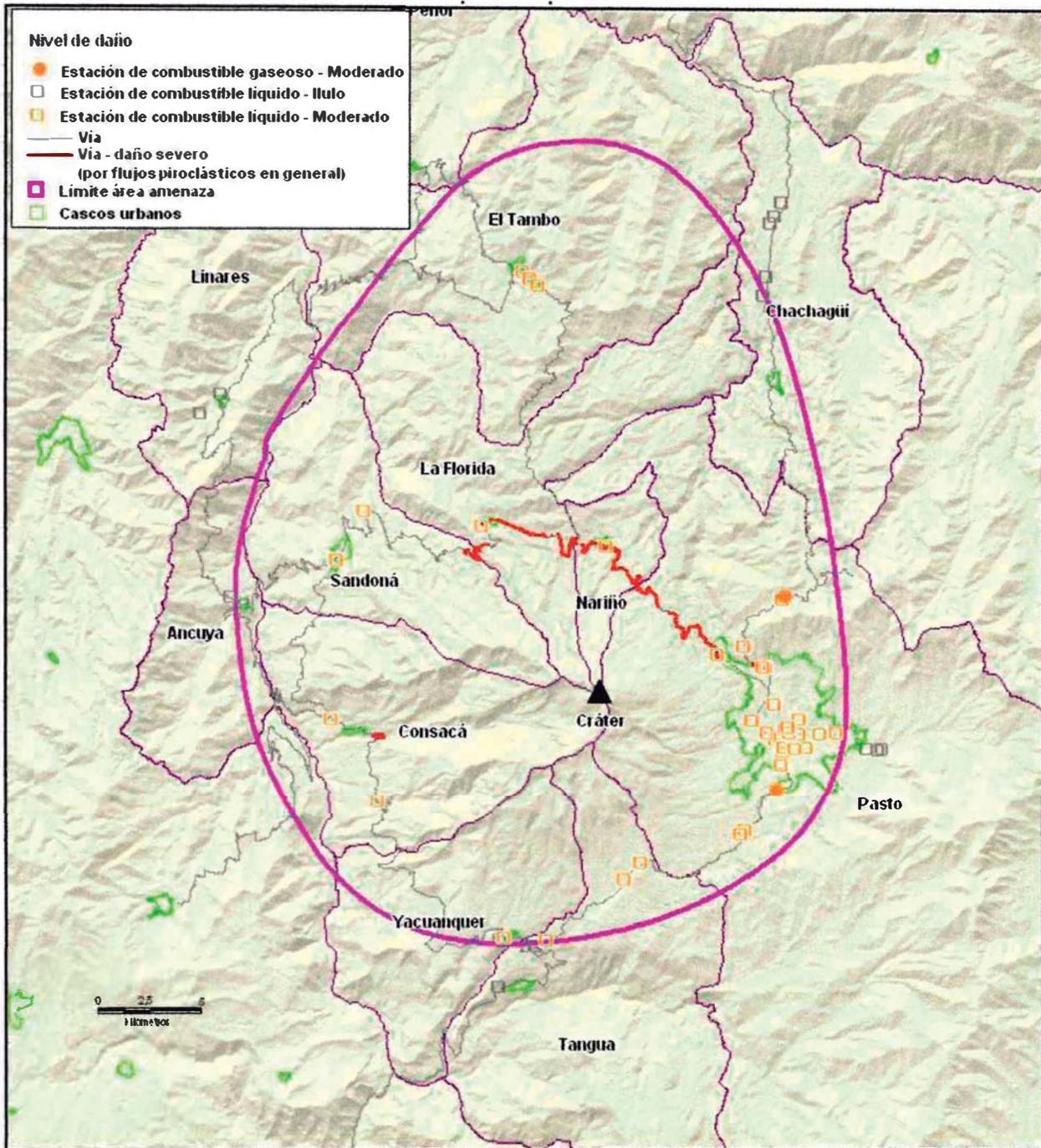


Figura 3. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por caída piroclástica

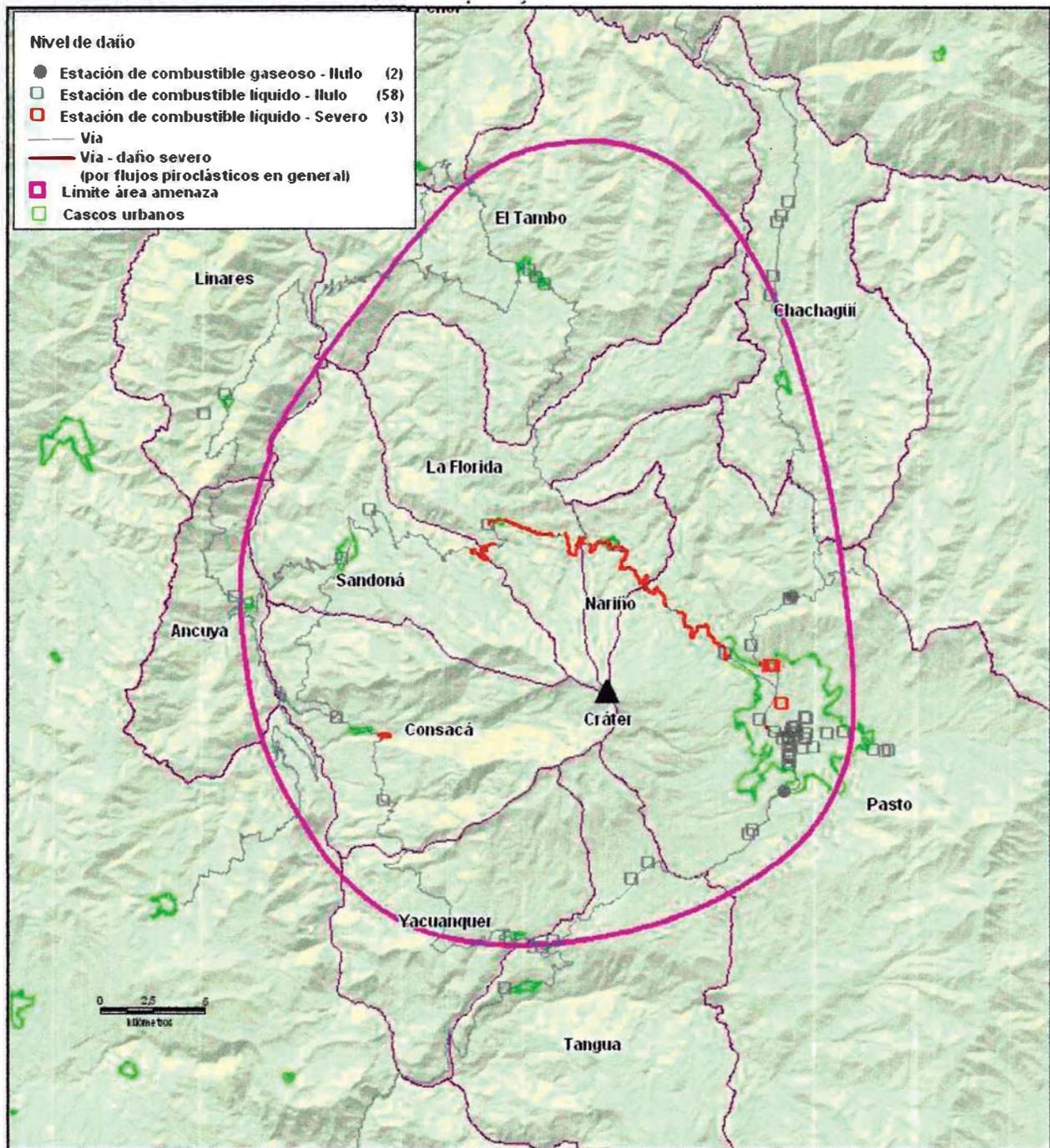


Figura 4. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por flujo de lodo

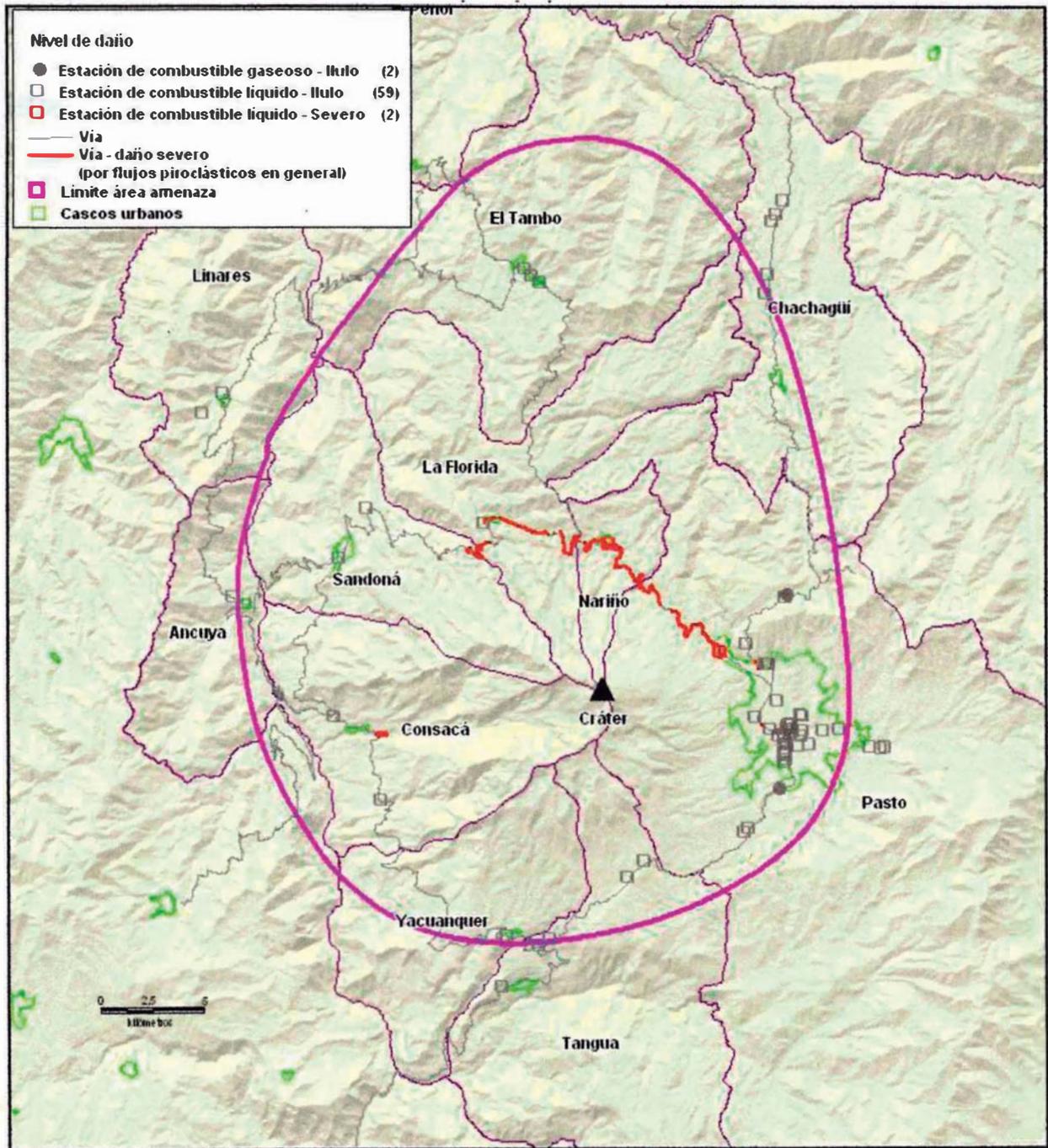


Figura 5. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por flujos piroclásticos

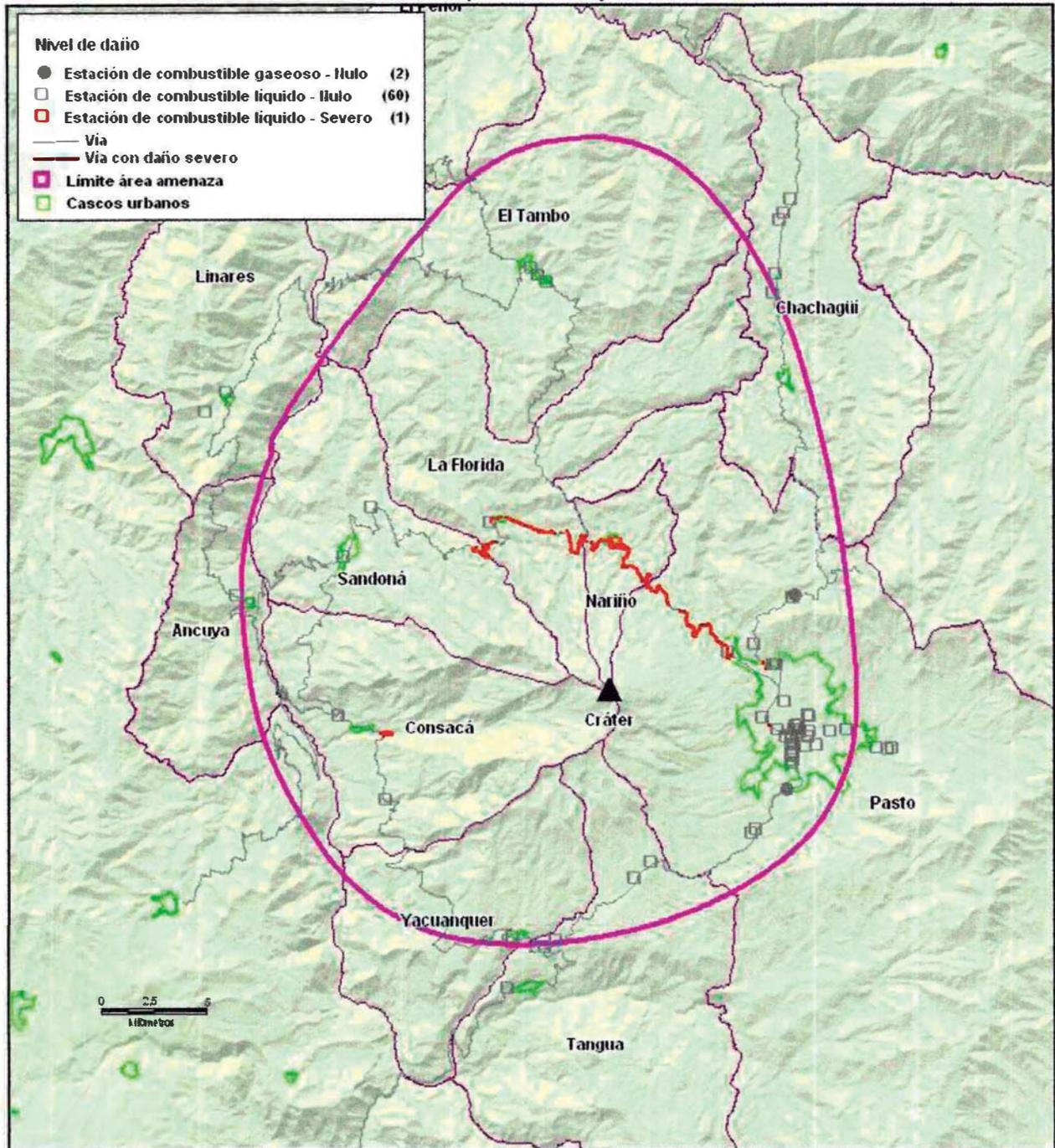


Figura 6. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por nube acompañante

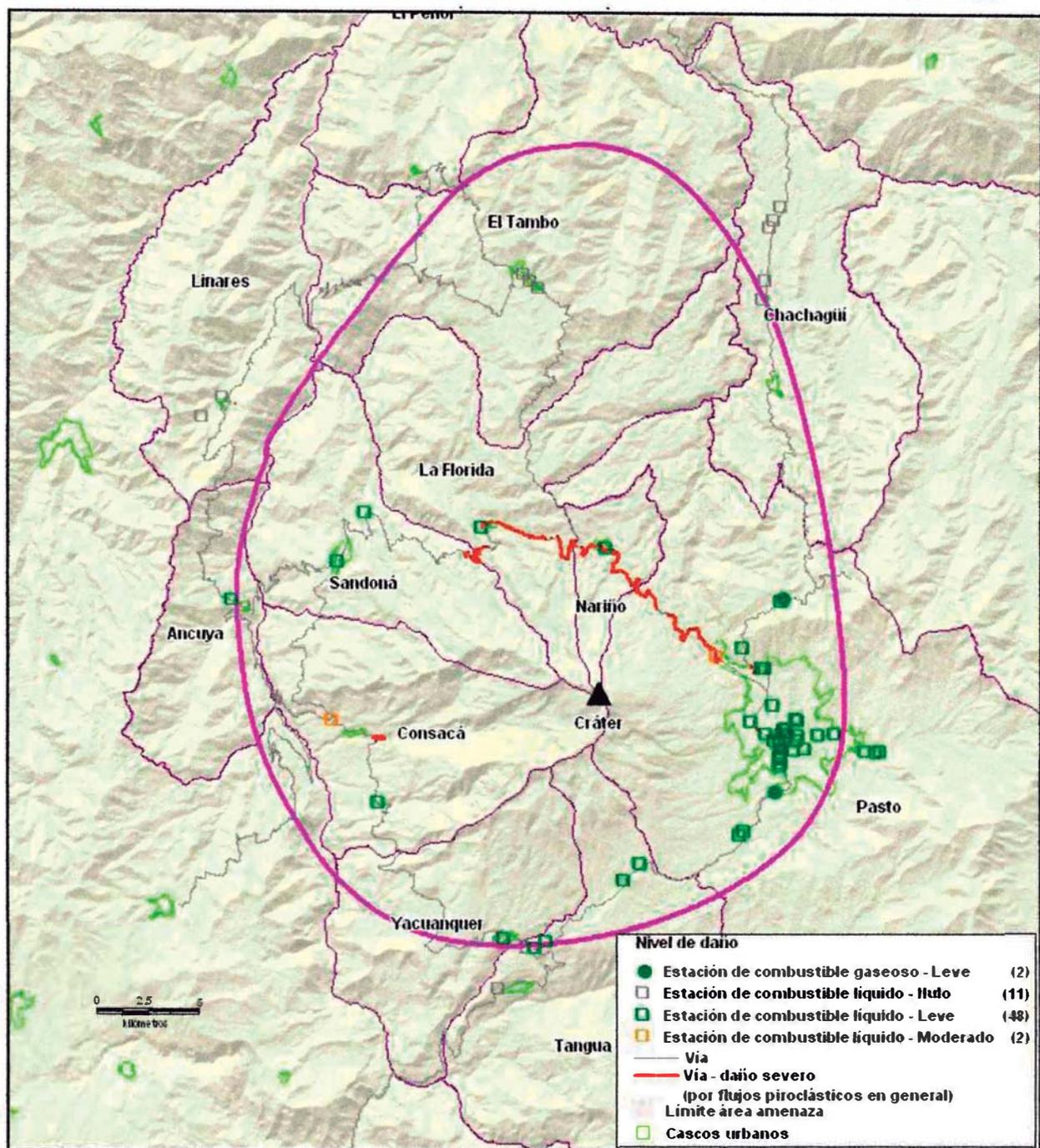


Figura 7. Distribución de daños potenciales en estaciones de combustible por onda de choque



REPÚBLICA DE COLOMBIA

**MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS**

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y
FUNCIONAL A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS**

**INFORME FINAL
CAPÍTULO V
- 9. Población-**



San Juan de Pasto, 2009

CONTENIDO

Capítulo V. 9. Vulnerabilidad física y funcional de la población	4
5.9.1 Descripción e inventario general de la población	4
5.9.2 Evaluación de la vulnerabilidad física	16
5.9.3 Evaluación de la vulnerabilidad funcional	29
5.9.4 Conclusiones	32
5.9.5 Recomendaciones.....	34
5.9.6 Bibliografía	35

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución territorial de las cabeceras urbanas.....	6
Figura 2. Mapa de distribución territorial de los principales centros poblados	8
Figura 3. Cabeceras urbanas expuestas a los fenómenos volcánicos	18
Figura 4. Centros poblados expuestos a los fenómenos volcánicos.....	21
Figura 5. Sobrepresiones según la posición del cuerpo.....	26
Figura 6. Exposición directa e indirecta por onda de choque.....	27
Figura 7. Análisis de dependencia de elementos en una población	31

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de población total de los municipios de la zona de estudio	5
Tabla 2. Porcentajes población distribuidas en el área territorial municipal urbana y rural.....	7
Tabla 3. Distribución de población en centros poblados a partir de DANE (2005)	9
Tabla 4. Distribución poblacional de mujeres y hombres	10
Tabla 5. Distribución poblacional por rangos de edad	10
Tabla 6. Distribución poblacional infantil (0 -14 años)	11
Tabla 7. Distribución poblacional en edad productiva (15 -64 años).....	12
Tabla 8. Distribución poblacional de adultos mayores (65 y más años).....	12
Tabla 9. Distribución municipal de Niños<5 años/Mujeres en Edad Fértil.....	13
Tabla 10. Distribución población con limitaciones permanentes	13

Tabla 11. Población económicamente activa - PEA	14
Tabla 12. Comparativo entre municipios de necesidades básicas insatisfechas – NBI.....	15
Tabla 13. Cantidad de elementos expuestos en la ZAVA	16
Tabla 14. Matriz de exposición de la población	16
Tabla 15. Efectos directos sobre la población	17
Tabla 16. Exposición de cabeceras urbanas a la amenaza volcánica	19
Tabla 17. Distancias desde el cráter del volcán Galeras a cabeceras urbanas	20
Tabla 18. Exposición de cabeceras urbanas a la amenaza volcánica	22
Tabla 19. Distancias desde el cráter del volcán Galeras a cabeceras urbanas	23
Tabla 20. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en cabeceras urbanas	24
Tabla 21. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en centros poblados	25
Tabla 22. Efectos de una onda de presión en las personas	26
Tabla 23. Tipo de material de paredes en cabeceras urbanas.....	28
Tabla 24. Tipo de material de paredes en centros poblados y zonas rurales	29
Tabla 25. Análisis de interdependencia de sistemas para el funcionamiento de una población	30

5.9 Vulnerabilidad física y funcional de la población

5.9.1 Descripción e inventario general de la población

El inventario del sector población¹ se definió para cada uno de los 11 municipios objeto de estudio, teniendo en cuenta la información que tomó del censo DANE (2005). Sin embargo, debido a que los datos disponibles solo se encontraban hasta nivel de Sector DANE, tanto para las zonas rurales como para las urbanas, no fue posible agregar los datos a una escala que permitiera representar espacialmente de forma relativa la población y correlacionar su distribución con los diferentes fenómenos de la amenaza volcánica. Por lo tanto, los resultados que aquí se presentan están en un grado de desagregación a nivel municipal, lo que limita el análisis de la vulnerabilidad física en términos espaciales. Teniendo en cuenta lo anterior se definieron 4 indicadores para estimar la vulnerabilidad física y funcional por nivel de exposición con relación a los fenómenos volcánicos que pueden afectar a la población, que son:

- **Distribución territorial de la población**, que se relaciona con los patrones de asentamiento y distribución de la población tanto a nivel urbano como rural (cabeceras municipales, centros poblados y rural disperso).
- **Características demográficas básicas**, por cantidad de personas diferenciadas por sexo (hombres y mujeres), grupos de edad (0 – 14 años, 15 – 65 años y de 65 años en adelante) y relación de niños menores de 5 años/mujeres en edad fértil.
- **Condiciones de salud**, que busca establecer la cantidad de personas con limitaciones físicas permanentes.
- **Condiciones socio económicas y bienestar social**, que se relaciona con los niveles de sus necesidades básicas insatisfechas NBI y la población económicamente activa - PEA.

A continuación se describe el inventario realizado para cada uno de los indicadores mencionados.

5.9.1.1 Distribución territorial de la población

El inventario para la zona de estudio según el Censo DANE (2005) define una población de más de 500 000 habitantes, de los cuales el 30% se localiza en la zona rural y el 70% en la zona urbana. En la tabla siguiente se registra la población por municipio que se encuentra localizada en el área de influencia del volcán Galeras.

¹ Grupos de personas que viven en un determinado entorno y que comparten el mismo patrón de adaptación ambiental. Organización Mundial de la salud, Clasificación Internacional del funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. Ginebra (Suiza) 2001. Equipo de Clasificación, Evaluación, Investigación y Terminología. En <http://www.who.int>

Tabla 1. Cantidad de población total de los municipios de la zona de estudio

CÓDIGO	Municipio	POBLACION_2005	%	POB_Cabecera_2005	%	Pob_Rural_2005	%
52260	EL TAMBO	13.799	2,8	5.124	1,5	8.675	5,8
52240	CHACHAGÜÍ	11.910	2,4	6.312	1,8	5.598	3,7
52411	LINARES	11.546	2,3	2.260	0,6	9.286	6,2
52381	LA FLORIDA	11.151	2,2	1.879	0,5	9.272	6,2
52683	SANDONÁ	25.134	5,0	10.780	3,1	14.354	9,5
52036	ANCUYA	8.304	1,7	1.795	0,5	6.509	4,3
52207	CONSACÁ	10.209	2,0	1.712	0,5	8.497	5,7
52788	TANGUA	10.672	2,1	2.140	0,6	8.532	5,7
52885	YACUANQUER	10.012	2,0	2.431	0,7	7.581	5,0
52480	NARIÑO	4.210	0,8	3.215	0,9	995	0,7
52001	PASTO	383.846	76,6	312.759	89,3	71.087	47,3
	Totales	500.793	100	350.407	100	150.386	100

El municipio donde se concentra el mayor porcentaje de población es Pasto, con un 76,6% de los habitantes, seguido por Consacá con el 5%. El resto de municipios, con excepción de Nariño, tiene una población entre el 1,7% y el 2,8%. Nariño posee una población equivalente el 0,8%. La figura siguiente muestra el mapa de distribución de las cabeceras municipales.

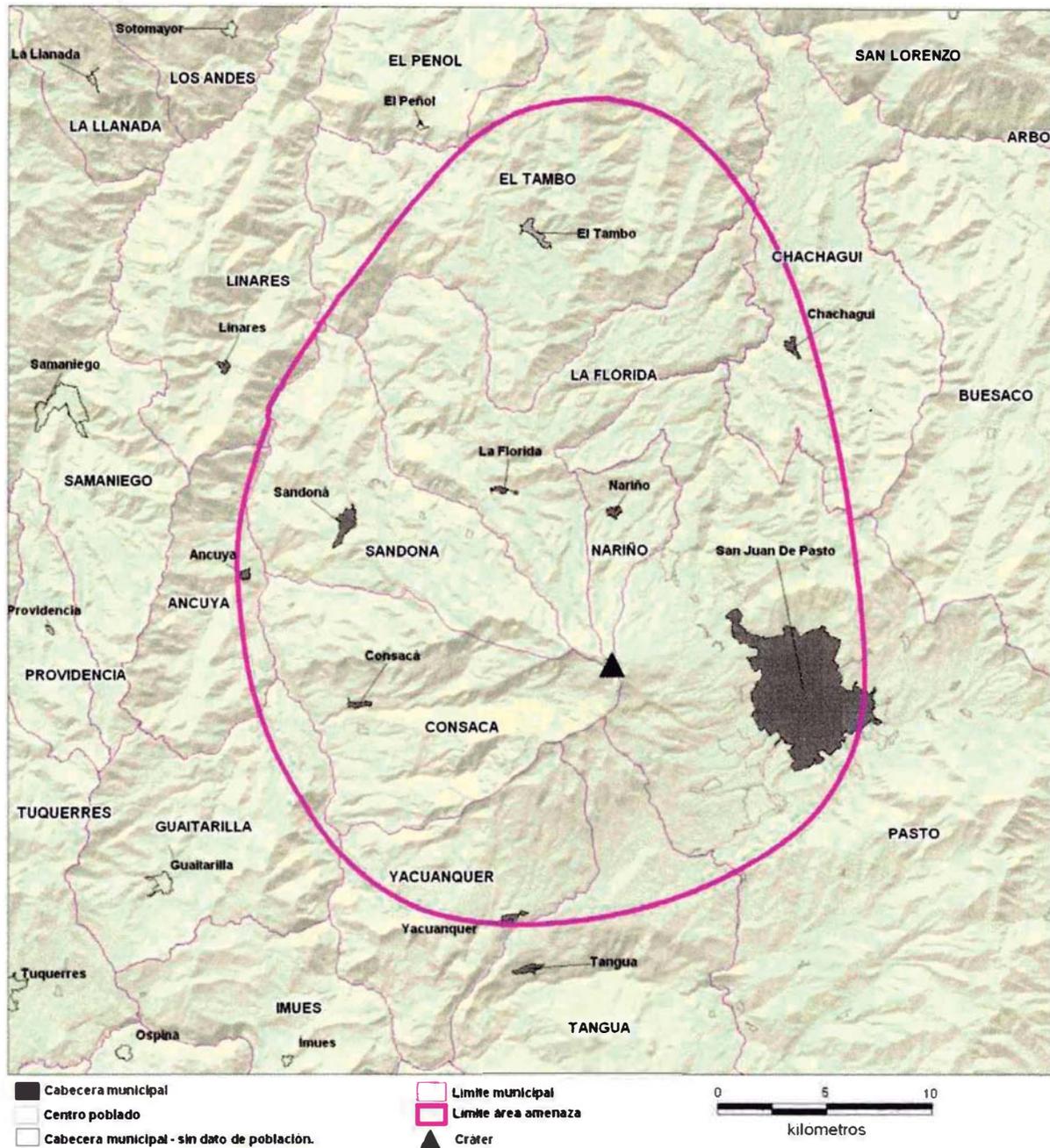


Figura 1. Mapa de distribución territorial de las cabeceras urbanas

La mayor cantidad de población del total de los municipios del área de estudio se concentra en la cabecera urbana del municipio de Pasto con más del 89%. Los municipios con mayor población en su cabecera urbana son los de Nariño y Pasto con 79% y 81% de habitantes respectivamente. Yacuanquer, Tangua, Consacá, Ancuya, Linares y la Florida tienen entre el 76% y 83% de su población localizada en zona rural,

seguidos por Sandoná, con 63%. Chachagüí y Sandoná tienen una distribución más equilibrada entre lo urbano y lo rural, con 43% y 57% para el primero y para el segundo de 47% y 53%. En la tabla siguiente se incluyen estos datos.

Tabla 2. Porcentajes población distribuidas en el área territorial municipal urbana y rural

Municipio	% Urbano	% Rural
EL TAMBO	37	63
CHACHAGÜÍ	53	47
LINARES	20	80
LA FLORIDA	17	83
SANDONÁ	43	57
ANCUYA	22	78
CONSACÁ	17	83
TANGUA	20	80
YACUANQUER	24	76
NARIÑO	76	24
PASTO	81	19

Teniendo en cuenta la Base cartográfica del DANE utilizada para el censo 2005 en el área de estudio, se identificaron 11 cabeceras urbanas en los municipios antes mencionados y 44 centros poblados. 34 están localizados en el municipio de Pasto, 3 en Sandoná, 2 en Consacá, 2 en La Florida, 2 en Tangua y 1 en Linares. El número de habitantes en estos centros poblados es de más de 43 000. Jamondino posee el 19% de la población, seguido por Catambuco con el 12%. En cantidad de población le siguen Buesaquillo centro (7,1%), Anganoy (7%), Obonuco (6,8), Genoy (5,1%) y Jongovito (5%). En la figura siguiente se presenta la distribución territorial de los principales centros poblados del área de estudio.

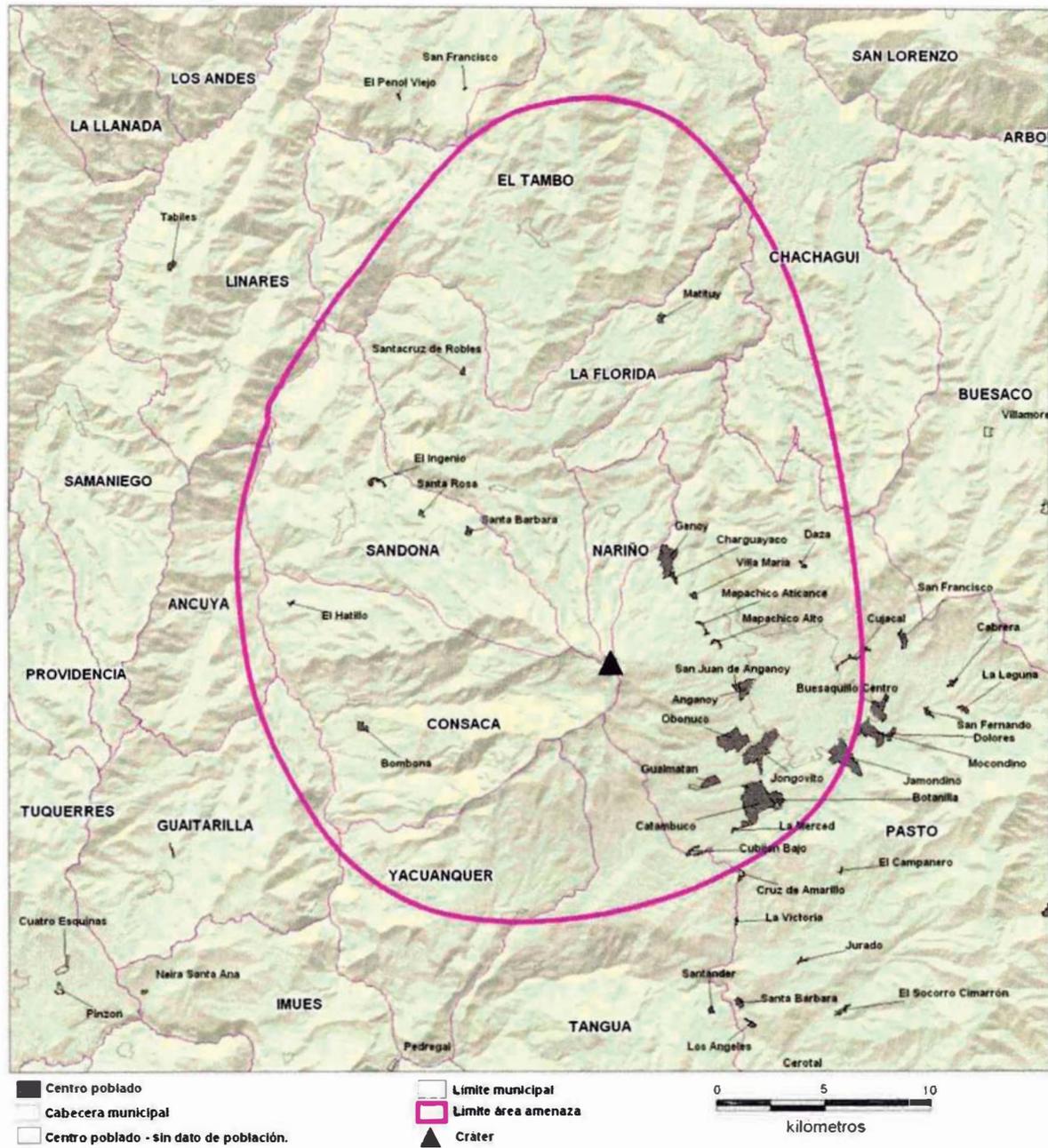


Figura 2. Mapa de distribución territorial de los principales centros poblados

En la tabla siguiente se presenta el número de habitantes por centro poblado.

Tabla 3. Distribución de población en centros poblados a partir de DANE (2005)

Nombre	Municipio	Habitantes	%
Matituy	La Florida	391	0,9
Catambuco	Pasto	5336	12,2
Santander	Tangua	453	1,0
Tabiles	Linares	594	1,4
Santacruz de Robles	La Florida	405	0,9
El Ingenio	Sandoná	448	1,0
Santa Bárbara	Sandoná	438	1,0
Genoy	Pasto	2249	5,1
Bombona	Consacá	939	2,1
Santa Rosa	Sandoná	348	0,8
La Laguna	Pasto	532	1,2
Obonuco	Pasto	2975	6,8
Santa Bárbara	Pasto	1119	2,6
Jongovito	Pasto	2206	5,0
Gualmatan	Pasto	896	2,0
Mapachico Aticance	Pasto	152	0,3
El Socorro Cimarrón	Pasto	251	0,6
El Hatillo	Consacá	177	0,4
Motilón	Pasto	162	0,4
Cerotal	Pasto	108	0,2
La Victoria	Tangua	182	0,4
Cabrera	Pasto	330	0,8
Dolores	Pasto	282	0,6
Buesaquillo Centro	Pasto	3154	7,2
Cujacal	Pasto	1033	2,4
Anganoy	Pasto	3059	7,0
Daza	Pasto	217	0,5
San Fernando	Pasto	429	1,0
Mocondino	Pasto	1970	4,5
Los Ángeles	Pasto	260	0,6
Jamondino	Pasto	8335	19,0
Botanilla	Pasto	1586	3,6
Charguayaco	Pasto	233	0,5
Cruz de Amarillo	Pasto	226	0,5
El Campanero	Pasto	95	0,2
Jurado	Pasto	140	0,3
La Merced	Pasto	185	0,4
Mapachico Alto	Pasto	234	0,5
Mapachico San José	Pasto	172	0,4
San Francisco	Pasto	320	0,7
Villa María	Pasto	188	0,4
Las Encinas	Pasto	116	0,3
Cubijan Bajo	Pasto	361	0,8
San Juan de Anganoy	Pasto	485	1,1
Totales		43771	100,0

5.9.1.2 Características demográficas básicas (sexo y edad)

Del total de la población el 52% (260 317) son mujeres y el 48% (240 476) son hombres. La diferencia entre el porcentaje de hombres y mujeres en todos los municipios no es significativa. Se puede decir que la tendencia en porcentaje es equilibrada. En la tabla siguiente se muestran los datos.

Tabla 4. Distribución poblacional de mujeres y hombres

MUNICIPIO	Mujeres	Hombres	Total	% mujeres	% hombres
PASTO	202.412	181.434	383.846	53	47
ANCUYA	4.057	4.247	8.304	49	51
CONSACA	5.147	5.062	10.209	50	50
CHACHAGÜÍ	5.862	6.048	11.910	49	51
EL TAMBO	6.903	6.896	13.799	50	50
LA FLORIDA	5.600	5.551	11.151	50	50
LINARES	5.638	5.908	11.546	49	51
NARIÑO	2.154	2.056	4.210	51	49
SANDONÁ	12.155	12.979	25.134	48	52
TANGUA	5.309	5.363	10.672	50	50
YACUANQUER	5.080	4.932	10.012	51	49
Totales	260.317	240.476	500.793	52	48

Más de 325 000 personas, que representan el 65% de la población del área de estudio, oscila entre los 15 y 64 años, considerada como la edad productiva. Los niños y niñas con edades entre 0 a 14 años representan el 28% (140.598) y los adultos mayores de 65 años el 7% (34.926).

Tabla 5. Distribución poblacional por rangos de edad

MUNICIPIO	0 - 14	%	15-64	%	65 y mas	%	Total
PASTO	106.902	28	252.823	66	24.121	6	383.846
ANCUYA	2.122	26	5.198	63	984	12	8.304
CONSACA	3.000	29	6.227	61	982	10	10.209
CHACHAGÜÍ	3.763	32	7.265	61	882	7	11.910
EL TAMBO	4.131	30	8.298	60	1.370	10	13.799
LA FLORIDA	3.182	29	6.961	62	1.008	9	11.151
LINARES	3.129	27	7.176	62	1.241	11	11.546
NARIÑO	1.234	29	2.654	63	322	8	4.210
SANDONÁ	6.976	28	15.959	63	2.199	9	25.134
TANGUA	3.145	29	6.542	61	985	9	10.672
YACUANQUER	3.014	30	6.166	62	832	8	10.012
Total	140.598		325.269		34.926		500.793

Con respecto al total de la población del área de Estudio, el 23% de niños y niñas con edades entre 0 y 14 años (31 672) viven en zonas rurales. 14 574, cerca de un 10% viven en centros poblados y el 67% (94.352) restante en la cabeceras urbanas municipales. Los municipios de Ancuya, Consacá, La Florida, Linares, Tangua y Yacuanquer tienen más de 73% de su población infantil en las áreas rurales. El Tambo, Sandoná y Chachagüí entre el 48% y 64%. Los municipios de Pasto y Nariño concentran el 78% y 77% de población infantil respectivamente en la cabecera urbana. En la siguiente tabla se registra esta distribución por municipio.

Tabla 6. Distribución poblacional infantil (0 -14 años)

MUNICIPIO	Centro poblado	%	Rural disperso	%	Cabecera municipal	%	Total
PASTO	13.484	13	10.042	9	83.376	78	10.6902
ANCUYA	0	0	1.674	79	448	21	2.122
CONSACA	305	10	2.196	73	499	17	3.000
CHACHAGÜÍ	0	0	1.816	48	1947	52	3.763
EL TAMBO	0	0	2.628	64	1503	36	4.131
LA FLORIDA	218	7	2.416	76	548	17	3.182
LINARES	139	4	2.356	75	634	20	3.129
NARIÑO	0	0	285	23	949	77	1.234
SANDONÁ	302	4	3.530	51	3.144	45	6.976
TANGUA	126	4	2.404	76	615	20	3.145
YACUANQUER	0	0	2.325	77	689	23	3.014
Total	14.574	10	31.672	23	94.352	67	140.598

En cuanto a la distribución de la población en edad productiva (15 a 64 años), 64 274 personas (28%) viven en zonas rurales. Alrededor de un 9% (27 964) en centros poblados y el 72% (233 071) restante en la cabeceras urbanas municipales. Los municipios de Ancuya, Consacá, La Florida, Linares, Tangua y Yacuanquer tienen más del 72% de su población en edad productiva en las áreas rurales. El Tambo, Sandoná y Chachagüí, entre el 46% y el 61%. Pasto y Nariño concentran el 83% y 77% de población productiva en la cabecera urbana respectivamente. En la siguiente tabla se presenta esta distribución por municipio.

Tabla 7. Distribución poblacional en edad productiva (15 -64 años)

MUNICIPIO	Centro poblado	%	Rural disperso	%	Cabecera municipal	%	Total
PASTO	25.267	10	17.926	7	209.630	83	252.823
ANCUYA	0	0	4.070	78	1.128	22	5.198
CONSACA	702	11	4.498	72	1.027	16	6.227
CHACHAGÜÍ	0	0	3.356	46	3.909	54	7.265
EL TAMBO	0	0	5.101	61	3.197	39	8.298
LA FLORIDA	502	7	5.265	76	1.194	17	6.961
LINARES	362	5	5.427	76	1.387	19	7.176
NARIÑO	0	0	616	23	2.038	77	2.654
SANDONÁ	797	5	8.423	53	6.739	42	15.959
TANGUA	293	4	4.963	76	1.286	20	6.542
YACUANQUER	1	0	4.629	75	1.536	25	6.166
Total	27.924	9	64.274	20	23.3071	72	325.269

El 26% de la población de adultos mayores (de 65 y más años), que equivale a 9 083 personas, vive en zonas rurales. Alrededor de un 8% (2 860) en centros poblados y el 66% (22 984) restante en la cabeceras urbanas municipales. Los municipios de Ancuya, Consacá, La Florida, Linares, Tangua, El Tambo y Yacuanquer tienen más del 69% de su población de adultos mayores en las áreas rurales. Chachagüí el 48% y Sandoná el 53%. Los municipios de Pasto y Nariño concentran el 82% y 71% de población de adultos mayores respectivamente en la cabecera urbana. En la siguiente tabla se presenta esta distribución por municipio.

Tabla 8. Distribución poblacional de adultos mayores (65 y más años)

MUNICIPIO	Centro poblado	%	Rural disperso	%	Cabecera municipal	%	Total
PASTO	2413	10	1955	8	19753	82	24121
ANCUYA	0	0	765	78	219	22	984
CONSACA	109	11	687	70	186	19	982
CHACHAGÜÍ	0	0	426	48	456	52	882
EL TAMBO	0	0	946	69	424	31	1370
LA FLORIDA	76	8	795	79	137	14	1008
LINARES	93	7	909	73	239	19	1241
NARIÑO	0	0	94	29	228	71	322
SANDONÁ	135	6	1167	53	897	41	2199
TANGUA	34	3	712	72	239	24	985
YACUANQUER	0	0	626	75	206	25	832
Totales	2860	8	9082	26	22984	66	34926

Como un indicador para el análisis de la vulnerabilidad física de la población, se incluye la población de mujeres en edad fértil y de niños menores de 5 años; estos datos aparecen en la tabla siguiente.

Tabla 9. Distribución municipal de Niños<5 años/Mujeres en Edad Fértil

Código	Nombre del Municipio	Indicador
52001	PASTO	0,28
52036	ANCUYA	0,32
52207	CONSACA	0,36
52240	CHACHAGÜÍ	0,38
52260	EL TAMBO	0,39
52381	LA FLORIDA	0,35
52411	LINARES	0,37
52480	NARIÑO	0,35
52683	SANDONA	0,35
52788	TANGUA	0,35
52885	YACUANQUER	0,35

5.9.1.3 Condiciones de salud de la población

Como uno de los indicadores para el análisis de la vulnerabilidad física se definió el de la salud de la población, para lo que se tomó como referente el inventario de los habitantes con limitaciones permanentes (definido en el Censo DANE 2005), dado que esta condición define la posibilidad de actuar o no frente a una eventual erupción del volcán Galeras. En la siguiente tabla se incluye este inventario.

Tabla 10. Distribución población con limitaciones permanentes

MUNICIPIO	SI	%	NO	%	Total
PASTO	27.394	7	356.452	93	383.846
ANCUYA	1001	12	7.303	88	8.304
CONSACA	907	9	9.302	91	10.209
CHACHAGÜÍ	1.194	10	10.716	90	11.910
EL TAMBO	1.257	9	12.542	91	13.799
LA FLORIDA	1.031	9	10.120	91	11.151
LINARES	1.333	12	10.213	88	11.546
NARIÑO	522	12	3.688	88	4.210
SANDONÁ	2.610	10	22.524	90	25.134
TANGUA	1.460	14	9.212	86	10.672
YACUANQUER	1.064	11	8.948	89	10.012
Total	39.773	8	461.020	92	500.793

Del total de población localizada en el área de estudio, sólo el 8% tiene limitaciones físicas permanentes (p. ej. para caminar, usar brazos o manos, ver, oír, hablar, aprender, socializar, entre otras).

5.9.1.4 Condiciones socioeconómicas y bienestar social

Este indicador de vulnerabilidad física de la población se establece por dos parámetros básicos. El primero es la población económicamente activa, PEA, que comprende a todas las personas que contribuyen o están disponibles para contribuir a la producción de aquellos bienes y servicios que han sido definidos por el Sistema de Cuentas Nacionales de las Naciones Unidas – SCN durante un período especificado². El total aparece en la tabla siguiente.

Tabla 11. Población económicamente activa - PEA

Código	Municipio	Indicador de PEA
52001	PASTO	51,6
52036	ANCUYA	42,7
52207	CONSACA	39,4
52240	CHACHAGÜÍ	44,2
52260	EL TAMBO	46,6
52381	LA FLORIDA	41,0
52411	LINARES	42,7
52480	NARIÑO	42,0
52683	SANDONA	45,2
52788	TANGUA	40,4
52885	YACUANQUER	40,3

De acuerdo con estos datos, se puede decir que el municipio de Pasto presenta el indicador de PEA más alto con respecto al resto de municipios objeto de estudio, que tienen niveles muy homogéneos, con poca variabilidad de PEA, que está entre 39,4% y 46,6%.

El segundo parámetro es el de las necesidades insatisfechas – NBI, que mide la calidad de vida de los individuos y grupos sociales mediante la satisfacción de necesidades establecidas, que de acuerdo con CRE (1999) frecuentemente necesidades básicas mínimas o de subsistencia que se refieren a condiciones indispensables para la vida: alimento, vivienda y vestido; no se incluyen aquí las necesidades primordiales para el

² SCN - Conjunto de normas de aprobación y seguimiento internacional que se han establecido para calcular la producción del país (PIB), medida oficial de ingresos y gasto del país). Tomado de INDICADORES LABORALES. San Juan de Pasto 2008 en http://akane.udenar.edu.co/omto/dir2/memorias/DANE_Indicadores_laborales.pdf

desarrollo integral de las personas.³ En la tabla siguiente se registran los datos comparativos de NBI.

Tabla 12. Comparativo entre municipios de necesidades básicas insatisfechas – NBI

NBI	PERSONAS NBI CABECERA	PERSONAS NBI RESTO	PERSONAS EN NBI TOTAL
Pasto	10,9	41,4	16,6
Ancuya	28,4	51,0	46,1
Consacá	36,1	62,0	57,6
Chachagüí	40,2	55,1	47,2
El Tambo	24,7	57,5	45,3
La Florida	20,9	51,3	46,2
Linares	31	59,5	53,9
Nariño	37,2	46,3	39,3
Sandoná	27,1	53,5	42,2
Tangua	31,5	60,0	54,4
Yacuanquer	39,9	70,9	63,4

A nivel municipal, se observa que el municipio con el índice de NBI más alto es Yacuanquer, con un 63,4%, seguido por Consacá con un 57,6%, Linares con 59,5% y Tangua con un 54,4%. Los municipios de Ancuya, Chachagüí, El Tambo, la Florida, Sandoná y Nariño tienen un índice de NBI entre el 39,3% y el 47,2%. Un análisis por cabecera urbana y área rural por separado, muestra que los niveles más altos de NBI se dan a nivel rural y van desde un 41% hasta un 70,9%. En las zonas urbanas, con excepción de Pasto, este indicador está entre un 20% y un 42%. Este indicador en la cabecera urbana de Pasto es de 10,9%.

Dentro del inventario de la población expuesta a los fenómenos volcánicos también se consideró para el análisis de vulnerabilidad física a las personas que se localizan en la zona de amenaza volcánica alta – ZAVA, que actualmente están en proceso de reasentamiento a zonas más seguras. En la tabla siguiente se presentan estos datos.

³ Desde 1.986, para medir la pobreza se utiliza el índice de necesidades básicas insatisfechas (NBI) que contempla aspectos como vivienda y servicios inadecuados, hacinamiento, inasistencia escolar y alta dependencia económica. Traducidos estos aspectos en indicadores, es posible obtener una medida que indica claramente el estado de avance o retroceso, el éxito de las políticas sociales y aún la realización de análisis comparativos. Tomado del Centro de Estudios Regionales UIS (CRE), 1999 Pag. 247 – 248 Santander Nuestro Departamento. En <http://www.alcaldia dehato.gov.co/poblacion.htm>

Tabla 13. Cantidad de población expuesta en la ZAVA⁴

Municipio	Personas	Hogares	Viviendas	Unidades productivas
Pasto	5363	1220	1.225	90
La Florida	2118	580	675	103
Nariño	454	122	135	6
Total	7935	1922	2.035	199

5.9.2 Evaluación de la vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física general de la población se determinó a partir de la utilización de los criterios expresados el numeral 2.3.5 del Capítulo II – Metodología, con el cual se califica el grado de favorabilidad o desfavorabilidad de la condición y la disposición de los elementos expuestos con respecto a cada una de las amenazas volcánicas, en los municipios que componen el área de estudio.

En la siguiente tabla se presenta la matriz de vulnerabilidad física aplicada.

Tabla 14. Matriz de exposición de la población

Fenómenos (solicitud)	Indicador de exposición																		
	Flujo piroclástico			Flujo lava		Caida piroclástica		Flujo lodo		Onda choque				Proyectiles balísticos				Nube acompañante	
Elemento	FPA	FPM	FPN	LVA	LVN	CPA	CPB	FLA	FLN	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN	PBA	PBM	PBB	PBN	NAM	NAN
Población	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0

En la tabla siguiente se incluyen los posibles efectos directos que pueden tener los fenómenos volcánicos sobre la población, definidos por su capacidad para afectar las condiciones normales de la vida y la salud.

⁴ Fuente: DANE, Censo de Población y Vivienda Zona de Amenaza Alta del Volcán Galeras, Agosto de 2005, en Plan de Acción Específico - Una oportunidad para el desarrollo sostenible. I.P.C Consultorías (2008)

Tabla 15. Efectos directos sobre la población

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	VIDA Y LA SALUD
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	Problemas respiratorios, irritación de los ojos y stress. Si la ceniza es respirada, bronquitis crónica, neomovolconiosis y silicosis (una enfermedad pulmonar que resulta de la inhalación de partículas finas de sílice cristalina, que tiene efectos tóxicos en los pulmones, causando cambios por fibrosis)
GASES VOLCÁNICOS	DISPERSIÓN	Moléculas en suspensión	Asfixia (CO ₂) 9000 mg/m ³ ; Envenenamiento de la sangre (mortal) (CO) 115 mg/m ³ ; Inflamación de la piel, ojos, nariz y garganta (SO ₂) 13 mg/m ³ ; Irritación y asfixia (SH ₂) 28 mg/m ³ ; Quemaduras, dermatitis, inflamación del sistema respiratorio (SO ₄ H ₂) 1 mg/m ³ Degeneración en los huesos (F ₂) 0,2 mg/m ³ Corrosión de la piel y mucosas (HF) 2 mg/m ³ Irritación de los ojos y sistema respiratorio (HCl) 7 mg/m ³ Irritación de la piel, ojos y nariz (NH ₃) 79 mg/m ³
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas	Pérdida de la vida
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE	Presiones laterales y onda de calor	Pérdida de la vida
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Pérdida de la vida
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE	Onda de calor y colisión de partículas	Pérdida de la vida
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Pérdida de la vida
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	Sobrepresión 0 -50 Pa - No provoca daños 50 -100 Pa - ligeros en circunstancias especiales 100 Pa - 250 Pa - daños incipientes en estructuras 30000 Pa - rotura del tímpano 100000 Pa - daños en los pulmones

En la figura siguiente se presenta el mapa de amenaza del Ingeominas (1997), con la delimitación de las áreas de impacto de los diferentes fenómenos volcánicos que pueden afectar a la población localizada en las cabeceras urbanas, que aparecen en gris. En rojo está la zona de amenaza alta; en naranja la zona de amenaza media y en amarillo la zona de amenaza baja.

Las líneas de los óvalos concéntricos verdes representan las áreas de posible afectación por onda de choque en tres niveles: onda de choque en amenaza baja, OCHB; onda de choque en amenaza media, OCHM y onda de choque en amenaza alta, OCHA. Las líneas de los óvalos concéntricos en morado representan las áreas de posible afectación por proyectiles balísticos en tres niveles: proyectil balístico en amenaza baja, PBB; proyectil balístico en amenaza media, PBM y Proyectil balístico en amenaza Alta, PBA.

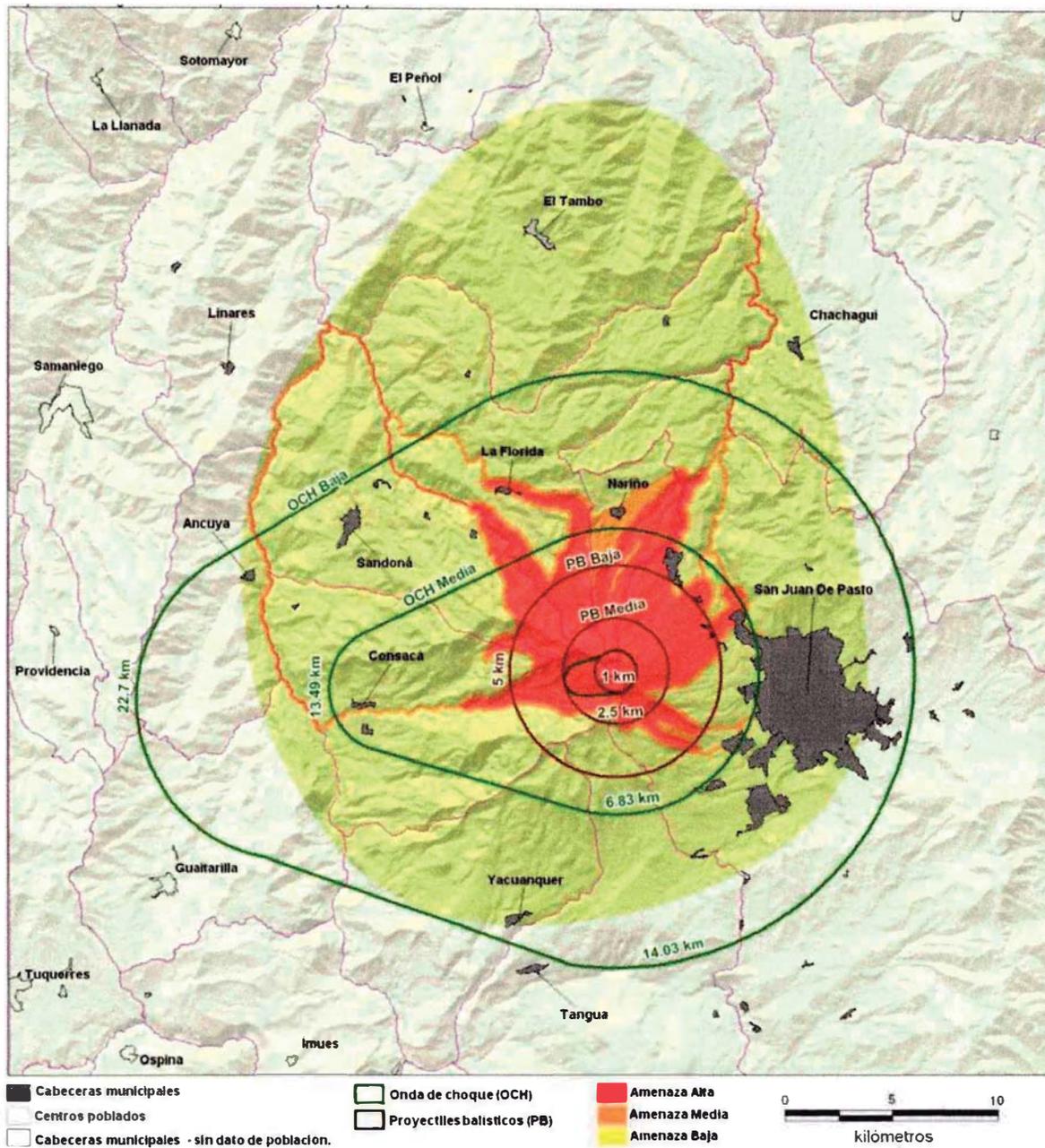


Figura 3. Cabeceras urbanas expuestas a los fenómenos volcánicos

En la siguiente tabla se incluye el nivel de amenaza por fenómenos volcánicos a la que está expuesta la población en las cabeceras urbanas (en colores rojo y naranja se resaltan las poblaciones con zonas en amenaza media y alta), según el MAVG.

Tabla 16. Exposición de cabeceras urbanas a la amenaza volcánica

Centro poblado	Amenaza	% expuesto
Sandoná	Baja	100
El Tambo	Baja	100
Chachagüí	Baja	100
Linares	Nula	100
Nariño	Media	100
Tangua	Nula	100
Consacá	Nula	100
Pasto	Alta	0,9
	Nula	3,3
	Media	6,0
	Baja	89,8
La Florida	Alta	43,3
	Baja	0,3
	Media	56,3
Ancuya	Nula	2,3
	Baja	97,7
Yacuanquer	Nula	5,8
	Baja	94,2

Como se observa en la tabla anterior, la cabecera urbana del municipio de Nariño se encuentra 100% en amenaza media, en donde de acuerdo con el mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997), se puede presentar el fenómeno de nube acompañante, que podría en peligro a toda la población que habita en este lugar. De otro lado, la cabecera municipal de La Florida tiene alrededor del 43,3% de su territorio en amenaza alta y el 56,3% restante en amenaza media, lo que indica que la población allí asentada podría sufrir graves afectaciones por la ocurrencia de flujos piroclásticos en la zona de amenaza alta y de nube acompañante con flujo de lodos en la zona de amenaza media, ambos fenómenos potencialmente destructivos. Por último, el municipio de Pasto presenta solo un 0,9% de su área territorial en amenaza alta por flujos piroclásticos y un 6% en amenaza media por flujos de lodos en la quebrada Mijitayo, sobre la cual se asienta una parte de la población de la cabecera urbana de Pasto. El resto de cabeceras municipales se localizan en zona de amenaza baja, que corresponde a zonas afectadas por caída de ceniza, en donde la severidad es menor que la de la que pueden generar los flujos piroclásticos, la nube acompañante y los flujos de lodo. Sin embargo, la población puede resultar seriamente afectada por la caída de ceniza volcánica. Las cabeceras identificadas con amenaza nula, corresponden a aquellas que están por fuera del mapa de amenaza volcánica.

La exposición de las personas a los fenómenos volcánicos depende también en gran medida de la distancia de estos con relación al cráter del volcán Galeras; entre más cercanas, más posibilidades de verse afectadas de manera directa. En la tabla siguiente se presenta la relación de distancias de las cabeceras urbanas con respecto al cráter (en naranja se resaltan las poblaciones más cercanas).

Tabla 17. Distancias desde el cráter del volcán Galeras a cabeceras urbanas

Municipio	Habitantes	Viviendas	Distancia desde cráter km al centro de la cabecera urbana (cm)
El Tambo	5.124	1.319	21,07
Chachagüí	6.312	1.649	17,34
Linares	2.260	676	23,15
La Florida	1.879	500	9,96
Nariño	3.215	697	7,35
Sandoná	10.780	2.285	14,3
Ancuya	1.795	530	17,9
San Juan de Pasto	312.759	76.888	9
Consacá	1.712	424	12,3
Yacuanquer	2.432	570	12,8
Tangua	2.140	520	14,7
Total	350.408	86.058	

En la figura siguiente se presenta el mapa de amenaza del Ingeominas (1997), con la delimitación de las áreas de impacto de los diferentes fenómenos volcánicos que pueden afectar a la población localizada en los centros poblados resaltados en gris. En rojo aparece la zona de amenaza alta; en naranja la zona de amenaza media y en amarillo, la zona de amenaza baja. Las líneas de los óvalos concéntricos verdes, representan las áreas de posible afectación por onda de choque en tres niveles: onda de choque en amenaza baja, OCHB; onda de choque en amenaza media, OCHM y onda de choque en amenaza alta, OCHA. Las líneas de los óvalos concéntricos en morado representan las áreas de posible afectación por proyectiles balísticos en tres niveles: proyectil balístico en amenaza baja, PBB; proyectil balístico en amenaza media, PBM y Proyectil balístico en amenaza Alta, PBA.

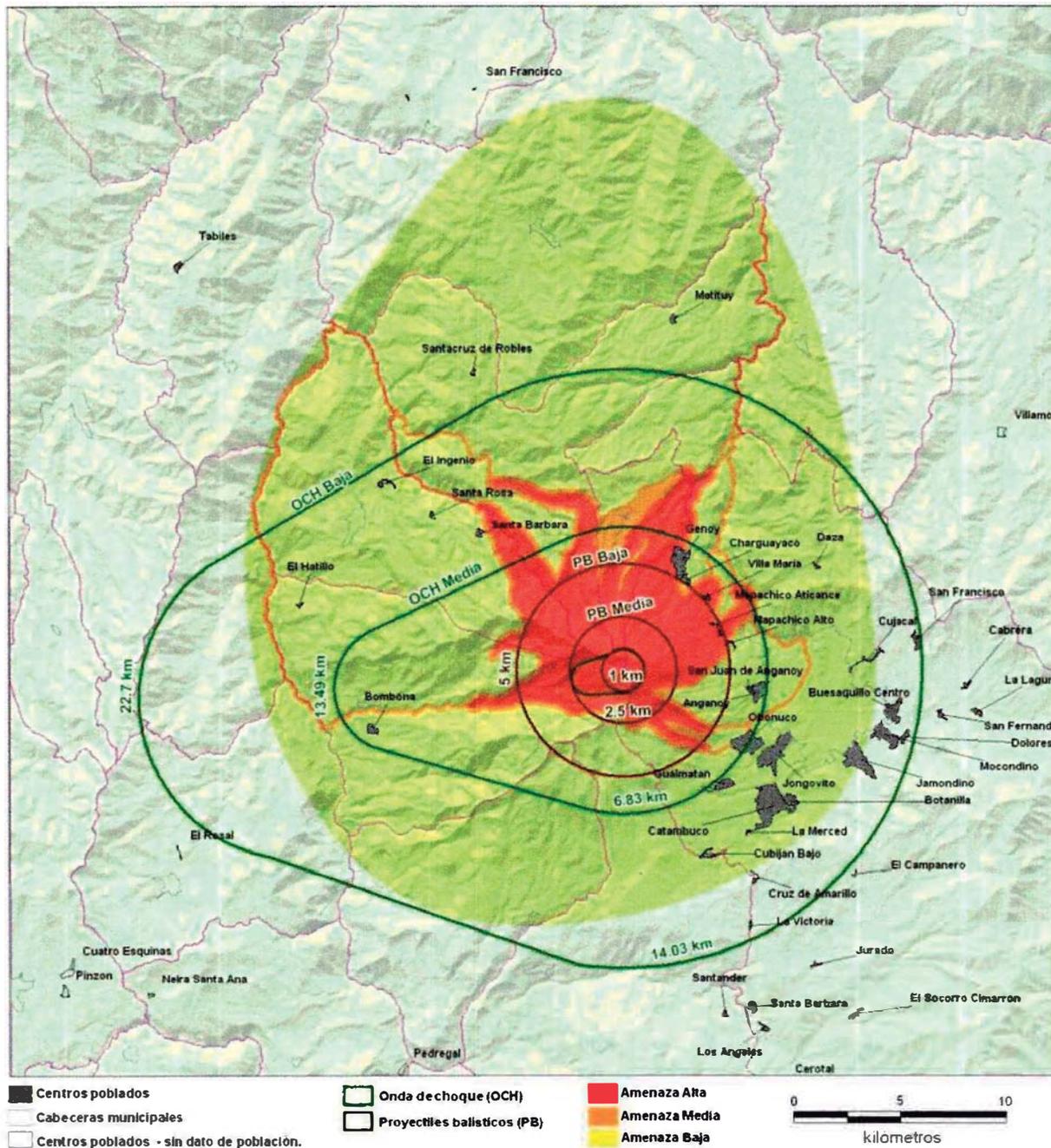


Figura 4. Centros poblados expuestos a los fenómenos volcánicos

Tabla 18. Exposición de cabeceras urbanas a la amenaza volcánica

Centro poblado	Amenaza	% expuesto
Matituy	Baja	100
Catambuco	Baja	100
Santander	Nula	100
Tabiles	Nula	100
Santacruz de Robles	Baja	100
El Ingenio	Baja	100
Santa Barbará	Baja	100
Genoy	Alta	64,8
	Baja	5,5
	Media	29,6
Bombona	Baja	100
Santa Rosa	Baja	100
La Laguna	Nula	100
Obonuco	Baja	80,5
	Media	19,5
Santa Bárbara	Nula	100
Jongovito	Baja	100
Gualmatan	Baja	100
Mapachico Aticance	Media	13,5
	Alta	86,5
El Socorro Cimarrón	Nula	100
El Hatillo	Baja	100
Motilón	Nula	100
Cerotal	Nula	100
La Victoria	Nula	100
Cabrera	Nula	100
Dolores	Nula	100
Buesaquillo Centro	Nula	100
Cujacal	Nula	33,9
	Baja	66,1
Anganoy	Baja	100
Daza	Baja	100
San Fernando	Nula	100
Mocondino	Nula	100
Los Ángeles	Nula	100
Jamondino	Nula	35,5
	Baja	64,5
Botanilla	Baja	100
Charguayaco	Baja	92,9
	Media	7,1
Cruz de Amarillo	Nula	98,9
	Baja	1,1
El Campanero	Nula	100
Jurado	Nula	100
La Merced	Baja	100
Mapachico Alto	Alta	24,1
	Baja	47,0
	Media	28,9
Mapachico San José	Alta	100
San Francisco	Nula	100
Villa María	Alta	100
Las Encinas	Nula	100
Cubijan Bajo	Baja	100
San Juan de Anganoy	Baja	100

En la tabla anterior se puede ver que que Genoy tiene el 64,8% en amenaza alta, 29% en media y 5,5% en baja; Obonuco tiene el 80,5% en baja y el 19,55 en media; Mapachico Aticante 13,5% en media y 86,5% en alta; Mapachico Alto 24,1% en alta, 47% en baja y

28,9% en media; Mapachico San José 100% en alta; Villa María el 100% en alta y Charguayaco, en baja el 92,9% y 7,1% en media. Lo anterior indica que la población que actualmente vive en estos centros poblados podría resultar seriamente afectada por la ocurrencia de fenómenos volcánicos severos como flujos piroclásticos y nube acompañante. En la tabla siguiente se presenta la relación de distancias de los centros poblados con respecto al cráter (en naranja se resaltan las poblaciones más cercanas).

Tabla 19. Distancias desde el cráter del volcán Galeras a cabeceras urbanas

Centro poblado	Municipio	Habitantes	Viviendas	Distancia desde cráter km al centro de la cabecera urbana (cm)
Matituy	La Florida	391	135	16.56
Catambuco	Pasto	5336	1981	9.51
Santander	Tangua	453	104	17.02
Tabiles	Linares	594	184	28.13
Santacruz de Robles	La Florida	405	109	15.53
El Ingenio	Sandoná	448	187	14.26
Santa Barbara	Sandoná	438	110	9.23
Genoy	Pasto	2249	614	5.72
Bombona	Consacá	939	221	12.19
Santa Rosa	Sandoná	348	79	11.47
La Laguna	Pasto	532	146	16.71
Obonuco	Pasto	2975	1018	6.8
Santa Bárbara	Pasto	1119	346	17.09
Jongovito	Pasto	2206	511	8.08
Gualmatan	Pasto	896	216	7.26
Mapachico Aticance	Pasto	152	32	4.74
El Socorro Cimarrón	Pasto	251	49	19.65
El Hatillo	Consacá	177	58	15.43
Motilón	Pasto	162	41	23.79
Cerotal	Pasto	108	46	21.09
La Victoria	Tangua	182	41	13.51
Cabrera	Pasto	330	71	16.07
Dolores	Pasto	282	59	13.55
Buesaquillo Centro	Pasto	3154	681	12.7
Cujacal	Pasto	1033	220	11.47
Anganoy	Pasto	3059	817	6.39
Daza	Pasto	217	46	10.19
San Fernando	Pasto	429	102	15.02
Mocondino	Pasto	1970	2154	12.72
Los Angeles	Pasto	260	66	18.29
Jamondino	Pasto	8335	41	11.74
Botanilla	Pasto	1586	318	9.99
Charguayaco	Pasto	233	50	5.08
Cruz de Amarillo	Pasto	226	50	11.76
El Campanero	Pasto	95	18	14.58
Jurado	Pasto	140	34	16.61
La Merced	Pasto	185	46	9.65
Mapachico Alto	Pasto	234	64	5.24
Mapachico San José	Pasto	172	39	4.79
San Francisco	Pasto	320	818	13.82
Villa María	Pasto	188	121	5.13
Las Encinas	Pasto	116	19	21.92
Cubijan Bajo	Pasto	361	71	9.51
San Juan de Anganoy	Pasto	485	98	6

En las tablas siguientes se presenta, como un indicador de exposición de la población, la cantidad de ceniza que se puede acumular en cada una de las cabeceras municipales y que puede afectar la salud de las personas, por exposición directa al fenómeno (piel, ojos, nariz y garganta) y exposición indirecta a través de la ingesta de alimentos y agua contaminados⁵. En los ojos, la ceniza puede actuar como un cuerpo extraño y los cristales de dióxido de azufre afectan directamente a la conjuntiva y a la córnea, produciendo abrasiones e irritación. También en la piel, el efecto de la ceniza es sobre todo irritante⁶.

Tabla 20. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en cabeceras urbanas

Cabecera urbana	Personas	Viviendas	Área km ²	Distancia al cráter km	Nivel de acumulación de ceniza promedio (cm)
El Tambo	5124	1319	0,59	21.07	10.21
Chachagui	6312	1649	0,34	17.34	9.90
Linares	2260	676	0,22	23.15	8.32
La Florida	1879	500	0,18	9.96	22.47
Nariño	3215	697	0,27	7.35	13.89
Sandoná	10780	2285	0,89	14.31	9.47
Ancuya	1795	530	0,20	17.88	12.91
San Juan De Pasto	312759	76888	25,72	9	14.24
Consacá	1712	424	0,24	12.31	15.04
Yacuanquer	2432	570	0,36	12.84	10.12
Tangua	2140	520	0,35	14.74	17.76
Total	350408	86058			

Como se observa en la tabla anterior, los niveles de acumulación de ceniza volcánica en las cabeceras urbanas son más bajos en Linares, con 8,32 cm, y más altos en La Florida, con 22,47 cm. Estos niveles de acumulación pueden generar problemas de salud en toda la población, si bien niños y ancianos son más vulnerables. En la tabla siguiente se presentan los niveles de acumulación de ceniza volcánica para los centros poblados.

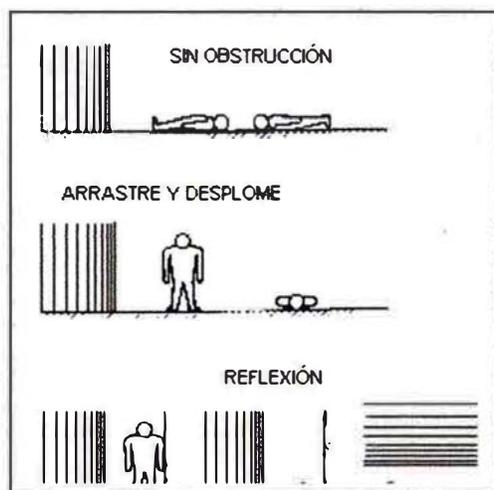
⁵ Durante la erupción del Santa Helena (1980) se vio que muchas personas desarrollaron problemas de salud directamente relacionados con la caída de ceniza, y también que hubo un aumento en accidentes, causados por la ceniza: accidentes con vehículos y colapso de techos. Debido a que la ceniza volcánica está constituida principalmente por dióxido de azufre, en los pacientes con hiperactividad bronquial, asma o enfermedades pulmonares obstructivas crónicas la exposición a ella puede complicar la enfermedad.

⁶ A. Rivera-Tapia, A. Yáñez-Santos, L. Cedillo-Ramírez. Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 76 Complejo de Ciencias, Ciudad Universitaria, C.P. 72570. Puebla, México. 2005.

Tabla 21. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en centros poblados

Nombre	Municipio	Habitantes	Viviendas	Área km ²	Distancia al cráter km	Nivel de acumulación de ceniza promedio (cm)
Matituy	La Florida	391	135	0,11	16.56	8.28
Catambuco	Pasto	5336	1981	1,92	9.51	11.26
Santander	Tangua	453	104	0,06	17.02	16.53
Tabiles	Linares	594	184	0,12	28.13	7.54
Santacruz de Robles	La Florida	405	109	0,04	15.53	6.62
El Ingenio	Sandoná	448	187	0,10	14.26	10.83
Santa Barbará	Sandoná	438	110	0,10	9.23	15.41
Genoy	Pasto	2249	614	0,78	5.72	17.49
Bombona	Consacá	939	221	0,16	12.19	16.13
Santa Rosa	Sandoná	348	79	0,05	11.47	15.64
La Laguna	Pasto	532	146	0,09	16.71	9.40
Obonuco	Pasto	2975	1018	1,01	6.8	15.96
Santa Bárbara	Pasto	1119	346	0,11	17.09	9.80
Jongovito	Pasto	2206	511	1,25	8.08	14.87
Gualmatan	Pasto	896	216	0,30	7.26	17.56
Mapachico Aticance	Pasto	152	32	0,03	4.74	23.86
El Socorro Cimarrón	Pasto	251	49	0,11	19.65	12.42
El Hatillo	Consacá	177	58	0,03	15.43	20.23
Motilón	Pasto	162	41	0,45	23.79	8.13
Cerotal	Pasto	108	46	0,05	21.09	12.24
La Victoria	Tangua	182	41	0,03	13.51	11.81
Cabrera	Pasto	330	71	0,07	16.07	10.92
Dolores	Pasto	282	59	0,13	13.55	11.33
Buesaquillo Centro	Pasto	3154	681	0,54	12.7	11.57
Cujacal	Pasto	1033	220	0,15	11.47	14.65
Anganoy	Pasto	3059	817	0,41	6.39	9.37
Daza	Pasto	217	46	0,04	10.19	20.13
San Fernando	Pasto	429	102	0,07	15.02	9.49
Mocondino	Pasto	1970	2154	0,71	12.72	13.46
Los Ángeles	Pasto	260	66	0,07	18.29	10.19
Jamondino	Pasto	8335	41	1,14	11.74	15.48
Botanilla	Pasto	1586	318	0,33	9.99	14.26
Charguayaco	Pasto	233	50	0,08	5.08	21.36
Cruz de Amarillo	Pasto	226	50	0,05	11.76	12.39
El Campanero	Pasto	95	18	0,02	14.58	9.28
Jurado	Pasto	140	34	0,04	16.61	14.64
La Merced	Pasto	185	46	0,02	9.65	8.44
Mapachico Alto	Pasto	234	64	0,04	5.24	17.21
Mapachico San José	Pasto	172	39	0,02	4.79	8.10
San Francisco	Pasto	320	818	0,19	13.82	11.20
Villa María	Pasto	188	121	0,07	5.13	20.47
Las Encinas	Pasto	116	19	0,02	21.92	9.64
Cubijan Bajo	Pasto	361	71	0,08	9.51	23.06
San Juan de Anganoy	Pasto	485	98	0,07	6	12.79
Total		43771	12231			

La exposición de la población a la onda de choque que podría generar el volcán Galeras en episodios eruptivos está directamente relacionada con la exposición directa o indirecta de la misma a su energía. Las características del entorno –árboles, montículos, edificios, etc.– pueden disipar la energía de la onda explosiva o reflejarla, amplificando sus efectos sobre las personas. En caso de no existir estos obstáculos, se supone que una persona está de pie en la zona de expansión libre de la onda de choque y sobre un suelo llano y a nivel cuando entra en contacto con la misma. En la figura siguiente se presenta el efecto de las sobrepresiones según la posición del cuerpo⁷.



En la primera el eje longitudinal del cuerpo es paralelo a la dirección de propagación de la onda de choque y equivale a que no haya obstrucción que perturbe a esa onda. En este caso la sobrepresión recibida sería es máxima

En la segunda el eje longitudinal del cuerpo es perpendicular a la dirección de la onda de choque y se manifiesta un efecto de arrastre y desplome. Según Baker et al, en a esta posición se puede añadir la posición de tumbado en que el eje longitudinal del cuerpo es perpendicular a la dirección de la onda de choque.

En la tercera figura se tiene el caso de sobrepresión reflejada, en el cual el tórax está cerca de una superficie reflectante perpendicular a la dirección de la onda de choque. La tercera posición es el mismo caso, sólo que la onda viene de arriba hacia abajo.

Figura 5. Sobrepresiones según la posición del cuerpo

El oído es la parte más sensible del cuerpo humano a las ondas de choque. Las lesiones internas serán más probables en las zonas de mayor variación de densidad con respecto a tejidos contiguos. Los alvéolos llenos de aire de los pulmones son por tanto más susceptibles a lesiones que cualquier otro órgano interno⁸. En la tabla siguiente se presentan los efectos de este fenómeno sobre las personas.

Tabla 22. Efectos de una onda de presión en las personas

DAÑOS PERSONALES	SOBREPRESIONES (Pa)
Umbral de muerte por lesiones en el pulmón	70.000
Umbral de rotura del tímpano	35.000
Umbral de zona de intervención	12.500

En la figura siguiente se representan los resultados de un modelo de afectación por onda de choque, elaborado a partir del modelo elaborado por Ingeominas (1997), teniendo en cuenta su atenuación por la topografía del terreno. Como se puede ver en la

⁷Explosions de nuages de vapeur non confinées: evaluation des surpressions. Unconfined Vapour Cloud Explosions (UVCE); overpressure evaluation de Emilio Turmo Sierra.

⁸ Ibid.

figura, las cabeceras urbanas que estarían directamente expuestas a las ondas de choque, son todas aquellas que tienen visibilidad directa hacia el cráter del volcán. Los tonos amarillos indican exposición indirecta y los rojizos, exposición directa. Los valores de presión son estimados a partir del modelo con base en datos del Ingeominas. Para los centros poblados por fuera del área de amenaza por OCH no tienen datos de presión.

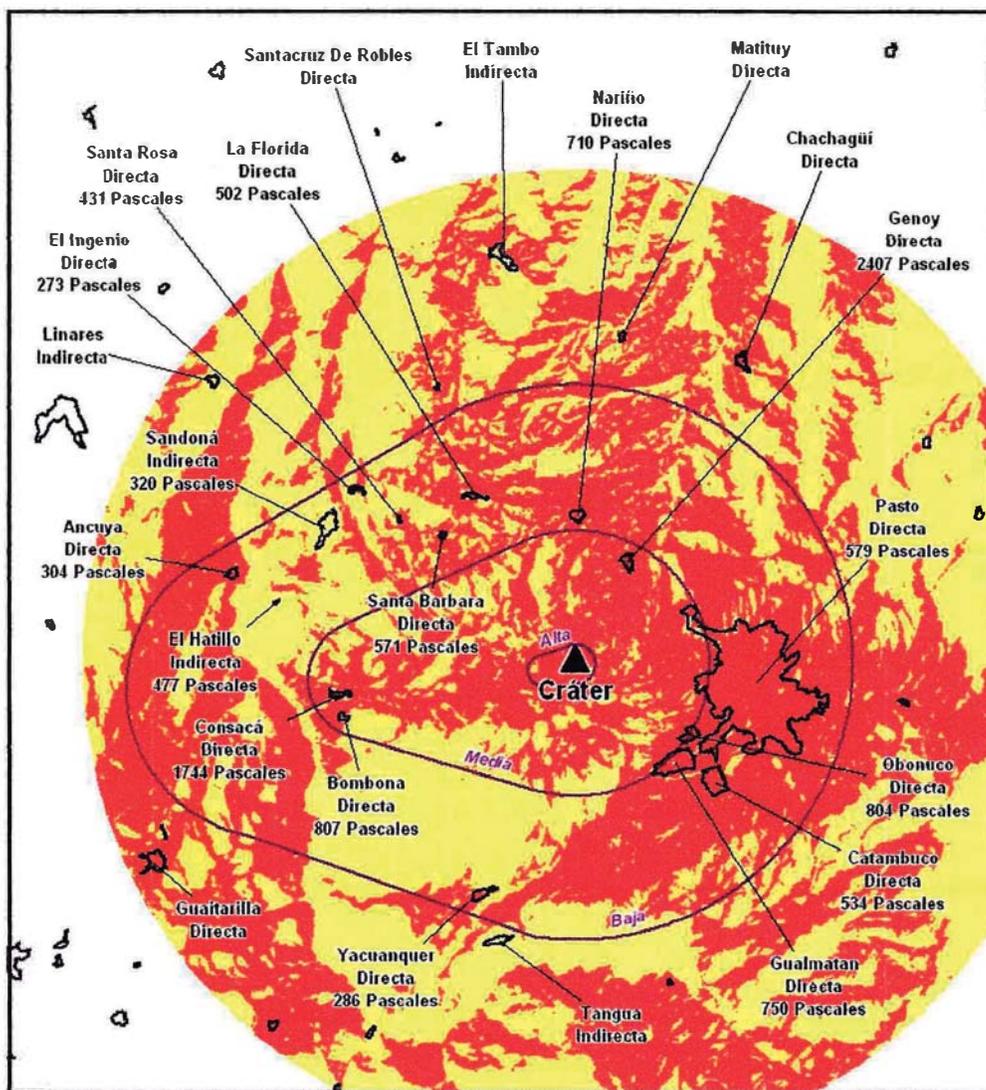


Figura 6. Exposición directa e indirecta por onda de choque

Las cabeceras urbanas de Nariño, Chachagüí, Pasto, Yacuanquer, La Florida, Consacá y Ancuya tienen exposición directa a las ondas de choque, que pueden afectar a más de 330.000 personas. De manera indirecta están expuestas las cabeceras municipales del El Tambo, Linares y Sandoná y Tangua, en donde viven cerca de 20.000 personas. Un

gran porcentaje de la población en las áreas rurales se vería afectada por exposición directa a la onda de choque.

De acuerdo con DANE (2005), aproximadamente el 91% de las viviendas de las cabeceras urbanas tienen paredes en bloque, ladrillo, piedra o madera pulida, lo que puede disminuir el impacto directo sobre los seres humanos, en especial las tres primeras, por tratarse de materiales más sólidos. El 7,4% de las viviendas tienen paredes en tapia pisada, adobe y bahareque, que dependiendo de su solidez y espesor, pueden disminuir el impacto directo de las ondas de choque en las persona. El 1,5 % restante de las viviendas están construidos en materiales livianos menos sólidos, como materiales prefabricados, guadua, caña, cartón, esterilla y otros vegetales, así como zinc, tela, cartón, latas, desechos y plásticos (materiales fungibles). En la siguiente tabla se muestra la distribución de estas viviendas en cada uno de los municipios.

Tabla 23. Tipo de material de paredes en cabeceras urbanas

N°	TIPO DE PAREDES	PASTO	ANCUYA	CONSACÁ	CHACHAGÜJÍ	EL TAMBO	LA FLORIDA	LINARES	NARIÑO	SANDONÁ	TANGUA	YACUANQUER	Total	%
1	Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida	67953	370	184	1122	830	388	316	528	1708	169	241	73809	91,1
2	Tapia pisada, adobe, bahareque	3526	124	236	146	393	67	265	118	511	342	306	6034	7,4
3	Madera burda, tabla, tablón	786	2	0	42	5	5	18	15	9	1	0	883	1,1
4	Material prefabricado	163	0	0	0	4	0	20	0	0	0	0	188	0,2
5	Guadua, caña, esterilla, otros vegetales	6	0	0	3	1	0	2	1	6	0	0	20	0,0
6	Zinc, tela, cartón, latas, desechos, plásticos	77	0	0	2	2	0	3	0	0	0	0	85	0,1
7	Sin paredes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
	Total	72511	496	422	1315	1235	461	624	662	2234	512	548	81020	100

En cuanto al resto de viviendas localizadas en centros poblados y zonas rurales, cerca del 59% de las viviendas de las cabeceras urbanas tienen paredes en bloque, ladrillo, piedra o madera pulida. El 34.4% de las viviendas tienen paredes en tapia pisada, adobe y bahareque. El 6% restante de las viviendas están construidos en los materiales livianos menos sólidos anteriormente enumerados. En la siguiente tabla se incluyen los datos para cada uno de los municipios.

Tabla 24. Tipo de material de paredes en centros poblados y zonas rurales

N°	TIPO DE PAREDES	PASTO	ANCUYA	CONSACÁ	CHACHAGÜI	EL TAMBO	LA FLORIDA	LINARES	NARIÑO	SANDONÁ	TANGUA	YACUANQUER	Total	%
1	Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida	10175	869	722	664	1014	1527	960	142	1969	556	288	18886	59,2
2	Tapia pisada, adobe, bahareque	2813	665	1234	458	906	451	1084	43	774	1305	1250	10983	34,4
3	Madera burda, tabla, tablón	1182	4	8	44	84	185	40	35	155	28	9	1774	5,6
4	Material prefabricado	22	0	0	2	0	5	21	0	0	2	14	66	0,2
5	Guadua, caña, esterilla, otros vegetales	76	0	4	6	14	10	12	1	40	1	1	165	0,5
6	Zinc, tela, cartón, latas, desechos, plásticos	20	0	2	0	1	2	11	0	0	2	0	38	0,1
7	Sin paredes	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0
	Total	14288	1539	1970	1174	2020	2180	2129	221	2938	1894	1562	31915	100

5.9.3 Evaluación de la vulnerabilidad funcional

La vulnerabilidad funcional de la población se evaluó teniendo en cuenta las diversas interrelaciones que los seres humanos tienen con los elementos del entorno, naturales y construidos que permiten el funcionamiento normal de una sociedad, como la infraestructura física (sistema de vías, transportes, comunicaciones, combustibles), las edificaciones, el agua, la flora, etc. En la tabla siguiente se presenta un análisis de interdependencia de los elementos de los cuales depende una población.

Tabla 25. Análisis de interdependencia de sistemas para el funcionamiento de una población

Línea vital de apoyo	Línea vital dependiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total dependencia
		Comunicaciones	Abastecimiento de agua	Residuos sólidos	Residuos líquidos	Vías y transporte	Población	Viviendas	Edificaciones esenciales	Agrícola y pecuaria	Natural y ecológico	Hidroológico	Combustibles	Energía	
1	Comunicaciones	0	0	0	0	5	1	1	3	0	0	3	3	5	21
2	Abastecimiento de agua	1	0	0	0	3	1	1	3	1	5	5	3	3	26
3	Residuos sólidos	1	0	0	0	3	5	5	5	3	1	0	3	1	27
4	Residuos líquidos	1	5	1	0	1	5	5	5	3	1	3	1	1	32
5	Vías y transporte	3	1	0	0	0	5	5	5	3	1	3	5	3	34
6	Población	5	5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	5	5	60
7	Viviendas	3	5	5	5	5	5	0	0	1	3	1	3	5	41
8	Edificaciones esenciales	5	5	5	5	5	5	5	0	1	3	1	3	5	48
9	Agrícola y pecuaria	1	5	1	3	5	5	3	3	0	5	5	3	3	42
10	Natural y ecológico	0	5	1	1	1	3	3	1	5	0	5	0	0	25
11	Hidroológico	0	5	3	5	1	3	5	1	3	5	0	0	0	31
12	Combustibles	1	1	1	1	5	5	5	3	3	0	0	0	3	28
13	Energía	1	5	0	0	3	5	5	5	1	1	5	3	0	34
	Total importancia	22	42	22	25	42	48	48	39	29	30	36	32	34	

En la figura siguiente se grafican estos resultados.

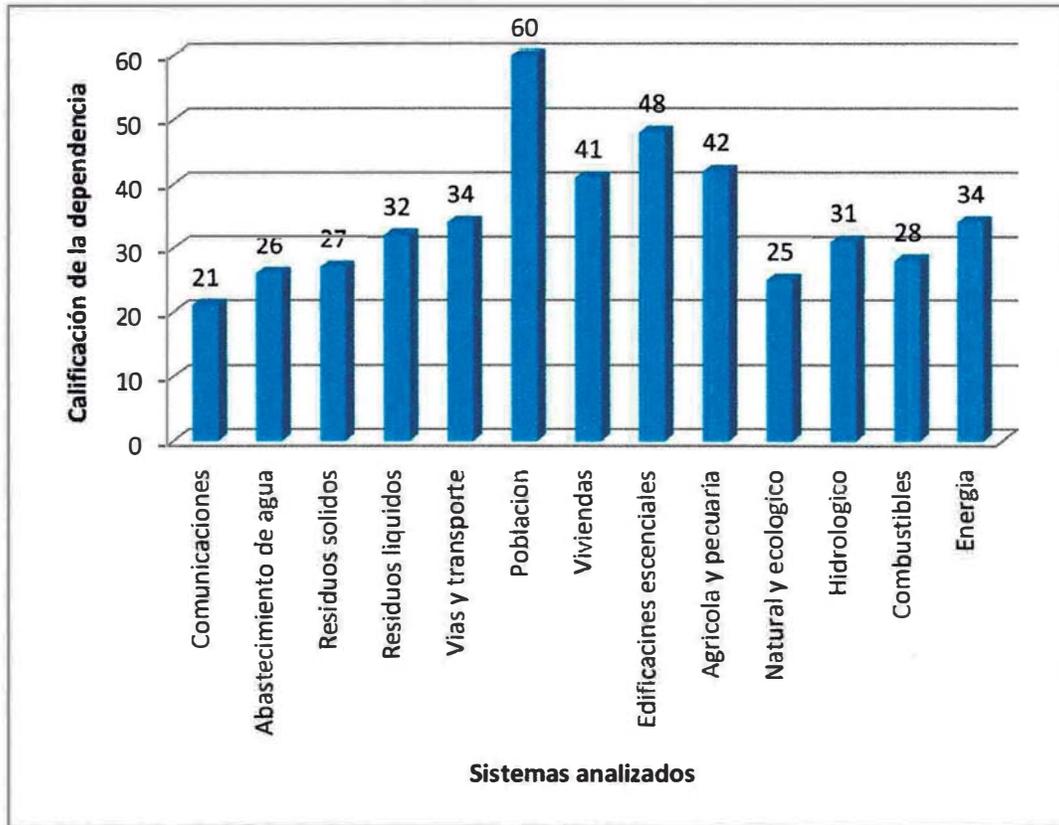


Figura 7. Análisis de dependencia de elementos en una población.

Como se observa en el gráfico anterior, la población es la que tiene mayor dependencia y recibe la mayor calificación (60) en relación con el resto de elementos o sistemas que hacen parte del territorio analizados, lo que indica que cualquier efecto sobre éstos puede interrumpir el funcionamiento de las actividades cotidianas y por ende su desarrollo. Según los resultados de evaluación de vulnerabilidad física y funcional de los sistemas vial y de transporte, eléctrico y combustibles son los más influyentes en el funcionamiento de la región. También el sistema agrícola y lo que se refiere a la vivienda pueden considerarse como básicos. La vulnerabilidad física del sistema vías y transporte, del cual depende el sistema de suministro de combustible para las poblaciones en mención, es alta, pues éstas dependen de la Circunvalar del Galeras en tramos que pueden verse afectados por fenómenos con capacidad de daño severo.

De la tabla anterior también se puede concluir que la población, junto con la vivienda, es la que recibe la mayor calificación en importancia (48), respecto al resto de componente, lo que recalca su gran influencia sobre el resto de los componentes analizados.

5.9.4 Conclusiones

- Los discapacitados y las mujeres embarazadas constituyen un sector de la población más vulnerable a los fenómenos volcánicos, en especial aquellos que viven en zonas rurales, dada la limitada infraestructura para la salida y evacuación a zonas más seguras en caso de presentarse un evento volcánico. Según los resultados obtenidos, el 8%, que equivale a más 39 000 personas, tienen limitaciones permanentes para su locomoción, el uso de brazos y manos, en la vista, el habla o el oído. Los municipios que tienen mayor población discapacitada expuesta a la amenaza volcánica, son La Florida, con un 9% (1 031), Nariño, un 12% (522) y Pasto un 7% (27 394).
- Por su condición de dependencia y fragilidad, la población infantil entre los 0 y 14 años tiene mayor vulnerabilidad a ser afectada por los fenómenos volcánicos. Constituyen el 28% (140 598 personas) del total de la población asentada en el área de estudio, que por lo general viven en zonas rurales, con excepción de Pasto y Nariño, donde está mayormente asentada en la cabecera urbana. Las mujeres en edad fértil constituyen entre el 28% y 35% de la población. Los adultos mayores representan el 7% (34 926 personas) de la población total y en su mayoría viven en zonas rurales, de nuevo con excepción de Pasto y Nariño.
- La población de los municipios del área de estudio actualmente muestra niveles altos de necesidades insatisfechas NBI, en especial en las zonas rurales, lo que es un indicador de vulnerabilidad física potencial en las comunidades, ya que que afecta la vida y la salud de las personas de diversas maneras. Para el caso de los municipios más expuestos a los fenómenos más peligrosos de la amenaza volcánica, Pasto tiene un índice de NBI en su zona rural de 41,4% y en la cabecera urbana un 10,9%; Nariño tiene 46% en zona rural y 37,2% en su cabecera municipal; La Florida registra 51,3% en zona rural y un 20,9% en la cabecera urbana. En el resto de municipios expuestos, principalmente al fenómeno de ceniza volcánica, en las zonas rurales se registran índices de NBI desde 46,3% hasta 70,9% y en las cabeceras urbanas de entre 27,1% al 40,2%.
- La población económicamente activa, PAE, que está entre el 39,4% y el 51,6% en los municipios del área de estudio, puede ver afectadas sus actividades laborales y la consiguiente desaceleración económica de la región.
- El fenómeno de onda de choque podría afectar a la mayoría de la población que vive en las cabeceras urbanas y zonas rurales dispersas de área de estudio según la exposición directa a las ondas de choque; es más vulnerable una persona que está al aire libre que una que está protegida por la estructura solida de una

vivienda. Se estimó, a partir de los datos del Censo de DANE (2005), que el 91% de las viviendas en las cabeceras urbanas tienen paredes hechas en materiales que pueden brindar protección a los seres humanos (bloque, piedra y ladrillo). En los centros poblados y áreas rurales este porcentaje se reduce al 59,4, frente a un 34,6% que cuenta con paredes de tapia pisada, adobe y bahareque, cuya capacidad de protección depende del espesor de los muros que las conforman.

- En cuanto a la caída y acumulación de ceniza volcánica en los municipios objeto de estudio, la vulnerabilidad física de las personas depende del grado de protección que las estructuras le ofrezcan. Teniendo en cuenta los resultados de vulnerabilidad de cubiertas presentado en este Capítulo 5 – en Vulnerabilidad física y funcional de Viviendas, y considerando los altos niveles de acumulación de ceniza volcánica para cada una de las cabeceras urbanas, centros poblados y zonas rurales, son más vulnerables las personas que habiten viviendas con cubiertas en teja de zinc y de teja de asbesto cemento (eternit), con inclinaciones menores a 30°, con estructura de madera y las deterioradas.
- En cuanto a la población actualmente localizada en zona de amenaza volcánica alta – ZAVA, mientras no se culmine el proceso de reasentamiento poblacional a zonas más seguras, la cantidad de personas expuesta a los fenómenos volcánicos más peligrosos (flujos piroclásticos, flujos de lodo y nube acompañante) es de 7 935, de las cuales el 67,6% se localiza en Pasto, el 26,7% en La Florida y el 5,7% en Nariño.
- La totalidad de las personas que vive en la cabecera urbana de Nariño, cercana a los 3 215, está en zona de amenaza volcánica media, expuesta a nube acompañante. El 0,9% del área urbana de Pasto está localizada en amenaza alta y un 6% en amenaza media (a lo largo de la quebrada Mijitayo), mientras el 89,9% está en amenaza baja. Por último la cabecera urbana de La Florida, tiene un área territorial de 43,3% en amenaza alta y un 56,3% en amenaza media.
- 7 centros poblados (Genoy, Obonuco, Mapachico Aticante, Charguayaco, Mapachico Alto, Mapachico San José y Villamaría) en los cuales viven más de 6 000 habitantes, tienen parte de sus área territorial en zonas de amenaza volcánica alta y media. El 64,8% del área territorial de Genoy está en amenaza alta y el 29,65 en amenaza media; Obonuco tiene un 19,5% en amenaza media; el 86,6% del área territorial de Mapachico Aticante se encuentra en amenaza alta y un 13,5% en amenaza media; El 7.1% del área del territorio de Charguayaco está en amenaza media; Mapachico alto tiene el 24,1% en amenaza alta y el 28,9% en media. El 100% de Mapachico San José y Villa María están en amenaza alta

- La población rural dispersa de los municipios de la zona de estudio que supera los 150 000 habitantes, tienen una exposición alta a la caída de ceniza volcánica, lo que puede afectar las actividades agrícolas y pecuarias, que con excepción del municipio de Pasto, constituyen la base de la economía.
- La alta dependencia de la población a la infraestructura de vías y transportes, energía eléctrica, combustibles y sistemas de agua, nos habla de su alta vulnerabilidad funcional a los daños físicos y funcionales que estos sistemas podrían sufrir de manifestarse el escenario máximo probable de erupción volcánica.
- Los niveles de acumulación de ceniza aquí presentados son un indicador para tener en cuenta al definir estrategias de reducción de vulnerabilidad para los distintos sistemas.

5.9.5 Recomendaciones

- Es necesario contar con los datos desagregados por sectores, para adelantar análisis más detallados a nivel municipal sobre la población expuesta a los fenómenos volcánicos.
- Para reducir la vulnerabilidad física y funcional de los habitantes del área influencia del volcán Galeras de manera integral es necesario tratar la situación del fenómeno volcánico como un proceso a largo plazo, en el marco no sólo de estrategias de evasión (reasentamiento) y elusión de fenómeno (evacuación), sino de resistencia y redundancia, entre otras, para lo que reviste gran importancia el fortalecimiento de los procesos de organización de la población.
- Elaborar planes específicos de reducción de riesgos dirigidos a la población más vulnerable en el proceso (población infantil, discapacitados y adultos mayores).
- Con la finalidad de adoptar estrategias de reducción del riesgo volcánico en los municipios con población localiza en zona de amenaza volcánica media ZAVM es necesario adelantar un censo de población en estas áreas en especial en los municipios de Nariño, Pasto y La Florida.

5.9.6 Bibliografía

- **DANE (2005)**. Censo DANE 2005. Sistema de consulta de información censal. REDATAM_SP-Censo Básico.
- **DANE (2008)**. Indicadores laborales. San Juan de Pasto 2008. Tomado de red mundial de información en: http://akane.udenar.edu.co/omtp/dir2/memorias/DANE_Indicadores_laborales.pdf
- **IPC Consultoría (2007)**. Plan de acción específico – PAE, una oportunidad para el desarrollo sostenible. Documento de diagnóstico. Contrato 000 136.
- **Organización Mundial de la salud – OMS (2001)**. Clasificación Internacional del funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud. Ginebra (Suiza). Equipo de Clasificación, Evaluación, Investigación y Terminología. En la red mundial de información <http://www.who.int>
- **Rivera-Tapia, A. Yáñez-Santos, L. Cedillo-Ramírez (2005)**. Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Edificio 76 Complejo de Ciencias, Ciudad Universitaria, C.P. 72570. Puebla, México.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

**TUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL
A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS**

INFORME FINAL

CAPÍTULO V

- 10. Edificaciones esenciales -



San Juan de Pasto, 2009

CONTENIDO

Capítulo V.

5.10 Vulnerabilidad física y funcional de edificaciones esenciales	5
5.10.1 Descripción general de las edificaciones esenciales	5
5.10.2 Inventario de las edificaciones esenciales	5
5.10.3 Evaluación de la vulnerabilidad física de las edificaciones esenciales	14
5.10.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional de las edificaciones esenciales	19
Figura 3. Plano de influencias y dependencias sistema de edificaciones esenciales	21
5.10.5 Conclusiones y recomendaciones	23
Anexo 1	24
Mapas	24
Afectación edificaciones esenciales	24
Anexo 2	62
Evaluación vulnerabilidad albergues	62

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización de alojamientos temporales	14
Figura 2. Mapa de distribución de daños edificaciones esenciales	16
Figura 3. Plano de influencias y dependencias sistema de edificaciones esenciales	21
Figura 4. Mapa de distribución de daños severos en edificaciones prestadoras de salud y alojamientos temporales vs daño severo en vías (rojo intenso)	22
Figura 5. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por caída piroclástica	25
Figura 6. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por flujos de lodo	26
Figura 7. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por flujos piroclásticos	27
Figura 8. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por nube acompañante	28
Figura 9. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por onda de choque	29
Figura 10. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Ancuya	30
Figura 11. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Ancuya	31
Figura 12. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Chachagüí	32

Figura 13. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Consacá	33
Figura 14. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Consacá	34
Figura 15. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de La Florida (secciones 1 y 2)	35
Figura 16. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de La Florida (sección 3).....	36
Figura 17. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo – Municipio de La Florida (sección 1 y 2).....	37
Figura 18. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo – Municipio de La Florida (sección 3).....	38
Figura 19. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos – Municipio de La Florida (sección 1 y 2).....	39
Figura 20. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos Municipio de La Florida (sección 3)	40
Figura 21. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque - Municipio de La Florida (sección 1 y 2)	41
Figura 22. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de La Florida (sección 3)	42
Figura 23. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Nariño	43
Figura 24. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos – Municipio de Nariño	44
Figura 25. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por nube acompañante – Municipio de Nariño	45
Figura 26. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Nariño	46
Figura 27. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo – Municipio de Pasto.....	47
Figura 28. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Pasto.....	48
Figura 29. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Pasto	49
Figura 30. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Sandoná.....	50
Figura 31. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Sandoná	51
Figura 32. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de El Tambo	52

Figura 33. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Yacuanquer	53
Figura 34. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Yacuanquer	54
Figura 35. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por caída piroclástica	55
Figura 36. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por flujos piroclásticos	56
Figura 37. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por nube acompañante	57
Figura 38. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por onda de choque	58
Figura 39. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por caída piroclástica	59
Figura 40. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por flujos piroclásticos	60
Figura 41. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por onda de choque	61

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Inventario de edificaciones indispensables	6
Tabla 2. Inventario de edificaciones de atención a la comunidad	6
Tabla 3. Inventario de edificaciones y estructuras de ocupación especial	7
Tabla 4. Albergues por municipio	13
Tabla 5. Matriz de exposición de edificaciones esenciales	15
Tabla 6. Efectos directos sobre las edificaciones esenciales	17
Tabla 7. Nivel de daño de estructuras de cubiertas en alojamientos temporales	18
Tabla 8. Matriz de general de impactos cruzados–determinación de influencias y dependencias de las edificaciones esenciales	19
Tabla 9. Cálculo de valores de influencia y dependencia	20

5.10 Vulnerabilidad física y funcional de edificaciones esenciales

5.10.1 Descripción general de las edificaciones esenciales

Las edificaciones esenciales son todas aquellas estructuras fundamentales para el funcionamiento de las actividades cotidianas de una sociedad y que han sido diseñadas para prestar un servicio público; según el NSR-98¹, se pueden clasificar según su importancia en 3 grupos: Grupo IV, III y II.

Grupo IV. Edificaciones indispensables: agrupa todas aquellas cuya función primordial es garantizar la salud de la población, antes, durante y después de una situación de emergencia: hospitales, puestos de salud, clínicas y en general todas las edificaciones del sector salud.

Grupo III. Edificaciones de atención a la comunidad: son todas las que albergan personal cuya función principal es rescatar vidas y garantizar el orden durante y después de una situación de emergencia: Bomberos, Policía, Cruz Roja, Defensa Civil y bases militares se incluyen en este grupo.

Grupo II. Edificaciones y estructuras de uso especial: son todas las de uso masivo, como escuelas, colegios, universidades, coliseos, instalaciones gubernamentales, iglesias, etc., que por sus características constructivas y arquitectónicas pueden adaptarse para ser usados como refugios o albergues provisionales en caso de presentarse un evento adverso.

5.10.2 Inventario de las edificaciones esenciales

Como resultado del trabajo de campo desarrollado en el estudio se lograron inventariar:

- 20 edificaciones indispensables dedicadas a prestar servicios de salud como clínicas, hospitales, centros de salud.
- 18 edificaciones de atención a la comunidad (Policía, FAA, Bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil).
- 234 entre edificaciones y estructuras de uso especial, como iglesias, coliseos, colegios, escuelas, alcaldía etc.
- 9 albergues o alojamientos temporales que se han diseñado y construido para este fin: El Vergel, Potreros, El Rosal, Postobón, Fontibón, Las Palmas, Bellavista, Las Plazuelas, La Lomita.

Los elementos inventariados para cada una de las edificaciones fueron: 1. tipología de cubierta; 2. tipo de estructura portante; 3. material predominante de muros; 4. número de pisos; 5. material de cobertura de la cubierta; 6. grado de inclinación de la cubierta y

¹ Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente – NSR, 98. Decreto 32 – Ley 400 de 1997.

7. señales de deterioro. Se georreferenció cada edificación y se determinó a que amenaza volcánica está expuesta, así como el espesor de ceniza que se podría acumular en la cubierta de presentarse el escenario máximo probable de erupción volcánica del Galeras. En el SIGVULGALERAS se presenta el inventario detallado con todos los atributos mencionados. En las tablas siguientes se incluye el listado de las edificaciones mencionadas.

Tabla 1. Inventario de edificaciones indispensables

Nº	Nombre	Municipio
1	Centro de salud Ancuya - ESE	Ancuya
2	Centro de salud Nuestra Señora de Fátima	Chachagüí
3	EPS-S Con familiar	Chachagüí
4	Sede Proinsalud	Consacá
5	Centro de salud Consacá	Consacá
6	EMSSANAR	Consacá
7	Centro de salud Bombona	Consacá, Bombona
8	Hospital San Luis	El Tambo
9	Centro Hospital La Florida	La Florida
10	Centro de salud E.S.E Juan Pablo II	Linares
11	EPS Salud Cóndor	Nariño
12	Centro de salud ESE San Sebastián	Nariño
13	Nueva EPS	Pasto
14	Clínica Fátima	Pasto
15	Cruz roja	Pasto
16	Centro de salud Pandiaco	Pasto
17	Hospital San Pedro	Pasto
18	Hospital Psiquiátrico San Rafael	Pasto
19	Centro de salud San Vicente	Pasto
20	Centro de salud La Rosa	Pasto
21	Centro de salud Tamasagra	Pasto
22	Psiquiátrico Perpetuo Socorro	Pasto
23	Clínica Antonio Nariño	Pasto
24	Centro de salud Lorenzo de Aldana	Pasto
25	Hospital Universitario Departamental de Nariño	Pasto
26	Hospital Civil	Pasto
27	Hospital Infantil Los Ángeles	Pasto
28	Hospital	Sandoná
29	EPS Salud Cóndor	Tangua
30	EPS Confamiliar	Tangua
31	Centro de salud ESE Tangua Hermes Andrade Mejía	Tangua
32	Mallamas EPS indígena	Yacuanquer
33	Salud Ya	Yacuanquer
34	Hospital en construcción	Yacuanquer

Tabla 2. Inventario de edificaciones de atención a la comunidad

Nº	Nombre	Municipio
1	Estación Policía Ancuya	Ancuya
2	Estación Policía Chachagüí	Chachagüí
3	Estación Policía Consacá	Consacá
4	Estación Policía El Tambo	El Tambo
5	Estación Policía La Florida	La Florida
6	Bomberos La Florida	La Florida

N°	Nombre	Municipio
7	Estación Policía Linares	Linares
8	Defensa Civil	Nariño
9	Estación Policía Nariño	Nariño
10	URI	Pasto
11	Comando Policía	Pasto
12	DAS	Pasto
13	Batallón Boyacá	Pasto
14	Cuartel de Bomberos Julio A. Jurado M.	Pasto
15	X-2 Bomberos Estación Éxito	Pasto
16	X-3 Cuartel Bomberos Ramón Almeida Agrote	Pasto
17	Bomberos Voluntarios Sandoná	Sandoná
18	Estación Policía Sandoná	Sandoná
19	Estación Policía Tangua	Tangua
20	Defensa Civil	Yacuanquer
21	Estación Policía Yacuanquer	Yacuanquer

Tabla 3. Inventario de edificaciones y estructuras de ocupación especial

N°	Nombre	Municipio
1	Banco Agrario de Colombia	Ancuya
2	Alcaldía municipal	Ancuya
3	Escuela Liceo Nuestra Señora de la Visitación	Ancuya
4	Colegio Carlos Albornoz Rosas	Ancuya
5	Santuario Nuestra Señora de la Visitación	Ancuya
6	Institución Educativa Técnica San Francisco de Asís	Ancuya
7	Biblioteca	Ancuya
8	Coliseo	Ancuya
9	Iglesia Chachagüí	Chachagüí
10	Coliseo Municipal	Chachagüí
11	I.E Chachagüí (Colegio)	Chachagüí
12	I.E Chachagüí (Escuela)	Chachagüí
13	Centro comunitario	Chachagüí
14	ICBF Los Pitufos	Chachagüí
15	Alcaldía	Chachagüí
16	Futura alcaldía	Chachagüí
17	Salón comunal, Emisora Consacá Estéreo	Consacá
18	Estadio	Consacá
19	Registraduría	Consacá

Nº	Nombre	Municipio
20	ICBF El Paraíso	Consacá
21	I.E Los Libertadores 2do nivel	Consacá
22	Plaza de mercado	Consacá
23	Centro de capacitación en sistemas	Consacá
24	I.E Los libertadores	Consacá
25	Cofinal Ltda.	Consacá
26	Iglesia	Consacá
27	Alcaldía municipal	Consacá
28	Banco Agrario	Consacá
29	Juzgado promiscuo municipal	Consacá
30	UMATA	Consacá
31	Colegio Agropecuario Consacá	Consacá - Bomboná
32	Concentración escolar	Consacá - Bomboná
33	Iglesia Bomboná	Consacá - Bomboná
34	Banco Agrario de Colombia	El Tambo
35	Edificio municipal	El Tambo
36	Comedor tercera edad	El Tambo
37	Alcaldía el Tambo	El Tambo
38	Escuela S.C.de.Jesus	El Tambo
39	Colegio S.C.de.Jesus	El Tambo
40	Iglesia el Tambo	El Tambo
41	Escuela La Natividad	El Tambo
42	Estadio	El Tambo
43	Colegio Jesús N	El Tambo
44	Alcaldía La Florida	La Florida
45	I.E Niño Jesús de Praga	La Florida
46	Casa de la cultura	La Florida
47	Biblioteca Blanca Inés Santacruz	La Florida
48	Iglesia	La Florida
49	Escuela	La Florida
50	Coliseo	La Florida
51	Colegio	La Florida
52	Juzgado Promiscuo Municipal	Linares
53	Biblioteca	Linares
54	Cedenar	Linares
55	Banco agrario de Colombia	Linares
56	Alcaldía Linares	Linares

N°	Nombre	Municipio
57	I.E Diego Luis Córdoba	Linares
58	Iglesia Pentecostés unida internacional	Linares
59	Galería	Linares
60	I.E Diego Luis Córdoba	Linares
61	Iglesia	Linares
62	Alcaldía Municipal de Nariño	Nariño
63	Teatro Municipal	Nariño
64	I.E Juan Pablo II	Nariño
65	Guardería Mis Primeros Pasos	Nariño
66	Guardería Bella Flor	Nariño
67	Guardería Mis pequeños angelitos	Nariño
68	Guardería Hogar Infantil Fami Garulino	Nariño
69	Tránsito municipal IDATT	Nariño
70	Personería Municipal	Nariño
71	Registraduría Municipal	Nariño
72	Bodega Municipal	Nariño
73	Matadero Municipal	Nariño
74	Parroquia San Francisco de Asís	Nariño
75	Casa cural, EMSSANAR, CEDENAR	Nariño
76	Corsen LTDA	Nariño
77	Guardería Mis primeras aventuras	Nariño
78	Biblioteca Santo Domingo Sabio	Nariño
79	Salón del Reino de los Testigos	Nariño
80	I.E Colegio Nuestra señora del Carmen	Pasto
81	Iglesia San Andrés	Pasto
82	Catedral de Pasto	Pasto
83	Iglesia San Juan	Pasto
84	Iglesia San Agustín	Pasto
85	Gobernación de Nariño	Pasto
86	Iglesia Cristo Rey	Pasto
87	Colegio Javeriano	Pasto
88	Iglesia Nuestra señora de Lourdes	Pasto
89	Iglesia San Felipe	Pasto
90	Convento de las concepcionistas	Pasto
91	Iglesia Santiago	Pasto
92	I.E ISFA	Pasto
93	Teatro imperial	Pasto

N°	Nombre	Municipio
94	Iglesia La Merced	Pasto
95	Universidad de Nariño centro	Pasto
96	Iglesia San Sebastián	Pasto
97	Universidad de Nariño Administración	Pasto
98	Universidad de Nariño Derecho	Pasto
99	Universidad de Nariño Medicina	Pasto
100	Universidad de Nariño Ingeniería	Pasto
101	Seminario mayor	Pasto
102	Universidad de Nariño Artes	Pasto
103	CEHANI – Centro de Habilitación del Niño	Pasto
104	I.E Aurelio Arturo	Pasto
105	Liceo de la universidad de Nariño	Pasto
106	Iglesia San Vicente	Pasto
107	Alcaldía de Pasto	Pasto
108	Iglesia Anganoy	Pasto
109	Iglesia Panorámico	Pasto
110	Universidad de Nariño - VIPRI	Pasto
111	Estadio Libertad	Pasto
112	I.E La Rosa	Pasto
113	Iglesia del Espíritu Santo	Pasto
114	I.E Ciudad de Pasto	Pasto
115	I.E LEMO	Pasto
116	Jardín Infantil Piloto	Pasto
117	I.E Agustín Agualongo	Pasto
118	ICBF Agustín Agualongo	Pasto
119	Iglesia Agualongo	Pasto
120	Capilla Niño Jesús de Praga	Pasto
121	I.E Nuestra señora de las Lajas	Pasto
122	I.E INEM Mariano Ospina Rodríguez	Pasto
123	I.E ITSIM	Pasto
124	I.E Normal Nacional	Pasto
125	I.E Antonio Nariño	Pasto
126	Iglesia de La Santa Cruz	Pasto
127	I.E Libertad	Pasto
128	Galería Potrerillo	Pasto
129	I.E Confamiliar	Pasto
130	Galería Lorenzo	Pasto

N°	Nombre	Municipio
131	Coliseo Surorientales	Pasto
132	Iglesia Nuestra señora del Carmen	Pasto
133	I.E Santa Barbará	Pasto
134	I. E La ciudadela	Pasto
135	I.E Santa Mónica	Pasto
136	ICBF	Pasto
137	Iglesia Santo sepulcro	Pasto
138	I.E Heraldito Romero Sánchez (escuela)	Pasto
139	Ancianato San José	Pasto
140	I.E Heraldito Romero Sánchez (colegio)	Pasto
141	Terminal de Transportes	Pasto
142	I.E Liceo central de Nariño	Pasto
143	Iglesia Corazón de Jesús	Pasto
144	I.E Artemio Mendoza	Pasto
145	ICBF Corazón de Jesús	Pasto
146	I.E Pedagógico	Pasto
147	Iglesia Palermo	Pasto
148	I.E María Goretti	Pasto
149	Iglesia Fátima	Pasto
150	I.E San Juan Bosco	Pasto
151	Coliseo Sergio Antonio Ruano	Pasto
152	Transportes Sandoná	Sandoná
153	Telecom	Sandoná
154	Registraduría	Sandoná
155	Casa de la cultura	Sandoná
156	Casa cural (nueva)	Sandoná
157	Casa hogar la paz No 2	Sandoná
158	Plaza de mercado	Sandoná
159	Hogar infantil	Sandoná
160	Colegio Nuestra Señora del Carmen	Sandoná
161	Banco Agrario de Colombia	Sandoná
162	Bancolombia	Sandoná
163	I.E. Nuestra Señora de Fátima	Sandoná
164	Guardería Casa hogar La Paz	Sandoná
165	La Mecedora	Sandoná
166	Basílica de piedra de Nuestra Señora del Rosario	Sandoná
167	Alcaldía municipal de Sandoná	Sandoná

N°	Nombre	Municipio
168	Alcaldía Tangua	Tangua
169	Concejo Municipal	Tangua
170	I.E Urbana Pio XII	Tangua
171	Juzgado	Tangua
172	Registraduría	Tangua
173	Casa del menor	Tangua
174	Colegio Misael Pastrana Borrero	Tangua
175	Parque recreacional El trigo, la cebada y el maíz	Tangua
176	La buena esperanza escuela urbana de niñas	Tangua
177	Iglesia San Rafael	Tangua
178	Casa de la Cultura	Tangua
179	I.E Concentración de desarrollo rural	Yacuanquer
180	Iglesia cementerio Jardines de las Mercedes	Yacuanquer
181	I.E Pedro León Torres	Yacuanquer
182	Iglesia	Yacuanquer
183	Palacio Municipal	Yacuanquer
184	Galería	Yacuanquer
185	Coliseo	Yacuanquer
186	I.E Pedro León Torres	Yacuanquer

Inventario de los albergues o alojamientos temporales

De acuerdo con el Plan de Acción Específico, PAE, elaborado por IPC Consultores (2008), los municipios de Pasto, Nariño y la Florida fueron los encargados de identificar los posibles lotes o zonas para la construcción de los alojamientos temporales destinados a albergar a los habitantes de la zona de amenaza alta, teniendo en cuenta el mapa de amenaza volcánica elaborado por el Ingeominas (1997). En la siguiente tabla se incluyen las características generales de dichos alojamientos.

Tabla 4. Albergues por municipio

Municipio	Nombre	Veredas que alberga	Distancia del Casco Urbano ²	Área / Ha	Altura Msnm	Capacidad Proyectada
Pasto	El Vergel	Aguapamba, Castillo Loma, Genoy Centro, Bellavista, Nueva Campiña	12,1 Km	4,00	2.350	2.476
Pasto	Potreros	Charguayaco, La Cocha, Villamaría	9,8 Km	6,00	2.550	1.086
Pasto	El Rosal	El Rosal, Aticance	6,2 Km	2,00	2.550	224
Pasto	Postobón	San Francisco, Briceño, Briceño Alto, Terrazas de Briceño	2,1 Km	3,00	2.527	357
Pasto	Fontibón	Mapachico centro: Los Chilcos	3,5 Km	2,00	2.700	960
La Florida	La Palma	Sector Oriental, Porvenir, Zaragoza, La victoria, Primavera, Barranquito, La Merced, Libertad	2,6 Km	2,50	2.310	1.250
La Florida	Bellavista	La Colina, Libertad, El Bosque, Divino Niño, El Placer	3,8 Km	1,00	2.280	400
La Florida	Las Plazuelas	Barranco, Zaragoza, La Victoria, la Colina	10,1 Km	10,00	2.400	500
Nariño	La Lomita	Chorrillo, Yunguillo, Pueblo Viejo	2,8 Km	10,00	2.350	500

Fuente: Plan de Acción Específico – ZAVA. Cuadro N° 34. IPC Consultores (2008)

En total, se inventariaron y evaluaron 9 alojamientos temporales localizados así: 5 en Pasto, 3 en la Florida y 1 en Nariño. La tipología estructural de 8 es de vigas y columnas; sólo 1 es prefabricado; el material de la estructura es de madera en 6, guadua en 2 y metal en 1. En cuanto a la cimentación, 8 están elevados en el terreno y 1 a nivel; el material de la cimentación es de madera en 7; 1 en guadua y otro en concreto. El tipo de cubierta es liviana (teja de zinc) en 8, y moderada (Eternit) en 1; el material de la estructura de cubierta es de guadua en 3, en 5 el material es madera y en 1 es metálica en viga. El tipo de estructura en 3 es montante maestro y 6 es en vigas. El material de los muros es de madera en 8 de los albergues y de concreto en 1. En la siguiente figura se muestra la localización de los alojamientos temporales en la zona de estudio.

² Distancia definida por Corporación OSSO, la cual corresponde a la medida a lo largo de la vía que lleva a los albergues.

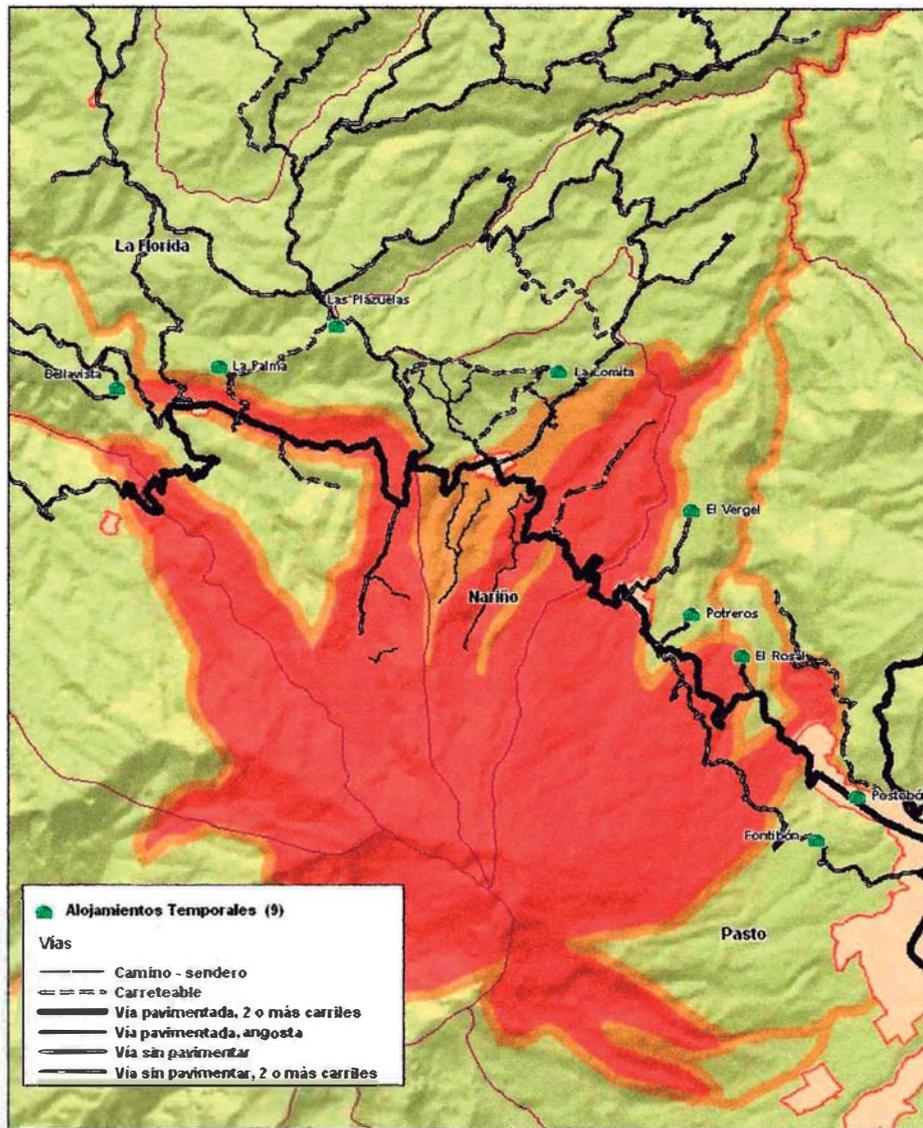


Figura 1. Localización de alojamientos temporales

5.10.3 Evaluación de la vulnerabilidad física de las edificaciones esenciales

La vulnerabilidad física general de las edificaciones esenciales se determinó, a partir de la utilización de los criterios expresados el numeral 2.3.5 del Capítulo II – Metodología, con el cual se califica el grado de favorabilidad o desfavorabilidad de la condición y la disposición de los elementos expuestos con respecto a cada una de las amenazas volcánicas, en los municipios que componen el área de estudio. En la siguiente tabla se presenta la matriz de vulnerabilidad física aplicada.

Tabla 5. Matriz de exposición de edificaciones esenciales

Fenómenos (solicitud)	Indicador de exposición																		
	Flujo piroclástico			Flujo lava		Caída piroclástica		Flujo lodo		Onda choque				Proyectiles balísticos				Nube acompañante	
Elemento	FPA	FPM	FPN	LVA	LVN	CPA	CPB	FLA	FLN	OCHA	OCHM	OCHB	OCHN	PBA	PBM	PBB	PBN	NAM	NAN
Edificaciones indispensables	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
Edificaciones de atención a la comunidad	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
Edificaciones de ocupación especial	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0

En la siguiente figura en rojo intenso se presentan los elementos expuestos desde el punto de vista físico a los fenómenos que podrían causarles daño severo. En la tabla siguiente, se presentan los posibles efectos de los fenómenos volcánicos.

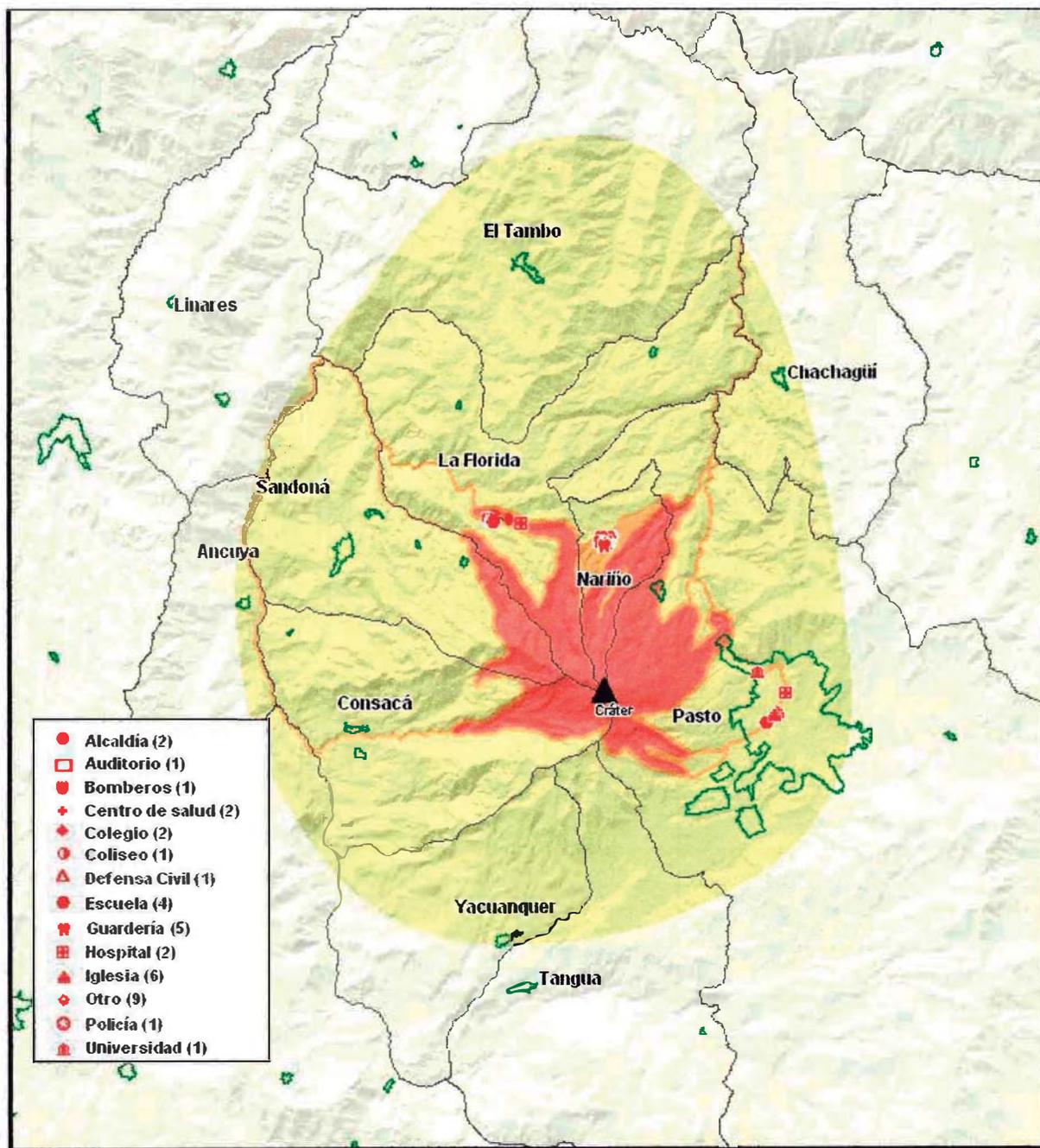


Figura 2. Mapa de distribución de daños edificaciones esenciales

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	EDIFICACIONES ESENCIALES CON CUBIERTA LIVIANA	EDIFICACIONES ESENCIALES CON CUBIERTA MODERADA	EDIFICACIONES ESENCIALES CON CUBIERTA PESADAS	EDIFICACIONES ESENCIALES CON LOSA
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	SEVERO: Enterramiento, colapso por falla de la estructura de cubierta, por acumulación de ceniza de gran espesor	SEVERO: Enterramiento, colapso por falla de la estructura de cubierta, por acumulación de ceniza de gran espesor	SEVERO: Enterramiento, colapso por falla de la estructura de cubierta, por acumulación de ceniza de gran espesor	SEVERO: Enterramiento, colapso por falla de la estructura de la losa
			MODERADO: Adherencia, corrosión, deformación de la estructura de cubierta por acumulación de ceniza	MODERADO: Adherencia, deformación de la estructura de cubierta por acumulación de ceniza	MODERADO: Adherencia, deformación de la estructura de cubierta por acumulación de ceniza	MODERADO: Adherencia, corrosión, deformación de la losa por acumulación de ceniza
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas	Destrucción total, enterramiento, arrastre, ruptura, perforación, impacto Desgarre de la estructura del suelo, incineración	Destrucción total, enterramiento, arrastre, ruptura, perforación, impacto Desgarre de la estructura del suelo, incineración	Destrucción total, enterramiento, arrastre, ruptura, perforación, impacto Desgarre de la estructura del suelo, incineración	Destrucción total, enterramiento, arrastre, ruptura, perforación, impacto Desgarre de la estructura del suelo, incineración
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE	Presiones laterales y onda de calor	Derretimiento, incineración, enterramiento, obstrucción			
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	SEVERO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	SEVERO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	SEVERO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	SEVERO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio
			MODERADO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	MODERADO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	MODERADO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio	MODERADO: Rompimiento por impactos severos, perforación, Aplastamiento, incendio
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE	Onda de calor y colisión de partículas	Derretimiento, incineración, impacto de partículas	Derretimiento, incineración, impacto de partículas	Derretimiento, incineración, impacto de partículas	Derretimiento, incineración, impacto de partículas
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Arrastre, volcamiento, enterramiento, impacto de partículas, obstrucción			
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	SEVERO: fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanas al umbral de daño de la estructura	SEVERO: fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanas al umbral de daño de la estructura	SEVERO fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanas al umbral de daño de la estructura	SEVERO: fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanas al umbral de daño de la estructura
			MODERADO: Vibración, rotura, desprendimiento elementos - daños menores en estructuras	MODERADO: Vibración, rotura, desprendimiento elementos - daños menores en estructuras	MODERADO Vibración, rotura, desprendimiento elementos - daños menores en estructuras	MODERADO: Vibración, rotura, desprendimiento elementos - daños menores en estructuras
			LEVE: Vibración y rotura de vidrios ventanales, apertura de puertas	LEVE: Vibración y rotura de vidrios ventanales, apertura de puertas	LEVE: Vibración y rotura de vidrios ventanales, apertura de puertas	LEVE: Vibración y rotura de vidrios ventanales, apertura de puertas

Tabla 6. Efectos directos sobre las edificaciones esenciales

Vulnerabilidad física de alojamientos u albergues temporales

En cuanto a la exposición a la amenaza volcánica 8 de los albergues se localizan en amenaza baja. 1 está en zona de amenaza alta, que es el albergue del Rosal, que podría ser afectado por flujos piroclásticos. 4 -Potreros, El Rosal, Fontibón y Postobón- se localizan en la zona de amenaza media por onda de choque de acuerdo con el Mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997). De llegar a manifestarse, este fenómeno podría ocasionar derribamiento de personas y daños menores en las estructuras en estos 4 albergues. Los otros 5 albergues -Plazuelas, Bellavista, El Vergel, La Lomita y La Palma- se localizan en zona de amenaza baja por onda de choque, en donde se podrían experimentar vibración de vidrios y apertura de puertas.

En cuanto al estado físico de los albergues se encontró que 5 sufren de deterioro de la cimentación; son Postobón, Bellavista, Las Plazuelas, El Vergel y El Rosal.

De otro lado se estimó el grado de daño que podrían sufrir los alojamientos temporales en caso de presentarse el escenario máximo de amenaza definido por Ingeominas, del cual se derivó el modelo de caída piroclástica (ver Capítulo 2). Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Nivel de daño potencial de estructuras de cubiertas en alojamientos temporales

Albergue	Municipio	Grados de inclinación de cubierta	(e) Espesor de ceniza crítica (cm)	(e) Espesor de ceniza modelo (cm)	Factor de reducción por pendiente (FRP)	(e) Espesor de ceniza*FRP	NIVEL DE DAÑO
Postobón	Pasto	25	2,6	18,4	0,91	16,7	COLAPSO
Bellavista	La Florida	40	8,9	5,0	0,77	3,8	PARCIAL
Las Plazuelas	La Florida	40	8,9	22,0	0,77	17,0	COLAPSO
El Vergel	Pasto	20	3,2	22,3	0,94	20,9	COLAPSO
Potreros	Pasto	17	4,8	6,4	0,95	6,1	COLAPSO
El Rosal	Pasto	30	3,6	6,0	0,97	5,8	COLAPSO
Fontibón	Pasto	25	3,8	5,3	0,91	4,9	COLAPSO
La Lomita	Nariño	30	5,2	10,4	0,97	10,1	COLAPSO
La Palma	La Florida	40	8,9	7,2	0,77	5,5	MODERADO

De la tabla anterior se concluye que, dadas las condiciones de severidad de caída de ceniza volcánica, según su espesor, 7 albergues u alojamientos temporales sufrirían colapso total de cubiertas; de otro lado, el albergue de Bellavista tendría daños parciales y el de La Palma daños moderados.

5.10.4 Evaluación de la vulnerabilidad funcional de las edificaciones esenciales

Para evaluar la vulnerabilidad funcional de las edificaciones esenciales a fenómenos volcánicos, se procedió en primera instancia a realizar un análisis estructural prospectivo de los componentes que apoyan la funcionalidad de las mismas (infraestructura de vías, vehículos de transporte, sistema de residuos líquidos, sistema de residuos sólidos, abastecimiento de agua y suministro de energía y combustibles) analizando su interdependencia con éstos. Se considera cada una de las variables ordenadas en columnas, que indican cuáles de éstas son las que influyen sobre cada una de las que están en fila, y se construye con ellas una matriz de doble entrada, es decir, se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación: se asigna “0” a las variables sin influencia; “1” a las variables que ejercen una baja influencia; “3” a las variables con una influencia intermedia y “5” a las variables que ejercen una influencia alta. Con estas calificaciones se obtiene el siguiente cuadro:

Tabla 8. Matriz de general de impactos cruzados - determinación de influencias y dependencias de las edificaciones esenciales

N°		Infraestructura de vías	Vehículos de transporte	Suministro de combustibles	Suministro de energía	Sistema de abastecimiento de agua	Sistema de residuos sólidos	Sistema de residuos líquidos	Edificaciones indispensables	Edificaciones de atención a la comunidad	Edificaciones y estructuras de ocupación especial	INFLUENCIA (I)
1	Infraestructura de vías	5	5	1	1	5	1	5	5	5	5	33
2	Vehículos de transporte	1	3	0	3	5	0	5	5	3	3	25
3	Abastecimiento de combustibles	0	5	3	3	3	3	3	3	3	1	24
4	Suministro de energía	1	1	3	3	1	1	5	5	5	5	25
5	Sistemas de abastecimiento de agua	0	1	0	3	0	5	5	5	5	5	24
6	Sistema de residuos sólidos	0	3	0	0	3	0	5	5	5	5	21
7	Sistema de residuos líquidos	3	0	0	0	0	0	5	5	5	5	18
8	Edificaciones indispensables	3	1	1	3	3	3	3	1	1	1	19
9	Edificaciones de atención a la comunidad	3	1	1	3	3	3	3	3	1	1	21
10	Edificaciones y estructuras de ocupación especial	3	1	1	3	3	3	3	3	1	1	21
	DEPENDENCIA (D)	14	18	14	16	22	23	19	39	35	31	231

Determinación de la las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 10), y se grafican los valores correspondientes a (Ic) e (Dc), como se indica a continuación:

Tabla 9. Cálculo de valores de influencia y dependencia³

N°	Elemento	Dc	Ic
1	Infraestructura de vías	6,1	14,3
2	Vehículos de transporte	7,8	10,8
3	Abastecimiento de combustibles	6,1	10,4
4	Suministro de energía	6,9	10,8
5	Sistemas de abastecimiento de agua	9,5	10,4
6	Sistema de residuos sólidos	10,0	9,1
7	Sistema de residuos líquidos	8,2	7,8
8	Edificaciones indispensables	16,9	8,2
9	Edificaciones de atención a la comunidad	15,2	9,1
10	Edificaciones y estructuras de ocupación especial	13,4	9,1

Estos valores se identifican y grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver la figura siguiente.

³ Valores de (D) y (I) corregidos, para el cálculo de la media con propósitos de elaboración de la grafica. Que corresponden a: Dc = (valor de D)/(suma total de dependencias * 100); Ic = (valor de I)/(suma total de Influencias * 100).

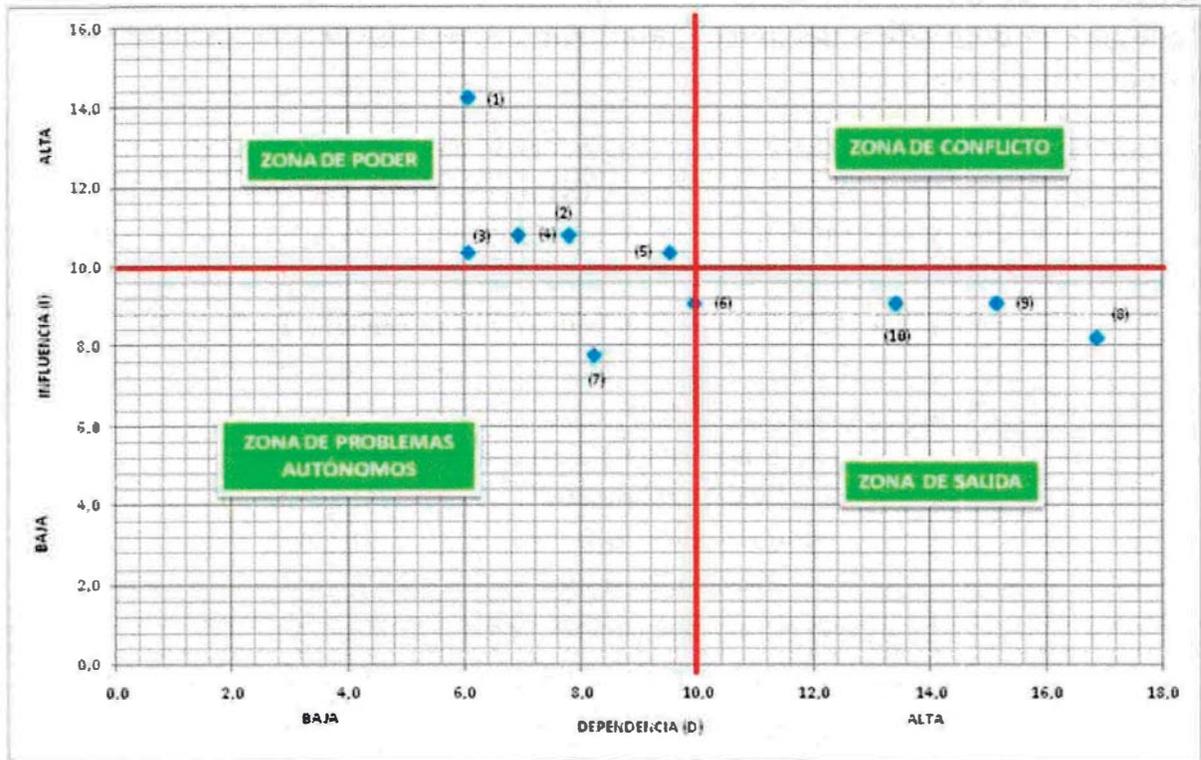


Figura 3. Plano de influencias y dependencias sistema de edificaciones esenciales

De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (2), (3), (4) y (5), que se encuentran en la zona de poder y que corresponden respectivamente a infraestructura de vías, vehículos de transporte, abastecimiento de combustibles, suministro de energía y sistema de abastecimiento de agua. Esto significa que estos componentes son los más importantes para el funcionamiento del sistema, por que influyen en gran medida sobre los demás.

En la zona de salida se ubican los componentes de baja influencia y alta dependencia, que son el (6), (8), (9) y (10), que corresponden respectivamente al sistema de residuos sólidos, las edificaciones indispensables, las edificaciones de atención a la comunidad y las edificaciones y estructuras de ocupación especial. En la zona de problemas autónomos, se ubica el componente (7) de baja influencia y baja dependencia, que corresponde al sistema de residuos líquidos.

En la figura siguiente se presentan las vías que tendrían daño severo y que afectarían la funcionalidad del sistema de albergues temporales y la red de urgencias hospitalarias.

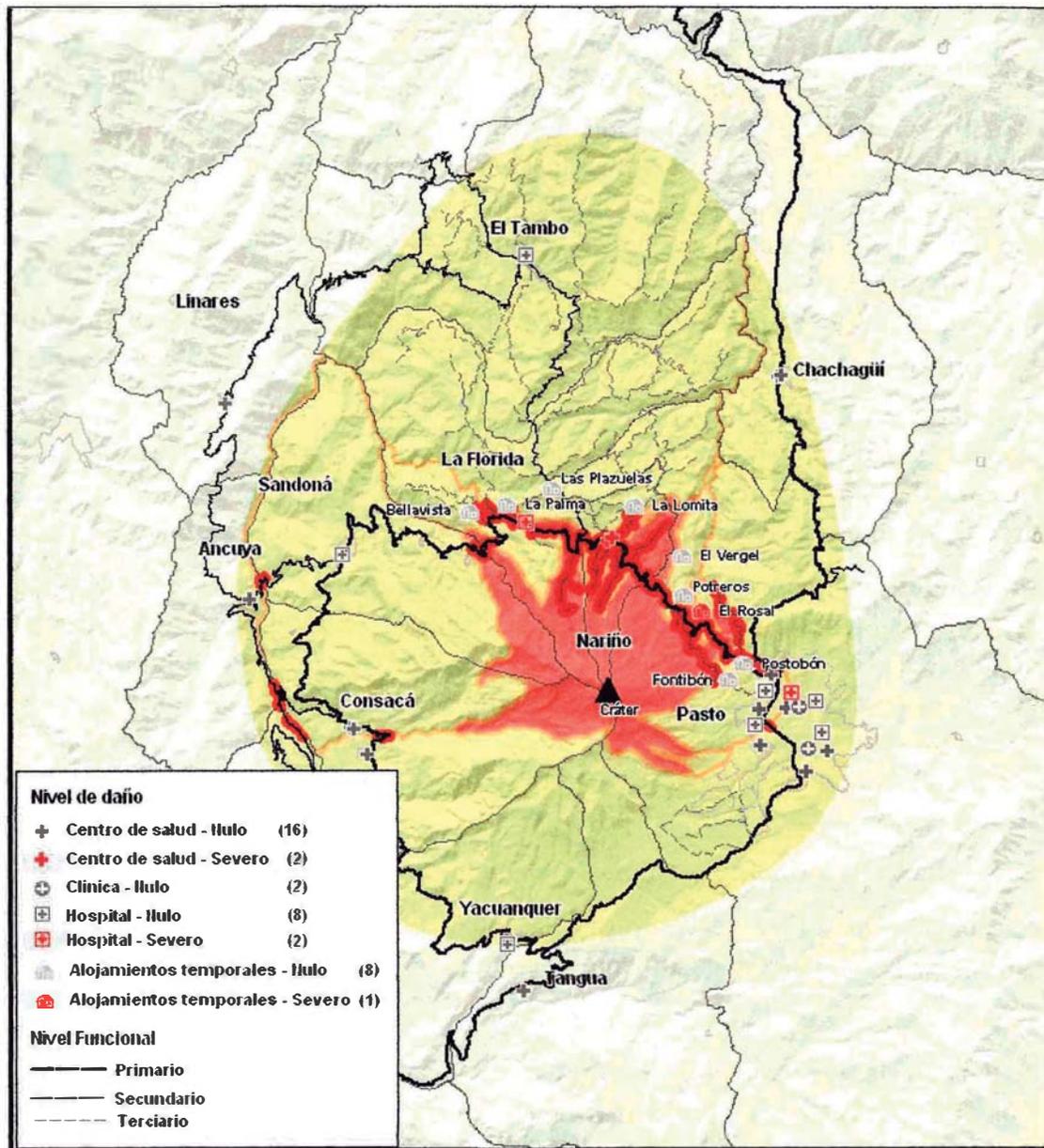


Figura 4. Mapa de distribución de daños severos en edificaciones prestadoras de salud y alojamientos temporales vs daño severo en vías (rojo intenso)

5.10.5 Conclusiones y recomendaciones

- Aunque la vulnerabilidad física de la mayoría de las edificaciones esenciales es baja con respecto a la posibilidad de resultar afectadas por los fenómenos de mayor peligro, como los flujos piroclásticos, nube acompañante y flujos de lodo, en el máximo escenario probable de erupción volcánica tienen una vulnerabilidad funcional alta, porque dependen en gran medida del funcionamiento de otros sistemas fundamentales como la infraestructura de vías, los vehículos de transporte, el abastecimiento de agua y el suministro de energía y combustibles (ver capítulos específicos).
- Los albergues El Vergel, Potreros y El Rosal en Pasto y Bellavista en La Florida, podrían sufrir aislamiento por vía terrestre ya que su acceso depende de la Circunvalar del Galeras y su conectividad con otras vías depende de poder cruzar drenajes comprometidos con flujos de lodo (zona de amenaza Media).
- El Estudio arrojó un primer análisis de las tipologías constructivas de cubiertas en edificaciones esenciales a partir de atributos básicos como el material, la inclinación y la tipología constructiva básica. Por tanto, debido a la complejidad de las estructuras de cubierta de las edificaciones esenciales por las grandes luces que cubren, es necesario avanzar en una evaluación estructural más detallada, teniendo en cuenta la priorización de las edificaciones definidas en el NSR-98.
- Es necesario hacer mantenimiento a la cimentación de todos los albergues.
- Se deben reforzar las estructuras de todas las cubiertas de los albergues y aumentar la inclinación de aquellas con menos de 30 grados de inclinación.
- Se debe relocalizar el albergue El Rosal en una zona de amenaza volcánica baja.
- Se deben reforzar puertas y ventanales de vidrio de aquellos albergues expuestos a onda de choque en condición de sollicitación media.
- Se debe priorizar la relocalización del hospital de La Florida debido a que está en ZAVA.
- Se debe dotar al municipio de Nariño de por lo menos un nuevo centro de salud localizado en zona de amenaza baja.
- Se debe priorizar la evaluación detallada de la vulnerabilidad del Hospital Infantil en Pasto, debido a que está expuesto a amenaza media por flujos de lodo que podrían suceder en la quebrada Mijitayo.

Anexo 1

Mapas

Afectación edificaciones esenciales

Edificaciones indispensables

Edificaciones uso especial

Edificaciones de atención a la comunidad

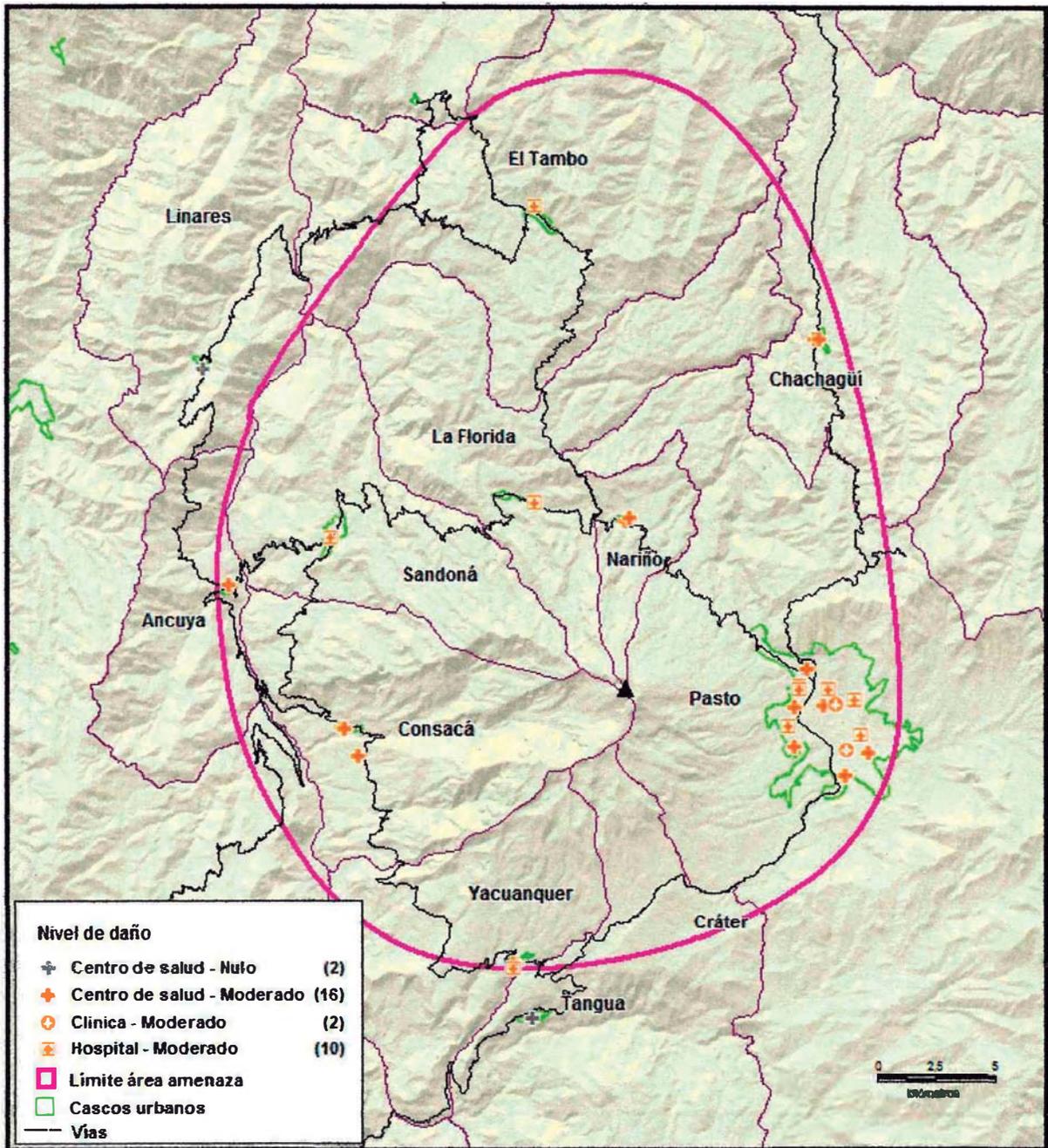


Figura 5. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por caída piroclástica

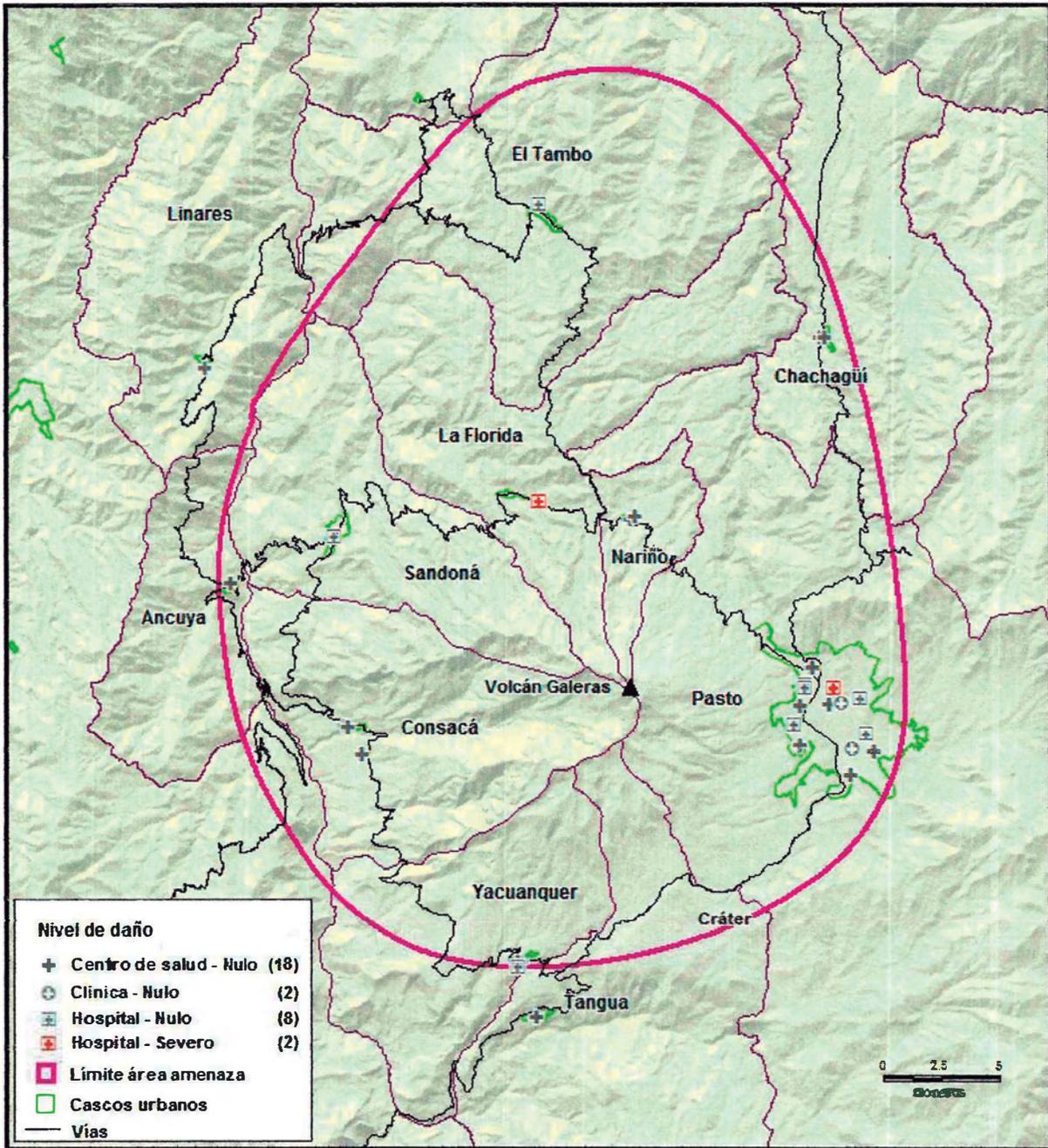


Figura 6. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por flujos de lodo

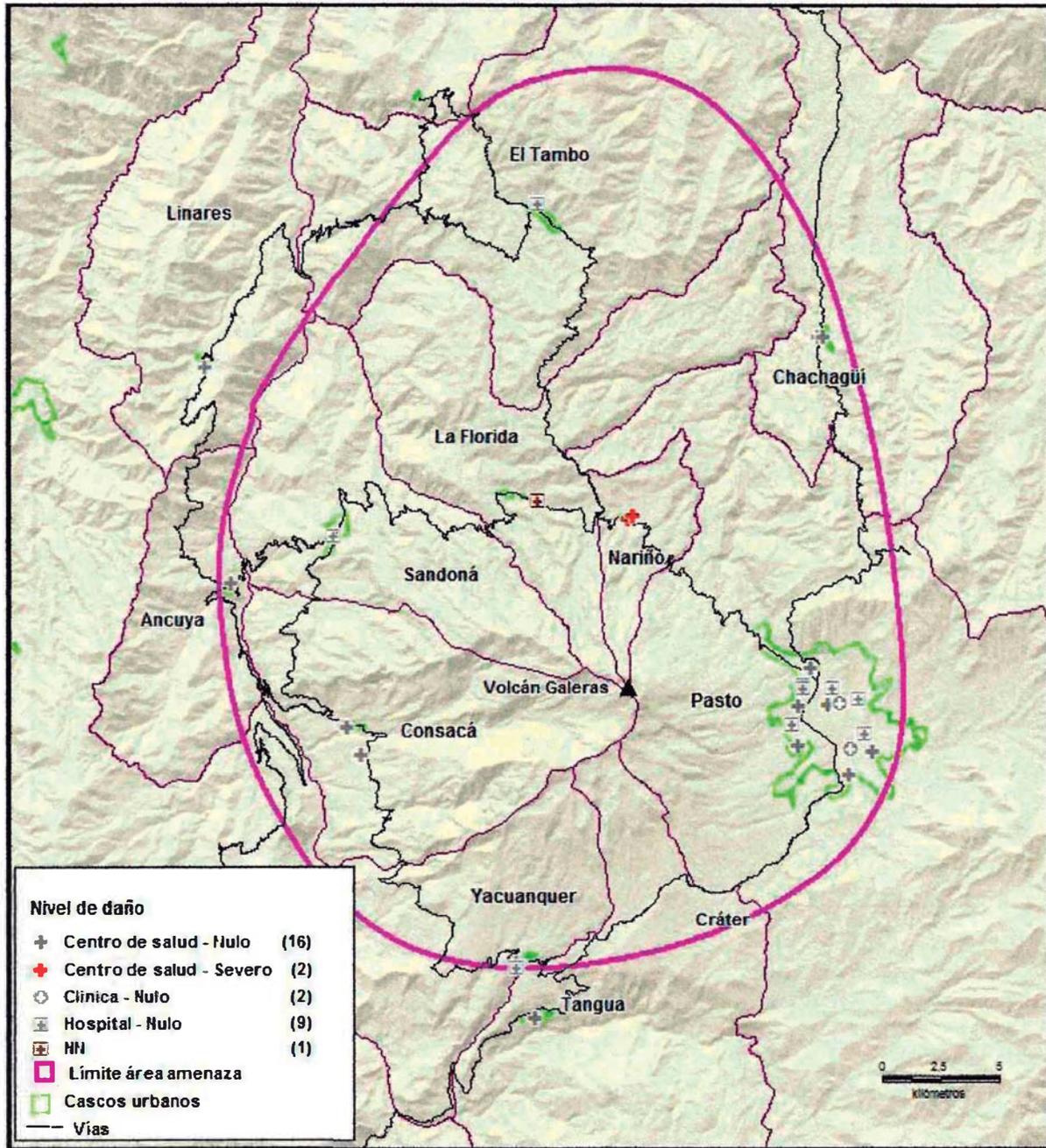


Figura 7. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por flujos piroclásticos

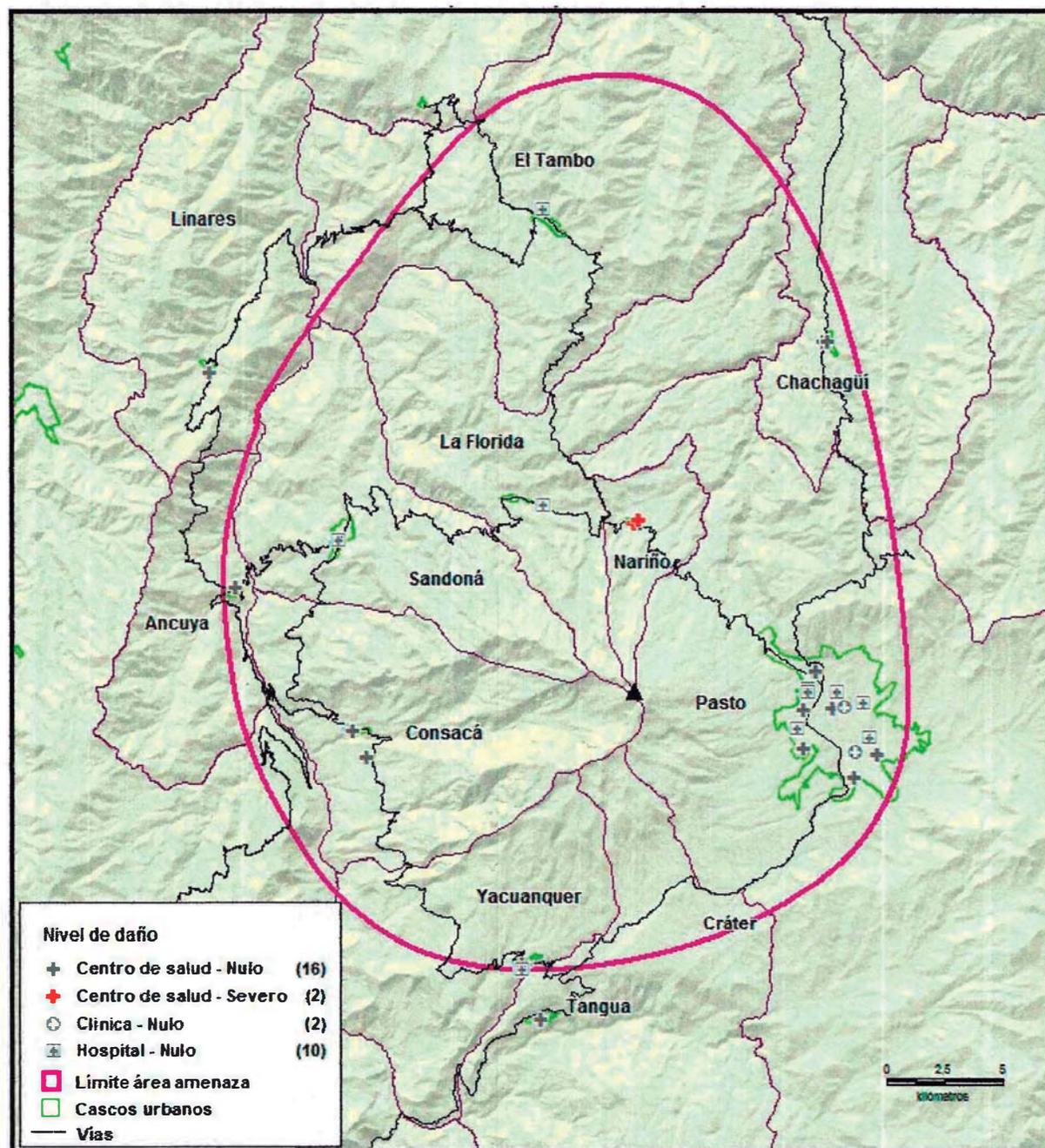


Figura 8. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por nube acompañante

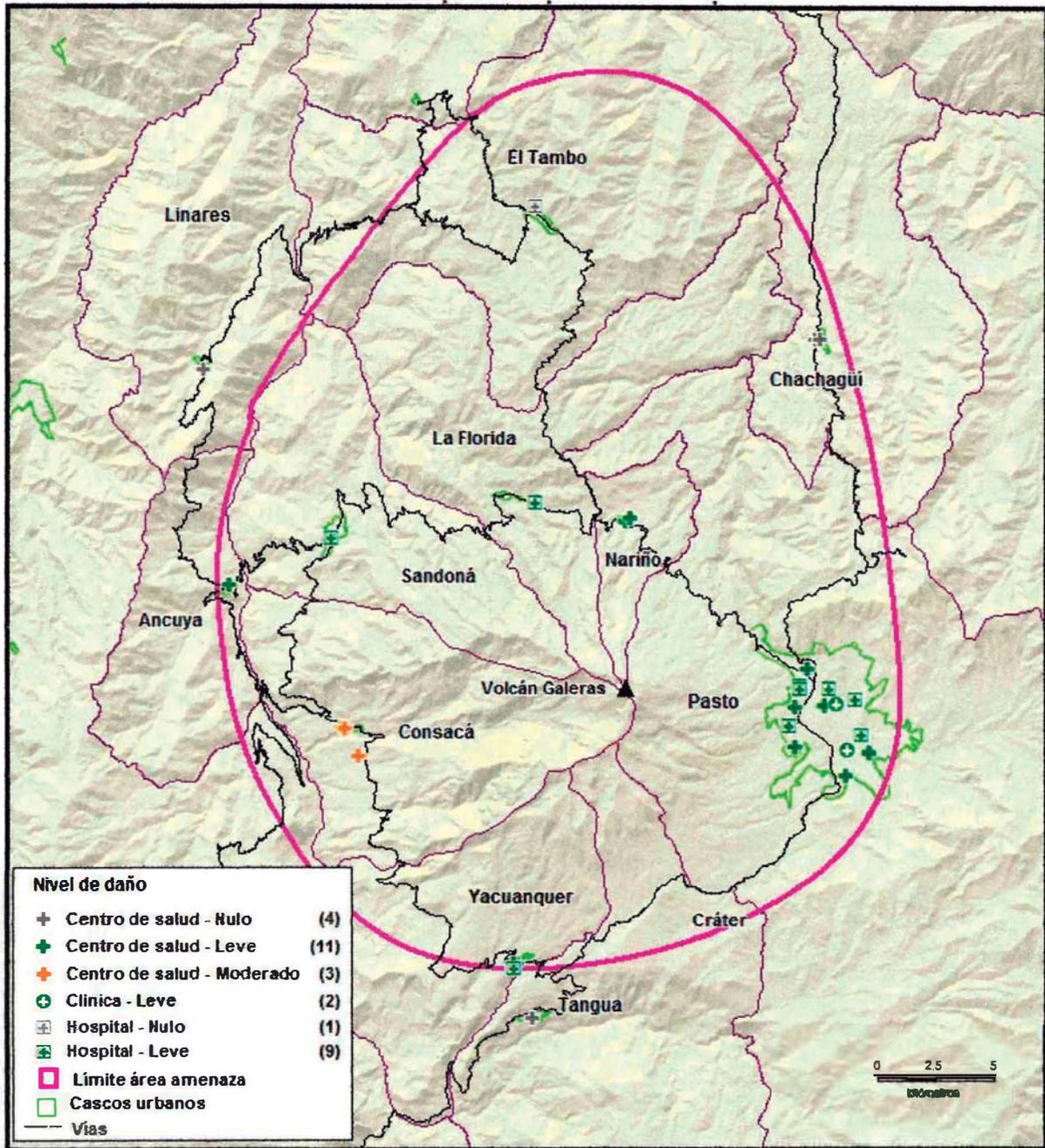


Figura 9. Distribución de daños potenciales en edificaciones indispensables por onda de choque

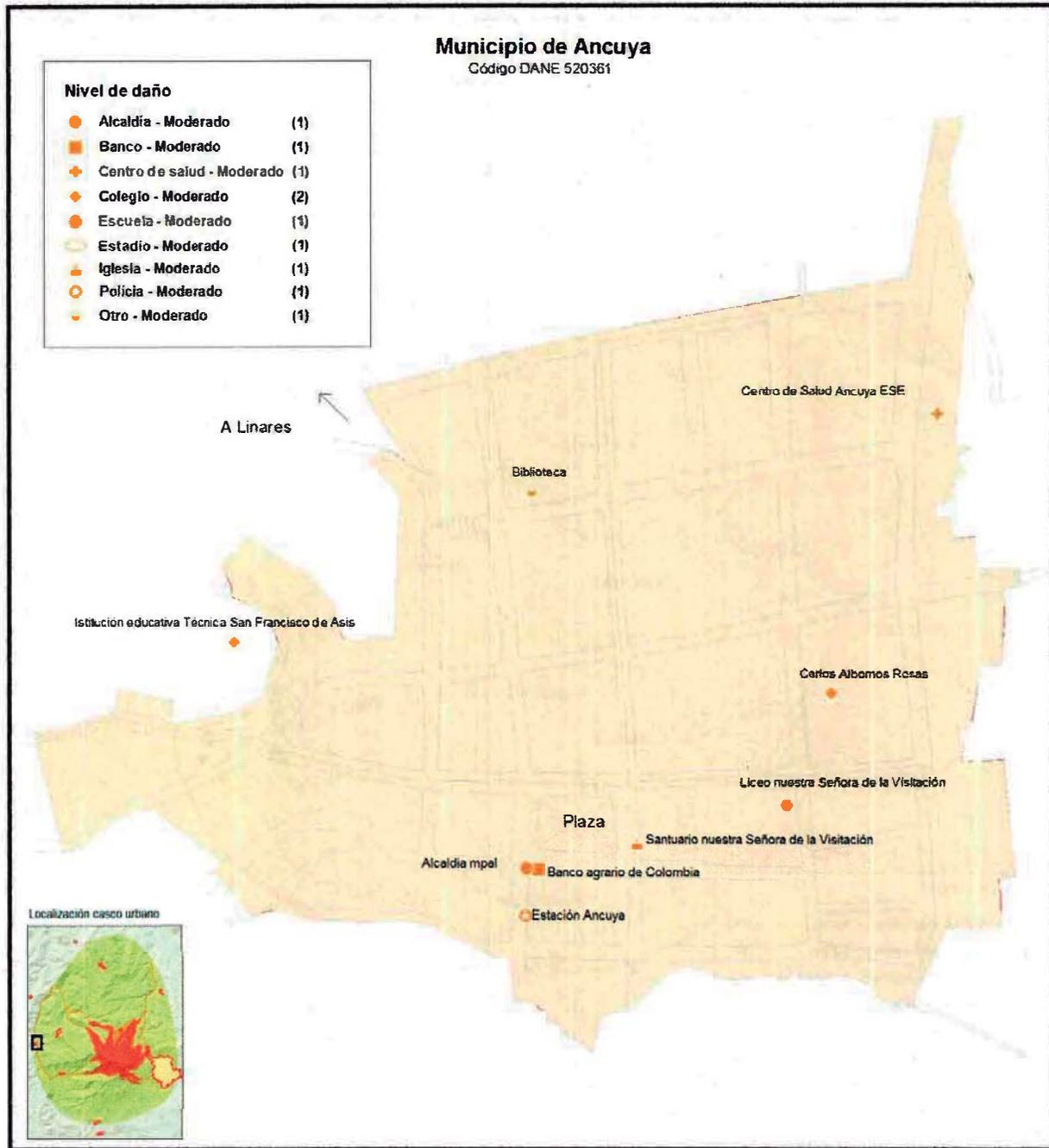


Figura 10. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Ancuya

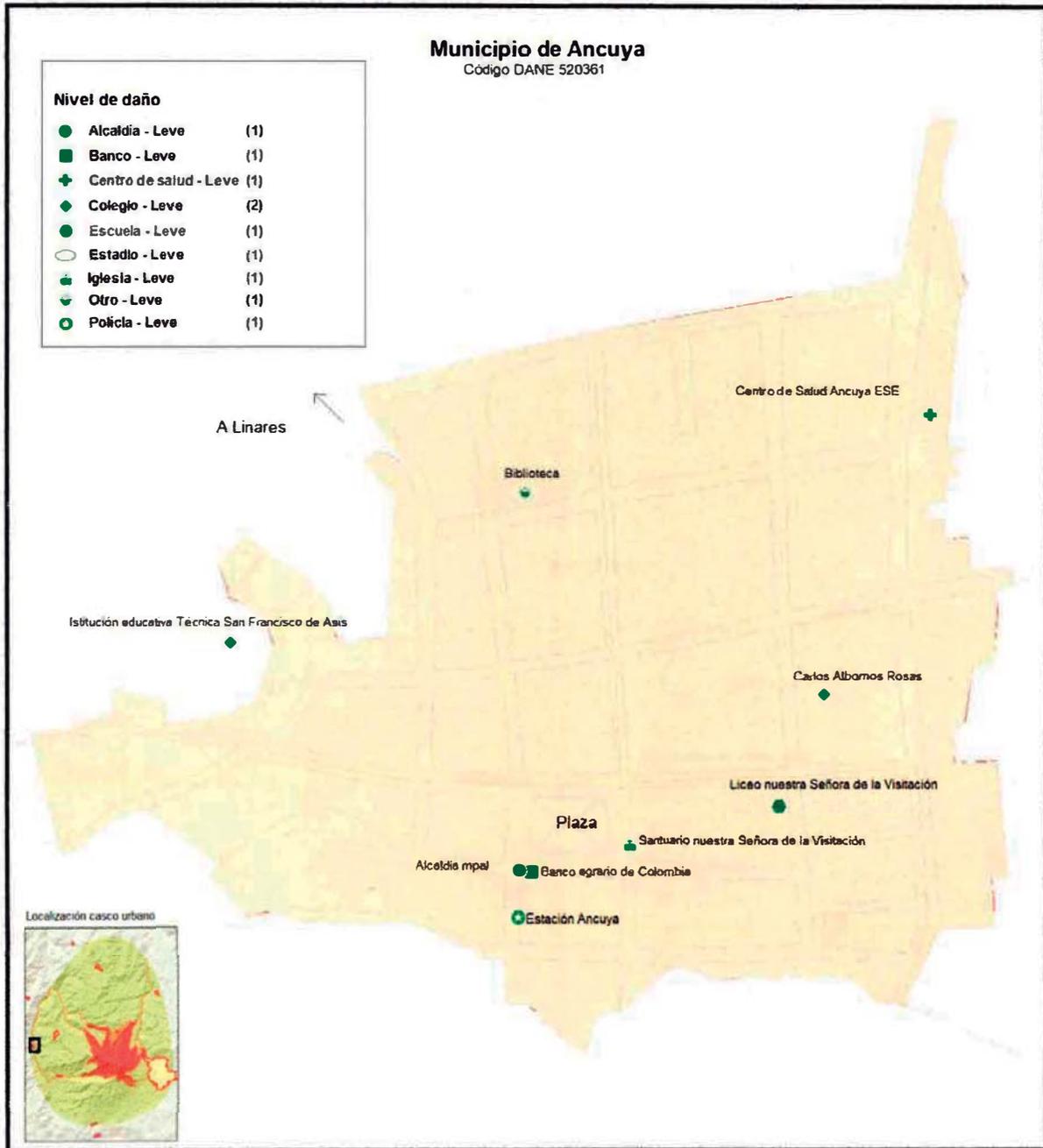


Figura 11. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Ancuya

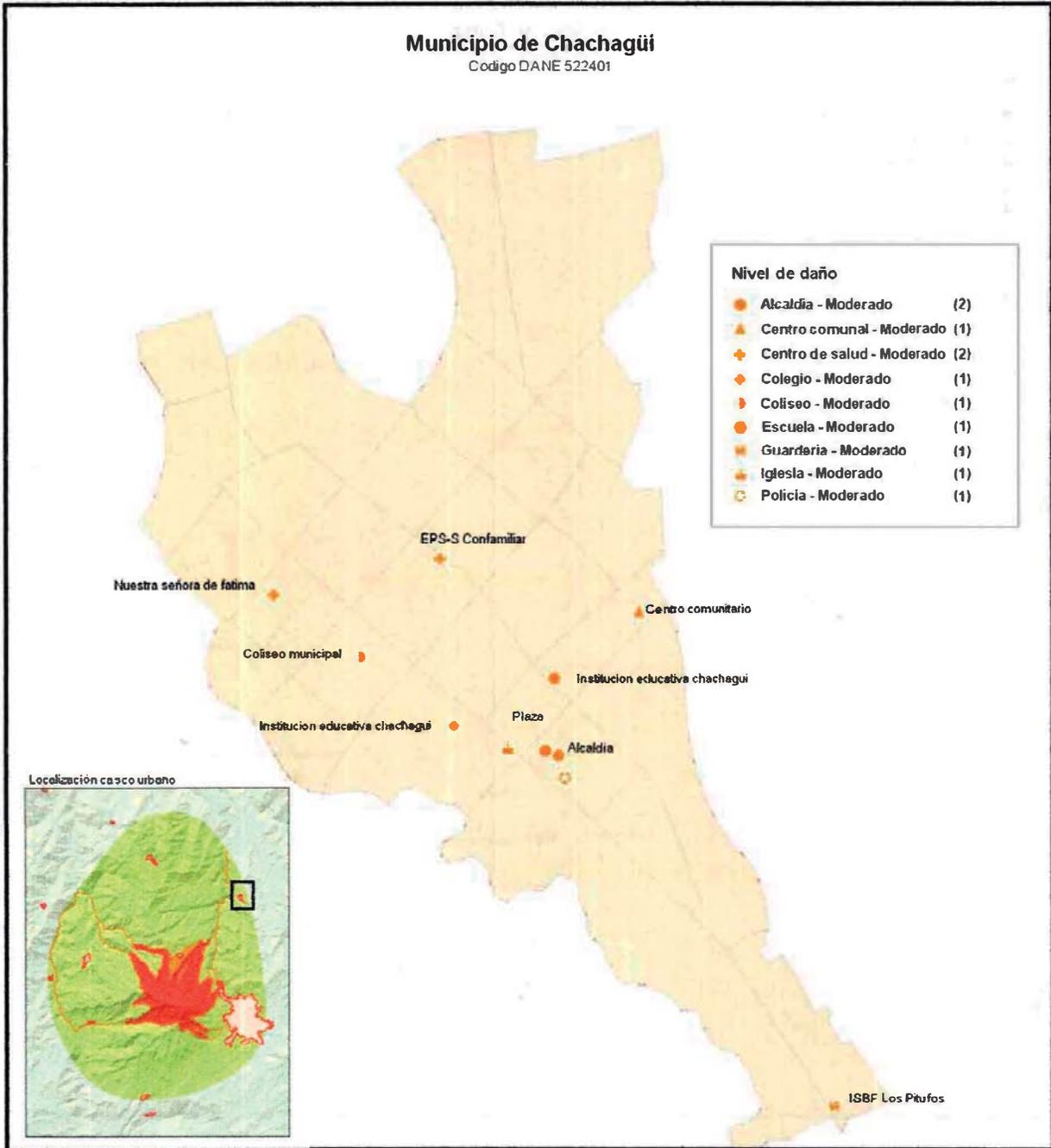


Figura 12. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Chachagüi

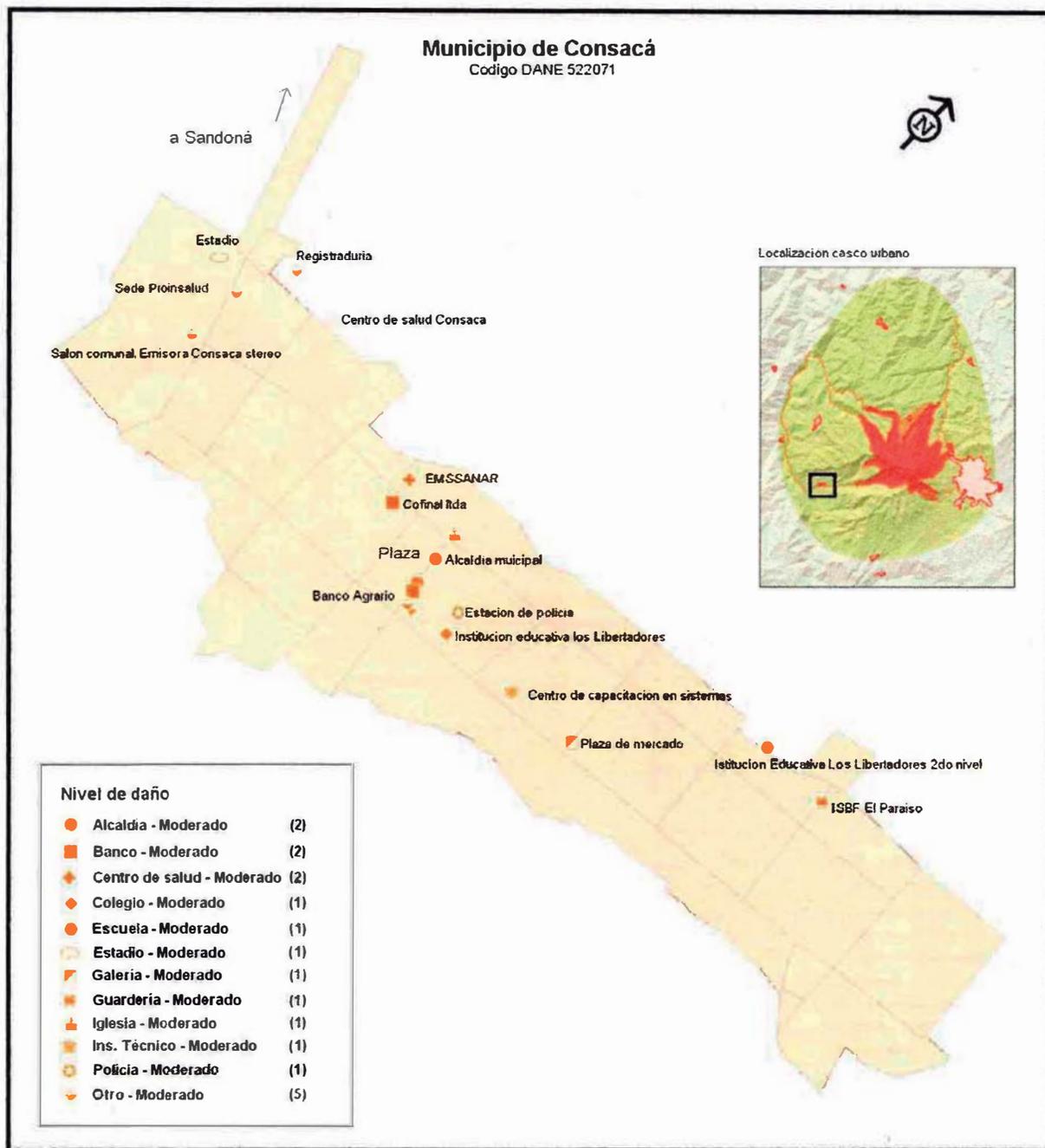


Figura 13. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Consacá

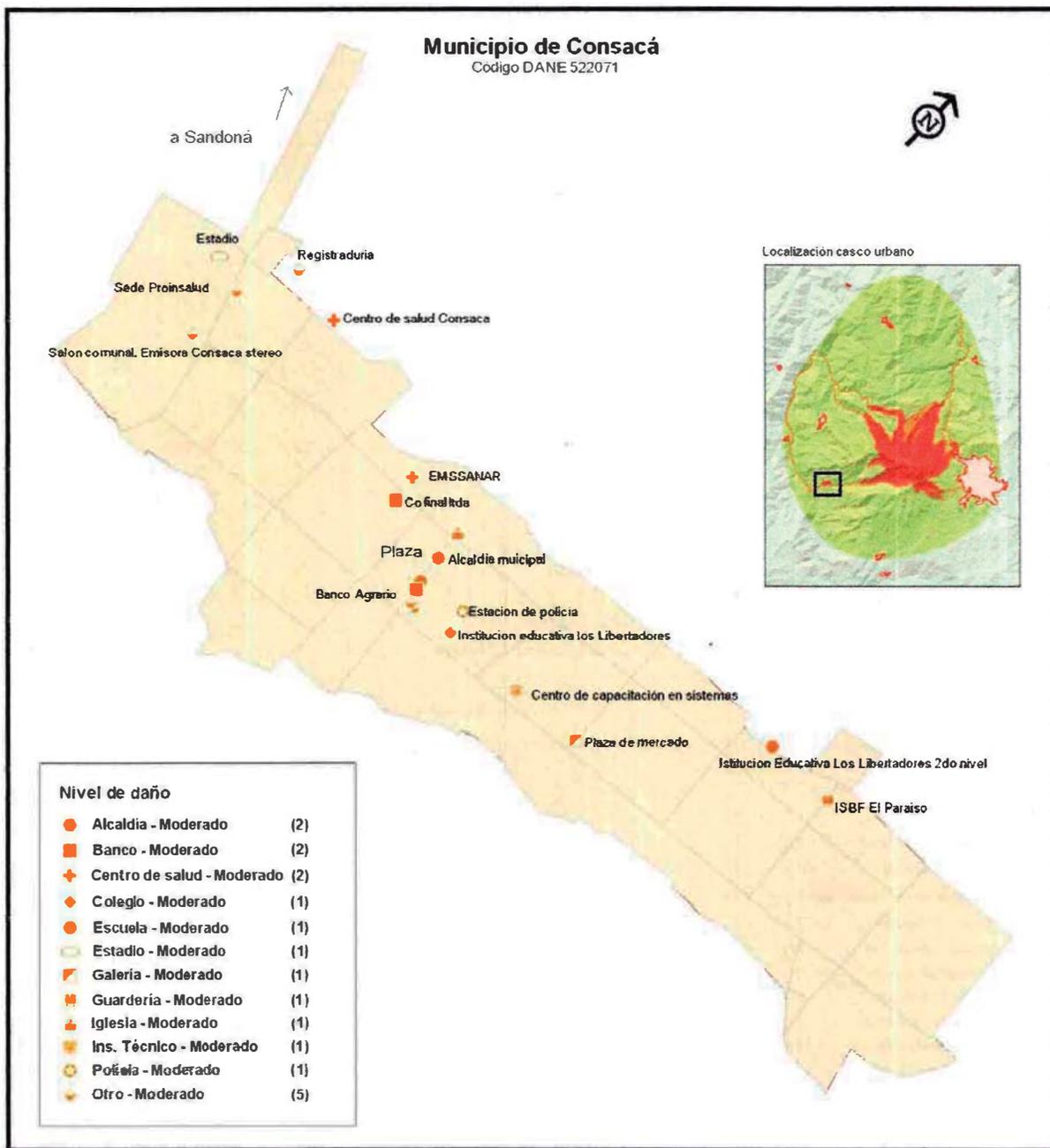


Figura 14. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Consacá

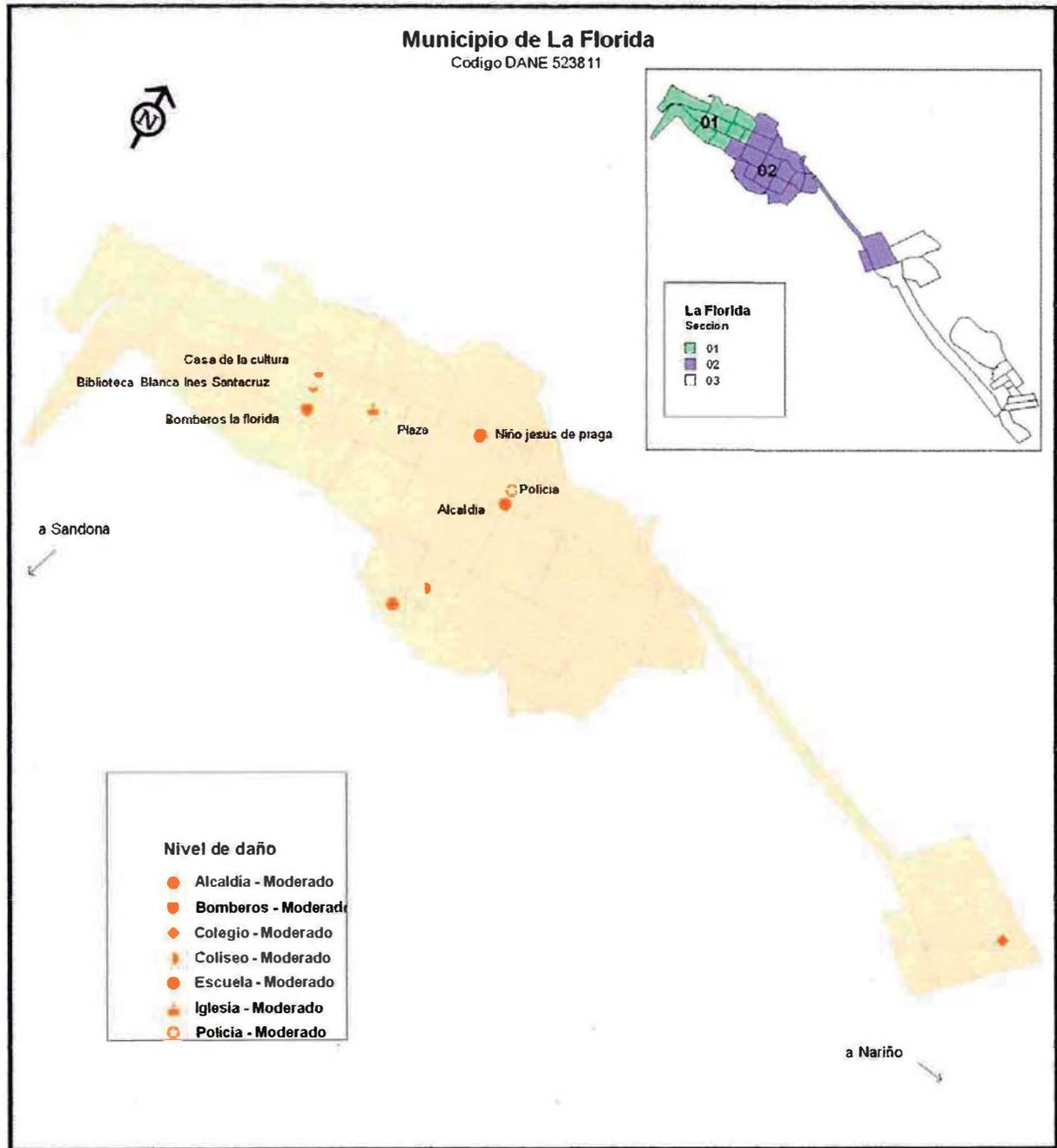


Figura 15. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica -- Municipio de La Florida (secciones 1 y 2)

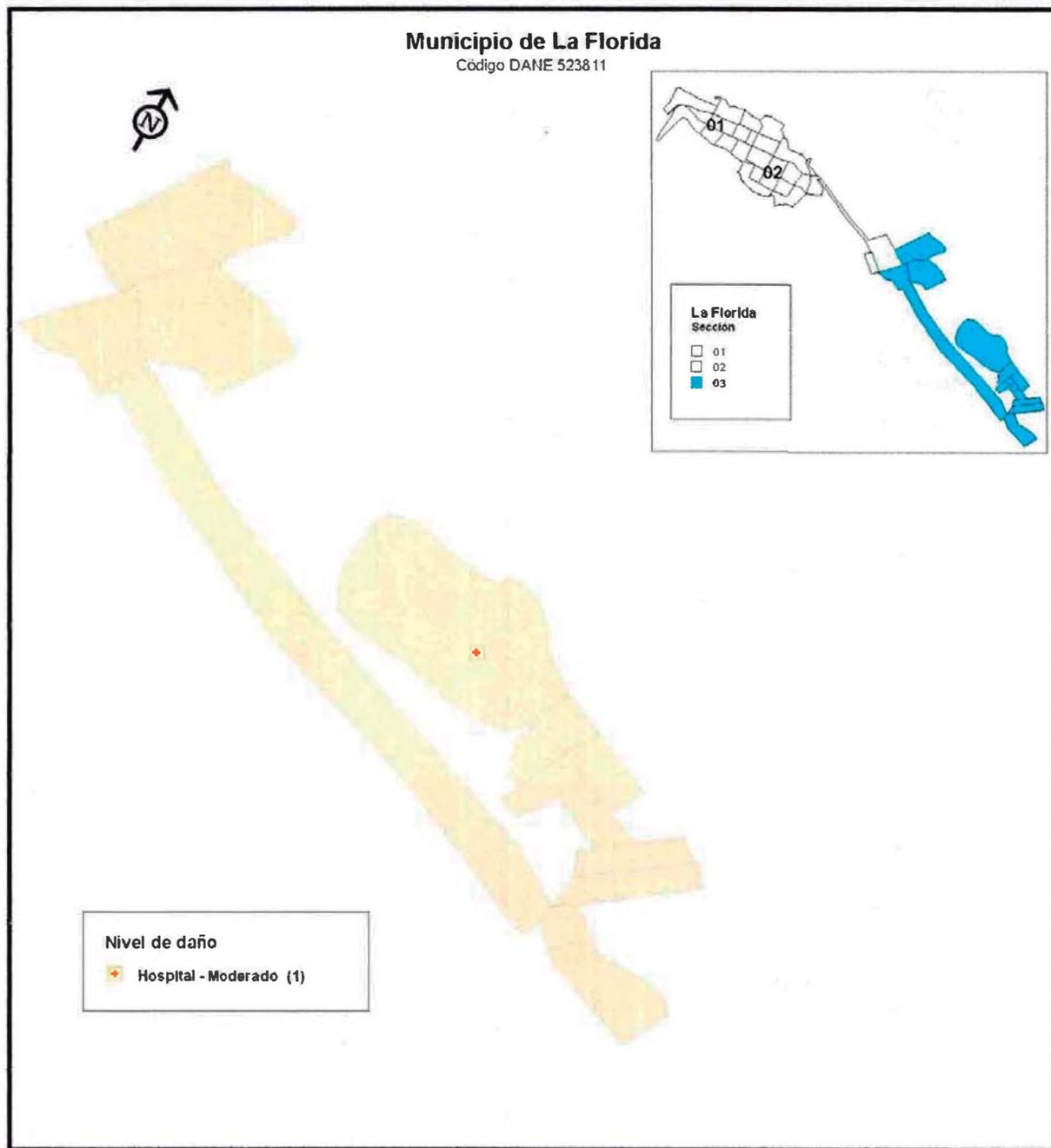


Figura 16. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de La Florida (sección 3)

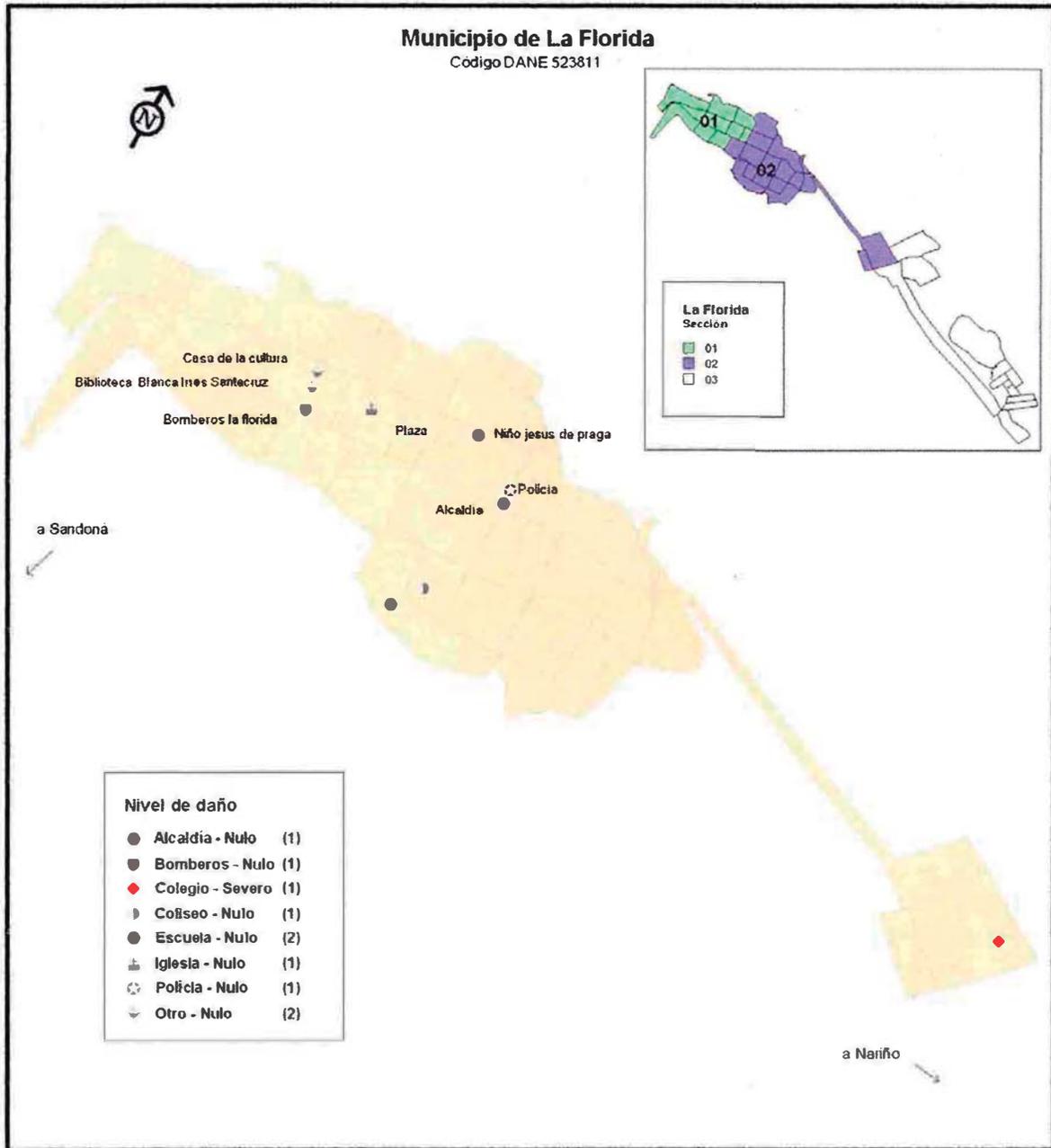


Figura 17. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo – Municipio de La Florida (sección 1 y 2)

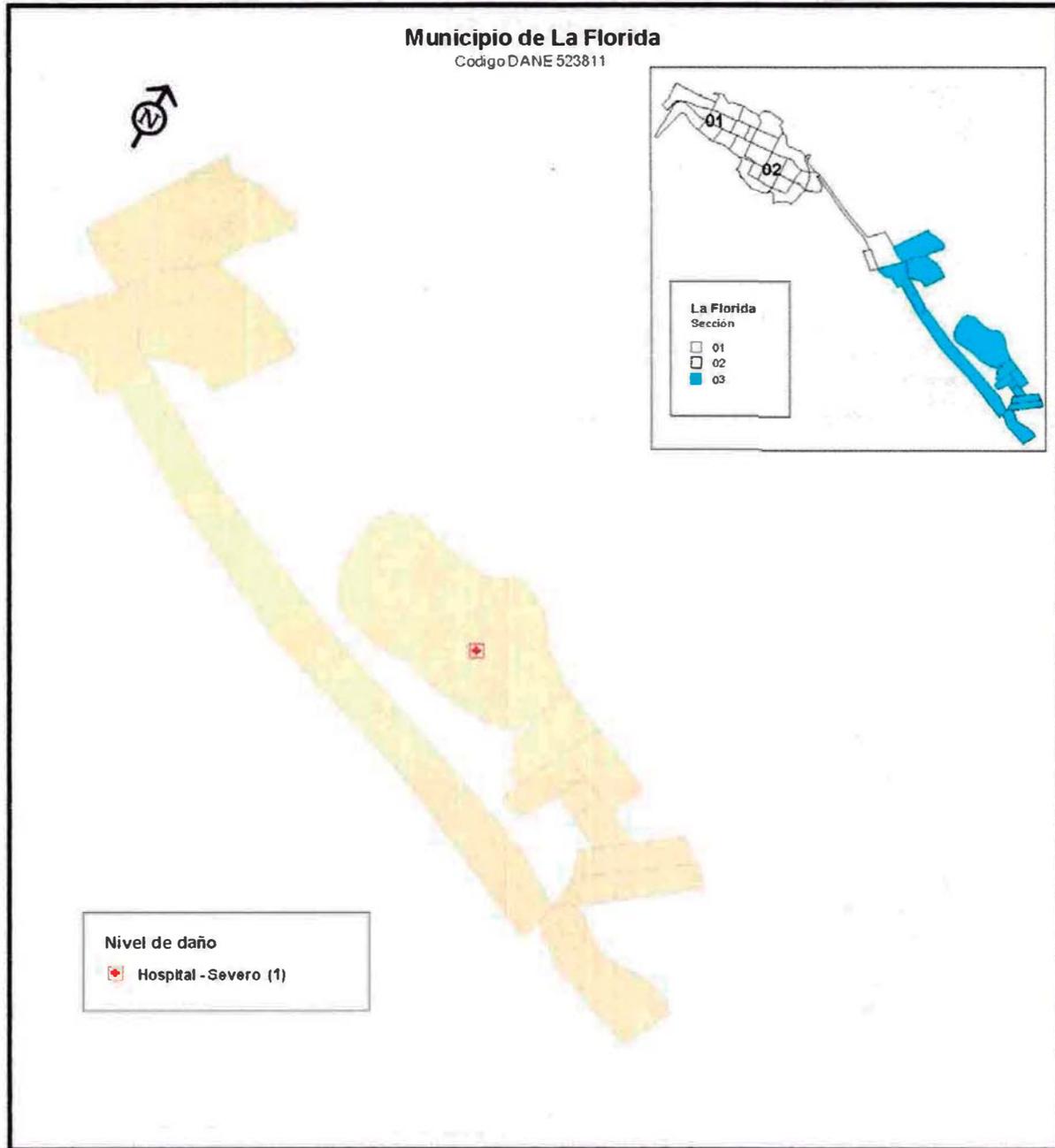


Figura 18. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo – Municipio de La Florida (sección 3)

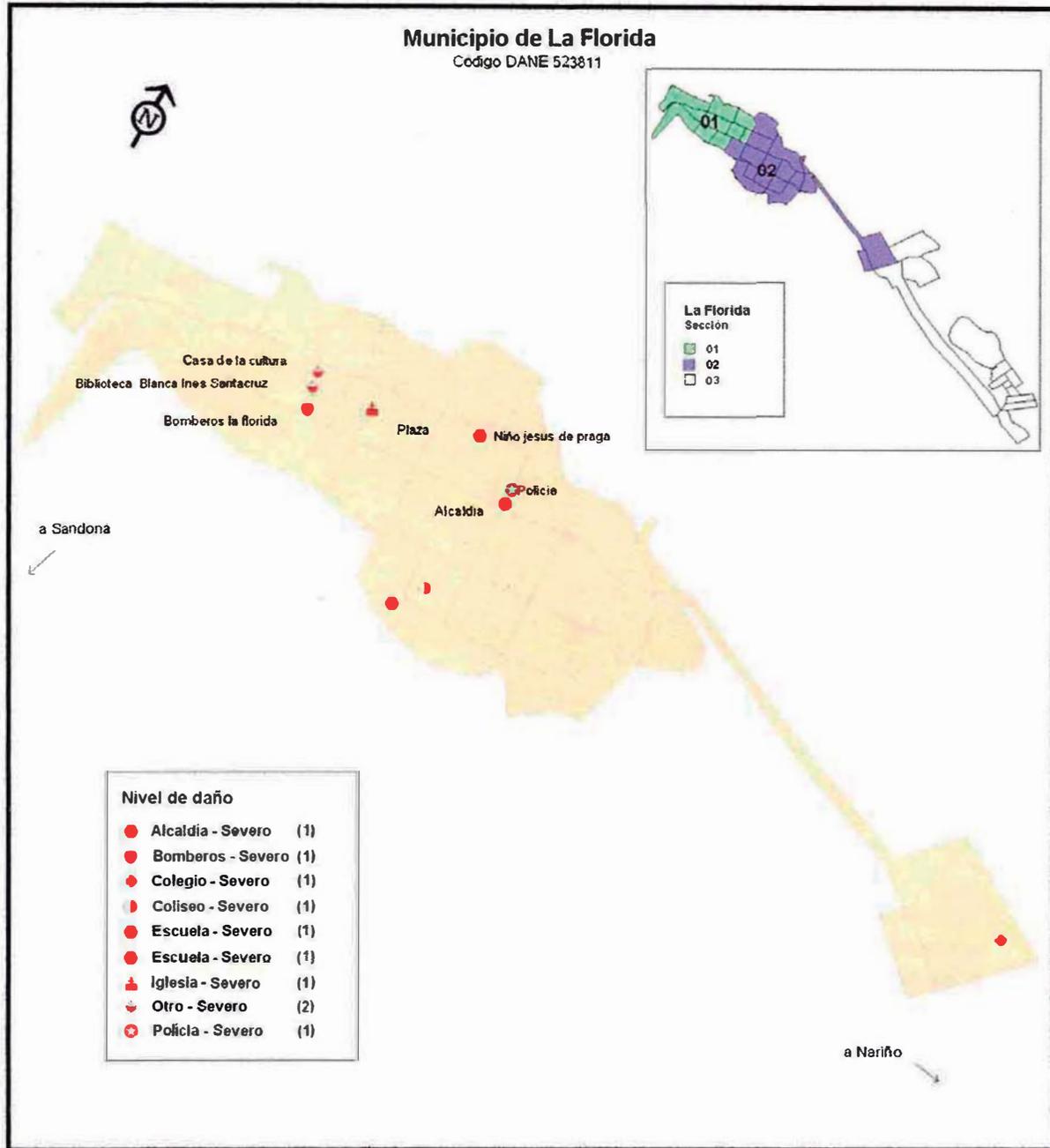


Figura 19. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos – Municipio de La Florida (sección 1 y 2)

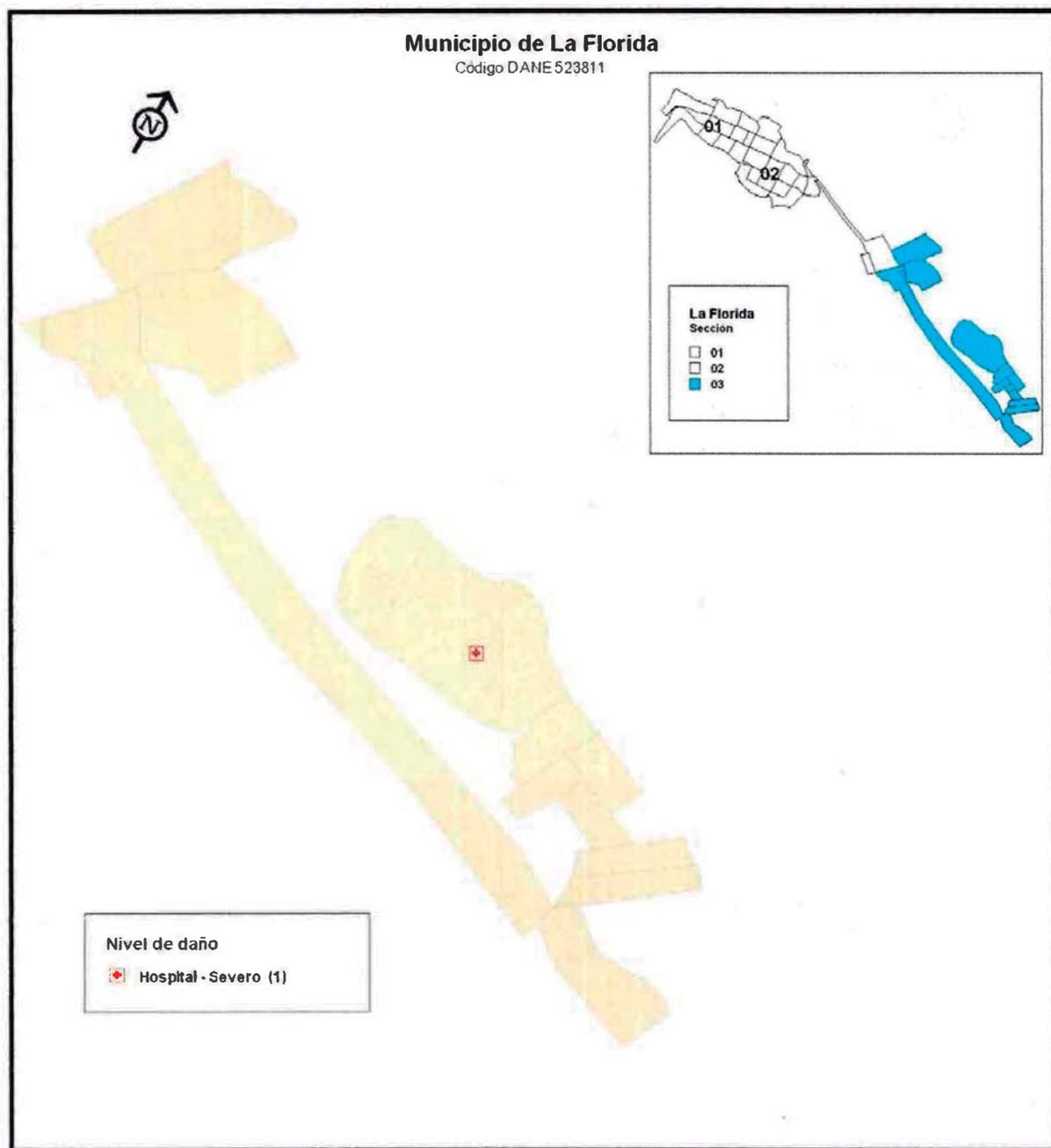


Figura 20. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos Municipio de La Florida (sección 3)

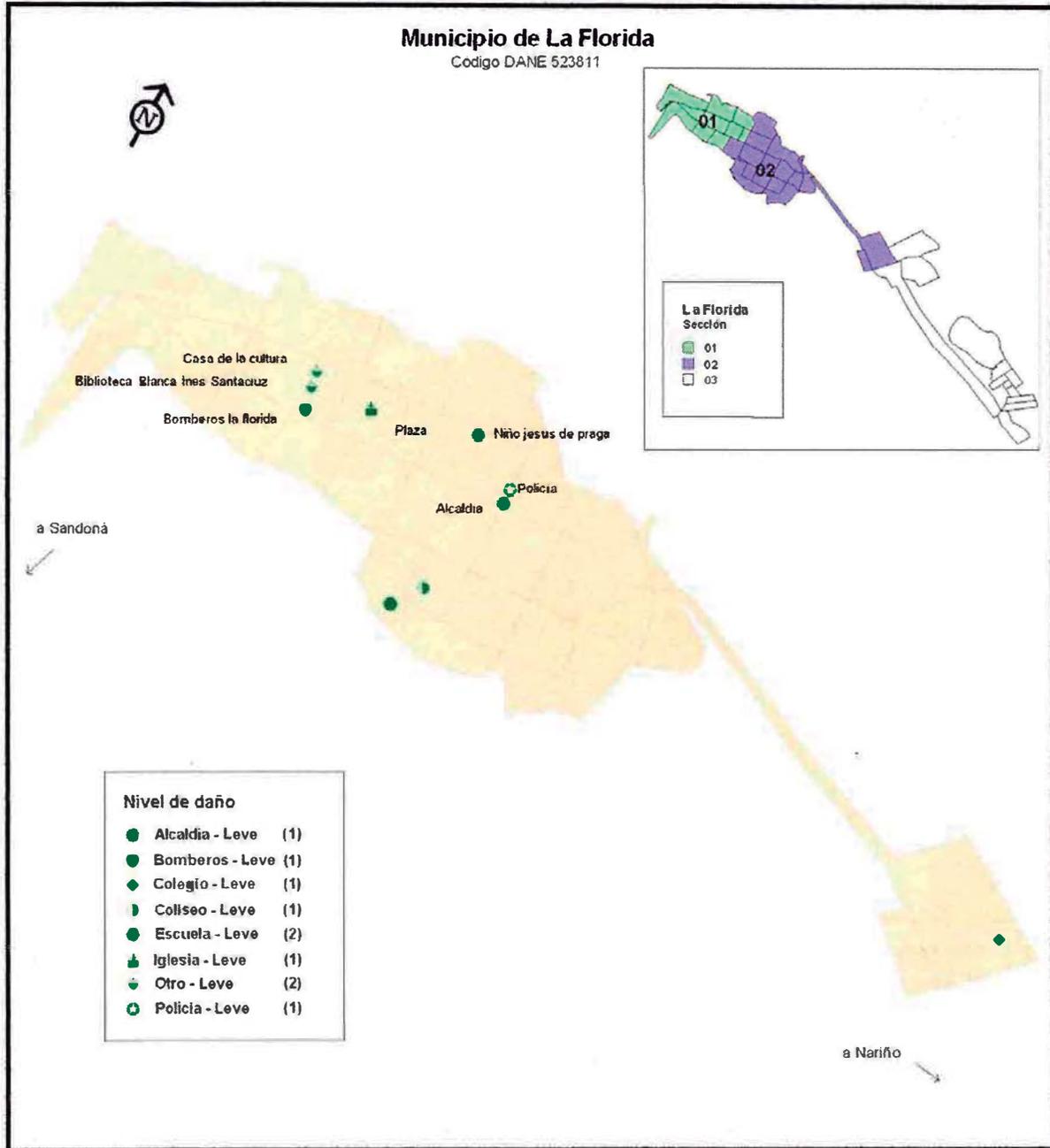


Figura 21. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque - Municipio de La Florida (sección 1 y 2)

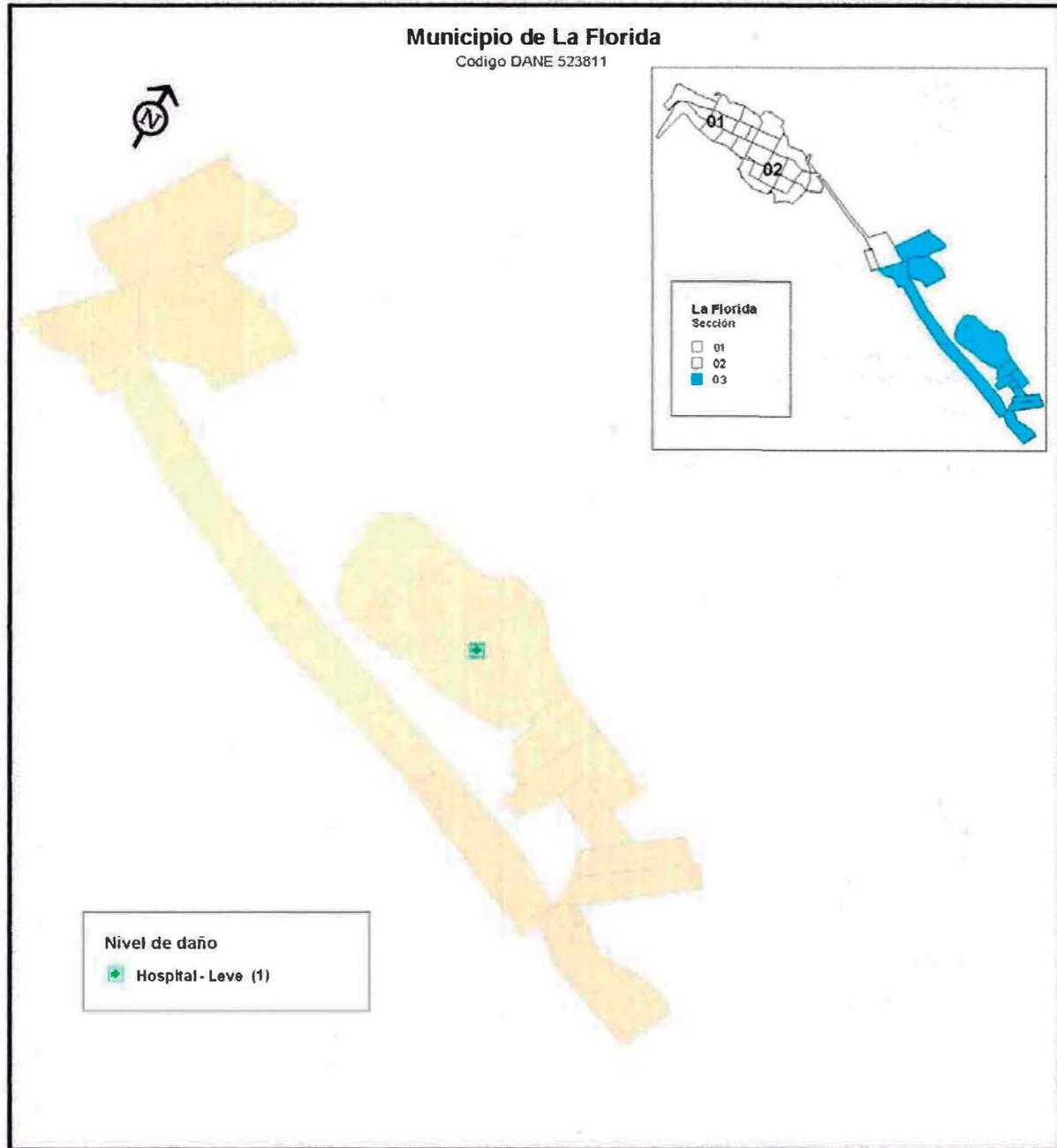


Figura 22. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque
- Municipio de La Florida (sección 3)

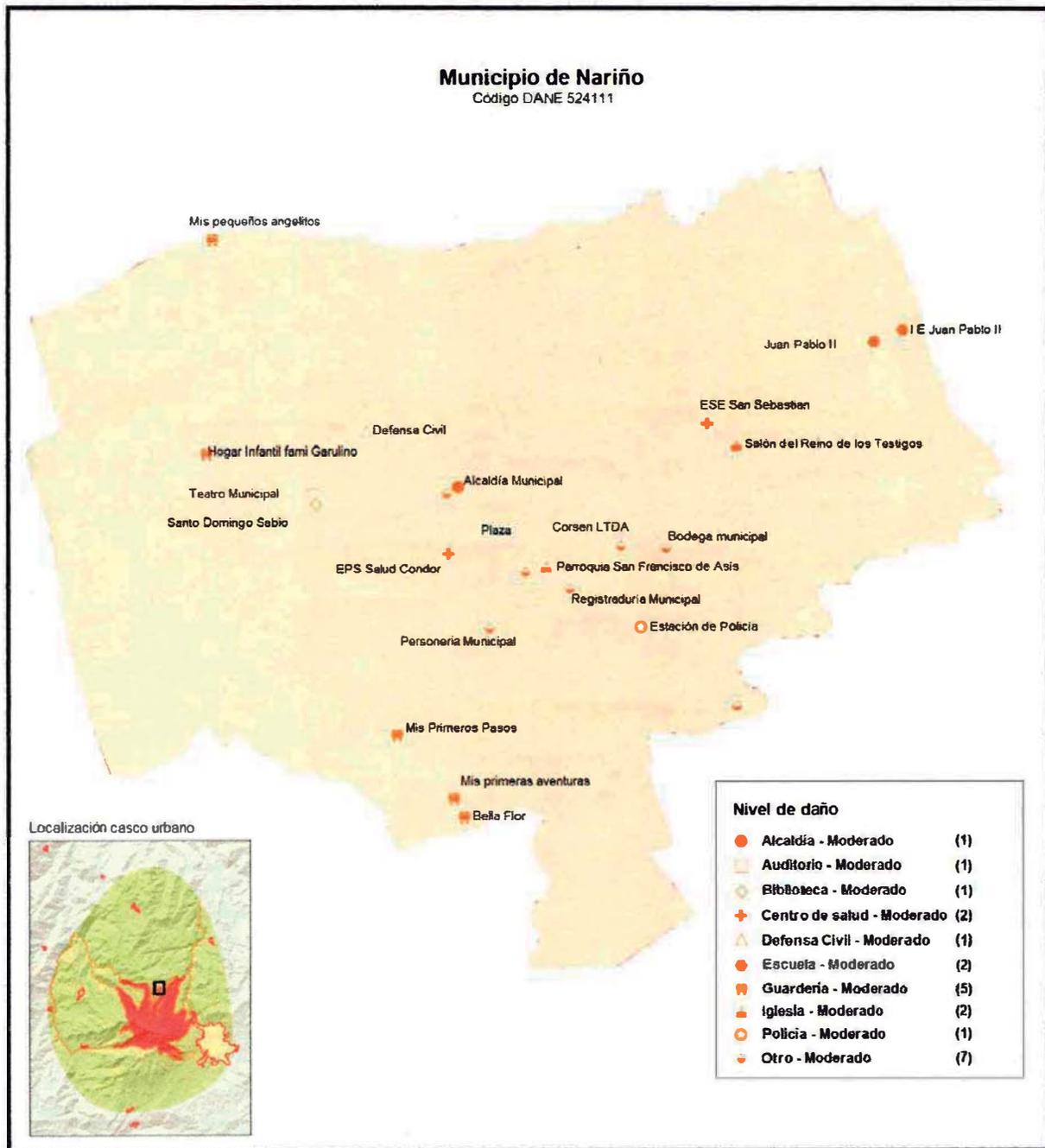


Figura 23. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Nariño

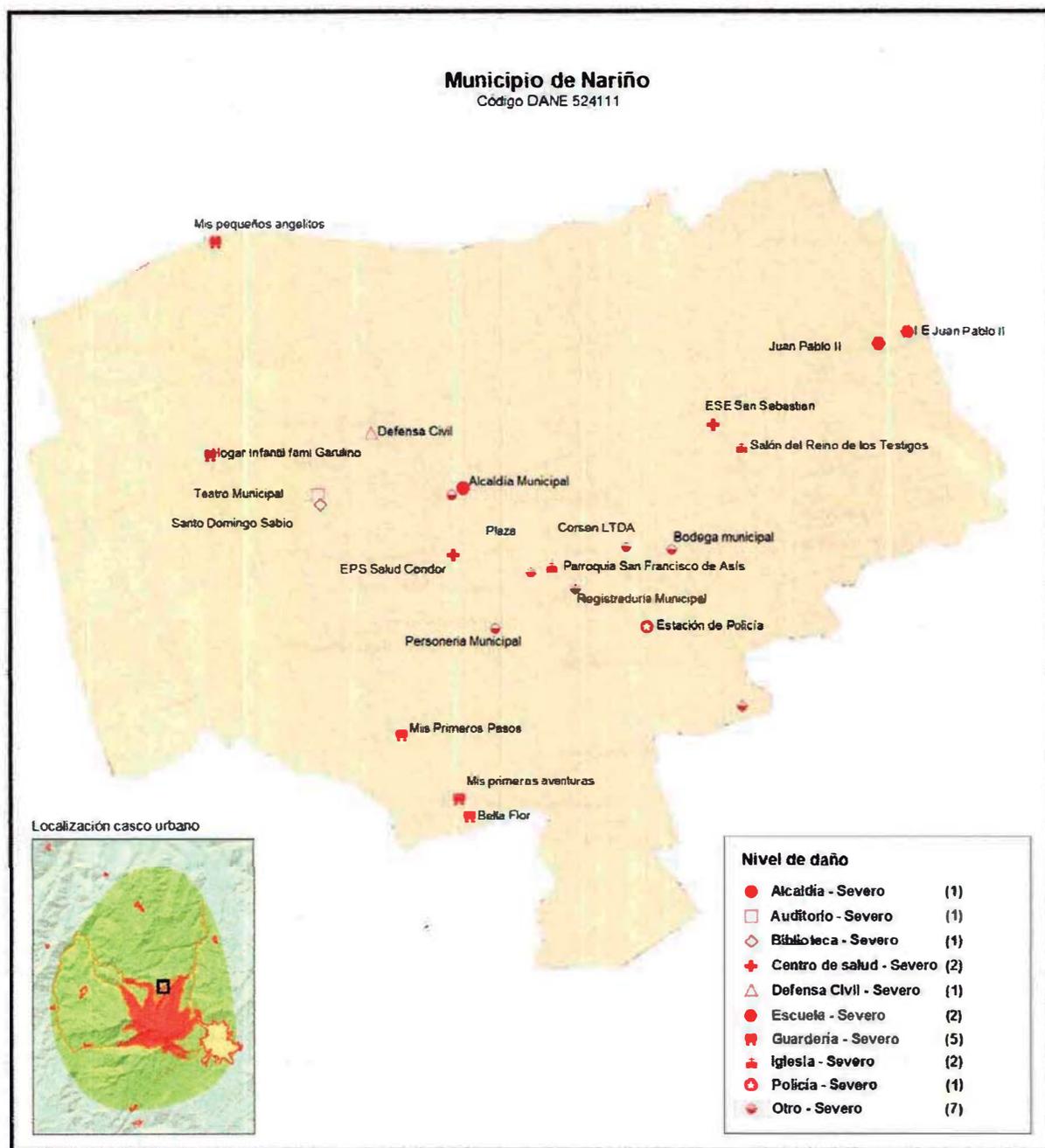


Figura 24. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos piroclásticos - Municipio de Nariño

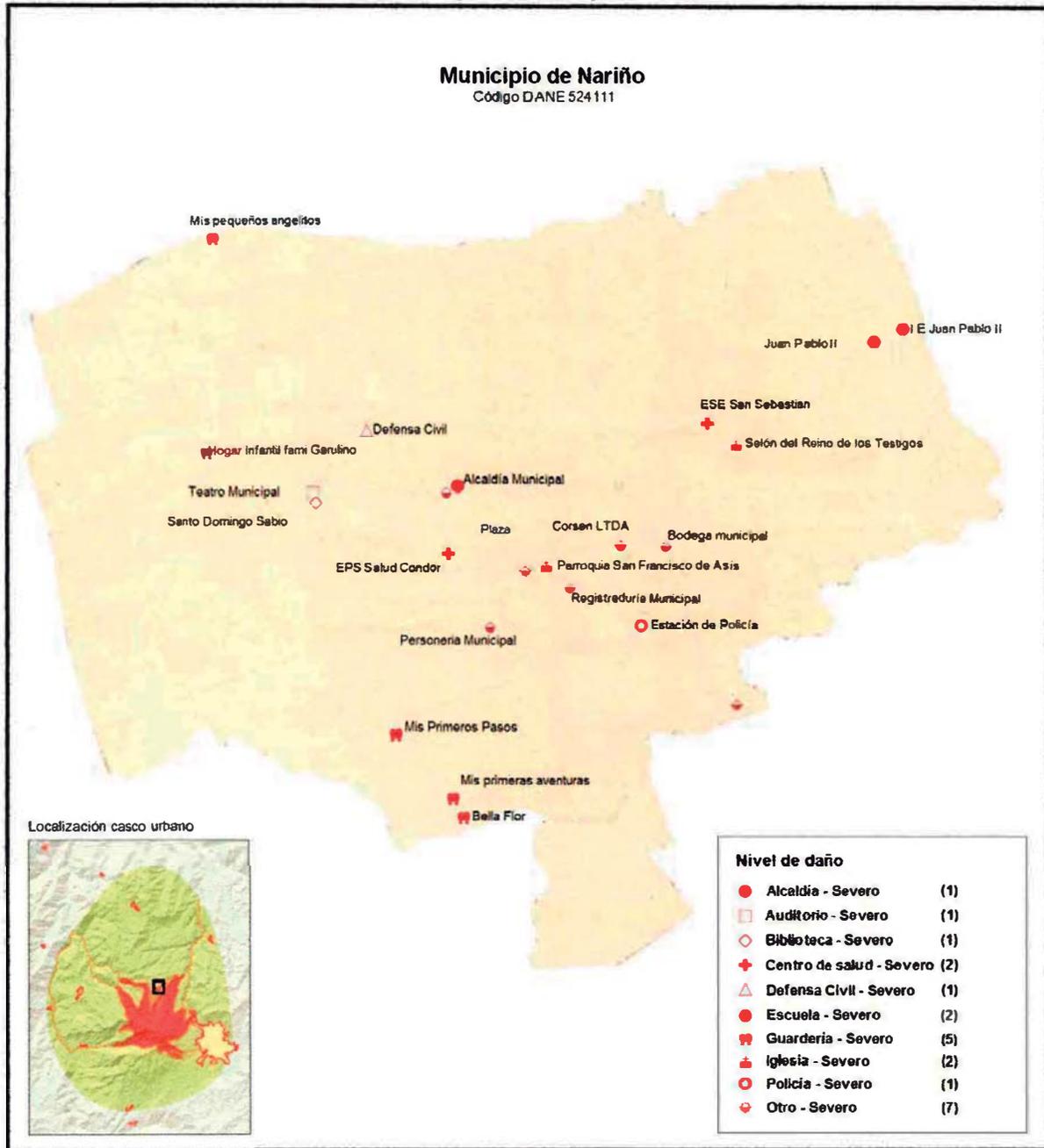


Figura 25. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por nube acompañante – Municipio de Nariño

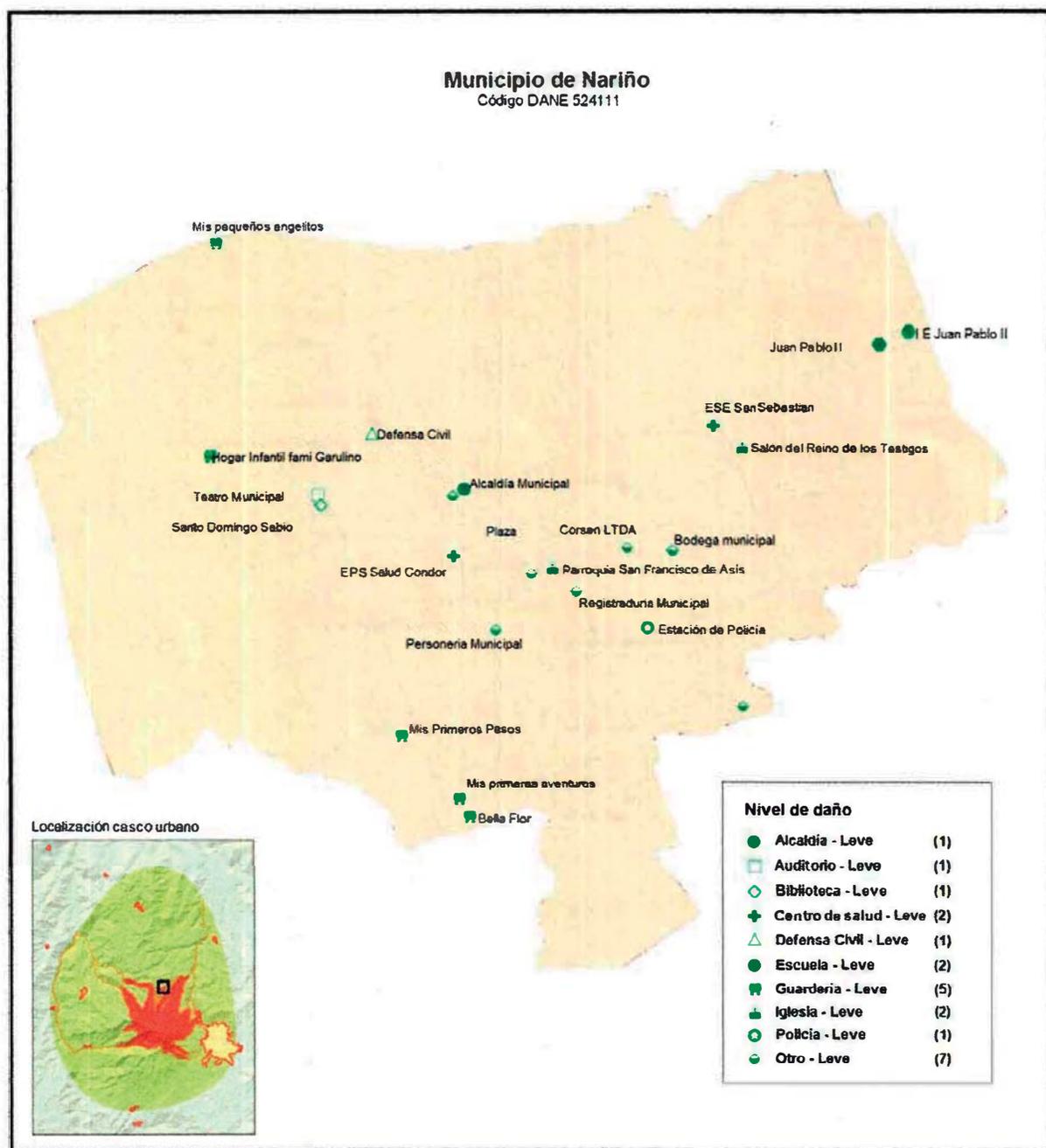


Figura 26. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Nariño

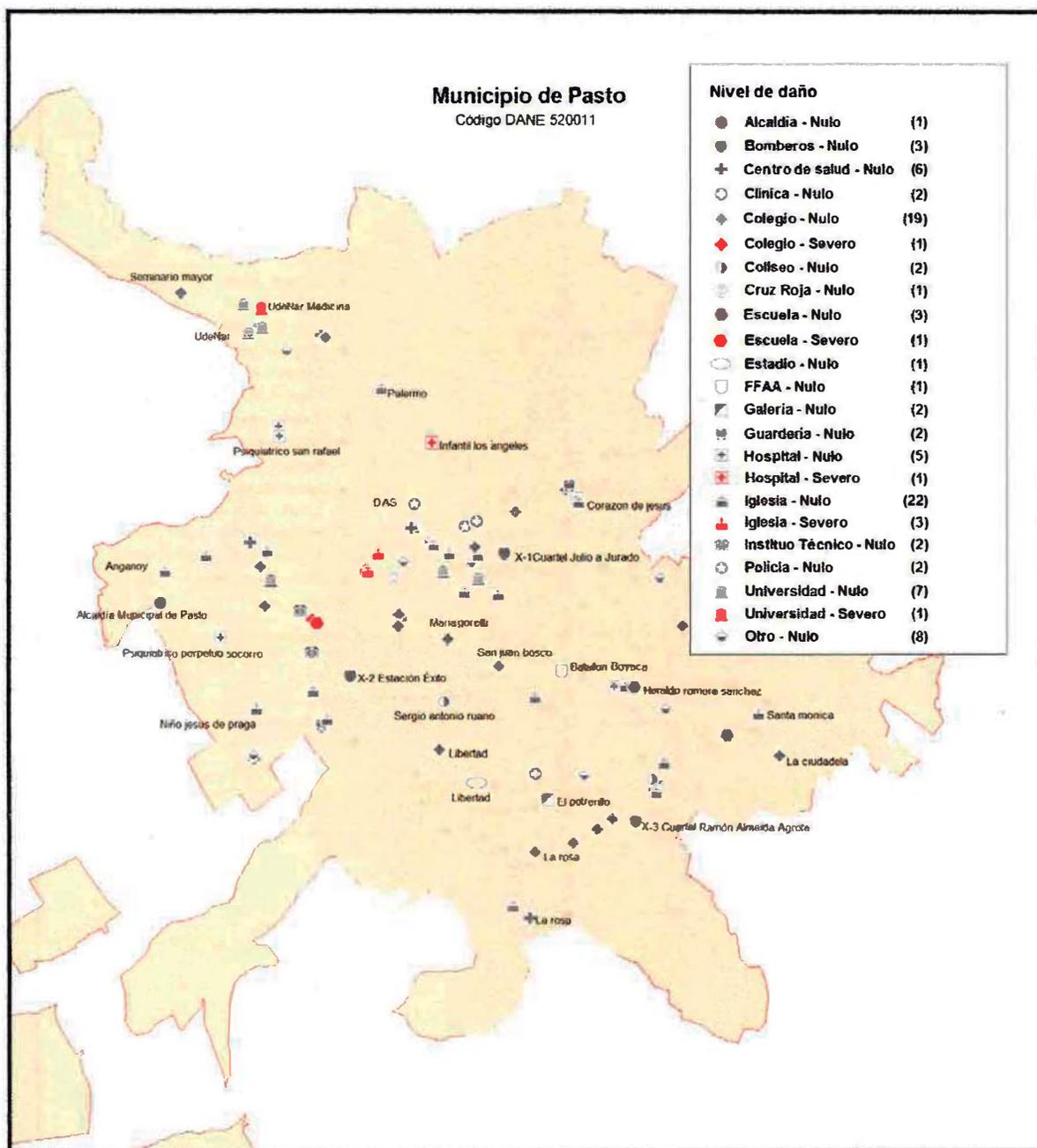


Figura 27. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por flujos de lodo - Municipio de Pasto

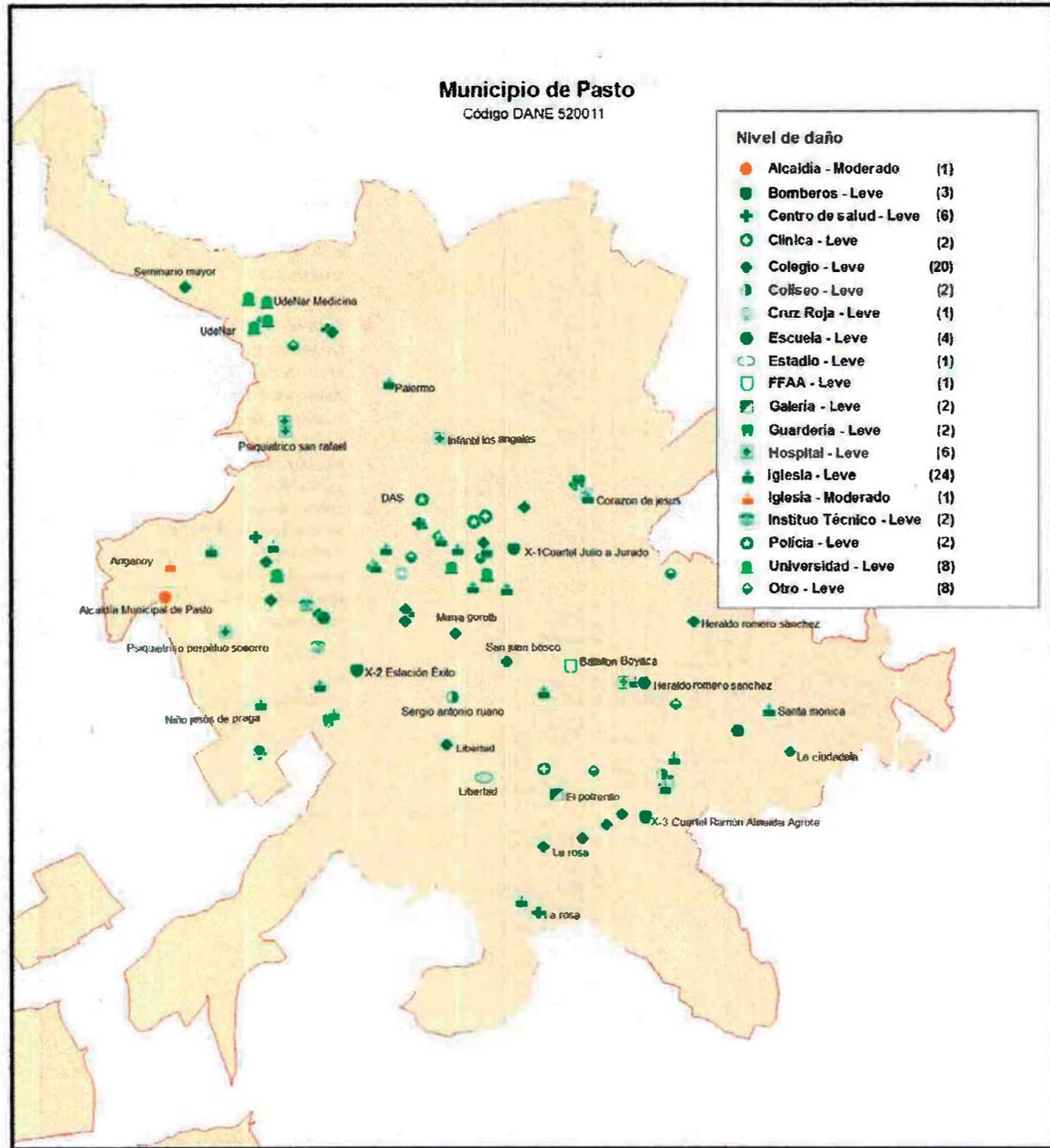


Figura 28. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Pasto

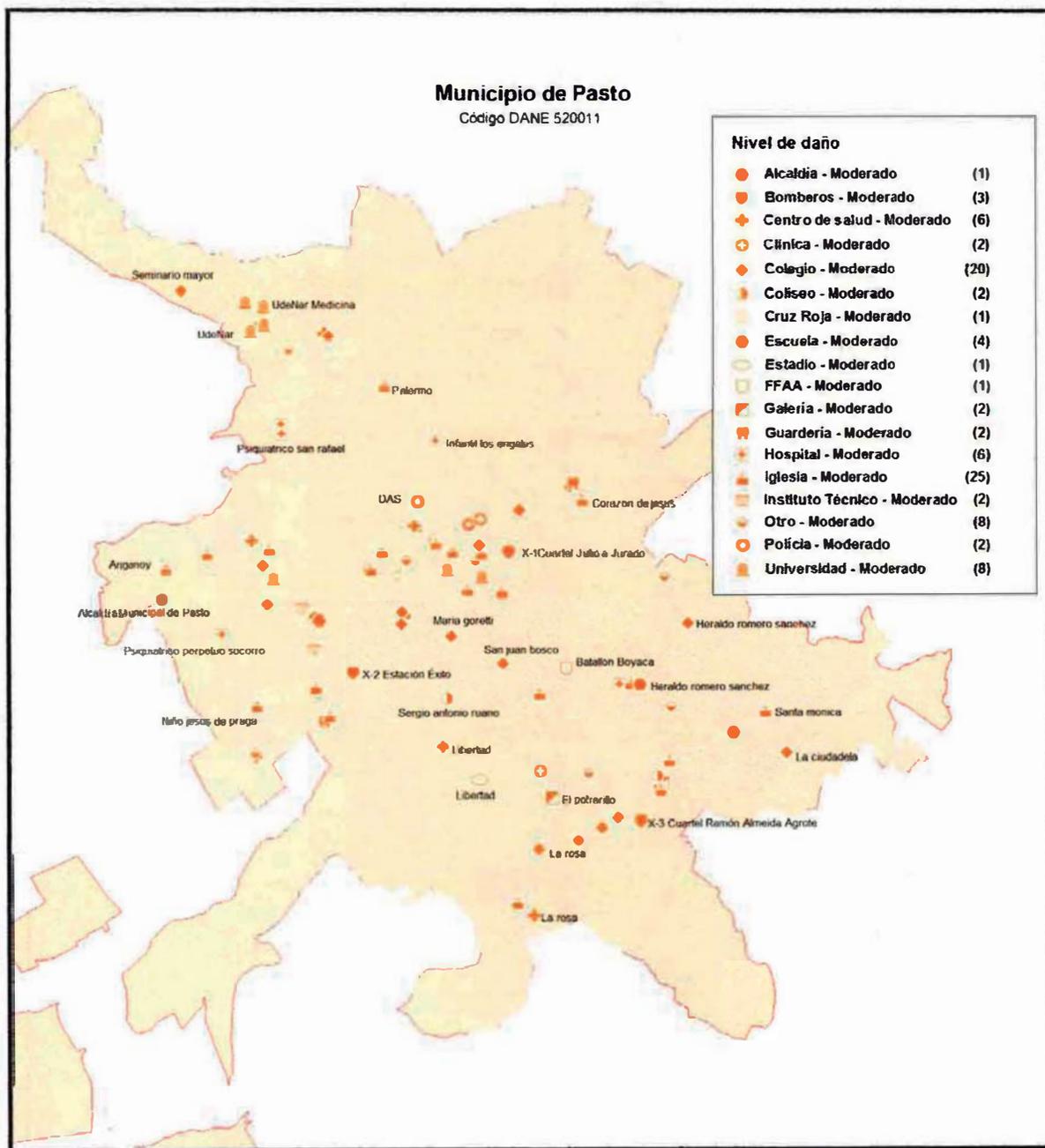


Figura 29. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Pasto

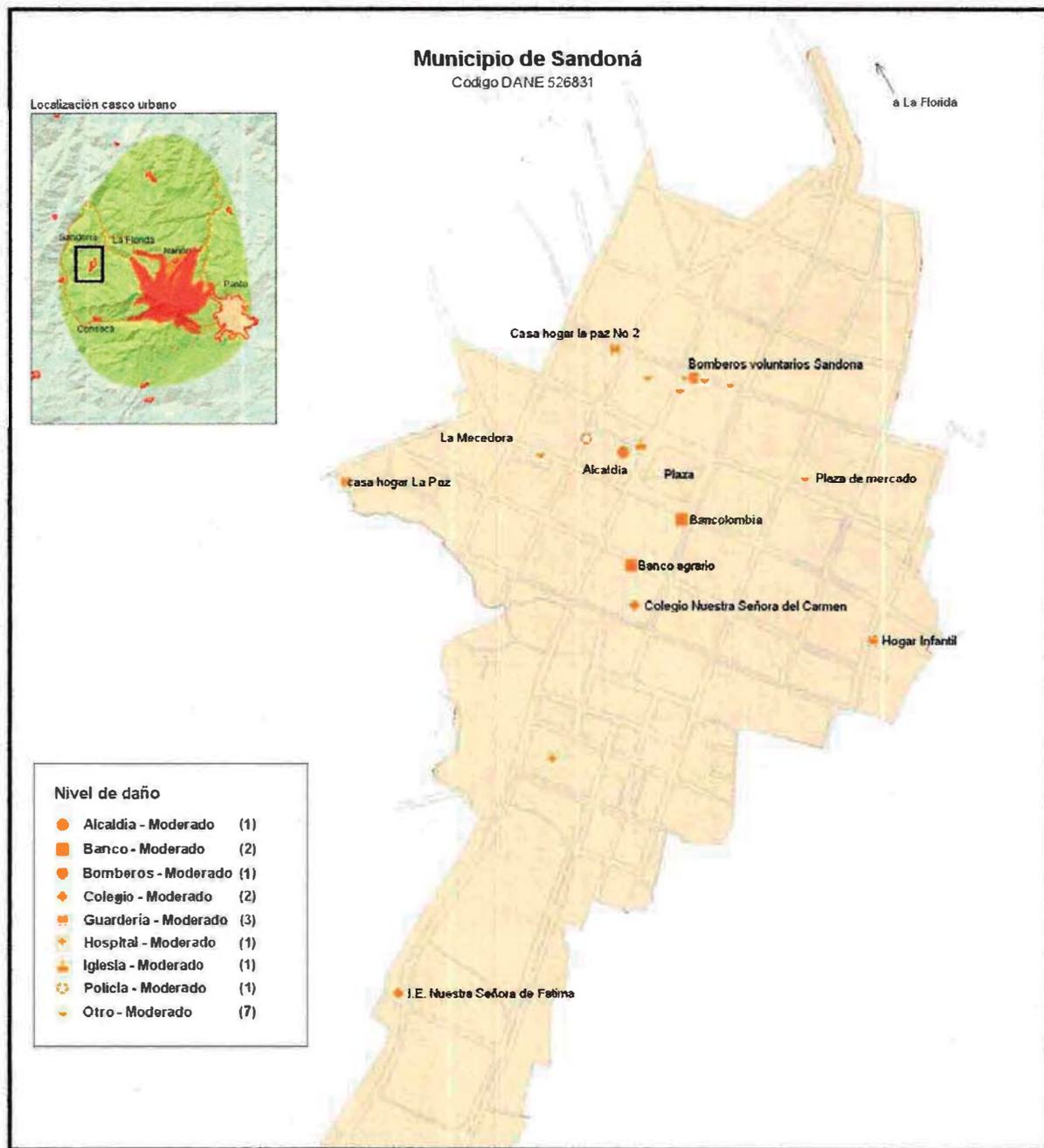


Figura 30. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Sandoná

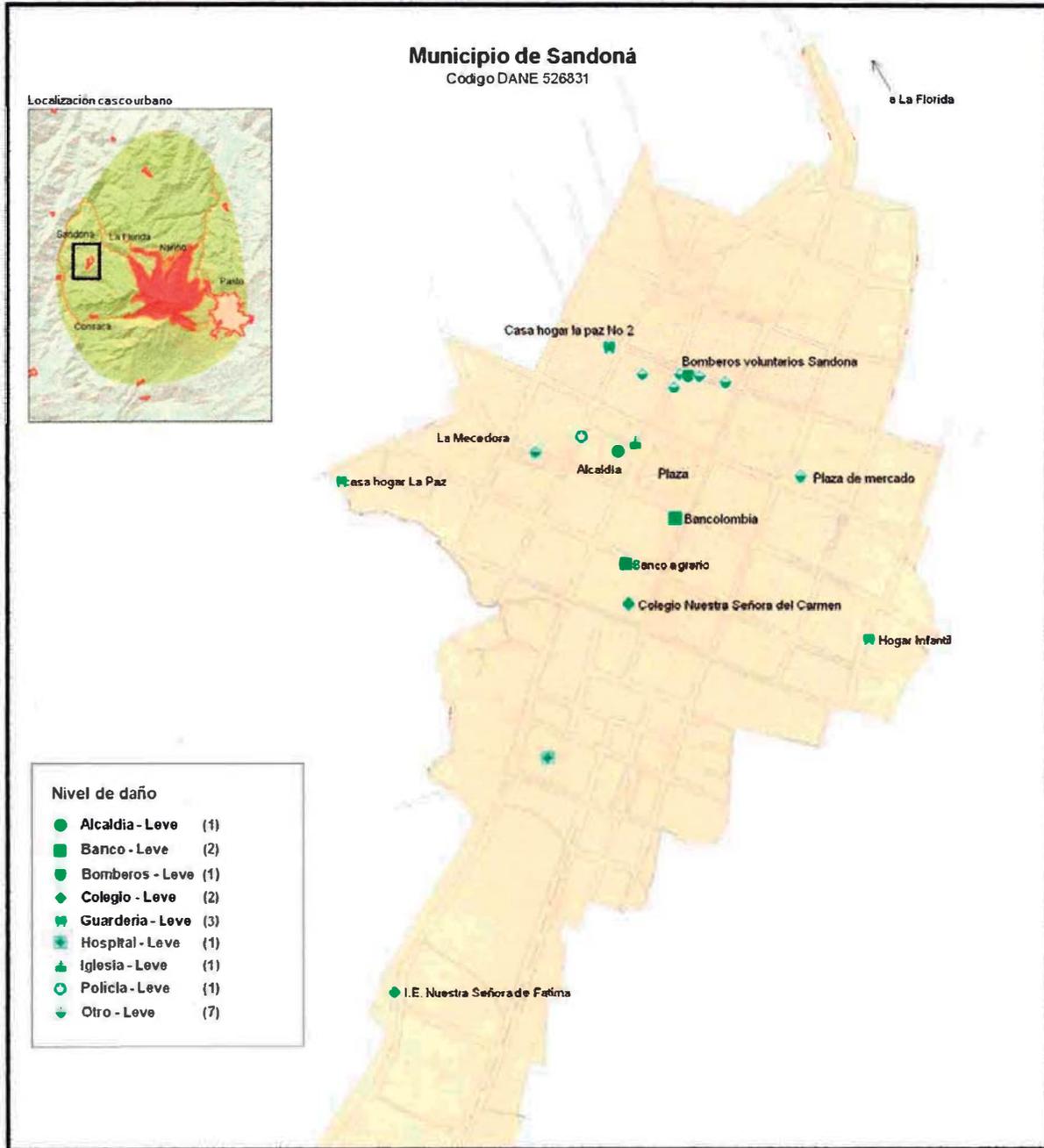


Figura 31. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Sandoná

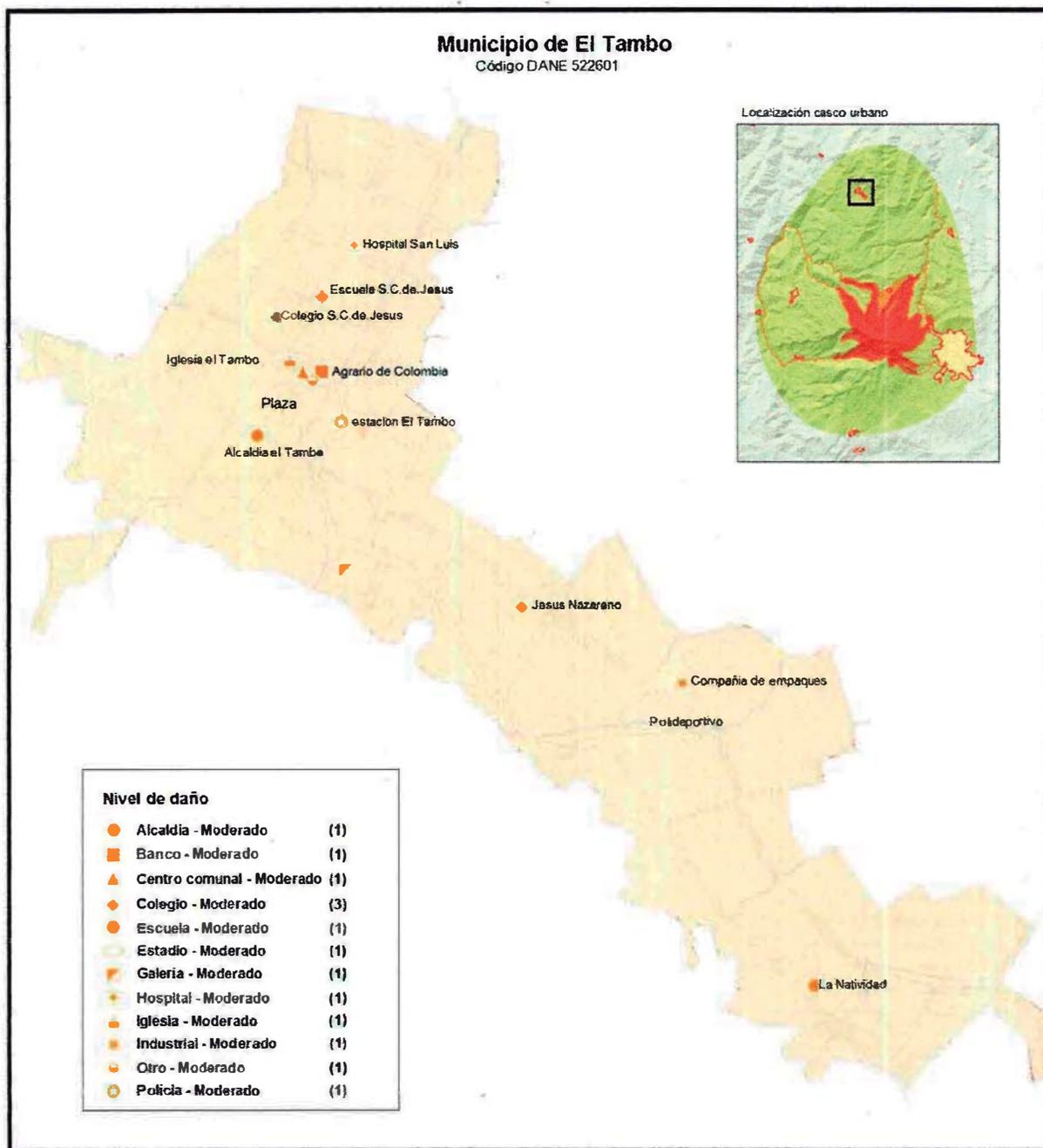


Figura 32. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de El Tambo

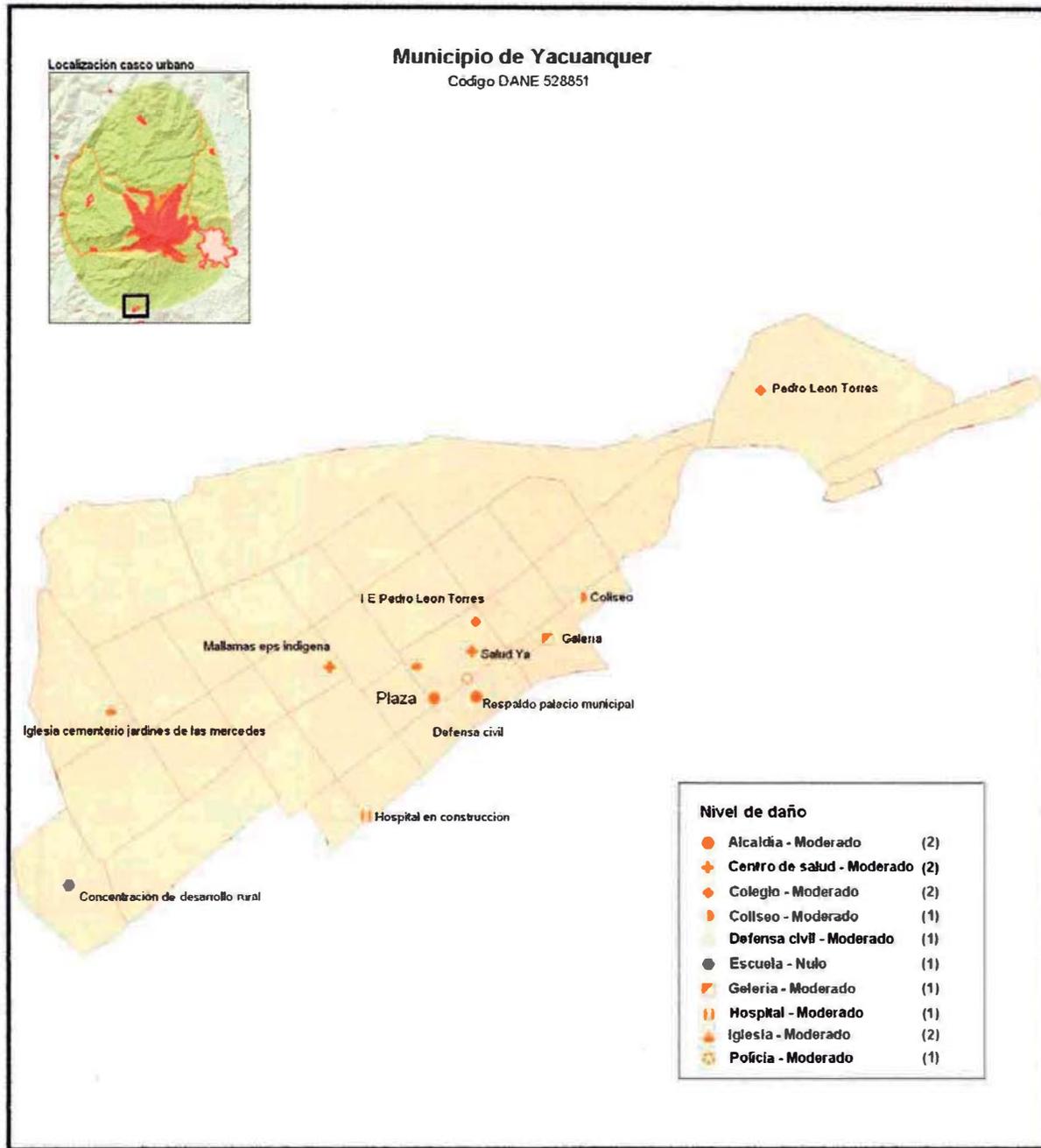


Figura 33. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por caída piroclástica – Municipio de Yacuanquer

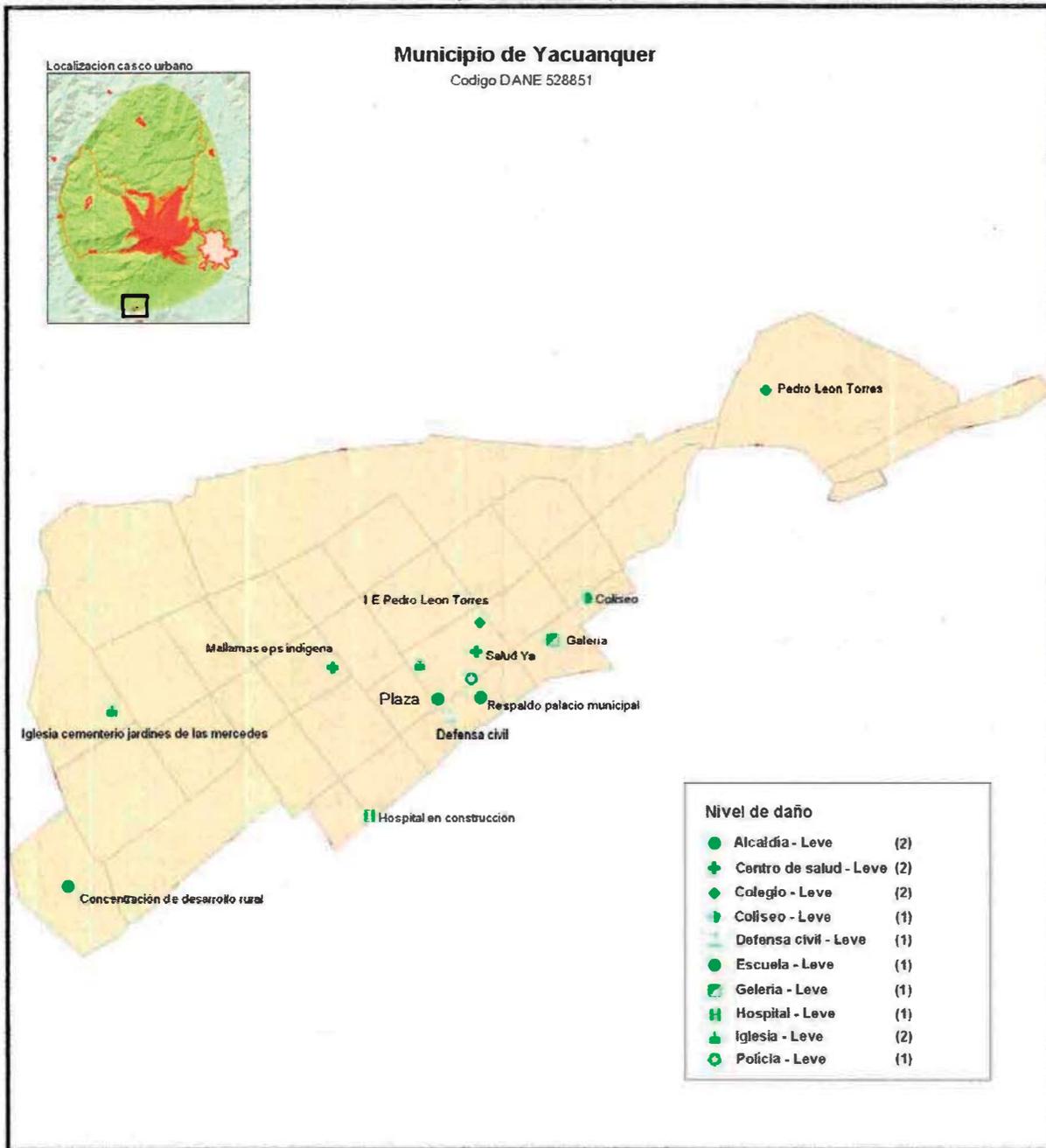


Figura 34. Distribución de daños potenciales en edificaciones esenciales por onda de choque – Municipio de Yacuanquer

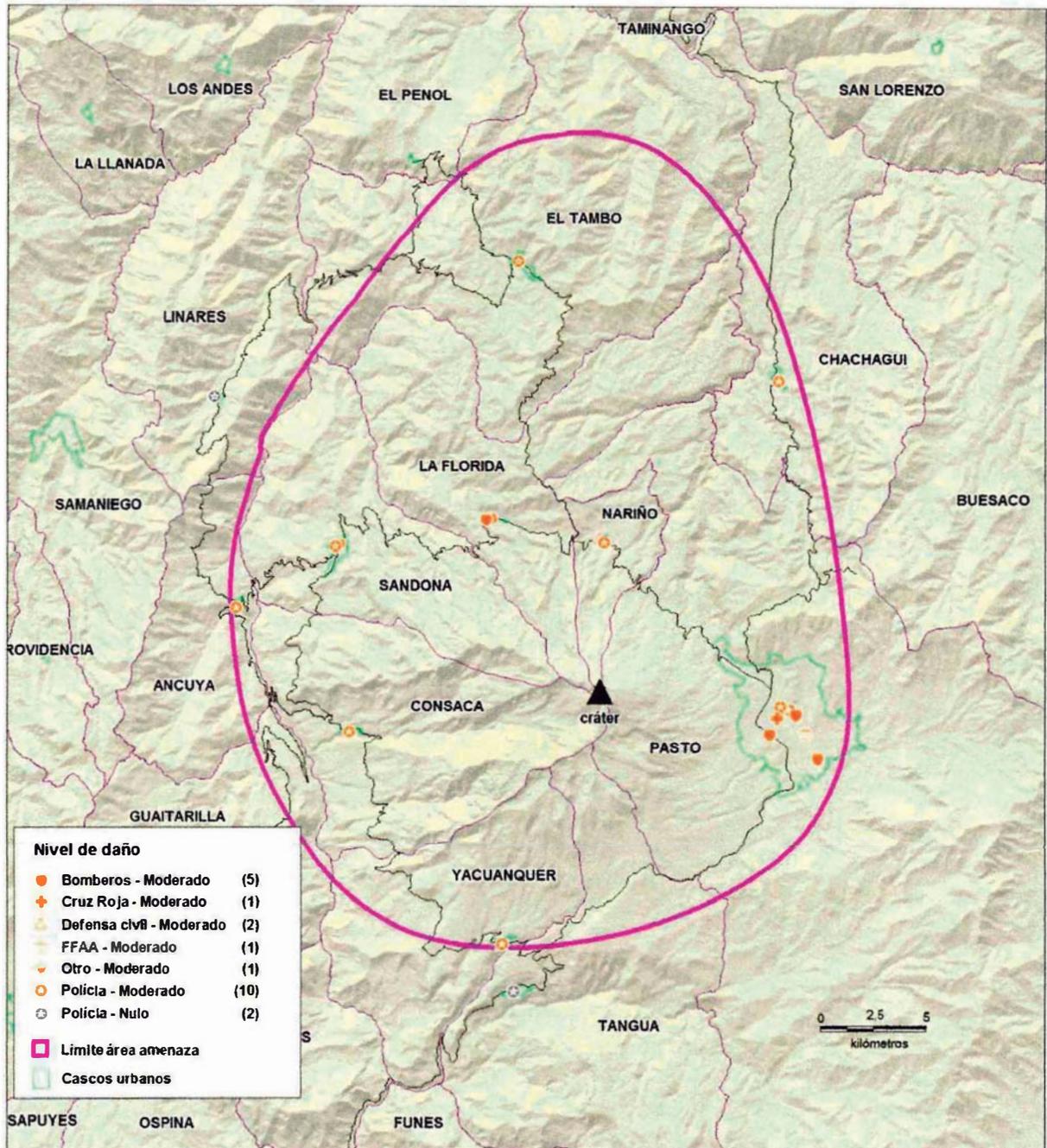


Figura 35. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por caída piroclástica

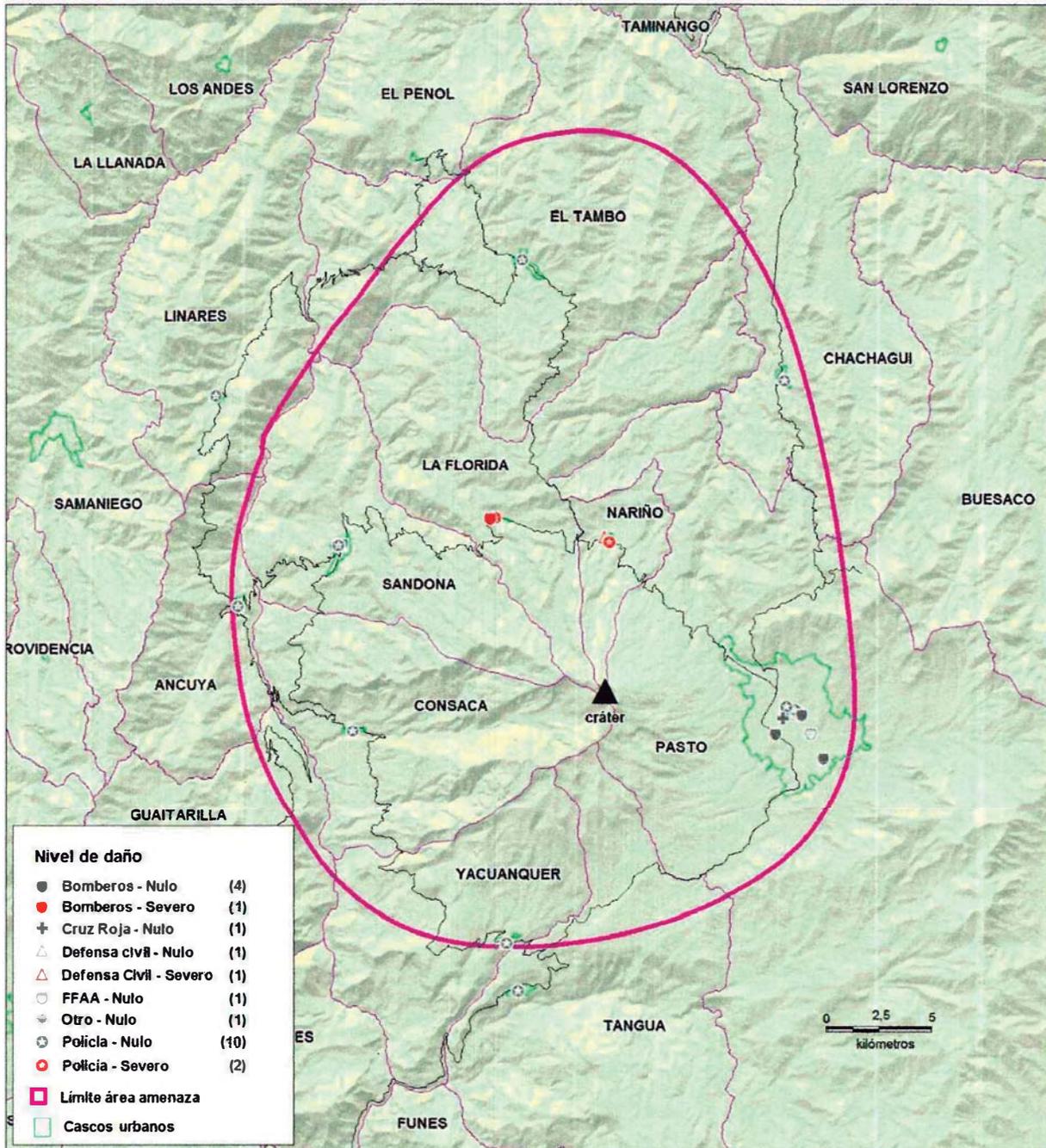


Figura 36. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por flujos piroclásticos

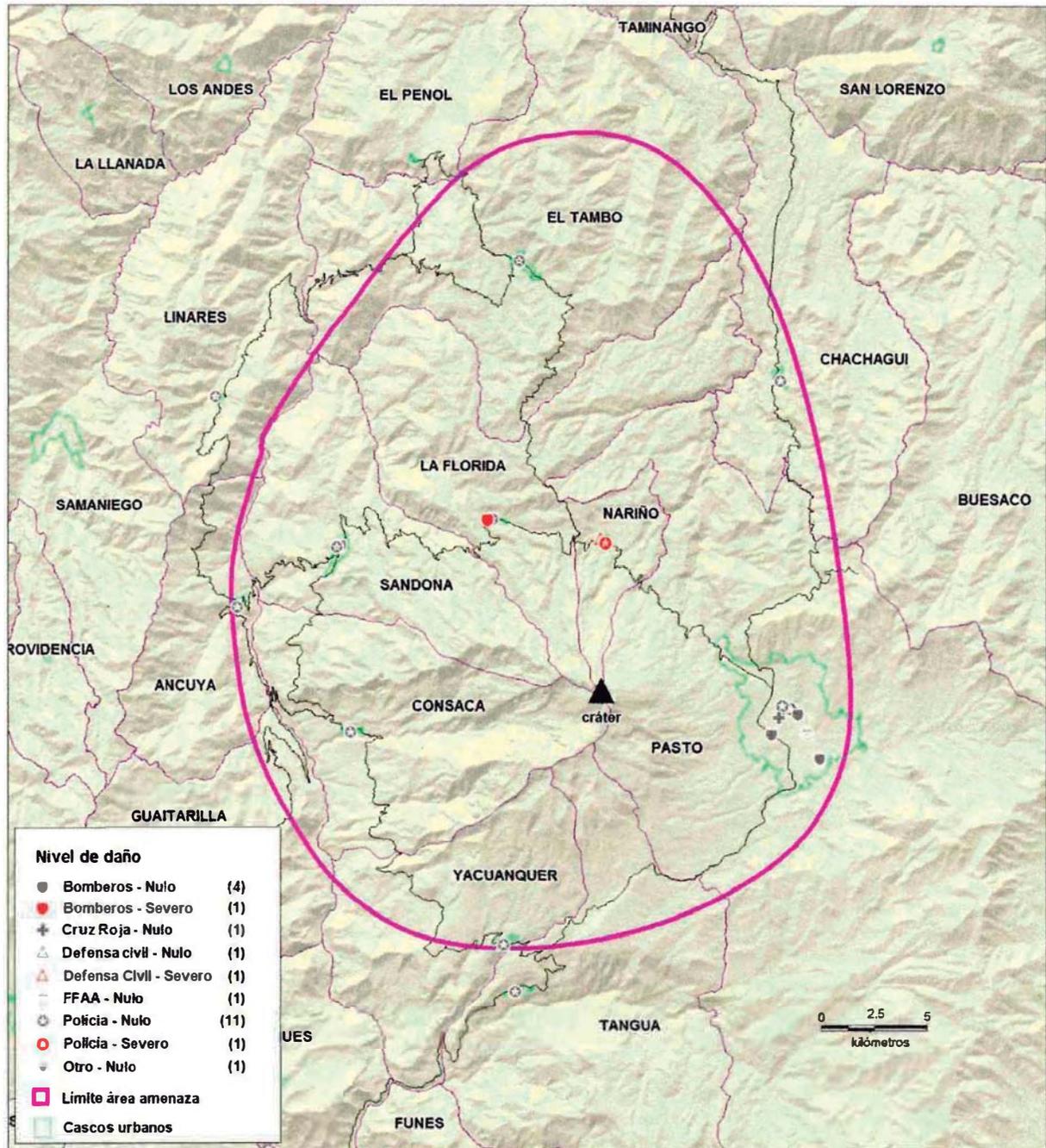


Figura 37. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por nube acompañante

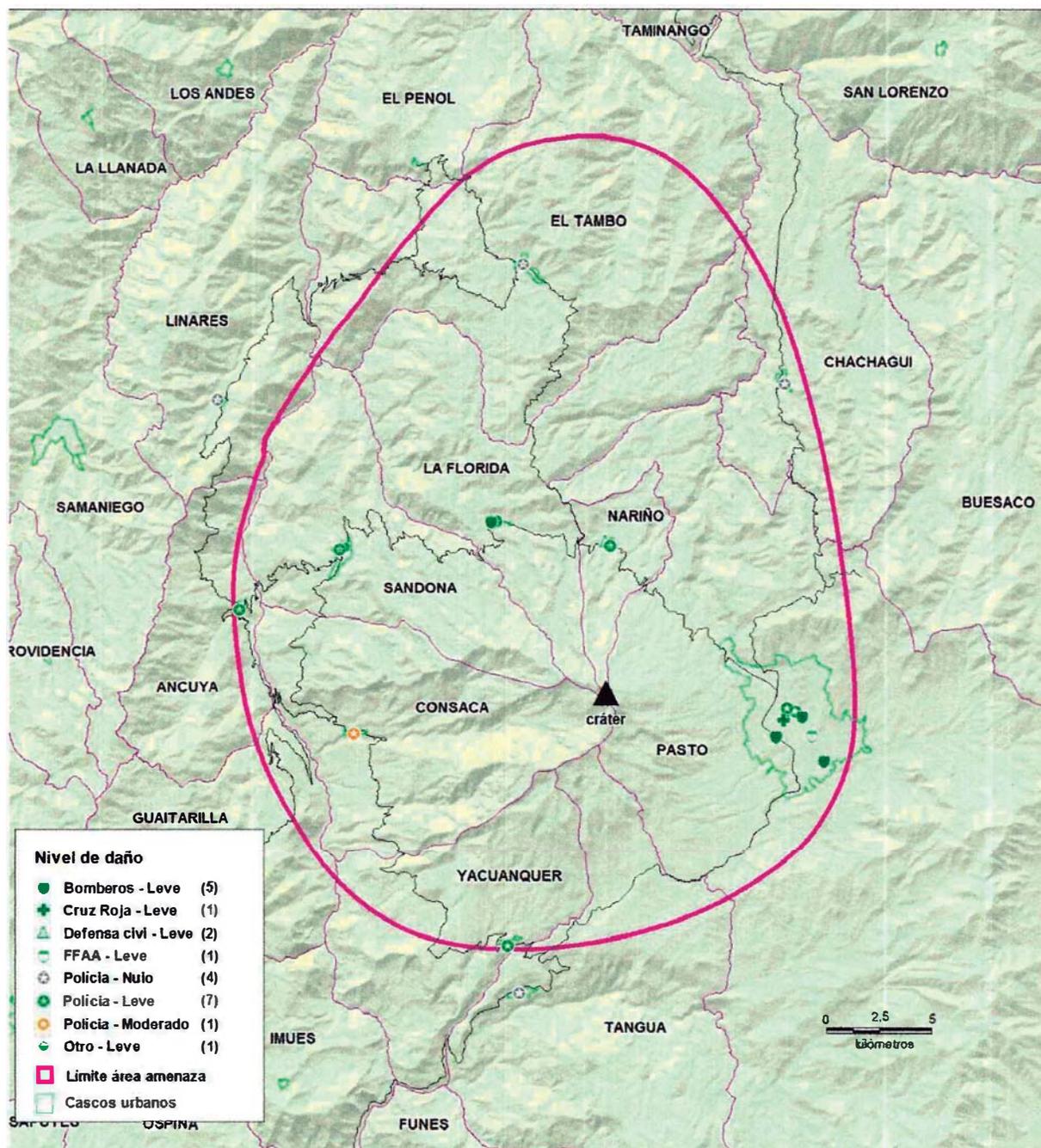


Figura 38. Distribución de daños potenciales en edificaciones de atención a la comunidad por onda de choque

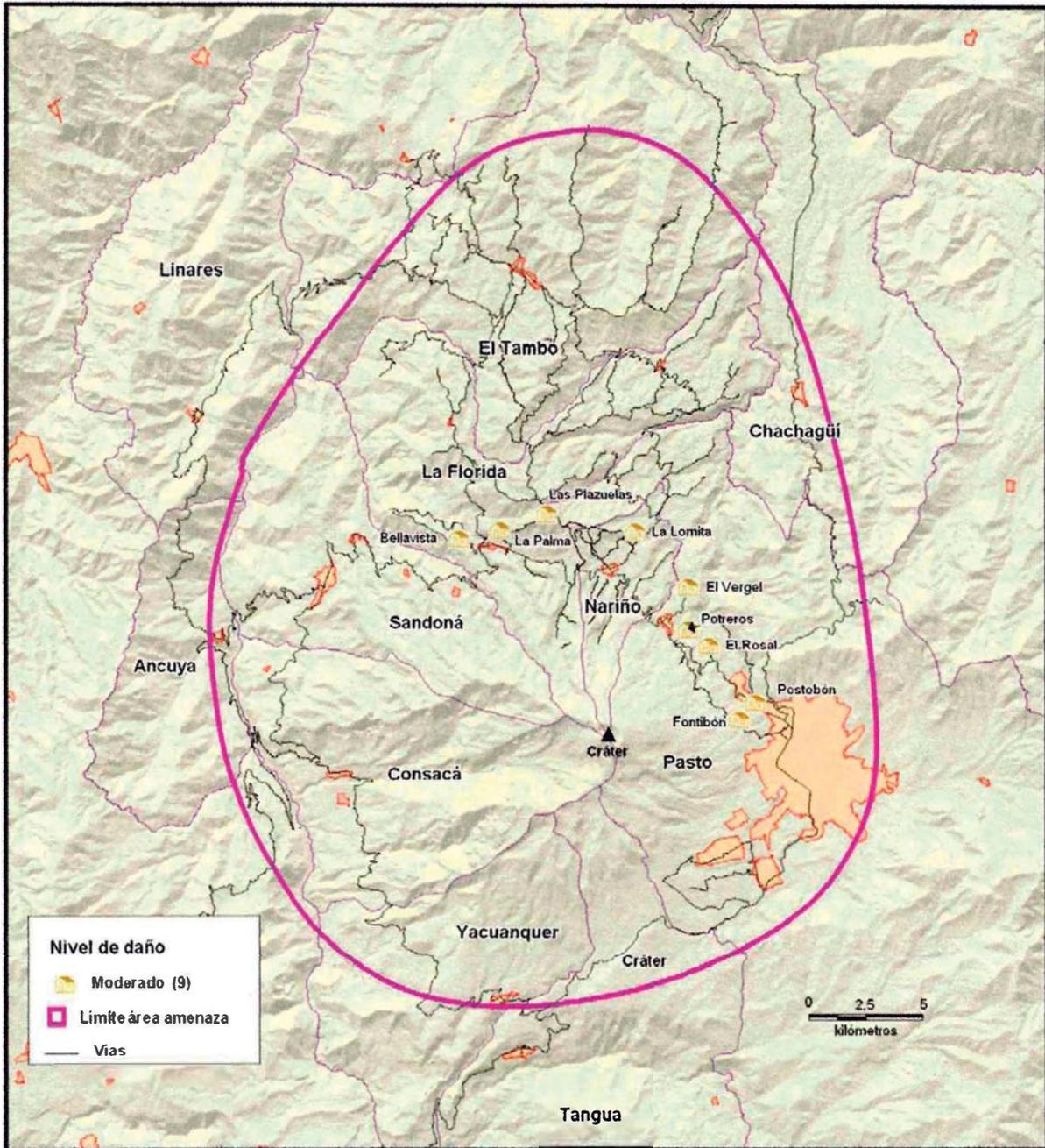


Figura 39. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por caída piroclástica

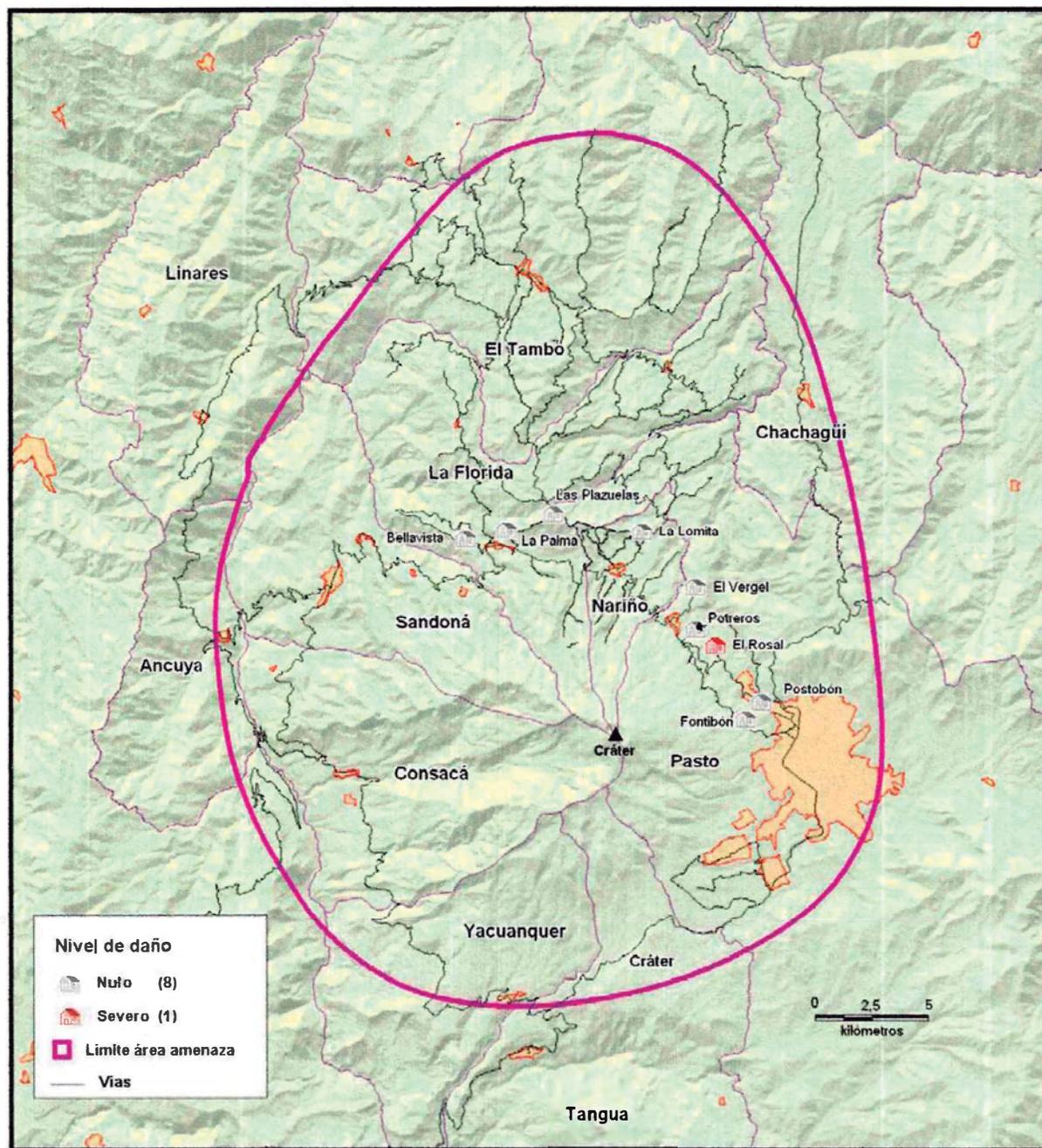


Figura 40. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por flujos piroclásticos

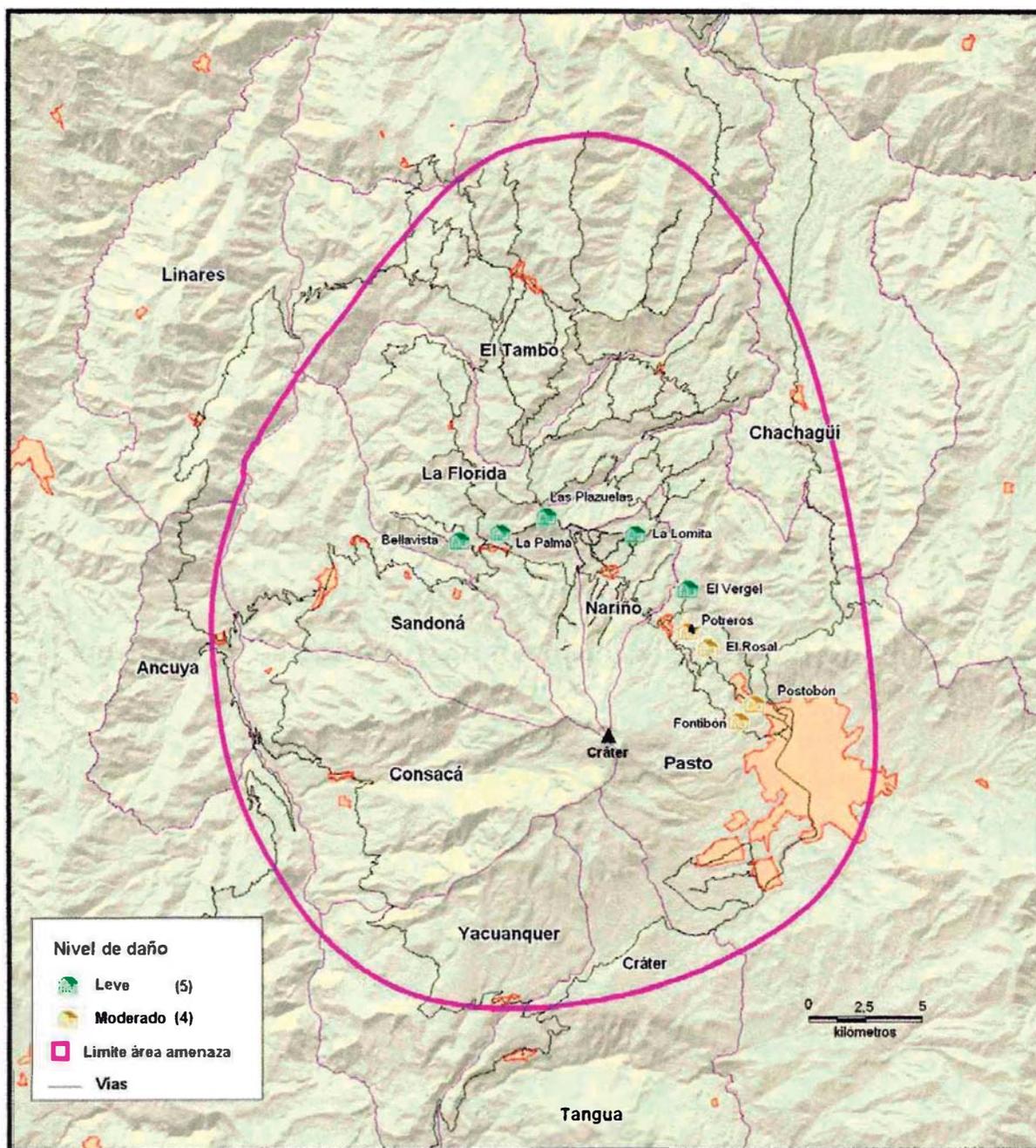


Figura 41. Distribución de daños potenciales en alojamientos temporales por onda de choque

Anexo 2

A. Evaluación vulnerabilidad albergues

B. Fichas de caracterización de edificaciones esenciales.

Fichas de Evaluación vulnerabilidad albergues

ALBERGUES

Municipio de San Juan de Pasto.

Albergue Postobón.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)
N 01.23641°
W 77.30045°
Altura (msnm) 2479

El albergue se ubica a 2.2 km del casco urbano de la ciudad de Pasto, alberga a las veredas San Francisco Briceño, Alto Briceño y Terrazas de Briceño, cuenta con seis módulos habitacionales con área promedio de 160.8 m², con capacidad para 367 personas, tres aéreas de cocina con aproximadamente 62.4 m² cada una, una bodega de 396 m², dos salones comunales de 24 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Guadua	<p>La cimentación se encuentra deteriorada debido a que se encuentra en contacto directo con el suelo sin ningún tipo de protección, siendo susceptible de humedad y acumulación de material vegetal y hongos.</p> 

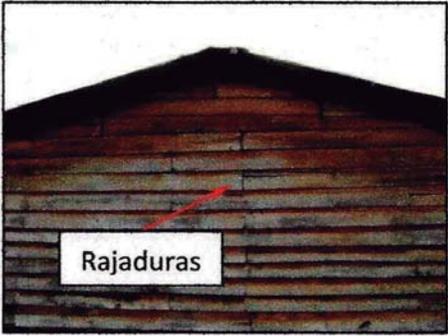
Recomendaciones:

Cambio de los elementos de cimentación más afectados.

En la restauración dotar de protección mediante utilización de soluciones impermeabilizantes y contra el ataque de insectos (barnices, pinturas), o en su defecto aplicar aceite quemado, además cubrirlo con material impermeable.

Limpieza de los alrededores de la cimentación, asegurando la libre circulación del agua y el buen funcionamiento del sistema de drenaje (agregado grueso y geotextil).

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal traslapado	Madera	El entablado presenta algunas rajaduras en sus elementos. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Guadua	Los elementos de sustentacion no tienen buen aspecto visual, además los apoyos intermedios presentan pandeos locales. 
	Material de cobertura		
	Laminas de zinc Angulo de inclinación: 25°		

Recomendaciones: Utilizar en los elementos de apoyo intermedio y correas secciones mayores, realizar una buena selección que garantice una buena calidad.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Luz	3,1 m		
Diametro correas ϕ	0,11 m	Carga viva	0 Kg/m ²
Dcorreas	1,5 m	Peso correas (WV)	5,70 Kg/m ²
Z	130,67 cm3	Peso techo (Lamina Zinc)	5 Kg/m ²
I	718,69 cm4	Area correas	95,03 cm ²

No existe carga de montaje ni barrido

NSR 98 (B.3.3)

Resistencia de la cubierta a la caída de ceniza después del análisis estructural.

Análisis por:	Carga en:		
	e (m)	e (cm)	Kpa
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,03	2,62	0,32
LIMITACION DE FLEXIONES	0,03	2,70	0,33
ESFUERZO CORTANTE	0,25	24,96	3,06

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	FRP	e ceniza*FRP
Postobon	25	2.6	0.91	25.2
		27.68		

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa	
Apoyo simple	31	2,5	0,304
Apoyo intermedio	41	3,3	0,402

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Se encontró que los datos arrojados por el modelo de acumulación de ceniza son mucho mayores de los que la cubierta en su estado actual puede soportar, dando como resultado un colapso total del sistema, con un nivel de daño SEVERO.

En el sistema de cubierta el elemento más vulnerable son las hojas de zinc, que por su baja resistencia a cargas sobre impuestas sería el primer elemento en fallar, motivo por el cual la cubierta perdería toda su funcionalidad.

Se puede decir que la ubicación del albergue no es la más adecuada, ya que los datos arrojados por el modelo de acumulación de ceniza dan como resultado un valor alto, lo que hace costosa la adecuación de estos para una posible eventualidad.

Vulnerabilidad ALTA.

Albergue El Vergel.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.28555°

W 77.32993°

Altura (msnm) 2362

El albergue se ubica a 12.7 km del casco urbano de la ciudad de Pasto, alberga a las veredas Aguapamba, Castillo Loma, Genoy centro, Bella Vista, Nueva Campiña. Cuenta con 52 módulos habitacionales con área promedio de 38 m², con capacidad para 2476 personas, 24 aéreas de cocina con aproximadamente 54 m² cada una, dos bodegas de 221.5 m², tres salones comunales de 806.5 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Madera	<p>En los lugares en que la cimentación se encontraba deteriorada se le han colocado pilares de refuerzo al lado de los existentes, en madera rolliza. Estos apoyos nuevos tienen las respectivas medidas de protección. Algunos de los pilares se encuentran deteriorados.</p> 

Recomendaciones:

Limpieza de los alrededores de la cimentación, asegurando la libre circulación del agua y el buen funcionamiento del sistema de drenaje (agregado grueso y geotextil).

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal traslapado	Madera	Ninguna. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Guadua	Ninguna. 
	Material de cobertura		
	Laminas de zinc Angulo de inclinación: 20°		

Recomendaciones: Utilizar en los elementos de apoyo intermedio y correas secciones mayores, realizar una buena selección que garantice una buena calidad.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Luz	3 m				
Diámetro correas ϕ	0,11 m	Carga viva	0 Kg/m ²	No existe carga de montaje ni barrido	
Dcorreas	1,35 m	Peso correas (WV)	6,34 Kg/m ²		
Z	130,67 cm ³	Peso techo (Lamina Zinc)	5 Kg/m ²	NSR 98 (B.3.3)	
I	718,69 cm ⁴	Area correas	95,03 cm ²		

Resistencia de la cubierta a la caída de ceniza después del análisis estructural.

Analisis por:	Carga en:		
	e (m)	e (cm)	Kpa
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,03	3,22	0,40
LIMITACION DE FLEXIONES	0,03	3,45	0,42
ESFUERZO CORTANTE	0,29	28,80	3,53

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza*FRP
El Vergel	20	3.2	27.03	0.94	25.4

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
	Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa
Apoyo simple	31	2,5	0,304
Apoyo intermedio	41	3,3	0,402

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Se encontró que los datos arrojados por el modelo de acumulación de ceniza son mucho mayores de los que la cubierta en su estado actual puede soportar, dando como resultado un colapso total del sistema, con un nivel de daño SEVERO.

En el sistema de cubierta el elemento más vulnerable son las hojas de zinc, que por su baja resistencia a cargas sobre impuestas, sería el primer elemento en fallar, motivo por el cual la cubierta perdería toda su funcionalidad.

Se puede decir que la ubicación del albergue es el motivo por el cual la vulnerabilidad es ALTA, ya que los datos arrojados por el modelo de acumulación de ceniza dan como resultado un valor alto, lo que hace costosa la adecuación de estos para una posible eventualidad.

Albergue Potrerros.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.26864°

W 77.32977°

Altura (msnm) 2517

El albergue se ubica a 11.2 km del casco urbano de la ciudad de Pasto, alberga a las veredas Charguayaco, La Cocha y Villa María. Cuenta con 22 módulos habitacionales con área promedio de 140 m², con capacidad para 1086 personas, 10 aéreas de cocina con aproximadamente 54 m² cada una, dos bodegas de 74 m², dos salones comunales de 478.5 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Madera	<p>Desde esta perspectiva se observa que los pilares de la cimentación tienen una diferencia notable en su longitud, esto debido al alto grado inclinación del terreno.</p> 

Recomendaciones:

Limpieza de los alrededores de la cimentación, asegurando la libre circulación del agua y el buen funcionamiento del sistema de drenaje (agregado grueso y geotextil).

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal traslapado	Madera	En el entablado son apesiabiles algunas rajaduras en los bordes, ademas de agujeros. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Madera	Ninguna.
	Material de cobertura		
	Laminas de zinc Angulo de inclinación: 17°		

Recomendaciones: Utilizar en los elementos de apoyo intermedio y correas secciones mayores, realizar una buena selección que garantice una buena calidad.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Luz	3 m			
Diámetro vigas ϕ	0,11 m	Carga viva	0 Kg/m ²	No existe carga de montaje ni barrido
DV	1 m	Peso vigas (WV)	8,55 Kg/m ²	
Z	130,67 cm3	Peso techo (Lamina Zinc)	5 Kg/m ²	NSR 98 (B.3.3)
I	718,69 cm4	Area vigas	95,03 cm ²	

Resistencia de la cubierta a la caída de ceniza después del análisis estructural.

Análisis por:	Carga en:		
	e (m)	e (cm)	Kpa
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,08	8,21	1,01
LIMITACION DE FLEXIONES	0,05	4,80	60,04
ESFUERZO CORTANTE	0,28	28,09	351,08

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza*FRP
Potrerros	17	4.8	7.15	0.95	6.8

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
	Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa
Apoyo simple	31	2,5	0,304
Apoyo intermedio	41	3,3	0,402

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Al examinar los datos del análisis estructural se observa que el espesor de ceniza crítico para la estructura es relativamente cercano al que arroja el modelo de acumulación de ceniza, de tal modo que se presentara un colapso gradual en las correas por flexión. Se presentan daños físicos SEVEROS, de manera que la vulnerabilidad de la estructura es ALTA.

En general la estructura presenta una regular resistencia a la sollicitación adicional por carga de ceniza, pero no supera el caso extremo del modelo, se recomienda cambio de la cobertura de la cubierta por fibro-cemento.

Albergue El Rosal.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.26187°

W 77.32193°

Altura (msnm) 2560

El albergue se ubica a 8.7 km del casco urbano de la ciudad de Pasto, alberga a las veredas El Rosal, Aticance. Cuenta con 30 módulos habitacionales con área promedio de 126 m², con capacidad para 224 personas, una cocina con aproximadamente 22 m², una bodega de 98 m², un salón comunal de 35.5 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Madera	<p>La cimentación se encuentra deteriorada debido a que se encuentra en contacto directo con el suelo sin ningún tipo de protección, siendo susceptible de humedad y acumulación de material vegetal y hongos. Por otra parte los amarres realizados entre los elementos de cimentación y las vigas, se encuentran en estado lamentable debido a la corrosión.</p> 

Recomendaciones:

Limpieza de los alrededores de la cimentación, asegurando la libre circulación del agua y el buen funcionamiento del sistema de drenaje (agregado grueso y geotextil).

Cambio de los elementos de cimentación más afectados y en su restauración dotar de protección mediante utilización de soluciones impermeabilizantes y contra el ataque de insectos (barnices, pinturas), o en su defecto aplicar aceite quemado, además cubrirlo con material impermeable.

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal traslapado	Madera	Ninguna. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Guadua	Ninguna.
	Material de cobertura		
	Laminas de zinc Angulo de inclinación: 30°		

Recomendaciones: Utilizar en los elementos de apoyo intermedio y correas secciones mayores, realizar una buena selección que garantice una buena calidad.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Luz	3 m				
Diámetro vigas ϕ	0,11 m	Carga viva	0 Kg/m ²	No existe carga de montaje ni barrido	
DV	1,3 m	Peso vigas (WV)	6,58 Kg/m ²		
Z	130,67 cm ³	Peso techo (Lamina Zinc)	5 Kg/m ²	NSR 98 (B.3.3)	
I	718,69 cm ⁴	Area vigas	95,03 cm ²		

Resistencia de la cubierta a la caída de ceniza después del análisis estructural.

Análisis por:	Carga en:		
	e (m)	e (cm)	Kg/m ²
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,03	6,22	77,77
LIMITACION DE FLEXIONES	0,04	3,60	45,03
ESFUERZO CORTANTE	0,22	21,51	268,91

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza* FRP
El Rosal	30	3.6	7.11	0.97	6.9

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
	Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa
Apoyo simple	31	2,5	0,304
Apoyo intermedio	41	3,3	0,402

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Al examinar los datos del análisis estructural se observa que el espesor de ceniza crítico para la estructura es relativamente cercano al que arroja el modelo de acumulación de ceniza, de tal modo que se presentara un colapso gradual en las correas por flexión. Se presentan daños físicos SEVEROS, de manera que la vulnerabilidad de la estructura es ALTA.

En general la estructura presenta una regular resistencia a la solicitación adicional por carga de ceniza, pero no supera el caso extremo del modelo, se recomienda cambio de la cobertura de la cubierta por fibro-cemento.

Albergue Fontibón.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.23231°

W 77.31005°

Altura (msnm) 2771

El albergue se ubica a 4.5 km del casco urbano de la ciudad de Pasto, alberga la vereda de Mapachico Centro. Cuenta con 12 módulos habitacionales con área promedio de 151 m², con capacidad para 960 personas, 2 aéreas de cocina con aproximadamente 74 m² cada una, tres bodegas de 50 m², un salón comunal de 148 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

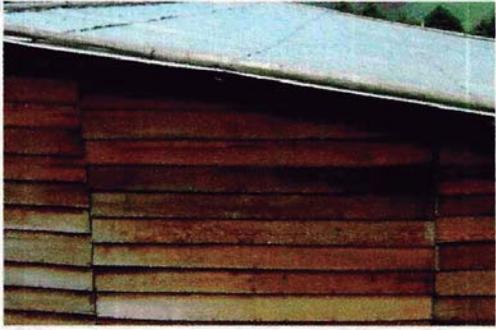
Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Madera	<p>En los lugares en que la cimentación se encontraba deteriorada se le han colocado pilares de refuerzo al lado de los existentes, en madera rolliza. Estos apoyos nuevos tienen las respectivas medidas de protección.</p> 

Recomendaciones:

Limpieza de los alrededores de la cimentación, asegurando la libre circulación del agua y el buen funcionamiento del sistema de drenaje filtro en agregado grueso y geotextil.

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal traslapado	Madera	Ninguna. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Guadua	Ninguna.
	Material de cobertura		
	Laminas de zinc Angulo de inclinación: 25°		

Recomendaciones: Utilizar en los elementos de apoyo intermedio y correas secciones mayores, realizar una buena selección que garantice una buena calidad.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Luz	3 m		
Diámetro correas ϕ	0.12 m	Carga viva	0 Kg/m ²
DV	1.8 m	Peso correas (WV)	5,65 Kg/m ²
Z	169,65 cm	Peso techo (Lamina Zinc)	5 Kg/m ²
I	1017,88 cm ⁴	Area correas	113,10 cm ²

No existe carga de montaje ni barrido

NSR98 (B.3.3)

Resistencia de la cubierta a la caída de ceniza después del análisis estructural.

Análisis por:	Carga en:		
	e (m)	e (cm)	Kg/m ²
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,03	3,2	39,61
LIMITACION DE FLEXIONES	0,04	3,8	47,25
ESFUERZO CORTANTE	0,26	25,9	323,23

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza *FRP
Fontibon	25	3.8	7.12	0.91	6.5

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
	Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa
Apoyo simple	31	2,5	0,304
Apoyo intermedio	41	3,3	0,402

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Al examinar los datos del análisis estructural se observa que el espesor de ceniza crítico para la estructura es relativamente cercano al que arroja el modelo de acumulación de ceniza, de tal modo que se presentara un colapso gradual en las correas por flexión. Se presentan daños físicos SEVEROS, de manera que la vulnerabilidad de la estructura es ALTA.

En el sistema de cubierta el elemento más vulnerable son las hojas de zinc, que por su baja resistencia a cargas sobre impuestas, sería el primer elemento en fallar, motivo por el cual la cubierta perdería toda su funcionalidad.

Se propone colocar apoyos intermedios a 0.9m entre los existentes para mejorar la resistencia a la caída de ceniza, además del cambio de las hojas de zinc por fibro-cemento.

Modelo propuesto:

Luz	3 m
Diametro correas ϕ	0,12 m
DV	0,9 m

Análisis por:	Carga en:			
	e (m)	e (cm)	Kg/m2	Kpa
MODULO DE SECCION TRANSVERSAL	0,07	6,7	84,22	0,826
LIMITACION DE FLEXIONES	0,08	8,0	99,50	0,976
ESFUERZO CORTANTE	0,52	52,1	651,47	6,391

Municipio de La Florida.

Albergue Bellavista.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.30492°

W 77.42133°

Altura (msnm) 2275

El albergue se ubica a 6.5 km del casco urbano del municipio de La Florida, alberga a las veredas La Colina, Libertad, El Bosque, Divino Niño, El Placer. Cuenta con 70 módulos habitacionales con área promedio de 24.5 m², con capacidad para 400 personas, un área de cocina con aproximadamente 88 m².

Albergue Las Plazuelas.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.31501°

W 77.38640°

Altura (msnm) 2610

El albergue se ubica a 12.5 km del casco urbano del municipio de La Florida, alberga a las veredas Barranco, Zaragoza, La victoria, La Colina. Cuenta con 40 módulos habitacionales con área promedio de 22 m², con capacidad para 200 personas, un área de cocina con aproximadamente 96 m², una bodega de 60 m² y dos salones comunales de 24 m².

Albergue La Palma.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.32735°

W 77.39541°

Altura (msnm) 2525

El albergue se ubica a 1.6 km del casco urbano del municipio de La Florida, alberga al Sector Oriental, Zaragoza, La Victoria, Porvenir, Primavera, La Merced y Barranquito. Cuenta con más de

80 módulos habitacionales con área promedio de 22 m², con capacidad para 226 familias, un área de cocina con aproximadamente 80 m², dos bodegas de 35 m², una de 78 m² y una de 42 m², cinco salones comunales de 42 m². Debe mencionarse al menos una media docena de módulos estaban seriamente deteriorados.

A continuación se describen los componentes de los albergues, que para el caso del municipio de La Florida son todos similares.

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

Tipo	Material	Observaciones
Levantada	Madera	<p>La cimentación se encuentra deteriorada debido a que se encuentra en contacto directo con el suelo sin ningún tipo de protección, siendo susceptible de humedad y acumulación de material vegetal y hongos. Además la unión entre los pilares y las vigas se realiza con láminas y alambres, que no es la manera más recomendable para la resistencia a fuerzas horizontales.</p> 

Recomendaciones:

Cambio de los elementos de cimentación más afectados y en la restauración dotar de protección mediante utilización de soluciones impermeabilizantes y contra el ataque de insectos (barnices, pinturas), o en su defecto aplicar aceite quemado, además cubrirlo con material impermeable.

Cambio de las láminas indicadas, por ángulos en acero o pernos, que garantizan un funcionamiento adecuado.

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Entablado horizontal	Madera	Ninguna. 

Recomendaciones: Proteger los elementos del ataque de insectos y la humedad, que con el tiempo se harán evidentes y perjudiciales disminuyendo su funcionalidad.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Liviana	Correas	Madera	Ninguna. 
	Material de cobertura		
	Láminas de zinc Ángulo de inclinación: 40°		

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Tipo montante maestro 1.

Luz	4 m	Wt	5 Kg/m ²	I	322,06 cm ⁴
α	40 °	Carga viva	0 Kg/m ²		
Diametro correas	0,07 m	Peso correas (WCO)	3,85 Kg/m ²	Area correas	21,991 cm ²
DCO	0,9 m	Peso cielo raso	0 Kg/m ²		
DC	3 m				
Diametro diagonales	0,09 m	Peso diagonales (Pmd)	5,73 Kg/m	Area diagonales	63,62 cm ²
Diametro cuerda sup	0,09 m				
Diametro cuerda inf	0,09 m	Peso cuerdas y pendolon (Pmcp)	5,73 Kg/m	Area cuerdas y p.	63,62 cm ²
Diametro pendolon	0,09 m				

Carga adicional por acumulación de ceniza en m (WC)

$$e = 0,089 \text{ m}$$

	RESULTADO
FC	0,991

Donde

FC: Factor de carga. (1= colapso)

Resultados definitivos para el análisis.

Albergue	Grados de inclinación	e ceniza crítica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza*FRP
Bellavista	40	8.9	6.23	0.77	4.8
Las Plazuelas	40	8.9	25.11	0.77	19.3
La Palma	40	8.9	8.73	0.77	6.7

FRP= factor de reducción por pendiente

Análisis de la cobertura (Zinc).

Análisis de la teja			
	Carga sobre impuesta (Kg/ m2)	e ceniza (cm)	Kpa
Apoyo simple	48	3,84	0,470
Apoyo intermedio	65	5,2	0,637

Fuente de carga sobre impuesta: cubiertas en teja ondulada P7 Plus Eternit

Análisis de la vulnerabilidad.

Bellavista	0.54
Las Plazuelas	1
La Palma	0.76

Se encontró que los datos arrojados por el modelo de acumulación de ceniza en los albergues del municipio de La Florida, varían entre 5 y 19 cm aproximadamente; datos que, al cruzarlos con la resistencia de la cubierta, dan como resultado de daño SEVERO para Bellavista y La Palma, COLAPSO para el caso de Las Plazuelas.

En cuanto a la construcción de estos albergues, son los que mejor disposición tienen, ya que su estructura es la del tipo montante maestro y tiene un mejor comportamiento estructural, además la alta inclinación de la cobertura (40°) hace que la ceniza pueda escurrir, sin ningún tipo ayuda. La vulnerabilidad para los tres albergues es ALTA.

Municipio de Nariño.

Albergue La Lomita.

Ubicación albergue (hddd.ddddd° - WGS 84)

N 01.30760°

W 77.35097°

Altura (msnm) 2360

El albergue se ubica a 3.5 km del casco urbano del municipio de Nariño, alberga a las veredas Chorrillo, Yunguillo y Pueblo Viejo. Cuenta con 38 módulos habitacionales con área promedio de 26.4 m², con capacidad para 500 personas, una bodega de 66 m².

Las unidades habitacionales tienen las siguientes características:

Cimentación:

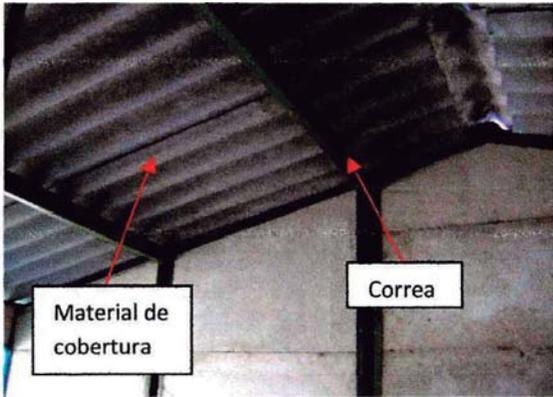
Tipo	Material	Observaciones
A nivel	Concreto	Ninguna. 

Muros:

Tipo	Material	Observaciones
Prefabricado	Concreto	<p>Los muros en su mayoría poseen una superficie porosa que no le da un buen aspecto, en algunos lugares los muros tienen grietas en sus extremos o en toda su extensión .</p> 

Recomendaciones: sellar las grietas con un material adecuado (Sika Boom), para evitar que estas continúen y tengan un detrimento en el sistema estructural.

Cubierta:

Tipo	Elementos de sustentación	Material	Observaciones
Moderada	Perlines	Acero laminado	<p>Ninguna.</p> 
	Material de cobertura		
	<p>Laminas de zinc</p> <p>Angulo de inclinación: 25°</p>		

Recomendaciones: Realizar labores de mantenimiento para mantener los perlines sin corrosión.

Datos para la resistencia de la estructura de cubierta a la caída de ceniza.

Correas en lamina galvanizada tipo caja (Perlines).

Luz	5 m	Valor sobre carga	168 Kg/m ²		
Diámetro vigas ϕ	0,14 m	Carga viva	35 Kg/m ²		Carga de montaje ó barrido
Dcorreas	1,7 m				
Pendiente	19,3 °	Peso techo (Eternit)	18 Kg/m ²		NSR 98 (B.3.3)
Sobre carga por ceniza	13,4 cm	Peso perfil (asumido)	3 Kg/m ²		Manual perfiles ACESCO

Resultado:

FC	=	0,997
----	---	-------

Si FC (Factor de carga)= 1; colapso.

Análisis de la cobertura (Eternit).

Análisis de la teja		
Carga sobre impuesta (Kg/ m ²)	e ceniza (cm)	Kpa
52	4,2	0,510

Albergue	Grados de inclinacion	e ceniza critica (cm)	e ceniza modelo (cm)	FRP	e ceniza*FRP
La Lomita	30	5.2	12.05	1	11.7

Se observa que la estructura principal en perlines funciona adecuadamente; ésta podría soportar un espesor de ceniza considerable, pero la cubierta en este caso tejas Eternit, no soportaría los 11.7 cm que arroja el modelo de acumulación de ceniza, de tal modo que el elemento susceptible

al daño es la teja, que perdería toda su funcionalidad y ocasionaría daños físicos SEVEROS. Esta condición de daño da como origen a una vulnerabilidad ALTA.

Se propone aumentar el ángulo de inclinación de la cubierta.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

ESTUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y
FUNCIONAL A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS

INFORME FINAL

CAPÍTULO V

- 11. Vulnerabilidad del sector
agrícola, pecuario e industrial-



San Juan de Pasto, 2009

CONTENIDO

5.11 Vulnerabilidad del sector agrícola, pecuario e industrial

5.11.1 Aspectos generales	6
5.11.2 Vulnerabilidad física y funcional del sector agrícola	7
5.11.2.1 Descripción del inventario	7
5.11.2.2 Vulnerabilidad física del sector agrícola	18
5.11.2.3 Vulnerabilidad funcional sector agrícola	44
5.11.3. Vulnerabilidad física y funcional del sector pecuario.....	46
5.11.3.1 Descripción del inventario	46
5.11.3.1 Vulnerabilidad física del sector pecuario	50
5.11.3.2 Vulnerabilidad funcional del sector pecuario	54
5.11.4 Vulnerabilidad física y funcional del sector industria.....	56
5.11.4.1 Descripción del inventario	56
5.11.4.2 Vulnerabilidad física	59
5.11.4.3 Vulnerabilidad funcional sector industria	60
5.11.5 Conclusiones y recomendaciones	63

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Producción de cultivos permanentes por municipio.....	11
Figura 2. Producción por tipo de cultivos permanentes.....	12
Figura 3. Producción de cultivos transitorios en municipios por toneladas.....	14
Figura 4. Producción de cultivos transitorios por toneladas	16
Figura 5. Producción de cultivos anuales en municipios por toneladas	17
Figura 6. Producción de cultivos anuales por toneladas	18
Figura 7. Exposición por caída de ceniza volcánica para propósitos agrícolas	25
Figura 8. Niveles de exposición por ceniza en zonas agropecuarias Z1	27
Figura 8. Niveles de daños potenciales por fenómenos volcánicos ..	30

Figura 9. Niveles de daños potenciales en zonas agropecuarias Z1.	31
Figura 10. Plano de influencias y dependencias sector agrícola.	45
Figura 11. Distribución de especies mayores por municipio	48
Figura 12. Distribución de especies menores por municipio	49
Figura 13. Plano de influencias y dependencias sector pecuario	55
Figura 14. Concesiones mineras en la zona de estudio (Ingeominas, 1997)	57
Figura 15. Distribución de trapiches en el área de estudio (Ingeominas, 2002)	58
Figura 16. Distribución de empresas por municipio	59
Figura 17. Fenómenos volcánicos a los que se ve expuesto el sector de Industria y comercio	60
Figura 18. Plano de influencias y dependencias sector industria:	62

Listado de tablas

Tabla 1. Porcentajes de uso y aprovechamiento del suelo agropecuario	6
Tabla 2. Cultivos en los municipios del área de estudio	8
Tabla 3. Producción total de cultivos y número de productores a nivel municipal	9
Tabla 4. Cultivos permanentes	10
Tabla 5. Producción total de cultivos permanentes a nivel municipal	11
Tabla 6. Producción total por tipo de cultivos permanentes	12
Tabla 7. Cultivos transitorios	13
Tabla 8. Producción total de cultivos transitorios a nivel municipal	14
Tabla 9. Producción total por tipo de cultivos transitorios	15
Tabla 10. Cultivos anuales	16
Tabla 11. Producción total de cultivos anuales a nivel municipal	17
Tabla 12. Producción total por tipo de cultivos anuales	18
Tabla 13. Criterios de calificación de susceptibilidad de cultivos a retener ceniza	20

Tabla 14. Susceptibilidad de cultivos a retener ceniza	21
Tabla 15. Efectos directos sobre los suelos y cultivos en el sector agrícola	24
Tabla 16. Nivel de exposición acumulación de ceniza volcánica.....	26
Tabla 17. Niveles de daño por fenómenos volcánicos en la vegetación	29
Tabla 18. Áreas y nivel de daños potenciales para propósitos agrícolas en cada municipio.....	32
Tabla 19. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Ancuya	33
Tabla 20. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Nariño	34
Tabla 21. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Chachagüí	35
Tabla 22. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio Consacá	36
Tabla 23. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio El Tambo.....	37
Tabla 24.. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio La Florida	38
Tabla 25. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Linares.....	39
Tabla 26. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Pasto	40
Tabla 27. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Sandoná.....	41
Tabla 28. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Tangua	42
Tabla 29. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio Yacuanquer	43
Tabla 30. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector agrícola	44
Tabla 31. Cálculo de valores de influencia y dependencia	45
Tabla 32. Áreas de uso pecuario en los municipios de la zona de estudio	47

Tabla 33. Consolidado de producción del sector lechero	50
Tabla 34. Efectos directos sobre el sector pecuario	51
Tabla 35. Vulnerabilidad de las áreas de uso pecuario	52
Tabla 36. Especies pecuarias mayores expuestas a los fenómenos volcánicos por municipio	53
Tabla 37. Especies pecuarias menores expuestas a los fenómenos volcánicos por municipio	53
Tabla 38. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector pecuario.....	54
Tabla 38. Calculo de valores de influencia y dependencia.....	55
Tabla 39. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector industria.....	61
Tabla 40. Calculo de valores de influencia y dependencia.....	62

5.11 Vulnerabilidad del sector agrícola, pecuario e industrial

5.11.1 Aspectos generales

Las actividades agropecuarias ocupan un gran porcentaje del área de uso de suelo de la región de estudio. A partir de datos del Consolidado agropecuario 2007 publicados por la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de la Gobernación de Nariño en su página WEB, se estimó que los municipios del área de estudio utilizan entre el 40% y el 90% de su área municipal para fines agropecuarios. El sector pecuario presenta mayores porcentajes de utilización que el agrícola a nivel municipal. En la tabla siguiente se presenta un cuadro comparativo de uso de suelos agrícola y pecuario.

Tabla 1. Porcentajes de uso y aprovechamiento del suelo agropecuario

Municipio	Agrícola		Pecuario		Agropecuario	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Ancuya	2634	31,6	4785	57,4	7419	89,0
Chachagüí	1333	7,1	9735	52,1	11068	59,2
Consacá	3054	20,9	3529	24,1	6583	45,0
El Tambo	4123	15,5	17322	65,0	21445	80,4
La Florida	2467	15,1	10594	64,7	13061	79,7
Linares	2246	15,6	9564	66,3	11810	81,9
Pasto	24549	19,2	32067	25,1	56616	44,3
Sandoná	5020	46,9	4377	40,9	9397	87,7
Tangua	4009	16,4	13039	53,2	17048	69,5
Yacuanquer	2841	26,7	5629	52,9	8470	79,7

Nota: En el informe consultado no aparecen datos para el municipio Nariño.

De las cadenas productivas identificadas, las más importantes son la del cultivo de la papa, la lechería para la producción de lácteos, las fibras naturales (fique), la marroquinería (cuero), la caña panelera y la comercialización de una variedad de cultivos permanentes: café, tomate de árbol, uchuva, piña, cítricos, cebolla junca, fique, chirimoya, granadilla, iraca, lulo, mora y plátano cafetero. Por otra parte, la minería para extracción de materiales de construcción se adelanta en mayor porcentaje en los municipios de Pasto y Chachagüí. El sector de industria y comercio en el área de influencia del volcán Galeras está constituido por 11.239 empresas entre pequeñas, medianas y grandes.

5.11.2 Vulnerabilidad física y funcional del sector agrícola

5.11.2.1 Descripción del inventario

Se identificaron 33 tipos de cultivos que abarcan los permanentes, transitorios y anuales que representaron para el año 2007 más de 188.000 toneladas de alimentos, logradas por más de 7.300 productores. Las especies vegetales identificadas, con sus variedades fueron: fríjol, maíz, trigo, tomate, arracacha, yuca, caña panelera, café, plátano cafetero, tomate de árbol, lulo, fique, cítricos, arveja, haba, cilantro, ulluco, remolacha, repollo, coliflor, granadilla, cebolla cabezona, cebolla junca, mora, piña, maní, iraca, brócoli, zanahoria, uchuva, chirimoya, papa y cebada. Es necesario resaltar que el inventario que se presenta a continuación constituye un elemento de análisis para el Estudio a manera de indicadores de producción, para un año específico (2007). Sin embargo, estos indicadores pueden haber variado para los años 2008 y 2009 debido a:

- Las áreas de producción agrícola pueden aumentar o disminuir según los precios de los productos en el mercado.
- La rotación de cultivos puede contribuir a la disminución o aumento del área de siembra.
- Cambios en las prácticas agrícolas, por la sustitución de cultivos.
- Aumento o disminución de la frontera agrícola por las tendencias del mercado.
- Algunos tipos de cultivo incorporan mayor cuidado, lo que puede disminuir la producción.
- Pocos recursos para invertir en los cultivos.
- La agricultura tradicional es un factor que puede determinar la producción.
- La compactación de los suelos no permite el desarrollo de nuevos cultivos.
- La variación en el clima.

En la siguiente tabla se presentan los cultivos principales o de importancia económica identificados en los municipios del área de estudio, según su clasificación:

Tabla 2. Cultivos en los municipios del área de estudio

MUNICIPIO	Cultivos transitorios	Cultivos anuales	Cultivos permanentes
ANCUYA	Fríjol arbustivo asociado, maíz semestral solo, maíz semestral asociado, trigo, tomate de mesa	Arracacha, maíz anual, yuca	Caña panelera, café, plátano cafetero, tomate de árbol, lulo,
CHACHAGÜÍ	Fríjol arbustivo solo, maíz semestral solo, maíz semestral asociado	****	Café, fique, cítricos
NARIÑO	Arveja, papa, fríjol arbustivo solo, fríjol arbustivo asociado, cebolla, cilantro, haba, ulluco, remolacha, repollo, coliflor	Maíz anual, maíz anual asociado, frijol voluble asociado, yuca, arracacha	Fique y café
CONSACÁ	Fríjol arbustivo solo, maíz semestral solo, maíz semestral asociado, tomate de mesa invernadero	Fríjol voluble, yuca	Caña panelera, café, fique, plátano cafetero, lulo
EL TAMBO	Cebolla cabezona, frijol arbustivo asociado, maíz semestral asociado	Maíz anual, frijol voluble	Caña panelera, café, fique, mora, granadilla, plátano cafetero, lulo, tomate de árbol
LA FLORIDA	Fríjol arbustivo solo, fríjol arbustivo asociado, maíz semestral solo, maíz semestral asociado	Maíz anual, frijol voluble, yuca	Caña panelera, café, fique, piña, plátano cafetero, lulo, tomate de árbol
LINARES	Fríjol arbustivo solo, maíz semestral solo, maní, tomate de mesa invernadero	Yuca	Caña panelera, café, iraca, plátano cafetero, lulo
PASTO	Brócoli, coliflor solo, papa, repollo solo, trigo, zanahoria,	Maíz anual, frijol voluble	Fique, mora, cebolla junca
SANDONÁ	Fríjol arbustivo solo, fríjol arbustivo asociado, maíz semestral solo, maíz semestral asociado, tomate de mesa, tomate de mesa invernadero	Fríjol voluble, yuca	Caña panelera, Café, plátano cafetero, tomate de árbol
TANGUA	Arveja, cebada, fríjol arbustivo solo, papa, trigo, ulluco	Maíz anual, frijol voluble	Café
YACUANQUER	Arveja, cebolla cabezona, fríjol arbustivo solo, maíz semestral solo, papa, tomate mesa, trigo, zanahoria	Maíz anual	Café, mora, uchuva, tomate de árbol, lulo, chirimoya

Fuente: Elaborado a partir de tablas de usos y aprovechamiento de uso por municipio – Nariño 2006, en Consolidado Agropecuario 2007 del departamento de Nariño, elaborado por la por la Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño y la Corporación Colombia Internacional.

En la tabla siguiente se presenta la cantidad total de producción agrícola por municipio y el número de productores al año 2007.

Tabla 3. Producción total de cultivos y número de productores a nivel municipal

Municipio	Producción total en toneladas	Total de productores
ANCUYA	16.658	20825
CONSACA	17.674	12101
EL TAMBO	10.981	7827
LA FLORIDA	17.697	5952
LINARES	19.918	5593
SANDONÁ	19.618	5105
YACUANQUER	8.116	4180
CHACHAGÚI	1.220	1290
NARIÑO	280	335
TANGUA	7.542	3082
PASTO	68.558	7590
Total	188.262	73.880

De los 33 tipos de cultivos, se identificaron 14 especies vegetales comestibles de cultivo permanente de importancia productiva y económica, que en el año 2007 alcanzaron una producción de más de 100.000 toneladas de alimentos, en los que participaron más de 54.000 productores. Del total producido de estos alimentos fueron comercializados entre un 80% y 90%. (Ver tabla siguiente).

Tabla 4. Cultivos permanentes¹

TIPO DE CULTIVO	MUNICIPIO	Producción obtenida entre ene - dic. 2007 (Ton)	Porcentaje de comercialización de la producción obtenida (%)	Número de productores en el municipio
Caña panelera	Ancuya	11200	19	18531
	Consacá	6384	90	8954
	El Tambo	4240	90	4000
	La Florida	1280	95	1704
	Linares	14040	99	2100
	Sandoná	16200	94	1300
Tomate de árbol	Ancuya	120	99,5	67
	El Tambo	480	90	190
	La Florida	65	70	54
	Sandoná	60	100	15
	Yacuanquer	60	99	20
Uchuva	Yacuanquer	60	99	
Piña	La Florida	3792	80	270
Café	Ancuya	288	99	560
	Chachagüí	417	90	400
	Consacá	1637	85	1500
	El Tambo	401	70	505
	La Florida	1231	85	1273
	Linares	768	100	1330
	Nariño	14,3	100	60
	Sandoná	1592	97	1470
	Tangua	18	95	15
	Yacuanquer	125	98	150
Cítricos	Chachagüí	185	90	120
	Consacá	120	20	29
Cebolla junca	Pasto	6489	90	
Fique	Chachagüí	529,92	100	500
	El Tambo	1602	90	1120
	La Florida	1113	99	450
	Nariño	76,5	100	
	Pasto	574	80	500
Chirimoya	Yacuanquer	50	99	70
Granadilla	El Tambo	40	90	24
Iraca	Linares	245	100	170
Lulo	Ancuya	186	100	55
	Consacá	60	90	13
	El Tambo	320	90	210
	La Florida	99	70	60
	Linares	132	100	15
	Yacuanquer	105	99,5	40
Mora	El Tambo	35	95	28
	Pasto	972	95	
	Yacuanquer	31,5	99	20
Plátano cafetero	Ancuya	1200	20	500
	Consacá	6548	90	1500
	El Tambo	2450	30	380
	La Florida	9506	80	935
	Linares	2250	100	1150
	Sandoná	1250	80	1750

¹ Elaborado a partir del consolidado agropecuario del departamento de Nariño 2007, elaborado por la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño y la Corporación Colombia Internacional

Los municipios que presentan mayor producción de cultivos permanentes son Sandoná, Linares y La Florida, seguidos por Consacá, Ancuya, Chachagüí, El Tambo y Pasto. Los de menor producción fueron Yacuanquer, Nariño y Tangua. Los municipios de Ancuya y Consacá son los que registran una mayor cantidad de productores. En la tabla y figura siguientes se presenta la comparación de producción total de cultivos permanente por municipio.

Tabla 5. Producción total de cultivos permanentes a nivel municipal

Municipio	Producción (Ton)	Productores
ANCUYA	12.994	19.713
CONSACÁ	14.749	11.996
EL TAMBO	9.568	6.457
LA FLORIDA	17.086	4.746
LINARES	17.435	4.765
SANDONÁ	19.102	4.535
YACUANQUER	432	300
CHACHAGÜÍ	1.132	1.020
NARIÑO	91	60
TANGUA	18	15
PASTO	8.035	500

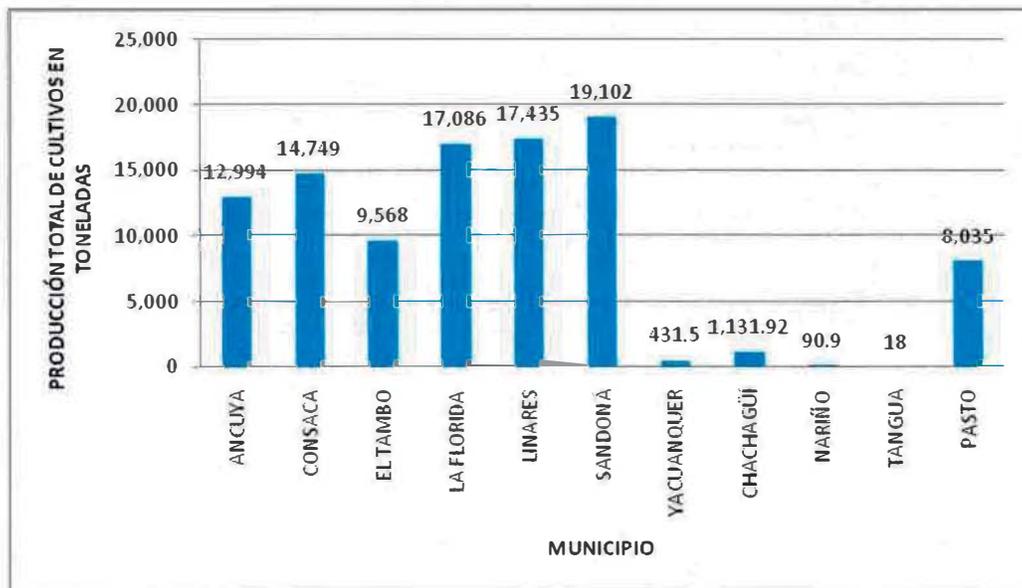


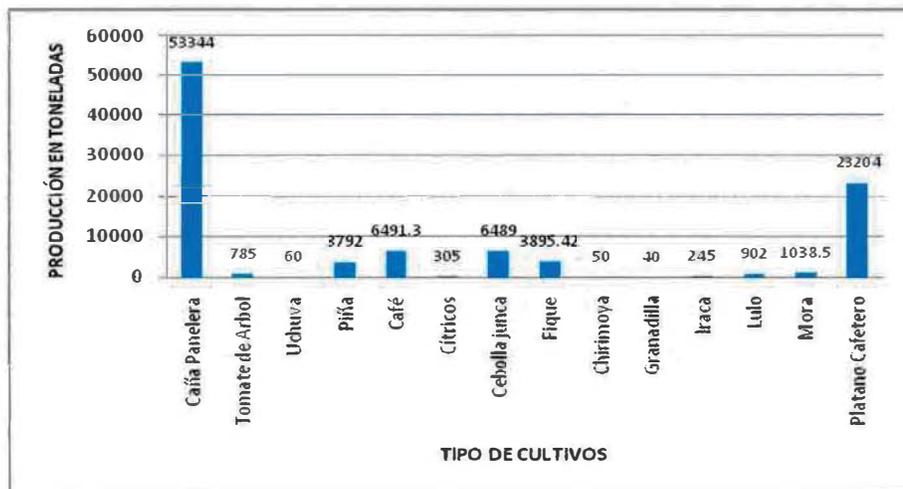
Figura 1. Producción de cultivos permanentes por municipio

En cuanto al tipo de cultivo permanente de mayor producción la caña panelera ocupa el primer lugar, seguida por el plátano cafetero, el café y la cebolla junca. La caña panelera también es el cultivo en el que interviene mayor número de productores, seguida por el café y el plátano cafetero. En las siguientes tabla y figura se presenta la comparación de producción total por tipo de cultivo.

Tabla 6. Producción total por tipo de cultivos permanentes

TIPO DE CULTIVO	Producción (Ton)	Productores
Caña Panelera	53.344	36.589
Tomate de Árbol	785	346
Uchuva	60	Sin dato
Piña	3.792	270
Café	6.491	7.263
Cítricos	305	149
Cebolla junca	6.489	Sin dato
Fique	3.895	2.570
Chirimoya	50	70
Granadilla	40	24
Iraca	245	170
Lulo	902	393
Mora	1.039	48
Plátano Cafetero	23.204	6.215

Figura 2. Producción por tipo de cultivos permanentes



Se identificaron 20 especies vegetales comestibles de cultivos transitorios de importancia económica y productiva con diversidad de variedades, que en el último semestre del año 2007 alcanzaron una producción de más de 82.000 toneladas de alimentos, en los que participaron más de 15.400 productores. (Ver tabla siguiente).

Tabla 7. Cultivos transitorios²

TIPO DE CULTIVO	MUNICIPIO	Producción (Ton)	Variedad predominante	Productores
Brócoli	Pasto	208	Legacy	100
Cebada	Tangua	500	Yanala	160
Arveja	Tangua	200	Santa Isabel	143
	Yacuanquer	82	Santa Isabel	80
	Nariño	9,41	Pique negra	8
Cebolla cabezona	Yacuanquer	96	Híbrida	30
	Nariño	15	Común	15
Coliflor solo	Pasto	2240	Snow ball	170
	Nariño	3,61	Común	4
Frijol arbustivo solo	Chachagüí	28	Lima	70
	La Florida	54	Calima	90
	Linares	480	Lima	240
	Nariño	5,6	Calima	20
	Sandoná	9,6	Lima	30
	Tangua	105	Lima	85
	Yacuanquer	308	Lima	550
Frijol arbustivo	Ancuya	276	Seco	200
	El Tambo	300	Seco	345
	La Florida	24	Seco	360
Maíz semestral solo	Ancuya	495	DK888	133
	Chachagüí	60	ICA305	200
	Consacá	210	Regional	35
	La Florida	110	ICA305	380
	Linares	1500	ICA305	280
	Sandoná	22,5	Amarillo	170
	Yacuanquer	588	Amarillo	700
Maíz semestral asociado	Ancuya	257,4	Regional	163
	Consacá	75		
	El Tambo	360	Regional	345
	La Florida	45	Ica V305	51
	Sandoná	54	Amarillo	200
Maní	Linares	90	Rojo	180
Papa	Nariño	48	Capira	3
	Pasto	45000	Capira	4800
	Tangua	6090	Parda	2300
Remolacha	Yacuanquer	3780	Roja	400
	Pasto	2160	Bola verde	350
Tomate de mesa	Ancuya	1330	Trópico	53
	Sandoná	96	Santa Clara	16
	Yacuanquer	60	Chonto	20
Tomate de mesa invernadero	Consacá	2640	Chonto	70
	Linares	12	v Sofía	8
	Sandoná	220	Híbrido	4
	Ancuya	144	Regional	80
Trigo	Pasto	945	Sureño	150
	Tangua	440	Ica Yacuanquer	140
	Yacuanquer	2500	Ica Sureño	1500
	Tangua	40	Rojo	16
Ulluco	Nariño	1,5	Verde	2
Zanahoria	Pasto	8100	Chantenay	20
Cilantro	Nariño	0,091	Común	1
Haba	Nariño	1,5	Alpargata	3
Repollo	Nariño	2,0	Corazón de Buey	16

² Op.Cit

Los municipios que tienen mayor producción de cultivos transitorios son Pasto, Yacuanquer y Tangua seguidos por Consacá, Ancuya y Linares. Los de menor producción fueron El Tambo, Sandoná, La Florida, Nariño y Chachagüí. Los Municipios Pasto, Yacuanquer, Tangua y Consacá son los que presentan una mayor cantidad de productores. En la siguiente tabla y figura se presenta la comparación de producción total de cultivos transitorios por municipio.

Tabla 8. Producción total de cultivos transitorios a nivel municipal

Municipio	Producción (Ton)	Productores
PASTO	58653	5590
TANGUA	7375	2844
YACUANQUER	7414	3280
CHACHAGÜÍ	88	270
LA FLORIDA	233	881
LINARES	2083	708
NARIÑO	87	72
SANDONÁ	402	420
ANCUYA	2502	629
EL TAMBO	660	690
CONSACÁ	2925	105

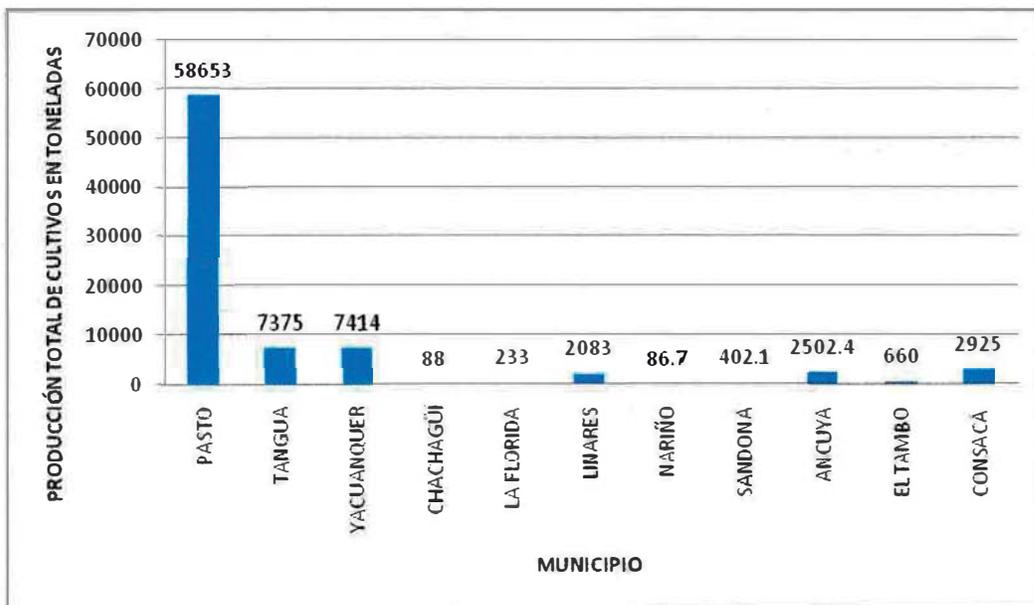


Figura 3. Producción de cultivos transitorios en municipios por toneladas

En cuanto al cultivo transitorio de mayor producción, la papa que ocupa el primer lugar, seguida por la zanahoria y el trigo. La coliflor, el maíz y el tomate ocupan un tercer lugar de producción. El cultivo en el cual interviene mayor número de productores es la papa, seguida por el trigo y el maíz. En las siguientes tabla y figura se presenta la comparación de producción total por tipo de cultivo.

Tabla 9. Producción total por tipo de cultivos transitorios

TIPO DE CULTIVO	Producción (Ton)	Productores
Brócoli	208	100
Cebada	500	160
Arveja	291	231
Cebolla cabezona	111	45
Coliflor solo	2244	174
Frijol arbustivo solo	990	1085
Frijol arbustivo	600	905
Maíz semestral solo	2986	1898
Maíz semestral asociado	791	759
Maní	90	180
Papa	54.918	7503
Remolacha	2.160	350
Tomate de mesa	1.486	89
Tomate mesa invernadero	2.872	82
Trigo	4.029	1870
Ulluco	42	18
Zanahoria	8.100	20
Cilantro	0,091	1
Haba	1,5	3
Repollo	2	16

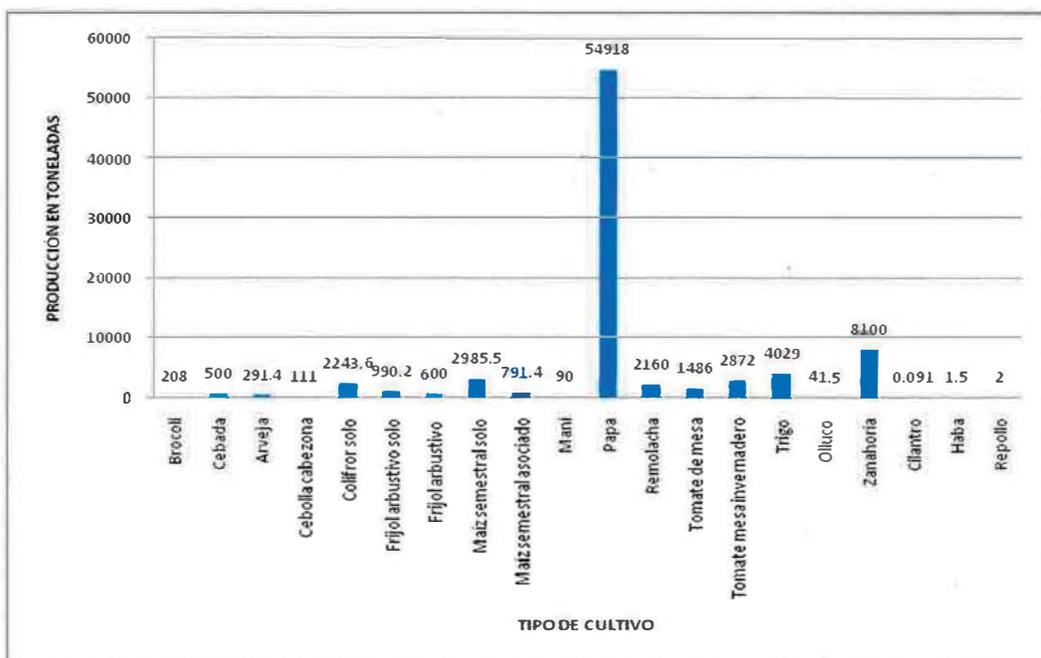


Figura 4. Producción de cultivos transitorios por toneladas

Por último se identificaron 4 especies vegetales comestibles anuales de importancia económica y productiva, las cuales en el año 2007 alcanzaron una producción de más de 5.100 toneladas de alimentos, en los que participaron unos 4.200 productores. Ver tabla siguiente.

Tabla 10. Cultivos anuales³

TIPO DE CULTIVO	MUNICIPIO	Producción (Ton)	Número de productores
Yuca	Ancuya	90	24
	La Florida	94	75
	Linares	400	120
	Sandoná	84	30
Fríjol voluble	El Tambo	195	270
	La Florida	24	Sin dato
	Pasto	120	Sin dato
	Sandoná	30	40
Maiz anual	Ancuya	702	390
	El Tambo	558	410
	La Florida	260	250
	Nariño	102	203
	Pasto	1.750	1.500
	Tanqua	149	223
	Yacuanquer	270	600
Arracacha	Ancuya	370	69

³ Op.Cit

Los municipios que registran mayor producción de cultivos anuales son Pasto y Ancuya, seguidos por El Tambo, Linares y La Florida. Los de menor producción fueron Yacuanquer, Tangua, Nariño y Sandóna. Pasto y Yacuanquer son los que cuentan con una mayor cantidad de productores. En las siguientes tabla y figura se presenta la comparación de producción total de cultivos anuales por municipio.

Tabla 11. Producción total de cultivos anuales a nivel municipal

Municipio	Producción (Ton)	Número de productores
ANCUYA	1.162	483
LA FLORIDA	378	325
LINARES	400	120
SANDONA	114	150
EL TAMBO	753	680
PASTO	1.870	1.500
NARIÑO	102	203
TANGUA	149	223
YACUANQUER	270	600

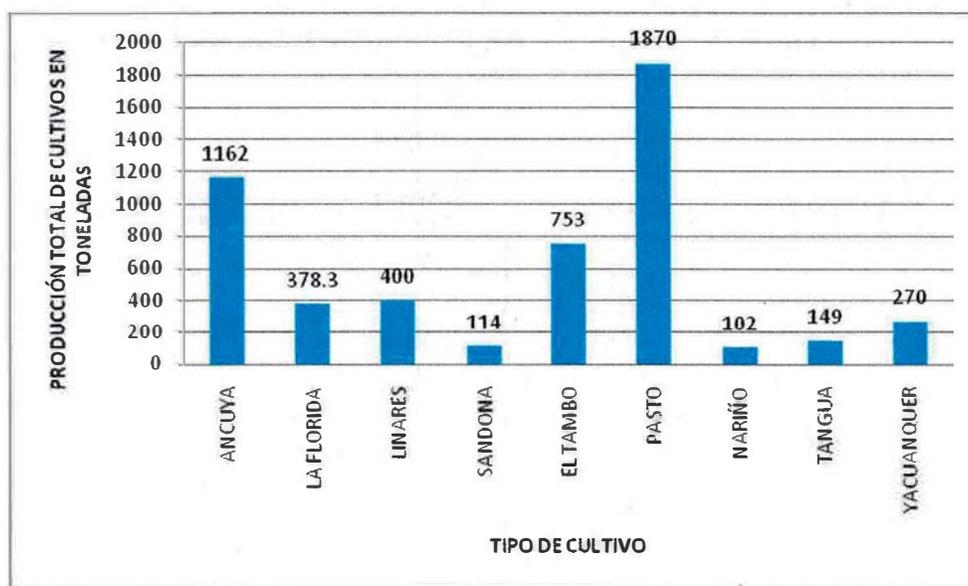


Figura 5. Producción de cultivos anuales en municipios por toneladas

El tipo de cultivo anual de mayor producción es el maíz que ocupa el primer renglón, seguido por la Yuca. El frijol y la arracacha ocupan un tercer renglón de producción. De otro lado el cultivo en el cual interviene mayor número de productores es el maíz. En la tabla 12 y figura 6 se presenta la comparación de producción total por tipo de cultivo.

Tabla 12. Producción total por tipo de cultivos anuales

TIPO DE CULTIVO	Producción (Ton)	Número de productores
Yuca	668	249
Frijol voluble	369	310
Maíz Anual	3.791	3.576
Arracacha	370	69

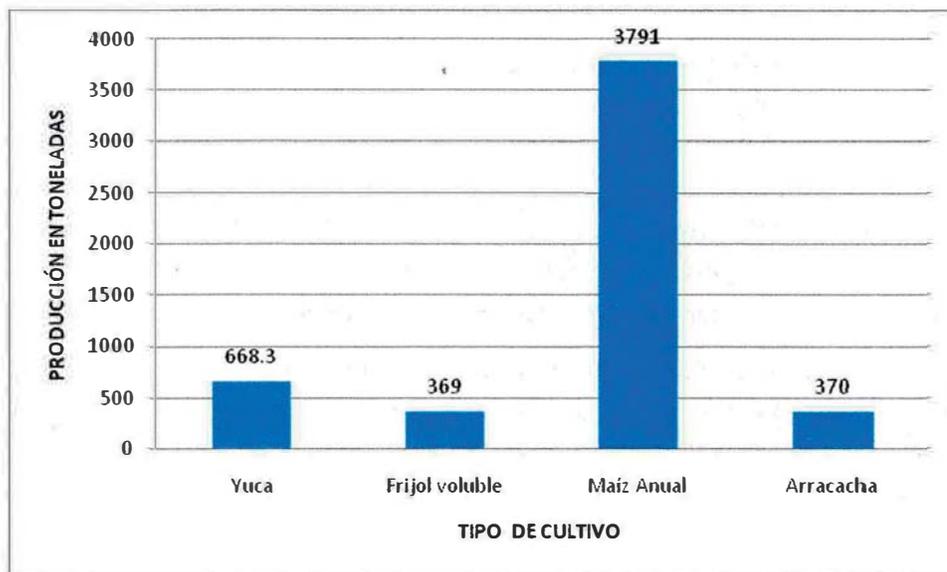


Figura 6. Producción de cultivos anuales por toneladas

5.11.2.2 Vulnerabilidad física del sector agrícola

La vulnerabilidad física del sector agrícola se estimó teniendo en cuenta, en primera instancia, la susceptibilidad de los cultivos existentes para retener ceniza a partir del análisis de 5 características morfológicas de las hojas. A mayor capacidad de retención de ceniza, mayor vulnerabilidad del cultivo a ser afectado. En segunda instancia se tuvo en cuenta la cantidad de producción expuesta por municipio.

Además se identificaron las áreas en la zona de estudio que presentan mayor exposición por caída y acumulación de ceniza a partir del cruce del modelo de acumulación de ceniza y el modelo de precipitación, para generar un mapa de exposición que permitiría a los municipios determinar los impactos directos sobre los cultivos para la erupción máxima probable, así como el nivel de daños asociados a los fenómenos volcánicos,

mediante la localización de las áreas prediales en donde se desarrolla la producción agrícola.

Vulnerabilidad física de cultivos en el área de estudio

Miller & Lee (1966) en Ingeominas (2002), indican que la retención de ceniza sobre el follaje está en función de:

1. Área de la superficie de la hoja
2. Densidad del follaje por unidad de área de la fase de crecimiento
3. Forma, tamaño y orientación de la hoja
4. Característica de la superficie de la hoja, tales como la aspereza, presencia de fibras y aceite
5. Tamaño y volumen de las partículas de ceniza
6. Velocidad del viento y humedad relativa si está sobre el 90%

La contaminación del follaje depende directamente de factores determinantes como la velocidad del viento, la humedad constante y el grado de exposición. Debe tenerse en cuenta que las coladas de lava, los flujos piroclásticos, los flujos de lodo y nubes acompañantes generan una destrucción total de las formaciones vegetales.

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad de los cultivos está asociada a diversos aspectos estructurales de las plantas (como los mencionados anteriormente), para estimar la vulnerabilidad de los cultivos de la zona de estudio se estimó el grado de favorabilidad o desfavorabilidad que presentan éstos para retener ceniza volcánica en sus hojas, teniendo en cuenta 5 criterios morfológicos de las estructuras de las plantas, que son:

- 1) Superficie de las hojas
- 2) Densidad del follaje
- 3) Tamaño de las hojas
- 4) Forma de las hojas
- 5) posición de las hojas

A la condición favorable se le asignó una calificación de cero (0) y a la condición desfavorable una calificación de uno (1). En la tabla siguiente se presentan los criterios de calificación.

Tabla 13. Criterios de calificación de susceptibilidad de cultivos a retener ceniza

Características	Tipo	Condición	Calificación
Superficie de la hoja	Lisa	Favorable	0
	Aceitosa o rugosa	Desfavorable	1
Tamaño de la hoja	Pequeña	Favorable	0
	Mediana ó grande	Desfavorable	1
Densidad del follaje	Simple	Favorable	0
	Compuesta ó trifolia	Desfavorable	1
Forma de la hoja	Lineal, lanceolada, acintada	Favorable	0
	Ovalada, reniforme, orbicular, elíptica, rosetal	Desfavorable	1
Posición de las hojas	Angulo mayor a 60 grados	Favorable	0
	Angulo menor a 60 grados	Desfavorable	1

Cada cultivo es calificado teniendo en cuenta los criterios presentados en la tabla anterior. La sumatoria final de estas cinco calificaciones define la susceptibilidad de los cultivos a retener ceniza volcánica de la siguiente manera:

1. Si la calificación final es igual a 1 y 2, la vulnerabilidad física es baja.
2. Si la calificación es de 3, la vulnerabilidad física es moderada.
3. Si la calificación está entre 4 y 5 vulnerabilidad física es alta.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de las calificaciones para cada uno de los 34 cultivos principales identificados en la zona de estudio.

Tabla 14. Susceptibilidad de cultivos a retener ceniza

Cultivo	Calificación por criterios					Calificación Total	Nivel de susceptibilidad
	Superficie	Tamaño	Densidad de follaje	Forma	Posición		
FRÍJOL	1	1	1	1	1	5	ALTA
TOMATE	1	1	1	1	1	5	ALTA
YUCA	0	1	1	1	1	4	ALTA
CAFÉ	1	1	0	1	1	4	ALTA
PLÁTANO CAFETERO	1	1	0	1	1	4	ALTA
TOMATE DE ARBOL	0	1	1	1	1	4	ALTA
LULO	1	1	1	1	1	5	ALTA
ARVEJA	1	0	1	1	1	4	ALTA
HABA	1	0	1	1	1	4	ALTA
CILANTRO	1	0	1	1	1	4	ALTA
REPOLLO	0	1	1	1	1	4	ALTA
COLIFLOR	0	1	1	1	1	4	ALTA
GRANADILLA	0	1	1	1	1	4	ALTA
MORA	1	0	1	1	1	4	ALTA
IRACA	0	1	1	1	1	4	ALTA
BROCOLI	0	1	1	1	1	4	ALTA
ZANAHORIA	1	1	1	1	0	4	ALTA
UCHUVA	1	1	1	1	1	5	ALTA
CHIRIMOYA	1	1	1	1	0	4	ALTA
PAPA	1	1	1	1	1	5	ALTA
FIQUE	0	1	1	0	0	2	BAJA
ULLUCO	0	1	0	1	1	3	MODERADA
CEBOLLA CABEZONA	0	1	0	0	1	2	BAJA
CEBOLLA JUNCA	0	1	1	0	0	2	BAJA
PIÑA	0	1	1	0	1	2	MODERADA
MAÍZ	1	1	1	0	0	3	MODERADA
TRIGO	1	1	1	0	0	3	MODERADA
ARRACACHA	0	0	1	1	1	3	MODERADA
CAÑA PANELERA	1	1	1	0	0	3	MODERADA
CÍTRICOS	0	1	0	1	1	3	MODERADA
REMOLACHA	0	1	0	1	1	3	MODERADA
YUCA	0	1	1	0	1	3	MODERADA
MANÍ	0	0	1	1	1	3	MODERADA
CEBADA	1	1	1	0	0	3	MODERADA

De los 34 cultivos principales evaluados, 20 de ellos, es decir el 59%, presenta una susceptibilidad alta a retener ceniza, por la superficie de la hoja (aceitosa o rugosa), su tamaño (grande o mediana), la densidad de follaje (hoja compuesta), la forma (ovalada

u orbicular) y la posición de las hojas (menor a 60 grados). Estos son: fríjol, tomate, yuca, plátano cafetero, café, tomate de árbol, lulo, arveja, haba, cilantro, repollo, granadilla, coliflor, mora, iraca, brócoli, zanahoria, uchuva, chirimoya y papa. Por su parte, 11 cultivos, es decir el 32%, tienen una susceptibilidad moderada a retener ceniza, por las mismas condiciones antes citadas. Éstos son: maíz, trigo, cítricos, arracacha, caña panelera, remolacha, yuca, maní, cebada, piña y ulluco. Por último, 3, es decir el 9%, tienen una susceptibilidad baja a retener ceniza: el fique, la cebolla cabezona y la cebolla junca.

Los resultados anteriores se corroboran si se comparan con los datos obtenidos en las encuestas de observación de daños de agricultores de la región realizadas por Ingeominas en el 2002 para el estudio de la vulnerabilidad agrícola. En dicho estudio se encontró que el fríjol es el cultivo que sufrió más daño ante caída de ceniza, debido a que el área foliar de este cultivo es grande y puede retener mayor cantidad de ceniza, igual que las hortalizas de hoja ancha (lechuga, coliflor y repollo); el maíz y la papa sufrieron el mismo daño, por su forma arquitectónica y sus constitución frágil (Ingeominas, 2002). A continuación se incluye un extracto la descripción de daños realizada por Ingeominas en 2002, a partir de reportes de campesinos encuestados:

“De acuerdo a (sic) testimonios de campesinos las zonas que resultaron más afectadas por las recientes erupciones del volcán Galeras fueron: las áreas cercanas al cañón del río Cariaco, la planicie de Bombona-Consacá, las veredas de Casapamba, Paltapamba y Alto Tinajillas, lo mismo que la parte alta del municipio de Sandoná veredas de Santa Rosa, Santa Barbará, y Alto Jiménez.

Los efectos se manifestaron de la siguiente manera:

- *La mayoría de cultivos transitorios e incluso el maíz anual (poco desarrollado) se "quemaron" y se perdieron por completo.*
- *Buena parte de los pastos se "quemaron" y posteriormente hubo muchas dificultades para alimentar al ganado.*
- *Algunas aves de corral, marranos y reses murieron mientras que su gran mayoría enfermaron, representado una pérdida económica, debido a la necesidad de suministrar droga y atención veterinaria.*
- *Aunque las plantaciones de café no murieron, la cosecha fue deficiente debido a la ceniza la cual quemó las flores y los frutos tiernos. La caña resistió a pesar de que la cosecha también se vio disminuida.*
- *Las aguas se contaminaron peligrosamente.*
- *La salud de los seres humanos se afectó debido a los efectos nocivos de los gases tóxicos emanados y a la contaminación del agua. Los niños se enfermaron y hubo problemas de tipo respiratorios.*
- *Hacia las partes bajas los cultivos más afectados fueron los que recientemente se habían sembrado.*
- *En otras zonas de los municipios de Sandoná y Consacá los efectos de la erupción fueron menores posiblemente debido a factores como su localización geográfica, barreras protectoras ocasionadas por el relieve, la dirección de los vientos, y el tamaño de las partículas que se dispersaron en el aire.*

En las zonas que no sufrieron afectación marcada, los efectos de la erupción fueron similares a los reportados en zonas de otros municipios como Yacuanquer, La Florida o Chachagüi; las pérdidas fueron parciales en los cultivos, esporádica muerte o enfermedad de animales y muy pocas molestias en la salud humana. Cabe anotar que existen manifestaciones positivas de los campesinos acerca de la ceniza como el de servir de abono al suelo”.⁴

Campeños que viven en cercanía del volcán Tungurahua, específicamente en el Cantón de Quero, también corroboran que la papa es muy susceptible a dañarse por ceniza volcánica, al informar que perdieron más del 80 % de este cultivo en una erupción en el año 2007. Los campesinos explican que la ceniza volcánica se pega a la hoja y que la lluvia agrava el daño por el aumento de peso sobre la planta, generando la pérdida de la misma. Debido a lo anterior los agricultores de esta zona han cambiado sus prácticas agrícolas, sembrando cebolla blanca “porque su hoja larga y lisa la hace más resistente a la ceniza volcánica” según el Señor Manuel Guerrero, campesino de la zona y “Mejor si hay lluvia. Todo lo que bota el Tungurahua se lava con el agua que cae del cielo y nosotros ya no perdemos como cuando sembrábamos papa”⁵.

Por su parte, la Territorial Surandina de la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN, en el Plan de contingencia por actividad del volcán Galeras en el Santuario de Flora y Fauna Galeras – SFFG (2007), reporta también lo siguiente:

“En la erupción de 1981, en las zonas altas de Yacuanquer, las cenizas causaron defoliación parcial en los cultivos. En Bomboná y Consacá con la ceniza cayó arena fina, la cual causó defoliación a cultivos de maíz, frijol, yuca y plátano. La acumulación de ceniza sobre los cogollos causó daños severos en las yemas terminales, principalmente de caña y plátano. Los campesinos de esta área cosecharon la caña y la suministraron como forraje a los animales. En la yuca, se cortó con machete, esperando el rebrote para su posterior cosecha”.

Del estudio de Ingeominas también se confirma que los cultivos de café y plátano también pueden sufrir daños, debido a la facilidad de adherencia de la ceniza en las hojas de superficie aceitosa. De otro lado, la susceptibilidad de la yuca a dañarse, según la comunidad, se debe a la penetración de agua más ceniza en el suelo que negrea y daña el tubérculo. También cultivos como los cítricos son menos susceptibles a dañarse, ya que poseen hojas lisas y la ceniza puede resbalar más fácilmente sobre ellas. Lo mismo sucede con el fique, el trigo y la caña panelera, cuya posición de las hojas hace que la ceniza resbale más fácilmente. Por último, se determinó que 2 cm de ceniza caída en la zona de estudio son suficientes para afectar en gran medida cultivos como el frijol, la papa, el maíz, el repollo, la zanahoria, la coliflor y la lechuga, así como los pastos, tanto naturales como mejorados.

⁴ Tomado del estudio de vulnerabilidad agrícola del Ingeominas 2002.

⁵ Tomado del Diario el Universo, de diciembre 19 de 2007, por Wilson Pinto – Quero, “Tungurahua Los agricultores buscan alternativas de siembra para recuperar parte de la inversión” en <http://archivo.eluniverso.com/2007/12/19/0001/12/86F55A7B67E148BC96CA21E82E5721D8.aspx>

Los daños que podrían presentar las áreas de cultivos en la zona de estudio se deben al nivel de exposición de las mismas con respecto a las áreas de cobertura de la ocurrencia de los fenómenos volcánicos definidas en el mapa de amenazas de Ingeominas. En la siguiente tabla se presentan los posibles efectos directos que los fenómenos volcánicos pueden generar sobre los suelos y los cultivos.

Tabla 15. Efectos directos sobre los suelos y cultivos en el sector agrícola

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	EFFECTOS EN SUELOS Y CULTIVOS
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	Daños en la vegetación los cuales dependen del espesor de ceniza a la cual se vea sometida.
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas, incineración	Desgarre de la vegetación del suelo, incineración, incendio, contaminación del suelo, destrucción de la capa vegetal.
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Presiones laterales y onda de calor, incineración	Obstrucción, incineración, incendio, destrucción capa vegetal.
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Aplastamiento y rompimiento de ramas y hojas, incendios.
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Onda de calor y colisión de partículas, incineración	Incineración, destrucción de la capa vegetal.
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Enterramiento, destrucción de la capa vegetal.
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	SEVERO: fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanos al umbral de daño (desgarre de la vegetación del suelo y fracturamiento de tallos ó troncos). Los animales que se benefician de las especies vegetales pueden quedar privados.

Los daños por caída de ceniza volcánica (fenómeno de mayor recurrencia) dependen de la cantidad de ceniza que se pueda acumular en un área respectiva y el grado de retención de los cultivos. Sin embargo, la exposición de los mismos a la caída de ceniza puede disminuir cuando hay lluvias que lavan la ceniza que cae sobre el follaje, es decir, que a mayor precipitación, menor exposición de los cultivos. Para tener un estimativo del potencial de daño por ceniza volcánica en el área de estudio, se construyó un mapa de exposición a la afectación por ceniza volcánica para uso agrícola, que permite a los agricultores saber la cantidad de ceniza a que se vería expuesto un determinado cultivo, en una zona determinada, previa localización del predio sobre el mapa de exposición. Este mapa es el resultado del cruce de dos variables:

1. La precipitación, que define tres niveles: bajo, precipitación menor o igual a 1 200 mm/año; medio, precipitación de 1 200 a 2 000 mm/año, y alto, mayor de 2 000 hasta 3 000 mm/año.

2. El modelo de acumulación de ceniza volcánica elaborado por la Corporación OSSO.

En la figura siguiente los tonos azules oscuros representan niveles de ceniza de entre 1 y 2,5 cm, los tonos azul mariana a verde claro representan niveles de ceniza de entre 2,5 cm y 5 cm, los tonos naranjas a rojo claro representan niveles de ceniza de entre 5 cm y 20 cm, y los tonos rojos a marrón, representan niveles de ceniza de entre 20 cm y 30 cm:

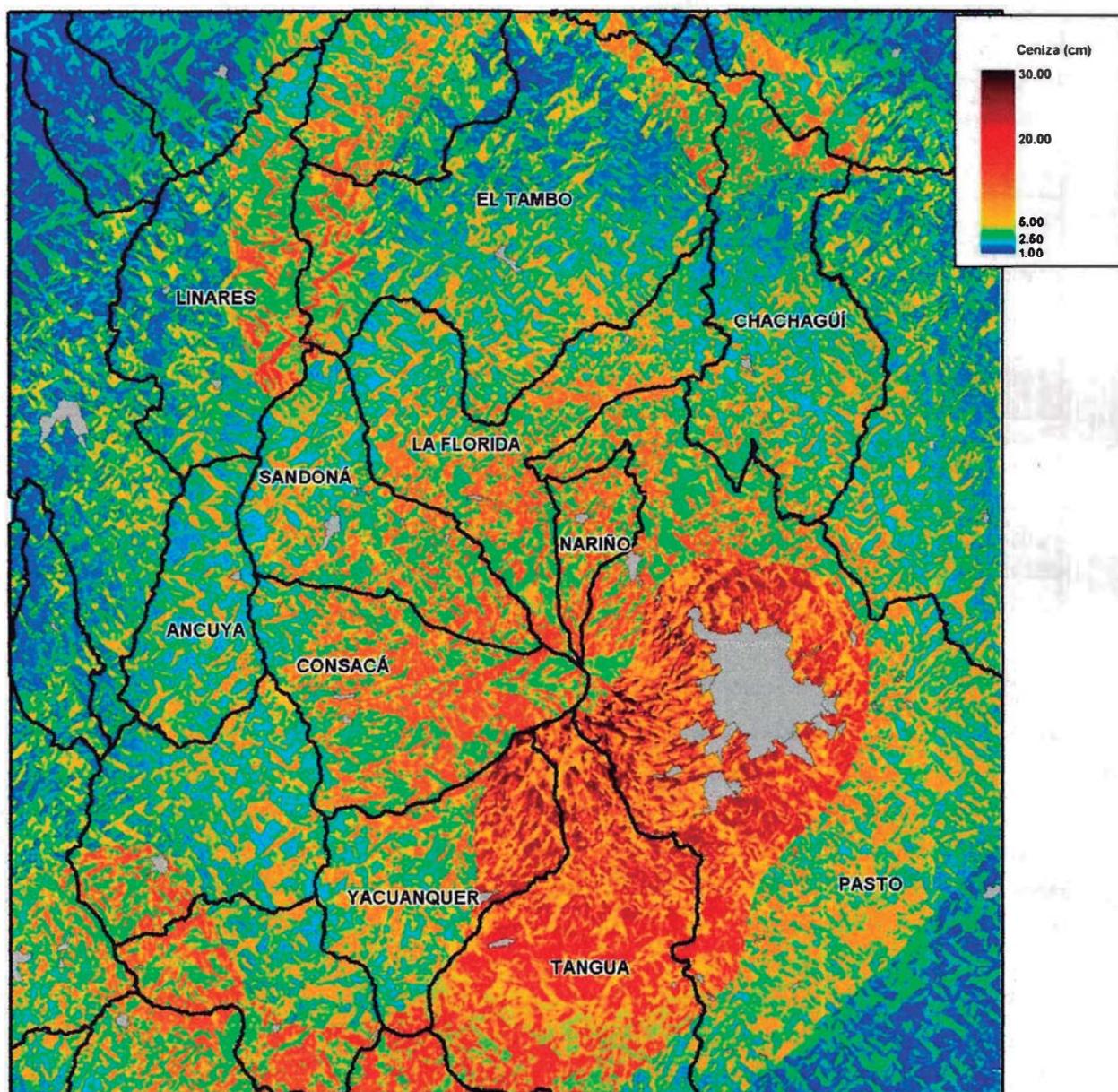


Figura 7. Exposición por caída de ceniza volcánica para propósitos agrícolas

A partir del modelo anterior se definieron 5 niveles de exposición de acuerdo con la cantidad de ceniza: Muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, que relacionan los daños que puede sufrir la vegetación expuesta. En la tabla siguiente se muestran los niveles establecidos.

Tabla 16. Nivel de exposición acumulación de ceniza volcánica⁶

Espesor de ceniza cm	Nivel de exposición	Daños que se pueden presentar en la agricultura
Mayor a 20	MUY ALTO	> a 2000mm toda la vegetación queda destruida. Con 1500mm la mayor parte de la vegetación muere y 1000mm la vegetación es parcialmente recuperable Con 200mm arrozales destruidos
Entre 5 y 20	ALTO	Con 150mm cafetales destruidos y con 100 palmas y ramas rotas por el peso de la ceniza
Entre 2.5 y 5	MODERADO	Con 50mm plataneras destruidas. Otros cultivos deben cosechase prematuramente; con 40mm 50 % de pérdidas en legumbres, 15 -30 % en trigo, verduras, cebada, heno, etc. Con 25mm daños en caña de azúcar, patatas etc.
Mayor a 1 y menor a 2.5	BAJO	20mm daños considerables en naranjas, mandarinas, moras y otros frutos y verduras. 30 % en legumbres. Con 15mm pérdida de pastos. Incluso si es afectada una vez recogido tampoco es utilizable; 10mm daños en manzanas, balas de algodón, plátanos, tabaco y verduras. 20 - 40 % de la cosecha dañada.
Menor a 1	MUY BAJO	< a 10mm daños menores en pastos, trigo y maíz

En la siguiente figura se representa la zona de usos agropecuarios delimitada a partir de de la zonificación de usos de suelo realizada por la Corporación OSSO mediante la interpretación de dos imágenes Spot del año 2006 para la Zona 1, que estaría expuesta a los niveles de ceniza expresados en la tabla anterior.

⁶ Elaborada a partir de Blong 1984⁶ en Ortiz & Araña (200?).

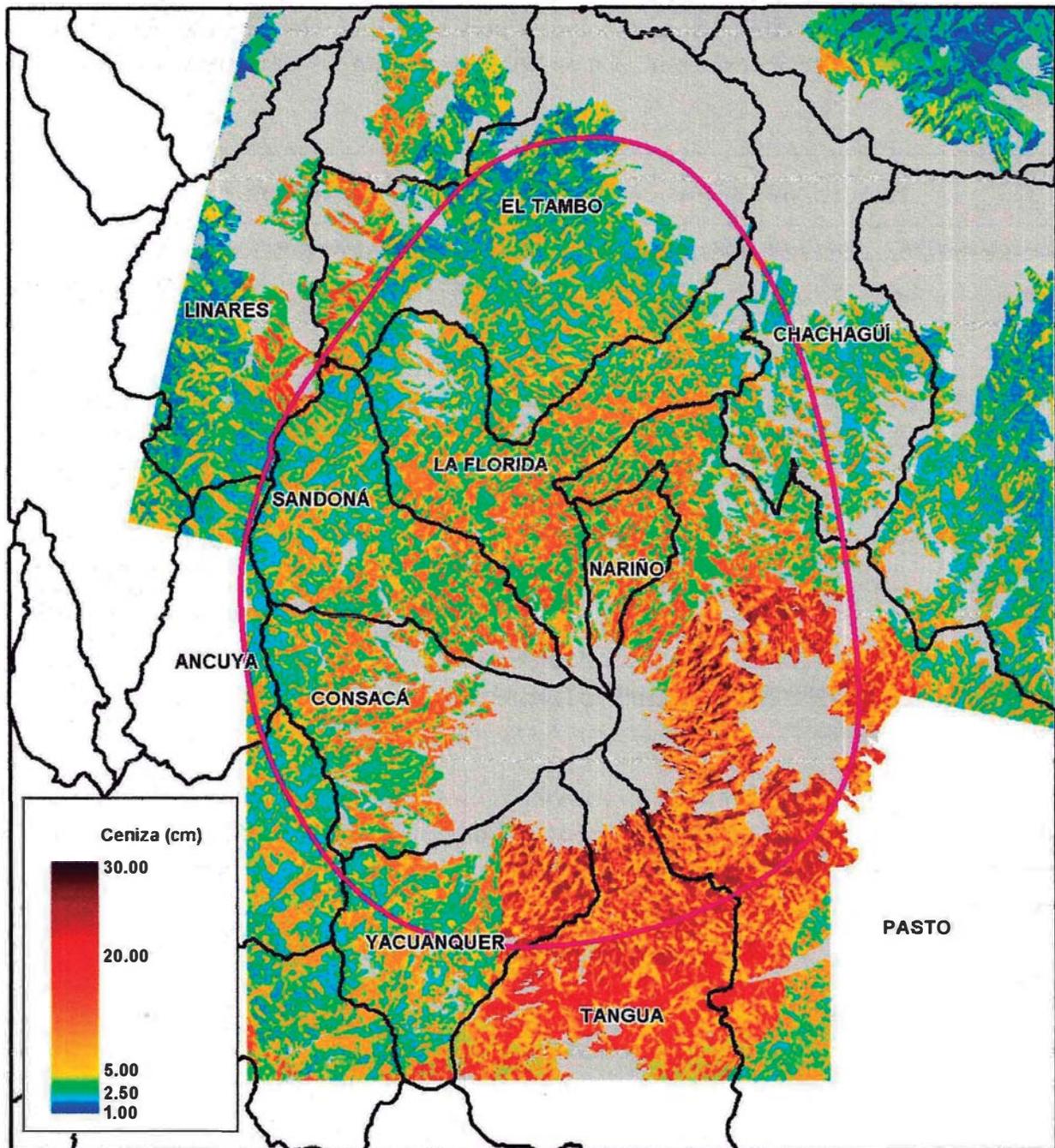


Figura 8. Niveles de exposición por ceniza en zonas agropecuarias Z1

Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo (Martínez, *et al.* 2001); zonas cubiertas con más de 20 cm de ceniza volcánica por la erupción del volcán Cerro Negro (Nicaragua) en diciembre de 1995, en septiembre de 1996 estaban ya completamente recuperadas.

Blong (1984) en Ingeominas (2002) indica que las caídas de ceniza, los flujos piroclásticos, los lahares (flujos de lodo), la lluvia ácida y los gases son agentes muy destructivos. Las temperaturas letales para los tejidos hidratados de las plantas se encuentran entre 50°C a 60°C, dependiendo de su tiempo de exposición. De otro lado, Ress (1970) en Ingeominas (2002), sugirió cuatro causas obvias para determinar la muerte de los cultivos y otra vegetación a causa de la ceniza de la siguiente manera:

1. Entierro completo de la planta.
2. Entierro parcial, restringiendo el acceso de oxígeno a la raíz.
3. Defoliación y ausencia prolongada de las hojas.
4. Ceniza que cubre la superficie del follaje, obstaculizando la apertura de los estomas y bloqueo de la luz solar, impidiendo que se realice la fotosíntesis.

Durante la erupción del monte Santa Helena, se encontró que la ceniza caída en hojas de manzanos redujo la fotosíntesis hasta en un 90%. Duraznos y frambuesas no se pudieron limpiar de ceniza y así una importante parte de la cosecha no fue comercializable. Arándanos casi maduros fueron dañados por las sales en ceniza húmeda. La ceniza cubría las hojas de plantas de fresa y comprimieron las frutas contra el suelo, donde las condiciones para infección y descomposición son ideales. En muchos casos, aunque que la ceniza no causó enfermedades, si contribuyó a crear un ambiente propicio para ellas.

Una capa de ceniza sobre el suelo disminuye la permeabilidad al aire, agua y vapor de agua. La ceniza también puede tener un efecto abrasivo en maquinaria agrícola. La supervivencia de las plantas puede ser amenazada por el peso de la ceniza en las hojas.⁷ Por ejemplo, plantas como la arveja y la alfalfa tienen tallos y hojas delicadas que pueden ser fácilmente lastimadas por el peso de la ceniza. Aparte de daño a tallos y hojas, la ceniza también puede lastimar la fruta.

Las plagas no son tan susceptibles a la ceniza como sus predadores y en consecuencia después de una erupción puede haber aumento de plagas. Además, la ceniza suspendida en la atmósfera puede causar reducción de temperatura y así afectar la horticultura. Algunas cosechas pueden quedar pasmadas o perderse por completo: como resultado de polvo volcánico en la atmósfera después de la erupción del Pinatubo en 1991, las temperaturas en Nueva Zelanda se redujeron entre 1 y 2 grados. Este enfriamiento retardó el crecimiento de las plantas y la productividad declinó. Si ocurriera una erupción, podrían presentarse incendios forestales mayores debido a la ignición por flujos piroclásticos o caídas piroclásticas calientes. Si la ceniza es suficientemente espesa, puede quebrar las ramas de los árboles y enterrarlos. Tratar de mitigar problemas como incendios forestales será tanto más difícil si la infraestructura también quedó dañada o afectada por la erupción.

⁷ Munro, Adam y Parkin, David. "Volcanic Risk Mitigation Plan". Environment Waikato - Regional Council 1999.

Para obtener un modelo de niveles de daño en las áreas agropecuarias ocasionados por los diferentes fenómenos volcánicos, se realizó una integración del modelo de exposición a ceniza con los demás modelos del mapa de amenaza del Ingeominas. El modelo resultante muestra la exposición de las áreas agropecuarias a los fenómenos caída piroclástica (CP), flujos piroclásticos (FP), flujos de lodo (FL), nube acompañante (NA), onda de choque (OCH), y proyectiles balísticos (PB) de dicho mapa. El área total estimada suma más de 1 700 km. En la tabla siguiente se presentan los criterios de la definición de los daños y en la figura subsiguiente la distribución de los daños potenciales en áreas agropecuarias.

Tabla 17. Niveles de daño por fenómenos volcánicos en la vegetación

Efecto	Nivel de daño	Impacto en plantas y suelos
<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de ceniza delgado (espesor menor a 1 cm) 	LEVE	<ul style="list-style-type: none"> No hay enterramiento ni fracturas en vegetación La Ceniza se incorpora mecánicamente al suelo en un año Doseles se recuperan en semanas
<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de ceniza moderada (espesor entre 1 cm mm a 5 cm) 	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> Micrófitos enterrados pueden sobrevivir y recuperarse Pastos más altos pueden lastimarse pero sobreviven Capa de ceniza permanece +/- intacta sobre el suelo después de un año Suelo subyacente continua viable, con suficiente humedad y oxígeno para seguir actuando como capa vegetal Doseles se recuperan en la siguiente temporada de crecimiento Cubre y elimina completamente micrófitos Musgos pequeños y plantas anuales solo surgirán de nuevo en el ecosistema local después de recolonización Todas las plantas no leñosas son fracturadas y enterradas Algunos micrófitos de la cobertura vegetal no se recuperan
<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de ceniza espesa (espesor entre 5 cm a 20 cm) 	SEVERO	<ul style="list-style-type: none"> Todas las plantas no leñosas quedan enterradas Gran parte de la cobertura vegetal es eliminada por más de un año Enterramiento esteriliza el suelo, por aislamiento de oxígeno Suelo enterrado es revitalizado cuando plantas extienden raíces y materia orgánica en descomposición desde la superficie de la ceniza hasta la superficie de la capa vegetal y así ayudan a una integración entre la ceniza y el horizonte A. Generalmente sucede en plazo de 4-5 años. Recuperación del dosel vegetal demora varias décadas
<ul style="list-style-type: none"> Acumulación de ceniza Muy espesa (mayor a 20 cm). Flujos piroclásticos, nube acompañante, flujos de lodos, flujos de lava. 	PÉRDIDA TOTAL	<ul style="list-style-type: none"> Enterramiento del suelo es completo y no hay comunicación entre del suelo enterrado a la nueva superficie (ceniza) Formación de suelos tiene que empezar desde un nuevo 'tiempo cero' Varios siglos (o algunos milenios) pueden pasar antes de establecerse un nuevo suelo en equilibrio

Fuente: Elaborado a partir de *Impacts on plants and soil from increasing ash thickness (after Folsom, 1986, and Blong, 1984; in Neild et al., in prep.*

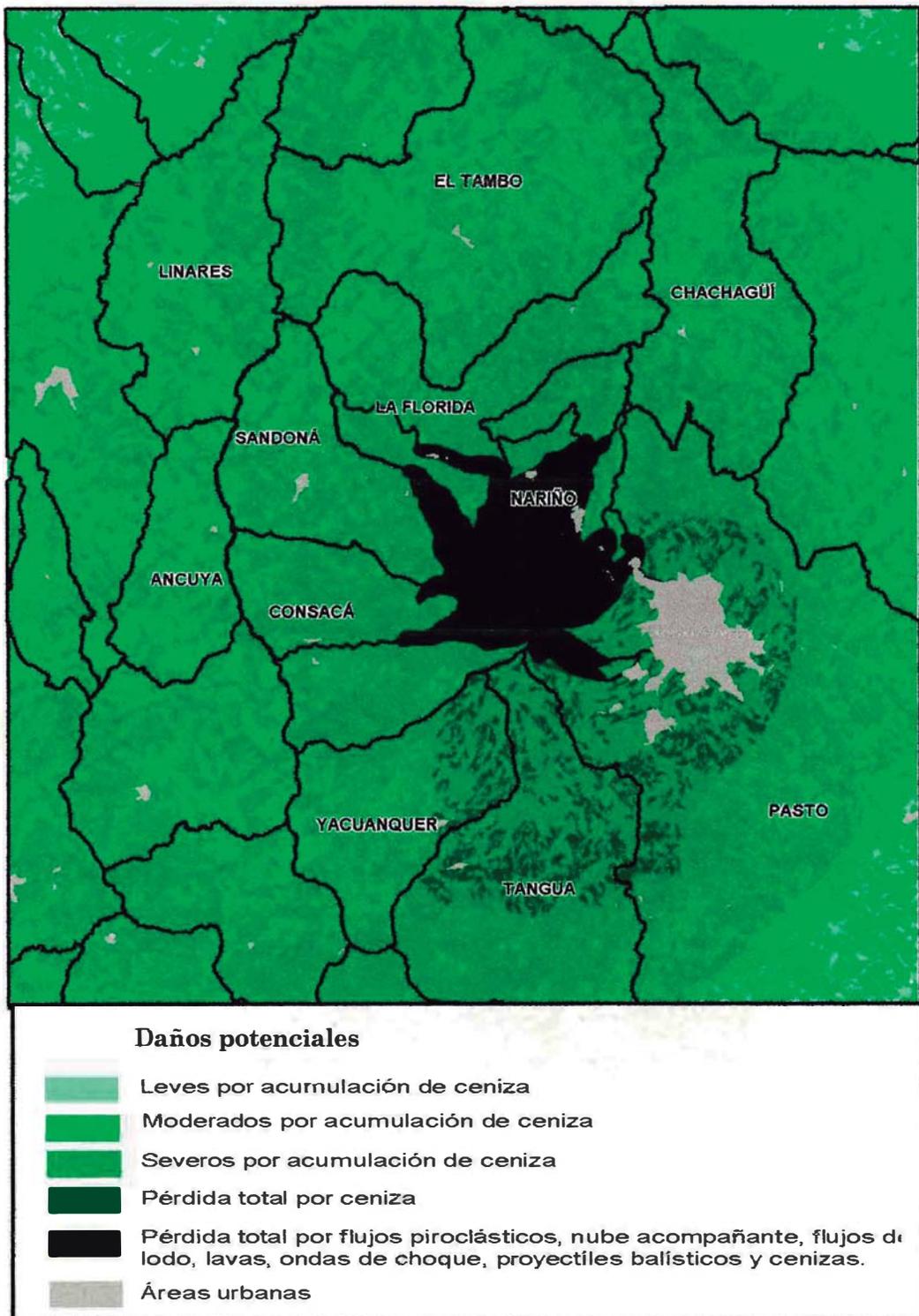


Figura 9. Niveles de daños potenciales por fenómenos volcánicos

En la siguiente figura se presentan los niveles de daño potencial asociados a los fenómenos volcánicos en las áreas agropecuarias para la Zona 1, que abarca la zona del óvalo del mapa de amenaza del Ingeominas.

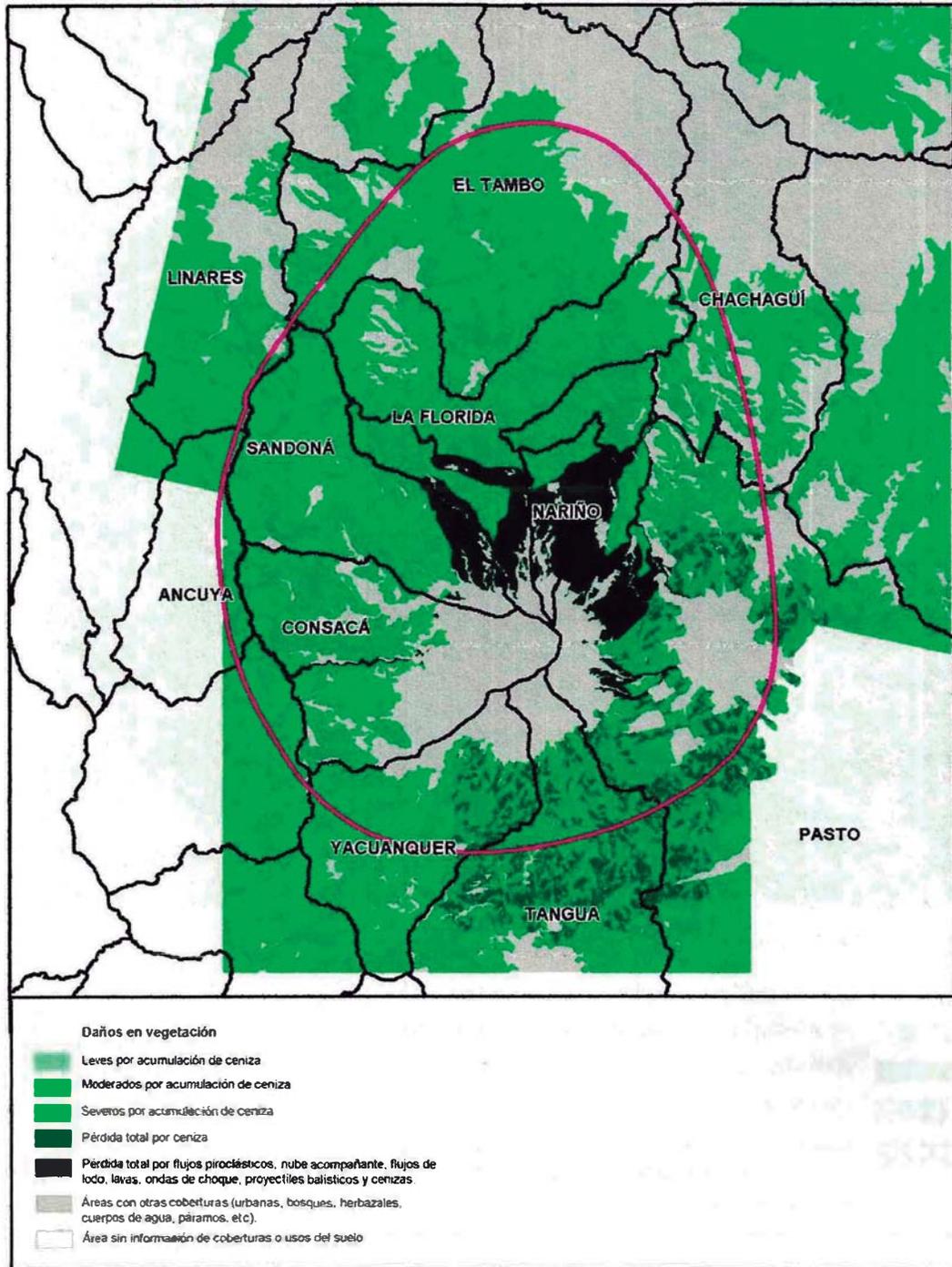


Figura 10. Niveles de daños potenciales en zonas agropecuarias Z1

Los modelos anteriores son analizados con respecto a las áreas municipales y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 18. Áreas y nivel de daños potenciales para propósitos agrícolas en cada municipio

Municipio	Leves por acumulación de ceniza (km ²)	Moderados por acumulación de ceniza (km ²)	Severos por acumulación de ceniza (km ²)	Pérdida total por acumulación de ceniza (km ²)	Pérdida total por FP, NA, FL, FLV, OCH, PB, CP (km ²)	Área Total Municipal (km ²)
Ancuya	0	51,13	15,95	0	1,34	68,42
Chachagüí	0	93,52	48,61	0	1,54	143,67
Consacá	0	31,33	71,35	0,22	17,72	120,62
El Tambo	0	161,83	84,04	0	0,2	246,07
La Florida	0	52,93	58,54	0	23,77	135,24
Linares	0	88,9	44,67	0	0,91	134,48
Nariño	0	1,54	5,26	0	18,85	25,65
Pasto	15,75	175,48	223,36	31,81	41,07	487,47
Sandoná	0	42,62	42,19	0	14,78	99,59
Tangua	0	20,83	115,09	24,75	0	160,67
Yacuanquer	0	31,6	60,51	8,39	0	100,5
Área Total por nivel de daño	15,75	751,71	769,57	65,17	120,18	1722,38

Con base en lo expresado arriba se presentan los resultados por municipio de la vulnerabilidad física de los cultivos predominantes en la zona de estudio y la cantidad de producción que podrían verse afectados por la erupción volcánica del Galeras.

Ancuya

Tabla 19. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Ancuya

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
ANCUYA	Caña panelera	MODERADA	11.200
	Tomate de árbol	ALTA	120
	Café	ALTA	288
	Lulo	ALTA	186
	Plátano cafetero	ALTA	1.200
	Frijol arbustivo	ALTA	276
	Maíz semestral solo	MODERADA	495
	Maíz semestral asociado	MODERADA	257,4
	Tomate de mesa	ALTA	1.330
	Trigo	MODERADA	144
	Yuca	ALTA	90
	Arracacha	MODERADA	370
	Maíz anual	MODERADA	702
		Total	

El 31.6% del área territorial del municipio de Ancuya es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 11 cultivos de importancia económica fue de 16 658 toneladas, en la que participaron 20 825 productores. Cerca del 74% del área municipal está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados. Un 23,3% del área del municipio está en áreas de exposición alta en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que puede generar daños severos. Los cultivos de tomate de árbol, café, lulo, plátano cafetero, frijol, maíz, tomate de mesa y yuca, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. En ese sentido, el orden de las pérdidas esperables puede ser de 3 490 toneladas, que equivale al 21% de la producción total, si se mantiene una producción como la del año 2007.

La caña panelera, la arracacha y el maíz tienen una vulnerabilidad moderada frente a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de cerca de 13 168 toneladas, que equivalen al 79% de la producción total. Hay que recordar que la caña panelera es el cultivo de mayor producción.

Nariño

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
NARIÑO	Frijol	ALTA	5,6
	Arveja	ALTA	9,41
	Papa	ALTA	48
	Cebolla	BAJA	15
	Cilantro	ALTA	0,091
	Haba	ALTA	1,5
	ulluco	MODERADA	1,5
	Repollo	ALTA	2
	Coliflor	ALTA	3,61
	Café	ALTA	14,3
	Fique	BAJA	76,6
	Maíz	MODERADA	102
		Total	

Tabla 20. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Nariño

En el municipio de Nariño en el año 2007 la producción total agrícola de 12 cultivos de importancia económica fue de 279,6 toneladas, en la que participaron 335 productores. Alrededor del 6% del área municipal está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm que pueden generar daños moderados. El 20,5% del municipio está en áreas de exposición alta en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que puede generar daños severos. Un 73% está expuesto a fenómenos como flujos piroclásticos, flujos de lodo, flujos de lava, proyectiles balísticos y caída de ceniza mayor a 20 cm, que puede generar pérdida total. Los cultivos como el frijol, arveja, papa, cilantro, haba, repollo, coliflor y café tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. En ese sentido, el orden de las pérdidas esperables puede ser de 84,5 toneladas, que equivale al 30,2% de la producción total, si se mantiene una producción como la del año 2007.

El maíz y el ulluco tienen una vulnerabilidad moderada frente a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 103,5 toneladas, que equivalen al 37% de la producción total. El fique y la cebolla tienen una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza; no obstante, niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que llegó a ser en el año 2007 de 93,1 toneladas, equivalente al 33,3% del total de la producción.

Chachagüí

Tabla 21. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Chachagüí

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
CHACHAGÜÍ	Frijol	ALTA	28
	Maíz	MODERADA	60
	Café	ALTA	417
	Fique	BAJA	529,9
	Cítricos	MODERADA	185
		Total	

El 7.1% del área territorial del municipio de Chachagüí es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 5 cultivos de importancia económica fue de 1 220 toneladas, en la que participaron 1 290 productores. Cerca del 65% del área municipal está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm que pueden generar daños moderados. El 33,8% está en áreas de exposición alta en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que puede generar daños severos. Los cultivos como el frijol y el café tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. En ese sentido, las pérdidas esperables pueden ser de 445 toneladas, que equivalen al 36,5% de la producción total, si se mantiene una producción como la del año 2007.

Los cítricos y el maíz tienen una vulnerabilidad moderada frente a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 245 toneladas, que equivalen al 20,1% de la producción total. El fique tiene una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza, pero niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que llegó a ser en el año 2007 de 530 toneladas, equivalentes al 43,4% del total de la producción.

Consacá

Tabla 22. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio Consacá

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
CONSACÁ	Tomate de mesa invernadero	BAJA	2.640
	Maíz semestral solo	MODERADA	210
	Cítricos	MODERADA	120
	Maíz semestral asociado	MODERADA	75
	Caña panelera	MODERADA	6.384
	Café	ALTA	1.637
	Plátano cafetero	ALTA	6.548
	Lulo	ALTA	60
		Total	

El 20,9% del área territorial del municipio de Consacá es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 8 cultivos de importancia económica fue de 17 674 toneladas, en la que participaron 12.101 productores. Alrededor del 26% del área municipal está expuesto a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados. El 59,1% del territorio del municipio está en áreas de exposición alta a acumulación de ceniza de entre 5 cm y 20 cm, que pueden generar daños severos. Los cultivos como el café, el plátano cafetero y el lulo tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. El orden de las pérdidas esperables, si se mantiene una producción como la del año 2007, puede ser de 8.245 toneladas, que equivale al 47% de la producción total. El plátano cafetero es el de mayor producción, que asciende a más de 6 548 toneladas.

El maíz, los cítricos y la caña panelera tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de más de 6 700 toneladas, que equivalen al 38% de la producción total. La caña panelera es la de mayor producción, que asciende a unas 6.384 toneladas.

El cultivo de tomate bajo invernadero, que representó una producción al año 2007 de 2.640 toneladas, es decir el 15% de la producción total, tiene una vulnerabilidad muy baja en relación con el resto de cultivos del municipio, debido sus especiales condiciones de cultivo. Al estar resguardados, la ceniza volcánica no los afectaría.

El Tambo

Tabla 23. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio El Tambo

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
EL TAMBO	Caña panelera	MODERADA	4240
	Tomate de árbol	ALTA	480
	Café	ALTA	401
	Fique	BAJA	1.602
	Granadilla	ALTA	40
	Lulo	ALTA	320
	Mora	ALTA	35
	Plátano cafetero	ALTA	2.450
	Frijol arbustivo	ALTA	300
	Maíz semestral asociado	MODERADA	360
	Frijol voluble	ALTA	195
	Maíz anual	MODERADA	558
		TOTAL	

El 15,5% del área territorial del municipio de El Tambo es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 12 cultivos de importancia económica fue de 10.981 toneladas, en la que participaron 7.827 productores. Alrededor del 65,8% del área municipal está expuesto a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados en los cultivos. El 34,2% del municipio está en áreas de exposición alta en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que puede causar daños severos. Los cultivos como el tomate de árbol, café, granadilla, lulo, mora, plátano cafetero y frijol, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. En ese sentido, el orden de las pérdidas esperables, si se mantiene una producción como la del año 2007, puede ser de 4.221 toneladas, que equivale al 38% de la producción total.

La caña panelera y el maíz tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 5.148 toneladas, que equivalen al 47% de la producción total.

El fique tiene una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza, pero niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que en el año 2007 llegó a 1.602 toneladas, lo que equivale al 15% del total de la producción.

La Florida

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
LA FLORIDA	Caña panelera	MODERDA	1.280
	Tomate de árbol	ALTA	65
	Piña	MODERADA	3.792
	Café	ALTA	1.231
	Fique	BAJA	1.113
	Lulo	ALTA	99
	Plátano cafetero	ALTA	9.506
	Frijol arbustivo solo	ALTA	54
	Maíz semestral solo	MODERADA	110
	Maíz semestral asociado	MODERADA	45
	Frijol arbustivo	ALTA	24
	Yuca	MODERADA	94,3
	Frijol voluble	ALTA	24
	Maíz anual	MODERADO	260
		Total	

Tabla 24.. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio La Florida

En La Florida, el 15,1% del área territorial del municipio es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 14 cultivos de importancia económica fue de 17 697 toneladas, en la que participaron 5 952 productores. Un área cercana al 39.1% del territorio municipal está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados en los cultivos, mientras que el 43,3% está en áreas de exposición alta, en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, capaz de producir daños severos. Los cultivos como el tomate de árbol, café, lulo, plátano cafetero, frijol y maíz tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. El orden de las pérdidas esperables, si se mantiene una producción como la del año 2007, puede ser de 11.003 toneladas, que equivale al 62% de la producción total.

La caña panelera, el maíz, la piña y el yuca tienen una vulnerabilidad moderada frente a la retención de ceniza, pero niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 5.581 toneladas, es decir, el 32% de la producción total.

El fique tiene una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza; no obstante, niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que llegó a ser, en el año 2007, de 1 113 toneladas, lo que equivale al 6% del total de la producción.

Linares

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
LINARES	Caña panelera	MODERADA	14.040
	Café	ALTA	768
	Iraca	ALTA	245
	Lulo	ALTA	132
	Plátano cafetero	ALTA	2.250
	Frijol arbustivo solo	ALTA	481
	Maíz semestral solo	MODERADA	1.500
	Maní	MODERADA	90
	Tomate de mesa invernadero	BAJA	12
	Yuca	MODERADA	400
		Total	

Tabla 25. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Linares

El uso y aprovechamiento agrícola ocupa el 15,6% del área territorial del municipio de Linares. En el año 2007, la producción total agrícola de 10 cultivos de importancia económica fue de 19 918 toneladas, en la que participaron 5 593 productores. Un área cercana al 66.1% del municipio está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados en los cultivos. En áreas de exposición alta está el 33,2% del territorio, en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que pueden causar daños severos. Los cultivos como el café, lulo, plátano cafetero, frijol e iraca, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. Las pérdidas esperables, si se mantiene una producción como la del año 2007, pueden ser de 3.876 toneladas, que equivalen al 19% de la producción total.

La caña panelera, el maíz, la yuca y el maní tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 16 030 toneladas, que equivalen al 80% de la producción total, siendo la caña panelera el producto de mayor producción.

Como ya se mencionó, el cultivo de tomate en invernadero, que representó una producción al año 2007 de 12 toneladas, es decir el 0,06% de la producción total, tiene una vulnerabilidad muy baja respecto al resto de cultivos, ya que por sus condiciones de producción, la ceniza volcánica no lo afecta directamente.

Pasto

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
PASTO	Cebolla junca	BAJA	6.489
	Fique	BAJA	574
	Mora	ALTA	972
	Brócoli	ALTA	208
	Coliflor solo	ALTA	2.240
	Papa	ALTA	45.000
	Remolacha	MODERADA	2.160
	Trigo	MODERADA	945
	Zanahoria	ALTA	8.100
	Fríjol voluble	ALTA	120
	Maíz anual	MODERADA	1.750
		Total	

Tabla 26. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Pasto

El 19,2% del área territorial del municipio de Pasto es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007, la producción total agrícola de 11 cultivos de importancia económica, fue de 68 558 toneladas, en la que participaron 7.590 productores. Alrededor del 36% del área municipal evaluada por este Estudio, está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados a los cultivos. El 45,8% del municipio está en áreas de exposición alta, en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, causante de daños severos. Los cultivos como la mora, brócoli, coliflor, papa, zanahoria y fríjol, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. Las pérdidas esperables pueden ser de 56 640 toneladas, lo que equivale al 83% de la producción total, si se mantiene una producción como la del año 2007. La papa es el producto de mayor producción.

La remolacha, el trigo y maíz tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza, pero niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 4 855 toneladas, que equivalen al 7% de la producción total.

Cultivos como la cebolla junca y el fique tienen una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza; no obstante, niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que llegó a 7 063 toneladas en el 2007, equivalentes al 10% del total de la producción.

Sandóná

Tabla 27. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Sandóná

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Productos (ton)
SANDONÁ	Caña panelera	MODERADA	16.200
	Tomate de árbol	ALTA	60
	Café	ALTA	1.592
	Plátano cafetero	ALTA	1.250
	Frijol arbustivo solo	ALTA	9,6
	Maíz semestral solo	ALTA	22,5
	Maíz semestral asociado	ALTA	54
	Tomate de mesa	ALTA	96
	Tomate de mesa invernadero	BAJA	220
	Yuca	MODERADA	84
	Frijol voluble	ALTA	30
		Total	

El 46,9% del área territorial del municipio de Sandóná es de uso y el aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 11 cultivos de importancia económica fue de 19 618 toneladas, en la que participaron 5 105 productores. Alrededor del 42,8 % del área municipal evaluada por este Estudio está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados en los cultivos. El 42,4% del territorio de Sandóná está en áreas de exposición alta en donde se pueden acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que pueden causar daños severos. Los cultivos como el tomate de árbol, café, plátano cafetero, frijol, maíz y tomate, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. Si se mantiene una producción como la del año 2007, las pérdidas esperables pueden ser de 3 114 toneladas, lo que equivale al 16% de la producción total.

La caña panelera y la yuca tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza; sin embargo, niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm, pueden comprometer la producción de 16 284 toneladas, que equivalen al 83% de la producción total, con la caña panelera como el cultivo de mayor producción.

Ya se mencionó que el cultivo de tomate en invernadero, tiene una vulnerabilidad muy baja respecto al resto de cultivos del municipio debido por sus especiales condiciones de producción. Al estar a cubierto, la ceniza volcánica no le causaría daño directo. Al año 2007, tuvo una producción de 220 toneladas, es decir, el 1% de la producción total.

Tangua

Tabla 28. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio de Tangua

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
TANGUA	Café	ALTA	18
	Cebada	MODERADA	500
	Arveja	ALTA	200
	Frijol arbustivo solo	ALTA	105
	Papa	ALTA	6.090
	Ulluco	MODERADA	40
	Trigo	MODERADA	440
	Maíz anual	ALTA	149
		Total	

En Tangua, el 16,4% del área territorial del municipio es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total agrícola de 8 cultivos de importancia económica fue de 7 542 toneladas, en la que participaron 3 082 productores. Cerca del 13% del área municipal evaluada por este Estudio está expuesta a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm, que pueden generar daños moderados en los cultivos. El 71,6% del área municipal está en áreas de exposición alta en donde se puede acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza, que pueden generar daños severos. Los cultivos como el café, la arveja, el frijol, la papa y el maíz tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. Las pérdidas esperables, si se mantiene una producción como la del año 2007, pueden ser de 6. 592 toneladas, que equivale al 87% de la producción total, con la papa como el cultivo de mayor producción.

La cebada, el trigo y el ulluco tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza, pero niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 980 toneladas, que equivalen al 13% de la producción total.

Yacuanquer

Tabla 29. Vulnerabilidad física de los cultivos en el municipio Yacuanquer

MUNICIPIO	Cultivo	Vulnerabilidad	Producción (ton)
YACUANQUER	Tomate de árbol	ALTA	60
	Uchuva	ALTA	60
	Café	ALTA	125
	Chirimoya	ALTA	50
	Lulo	ALTA	105
	Mora	ALTA	31,5
	Cebolla cabezona	BAJA	96
	Arveja	ALTA	82
	Frijol arbustivo solo	ALTA	308
	Maíz semestral solo	MODERADA	588
	Papa	ALTA	3.780
	Tomate de mesa	ALTA	60
	Trigo	MODERADO	2.500
	Maíz anual	MODERADO	270
	Total		8.115

El 26,7% del área territorial del municipio de Yacuanquer es de uso y aprovechamiento agrícola. En el año 2007 la producción total de 14 cultivos de importancia económica fue de 8 115 toneladas, en la que participaron 4 180 productores. Un porcentaje del 31,4% del área municipal evaluada por este Estudio está expuesto a niveles de acumulación de ceniza bajos y moderados, de entre 1 cm y 5 cm que pueden generar daños moderados en cultivos y el 60,2% en áreas de exposición alta en donde se puede acumular entre 5 cm y 20 cm de ceniza que puede generar daños severos. Los cultivos como el tomate de árbol, uchuva, café, chirimoya, lulo, mora, arveja, frijol, maíz, papa y tomate de mesa, tienen una vulnerabilidad alta debido a que son muy susceptibles a retener ceniza en sus hojas. Si se mantiene una producción como la del año 2007, las pérdidas esperables podrían ser de 4.662 toneladas, lo que equivale al 57% de la producción total, con la papa como el cultivo de mayor producción.

El trigo y el maíz tienen una vulnerabilidad moderada a la retención de ceniza, pero niveles de caída de ceniza mayores a 2,5 cm pueden comprometer la producción de 3 358 toneladas, que equivalen al 41% de la producción total. Cultivos como la cebolla cabezona tienen una condición menos vulnerable por su baja capacidad de retención de ceniza, que en niveles de acumulación mayores a 2,5 cm pueden generar efectos sobre la producción, que llegó a ser en el año 2007 de 96 toneladas, equivalentes al 1% del total de la producción.

5.11.2.3 Vulnerabilidad funcional sector agrícola

Para evaluar la vulnerabilidad funcional del sector agrícola a fenómenos volcánicos, se realizó un análisis estructural prospectivo de los componentes del sistema, analizando la interrelación de sus elementos básicos que son necesarios para su funcionamiento.

Para lo anterior se consideran cada una de las variables ordenadas en columnas, que indican cuáles de éstas son las que influyen sobre cada una de las que están en fila, y se construye con ellas una matriz de doble entrada, es decir, se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación:

Se asigna “0” a las variables sin influencia; “1” a las variables que si ejercen una baja influencia; “3” a las variables con una influencia intermedia y “5” a las variables que ejercen una influencia alta. Con estas calificaciones se obtiene la siguiente tabla.

Tabla 30. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector agrícola

N°		Infraestructura de vías	Sistema de transportes	Suministro de combustibles	Suministro de energía	Sistemas de saneamiento	Sistema de riego	Maquinaria y equipos	Producción (siembra y recolección)	Transformación	Comercialización	INFLUENCIA (I)
1	Infraestructura de vías	5	5	1	1	1	3	0	0	5	21	
2	Sistema de transportes	3	5	3	0	0	1	0	0	5	12	
3	Abastecimiento de combustibles	0	5	5	1	1	5	0	1	5	19	
4	Suministro de energía	0	0	1	5	1	3	3	5	1	15	
5	Sistemas de saneamiento	0	0	0	0	5	0	0	3	5	0	8
6	Sistema de riego	0	0	0	0	1	5	0	5	0	0	6
7	Maquinaria y equipos	1	0	0	0	1	0	5	5	3	15	
8	Producción (siembra y recolección)	0	0	0	0	5	3	5	5	5	21	
9	Transformación	0	0	0	0	5	0	0	5	3	11	
10	Comercialización	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	
	DEPENDENCIA (D)	4	10	9	2	15	6	18	16	21	27	128

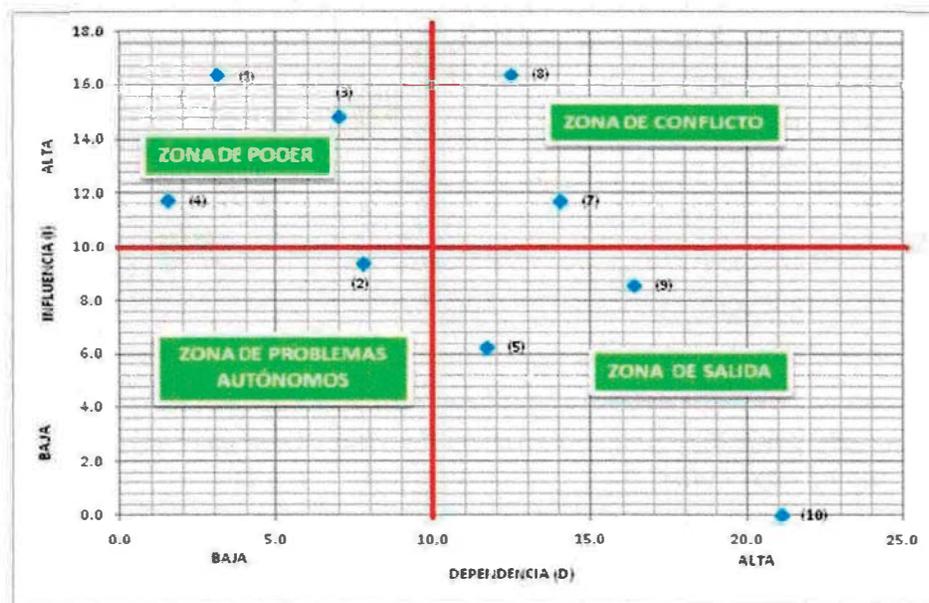
Determinación de las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 10), y se grafican los valores correspondientes a (Ic) e (Dc) como se indica a continuación:

Tabla 31. Cálculo de valores de influencia y dependencia⁸

Nº	Elemento	Dc	Ic
1	Infraestructura de vías	3,1	16,4
2	Sistema de transportes	7,8	9,4
3	Abastecimiento de combustibles	7,0	14,8
4	Suministro de energía	1,6	11,7
5	Sistemas de saneamiento	11,7	6,3
6	Sistema de riego	4,7	4,7
7	Maquinaria y equipos	14,1	11,7
8	Producción (siembra y recolección)	12,5	16,4
9	Transformación	16,4	8,6
10	Comercialización	21,1	0,0

Estos valores se grafican en un plano de influencias y dependencias. Ver. Figura 11. Plano de influencias y dependencias sector agrícola.



⁸ Valores de (D) y (I) corregidos, para el cálculo de la media con propósitos de elaboración de la grafica. Que corresponden a: Dc = (valor de D)/(suma total de dependencias * 100); Ic = (valor de I)/(suma total de influencias * 100).

De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (3) y el (4), que se encuentran en la zona de poder, y que corresponden respectivamente a la infraestructura de vías, el abastecimiento de combustibles y el suministro de energía, lo que significa que estos componentes son los más importante para el funcionamiento del sector. En la zona de conflicto se localizan los componentes del sector que poseen una alta influencia y alta dependencia, el (8) y el (7), que corresponden respectivamente a maquinaria y equipos, y producción (siembra y recolección). En la zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia, (5), (9) y (10) que corresponden respectivamente al sistema de saneamiento, transformación y comercialización, lo que significa que estos elementos son los más susceptibles a sufrir pérdida funcional si los de la zona de poder y los de la zona de conflicto se afectan. Por último, en la zona de problemas autónomos, pero muy cercano a la línea de alta influencia, (zona de poder), se ubica en elemento (2), que corresponde al sistema de transporte.

5.11.3. Vulnerabilidad física y funcional del sector pecuario

5.11.3.1 Descripción del inventario

La actividad pecuaria en los municipios de la zona de estudio constituye un renglón importante dentro de la economía de la región. Las áreas destinadas al uso y aprovechamiento pecuario en los municipios de Ancuya, Chachagüí, El Tambo, La Florida, Linares, Tangua y Yacuanquer representan más del 50 % de su área territorial. Consacá, Pasto y Sandoná destinan entre un 24 y un 50% de su territorio a este sector. Hay diversas especies animales expuestas a los fenómenos volcánicos, tanto mayores como menores: en las primeras, se registran un total de 65 524 animales entre bovinos, porcinos, caprinos, ovinos, bubalinos y equinos; en las segundas, se registran un total de 2.470.063 entre aves, cuyes, conejos, truchas, carpas, tilapias y cachamas. Todos ellos están expuestos a los fenómenos volcánicos, en especial a la ceniza y a los gases. En la tabla siguiente se presentan las áreas dedicadas a esta actividad por municipio.

Tabla 32. Áreas de uso pecuario en los municipios de la zona de estudio⁹

Municipio	Pecuario	
	Área (ha)	%
Ancuya	4785	57,4
Chachagüí	9735	52,1
Consacá	3529	24,1
El Tambo	17322	65,0
La Florida	10594	64,7
Linares	9564	66,3
Pasto	32067	25,1
Sandoná	4377	40,9
Tangua	13039	53,2
Yacuanquer	5629	52,9

Nota: En el informe consultado no aparecen datos para el municipio Nariño.

En las siguientes figuras se presenta el consolidado agropecuario de 2007 de la zona de estudio¹⁰.

⁹. Fuente: Elaborado a partir de: tablas de uso y aprovechamiento de uso por municipio – Nariño 2006, elaborado por la Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño y la Corporación Colombia Internacional.

¹⁰ Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente – Corporación Colombiana Internacional. Consolidado agropecuario 2007. Por Gerardo Ramírez Velasco.

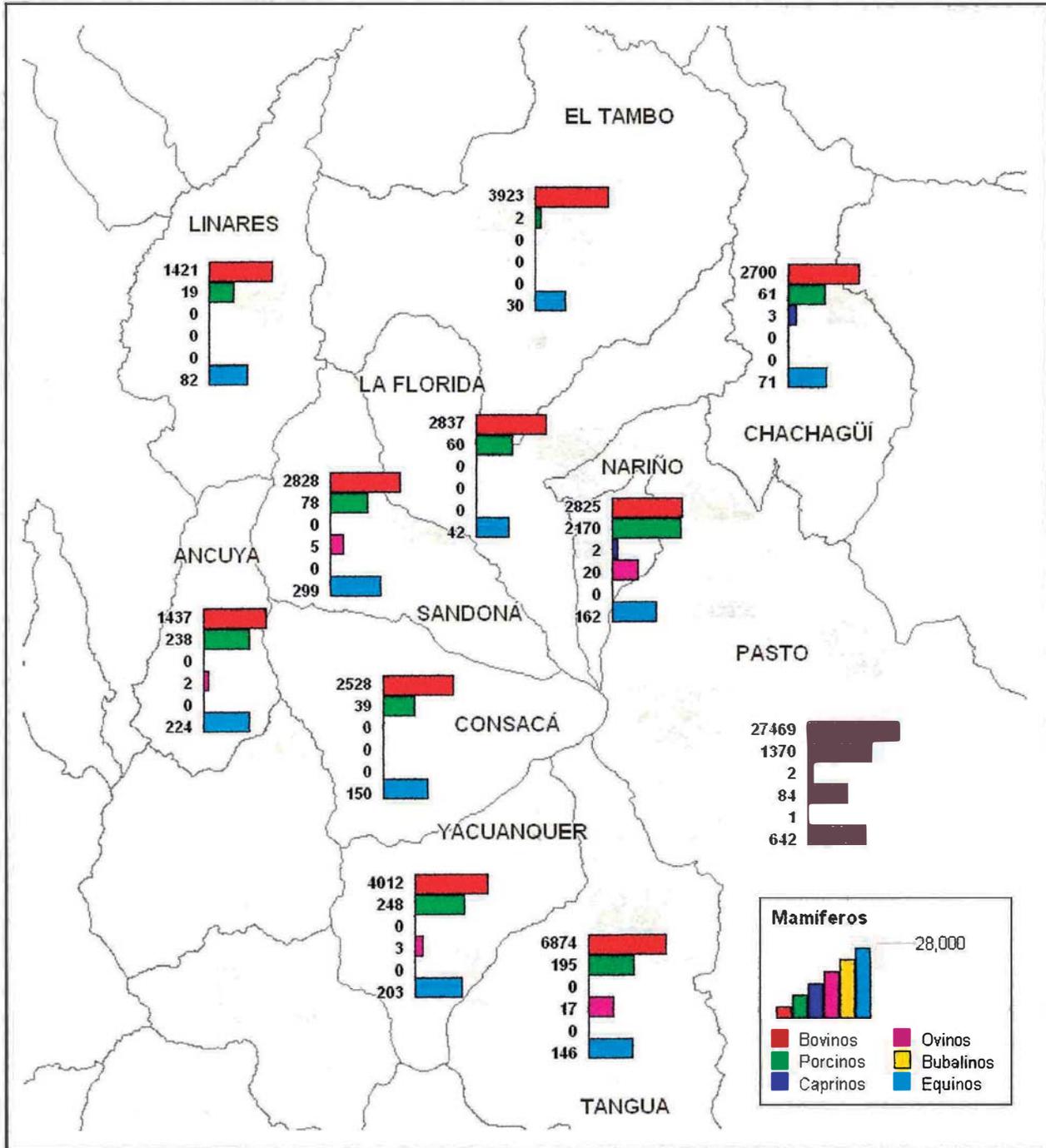


Figura 12. Distribución de especies mayores por municipio

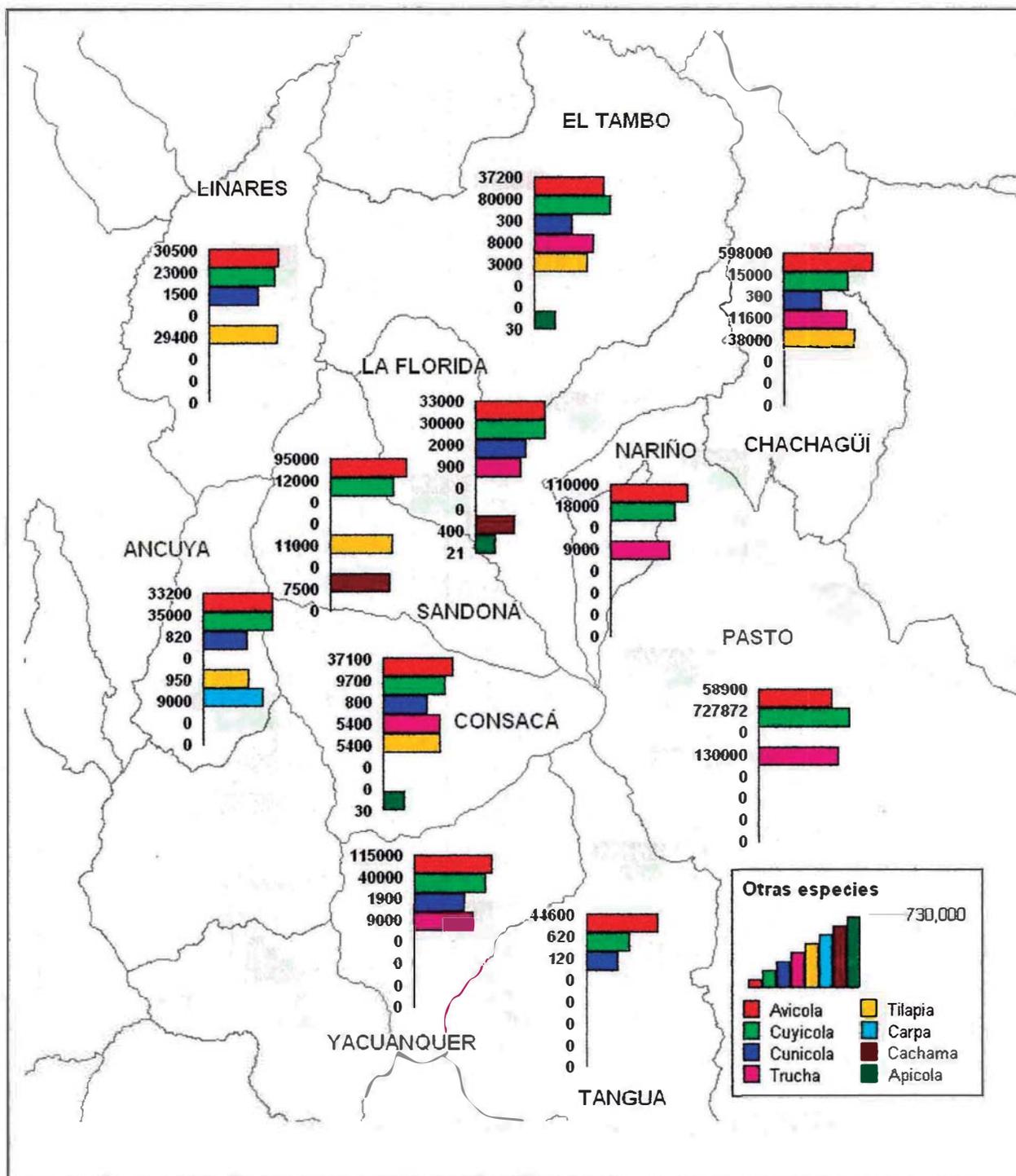


Figura 13. Distribución de especies menores por municipio

En la tabla siguiente se presenta como un indicador de producción lechera el consolidado del sector de los lácteos.

Tabla 33. Consolidado de producción del sector lechero¹¹

MUNICIPIO	PREDIOS ENCUESTADOS	PREDIOS QUE ORDEÑAN	PREDIOS QUE NO ORDEÑAN	VACAS EN ORDEÑO	LITROS PRODUCIDOS	PROMEDIO VACA / DIA
ANCUYA	221	66	155	141	506	3,6
CHACHAGUI	311	85	226	221	741	3,4
CONSACA	256	82	174	257	1.210	4,7
EL TAMBO	359	46	313	169	606	3,6
LA FLORIDA	521	169	352	667	3.137	4,7
LINARES	239	51	188	87	546	6,3
NARIÑO*1	Sin dato	Sin dato	Sin dato	1.035	8.487	8,2
PASTO	3.489	2.085	1.404	7.902	60.345	7,6
SANDONA	387	131	256	541	3.026	5,6
TANGUA	990	532	458	2.290	17.849	7,8
YACUANQUER	561	266	295	884	5.291	6,0
TOTAL NARIÑO	7.334	3.513	3.821	14.194	101.744	7,2

5.11.3.1 Vulnerabilidad física del sector pecuario

La vulnerabilidad física del sector pecuario depende de la cantidad de área de uso y aprovechamiento que se encuentra expuesta a los fenómenos volcánicos. La caída y acumulación de ceniza volcánica sobre los pastos puede afectar la salud de animales y generar escasez de alimentos. La ceniza producto de caídas leves puede ser fácilmente ingerida por animales que están pastando. Si la caída de cenizas es espesa y de gran cobertura se pueden esperar pérdidas de ganado significativas. De acuerdo con versiones de campesinos del volcán Tungurahua, en las erupciones pasadas se ha podido observar que los cerdos son más fuertes y que los conejos y cuyes son bastante susceptibles a los contaminantes volcánicos¹². Después de la erupción del Galeras de 1981, los campesinos de los municipios adyacentes al volcán reportaron efectos severos sobre el pasto a causa de las cenizas *“el cual perdió palatabilidad y no fue aceptado por los animales. Frente a esta situación los productores con facilidades económicas, trasladaron su ganado a zonas con potreros menos afectados y complementaron la alimentación con ensilaje y granos de maíz. Otros productores lavaron diariamente el área indispensable para pastorear sus animales, igualmente se lavaron los animales para evitarles caída de pelo”*(UAESPNN, Territorial Surandina, 2007).

¹¹ *1: Secretaría de agricultura y medio ambiente/Corporación Colombia Internacional. Consolidado agropecuario, 2007. Fuente: Informe Proyectos Locales Aftosa - Cálculos: Coordinación Regional.

¹² Tomado del periódico el Universal: Ceniza de volcán Tungurahua enferma a los campesinos de Quero. Octubre, 4 de 2002. En <http://200.110.90.17/2002/10/04/0001/12/8B6327F34068497C8CD1875F9B7A5AF5.aspx>

Si la erupción destruye vegetación, puede haber muerte de peces, como consecuencia del aumento de temperatura del agua en los ríos. Los peces también pueden morir por sedimentos en suspensión, incremento de acidez y mayores concentraciones de fluoruro en el agua. Poblaciones de flora y fauna también son susceptibles a la ceniza suspendida en ríos y lagos.

Si hay caída una amplia de ceniza, las aves pueden morir por falta de alimento, o por los gases en proximidad del cráter. Los insectos son particularmente susceptibles a la ceniza, porque la capa de cera de su exoesqueleto es destruida por la abrasión de ceniza, lo que puede causar rápida desecación y muerte. En la siguiente tabla se presentan los efectos principales que pueden generar los fenómenos volcánicos sobre el sector pecuario.

Tabla 34. Efectos directos sobre el sector pecuario

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	Especies de animales
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	Efectos en la salud de animales que estén directamente expuestos a la caída de ceniza. Por la ingestión de agua contaminada ó alimento contaminado proveniente de pastizales
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas, incineración	Arrastre, enterramiento, muerte e incineración de los animales
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Presiones laterales y onda de calor, incineración	Arrastres, incineración y muerte de animales
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Aplastamiento
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE, ALTAS TEMPERATURAS	Onda de calor y colisión de partículas, incineración	Arrastres, incineración y muerte de animales
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Arrastres, enterramiento y muerte de los animales por ahogamiento
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	SEVERO: Los animales pueden quedar privados

Más del 89% del área de estudio tiene una exposición de moderada a alta a caída de ceniza que puede ocasionar daños moderados a severos en el sector pecuario. Los municipios de Ancuya, Chachagüí, El Tambo, La Florida, Linares, Tangua y Yacuanquer, utilizan más del 50% de su territorio para el uso y aprovechamiento pecuario y Sandoná alrededor del 41%, a diferencia de Consacá y Pasto, que utilizan hasta el 25% de su territorio para este propósito. Sin embargo, Pasto tiene la mayor cantidad de especies animales expuestas a los fenómenos volcánicos, pues en el 2007 su registro fue de más del 45% del número total de especies mayores presentes en toda el área de estudio, con más de 65 000 animales, entre los que se destacaban los bovinos, con más de 27 000, y por ende contaba también con la mayor producción de leche, con más de 60 000 litros de un total de 101 774 litros.

Teniendo en cuenta el mapa de la figura 9, de niveles de daños potenciales por fenómenos volcánicos en áreas agropecuarias, se determinó la vulnerabilidad física por municipio, que se clasificó según tres criterios:

- Vulnerabilidad alta, si más del 70% del área territorial del municipio tiene una exposición a caída de ceniza alta, de entre 5 cm y 20 cm. O más del 70% en área de ocurrencia de flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, flujos de lodo, flujos de lava, nube acompañante y caída de ceniza.
- Vulnerabilidad moderada, si entre el 50% y 70% del área territorial del municipio está en áreas con exposición a caídas de ceniza moderada, de entre 2,5 y 5 cm.
- Vulnerabilidad baja, si es menor a 50% el área territorial del municipio que se encuentra en zonas con exposición a caídas de ceniza baja, de entre 1 cm y 2,5 cm.

Tabla 35. Vulnerabilidad de las áreas de uso pecuario

Municipio	% expuesto	Vulnerabilidad
ANCUYA	98	ALTA
CHACHAGÜÍ	99,9	ALTA
CONSACÁ	85,1	ALTA
EL TAMBO	99,9	ALTA
LA FLORIDA	82,4	ALTA
LINARES	99,3	ALTA
NARIÑO	73,5	ALTA
PASTO	81,8	ALTA
SANDONÁ	84,6	ALTA
TANGUA	91,7	ALTA
YACUANQUER	88,3	ALTA

En la tabla siguiente se presenta por municipio el número de animales por especie que pueden ser afectadas por los fenómenos volcánicos.

Tabla 36. Especies pecuarias mayores expuestas a los fenómenos volcánicos por municipio¹³

Municipio	Bovinos	Porcinos	Caprinos	Ovinos	Bubalinos	Equinos	Total
ANCUYA	1.437	238	0	2	0	224	1.901
CHACHAGUÍ	2.700	61	3	0	0	71	2.835
CONSACA	2.528	39	0	0	0	150	2.717
EL TAMBO	3.923	2	0	0	0	30	3.955
LA FLORIDA	2.837	60	0	0	0	42	2.939
LINARES	1.421	19	0	0	0	82	1.522
NARIÑO*1	2.825	2.170	2	20	0	162	5.179
PASTO	27.469	1.370	2	84	1	642	29.568
SANDONA	2.828	78	0	5	0	299	3.210
TANGUA	6.874	195	0	17	0	146	7.232
YACUANQUER	4.012	248	0	3	0	203	4.466
Total	58.854	4.480	7	131	1	2.051	65.524

Los municipios de Pasto y Chachagüí registran la mayor producción de especies menores (aves, cuyes y conejos), seguidas por Yacuanquer, Sandoná, Nariño y El Tambo, que pueden presentar las mayores pérdidas por el número de especies que pueden resultar afectadas por los fenómenos volcánicos de manera directa o indirecta. De otro lado, los municipios productores de peces tienen una gran exposición y posibilidad de pérdida, entre ellos Pasto, Chachagüí, Linares, Sandoná, El Tambo y Yacuanquer, entre otros. En la tabla siguiente se presenta por municipio el número de especies animales que pueden ser afectadas por los fenómenos volcánicos.

Tabla 37. Especies pecuarias menores expuestas a los fenómenos volcánicos por municipio

Municipio	Avícola *1	Cuyicola *1	Cunícola *1	Trucha *1	Tilapia *1	Carpa *1	Cachama *1	Apícola *1	Total
ANCUYA	33.200	35.000	820	0	950	9000	0	0	78.970
CHACHAGÜÍ	598.000	15.000	300	11.600	38.000	0	0	0	662.900
CONSACÁ	37.100	9.700	800	5.400	5.400	0	0	30	58.430
EL TAMBO	37.200	80.000	300	8.000	3.000	0	0	30	128.530
LA FLORIDA	33.000	30.000	2.000	900	0	0	400	21	66.321
LINARES	30.500	23.000	1.500	0	29.400	0	0	0	84.400
NARIÑO*1	110.000	18.000	0	9.000	0	0	0	0	137.000
PASTO	58.900	727.872	0	130.000	0	0	0	0	916.772
SANDONÁ	95.000	12.000	0	0	11.000	0	7.500	0	125.500
TANGUA	44.600	620	120	0	0	0	0	0	45.340
YACUANQUER	115.000	40.000	1.900	9000	0	0	0	0	165.900
Total	1.192.500	991.192	7.740	173.900	87.750	9.000	7.900	81	2.470.063

¹³ *1: Secretaría de agricultura y medio ambiente/Corporación Colombia Internacional. Consolidado agropecuario, 2007. Otros datos: FEDEGAN/Fondo Nacional del Ganado, subgerencia de sanidad animal: Programa de erradicación de la fiebre aftosa, 2008. Datos de piscicultura corresponden a unidades producidas. Datos de apicultura corresponden a panales de abejas. Los demás datos corresponden a cantidad de animales

5.11.3.2 Vulnerabilidad funcional del sector pecuario

Para evaluar la vulnerabilidad funcional del sector pecuario a fenómenos volcánicos, se procedió a realizar un análisis estructural prospectivo de los componentes del sistema, analizando los elementos básicos que son necesarios para su funcionamiento.

Para hacerlo se consideran cada una de las variables ordenadas en columnas, que indican cuáles de éstas son las que influyen sobre cada una de las que están en fila, y se construye con ellas una matriz de doble entrada, es decir, se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación:

Se asigna “0” a las variables sin influencia; “1” a las variables que ejercen una baja influencia; “3” a las variables con una influencia intermedia y “5” a las variables que ejercen una influencia alta. Con estas calificaciones se obtiene el siguiente cuadro.

Tabla 38. Matriz general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector pecuario

N°		Infraestructura de vías	Sistema de transportes	Suministro de combustibles	Suministro de energía	Sistemas de saneamiento	Producción	Transformación	Comercialización	INFLUENCIA (I)
1	Infraestructura de vías	5	5	1	1	0	0	5	17	
2	Sistema de transportes	3	3	0	0	0	0	5	11	
3	Abastecimiento de combustibles	0	5	1	1	0	1	5	13	
4	Suministro de energía	0	0	1	1	3	5	1	11	
5	Sistemas de saneamiento	0	0	0	0	3	5	0	8	
6	Producción	0	0	0	0	5	5	5	15	
7	Transformación	0	0	0	0	5	0	3	8	
8	Comercialización	0	0	0	0	0	0	3	0	
	DEPENDENCIA (D)	3	10	9	2	13	6	16	24	83

Determinación de la las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves.

Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los de Influencia (Y) y de Dependencia (X) de cada variable, se calcula la media (valor estimado 10,3), y se grafica los valores correspondientes a (I) e (D) como se indica a continuación:

Tabla 39. Calculo de valores de influencia y dependencia

N°	Elemento	D	I
1	Infraestructura de vías	3	17
2	Sistema de transportes	10	11
3	Abastecimiento de combustibles	9	13
4	Suministro de energía	2	11
5	Sistemas de saneamiento	13	8
6	Producción	6	15
7	Transformación	16	8
8	Comercialización	24	0

Estos valores se grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver figura siguiente.

Figura 14. Plano de influencias y dependencias sector pecuario



De acuerdo con los resultados obtenidos de este análisis, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (2), (3), (4) y (6), que están en la zona de poder, y que corresponden respectivamente a la infraestructura de vías, el sistema de transportes, el abastecimiento de combustibles, el suministro de energía y la producción, lo que significa que estos componentes son los más importante para el funcionamiento del sector. De otra parte, en la zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia, el (5), (7) y (8), que corresponden respectivamente al sistema de saneamiento, transformación y comercialización, lo que significa que éstos son los más susceptibles a sufrir pérdida funcional si los de la zona de poder se afectan.

5.11.4 Vulnerabilidad física y funcional del sector industria

5.11.4.1 Descripción del inventario

La minería por la extracción de materiales de construcción, en mayor porcentaje, constituye otro factor de producción. Esta compuesta por la explotación de unas 7.116 ha de materiales de construcción (arena, arcilla, agregados pétreos), metales preciosos (oro, plata) 459 ha, y otros minerales (manganeso, asociados) 9 ha (Ingeominas 1997, en SIGOTN-IGAC). En la figura siguiente se localizan las concesiones mineras en el área de estudio.

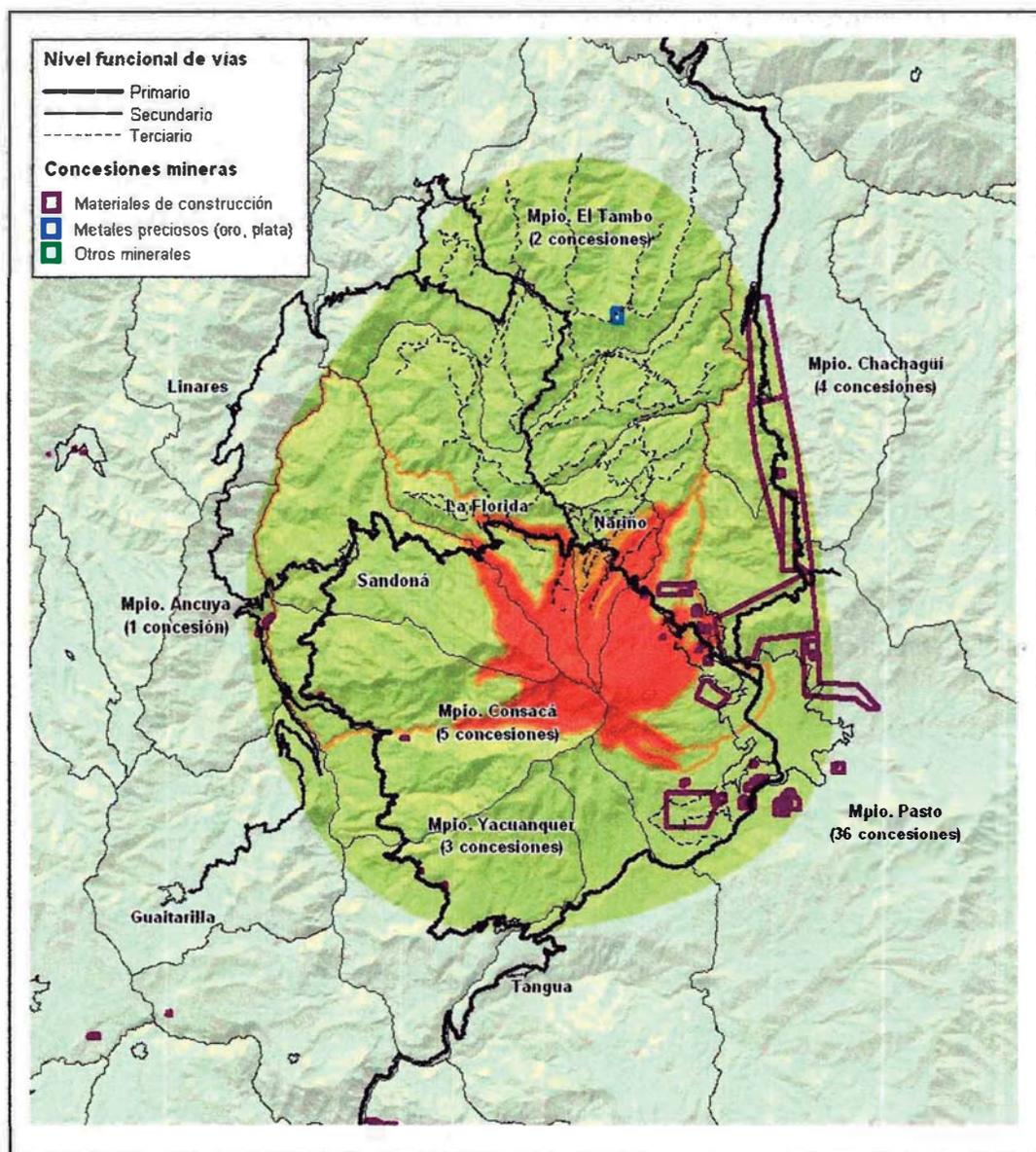


Figura 15. Concesiones mineras en la zona de estudio (Ingeominas, 1997)

En cuanto a la producción panelera se identificaron 36 trapiches, localizados al occidente del área de estudio: 18 en Sandoná, 16 en Consacá y 2 en El Tambo, de acuerdo con Ingeominas (2002); en el municipio de La Florida la UMATA reportó la existencia de 14 trapiches pero no dispone de la localización de cada uno. En la figura siguiente se localizan los trapiches.

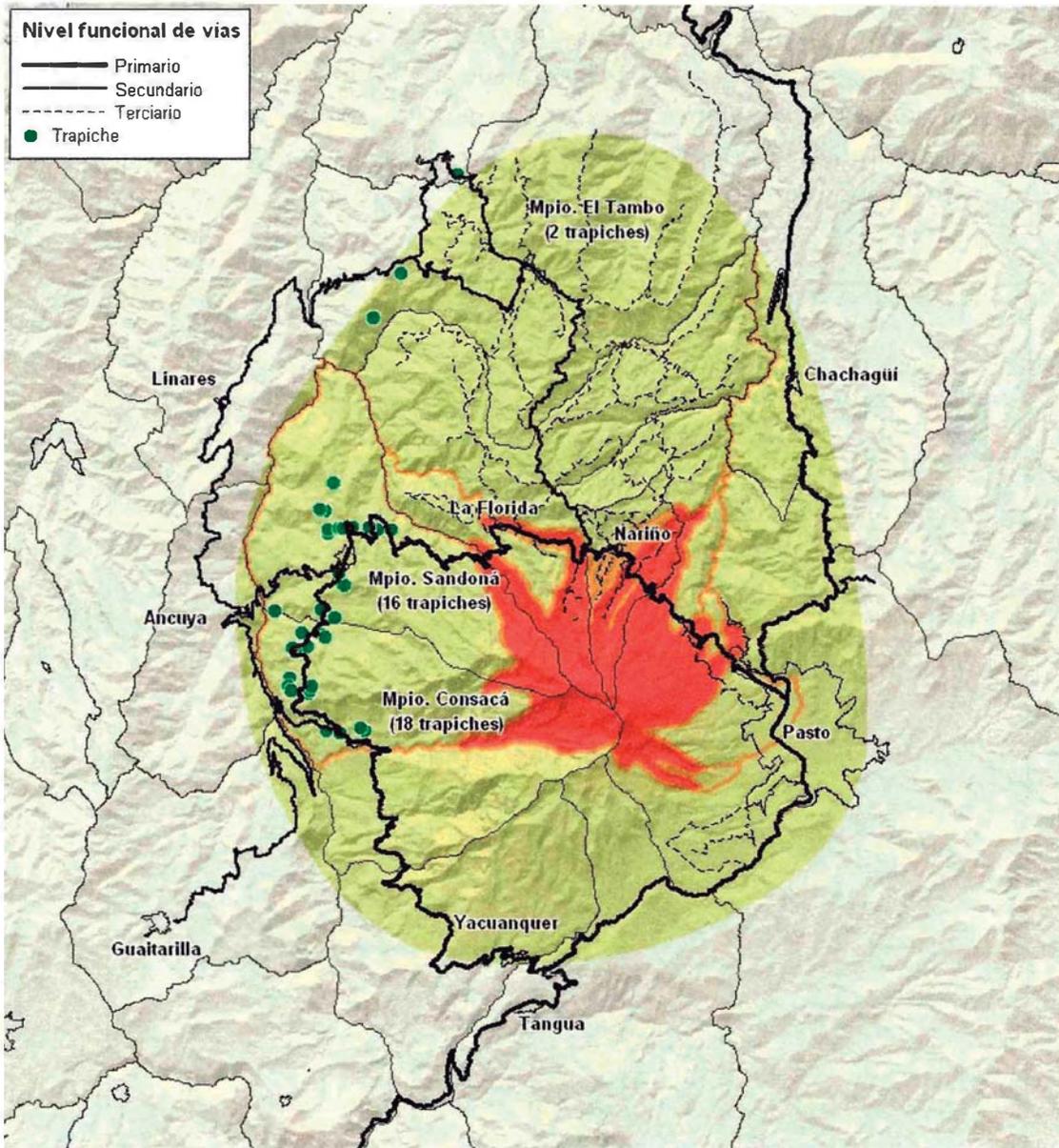


Figura 16. Distribución de trapiches en el área de estudio (Ingeominas, 2002)

De otro lado, se estableció, a partir de información de la Cámara de Comercio de Pasto¹⁴, que el sector de industria y comercio en el área de influencia del volcán Galeras está constituido por 11 239 empresas distribuidas en cada uno de los municipios de la siguiente manera: 28 en Consacá, 26 en La Florida, 8 en Nariño, 10 899 en Pasto, 233 en Sandoná, 24 en Tangua y 21 en Yacuanquer. La mayoría de empresas establecidas

¹⁴ Cámara de Comercio de Pasto, "Contexto económico de Nariño", 2006.

en el área de estudio corresponden principalmente a microempresas (98,85%). Le siguen, de lejos, las pequeñas empresas (1,02%), y después están las empresas medianas (0,10%) y las grandes (0,014%). Desde el punto de vista de la actividad económica, la mayoría, 8.087 empresas eran de tipo comercial, siguiendo en su orden los hoteles y restaurantes, las empresas industriales, las de actividad inmobiliaria y las empresas de transporte y comunicaciones.

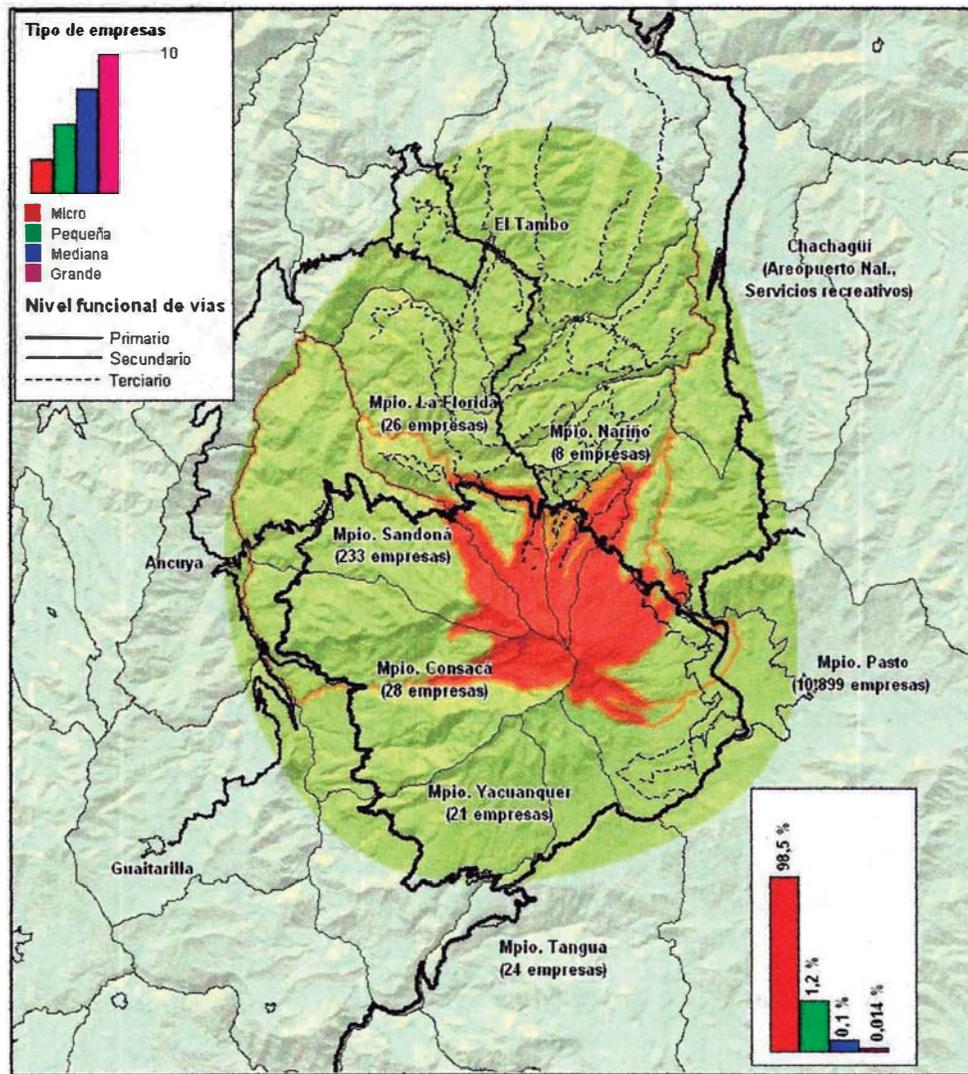


Figura 17. Distribución de empresas por municipio

5.11.4.2 Vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física del sector industria en cada municipio está definida por el grado de exposición de plantas físicas, vías de acceso, sistemas de saneamiento y servicios básicos, maquinaria, equipos, herramientas, etc., en relación con su localización con

respecto a los fenómenos volcánicos (ceniza volcánica, flujo de lodos y piroclásticos, flujos de lava, onda de choque, proyectiles balísticos y gases). En la figura siguiente se presentan en un mapa los diferentes fenómenos volcánicos, con su nivel de severidad, para ver la exposición de las industrias a los fenómenos volcánicos.

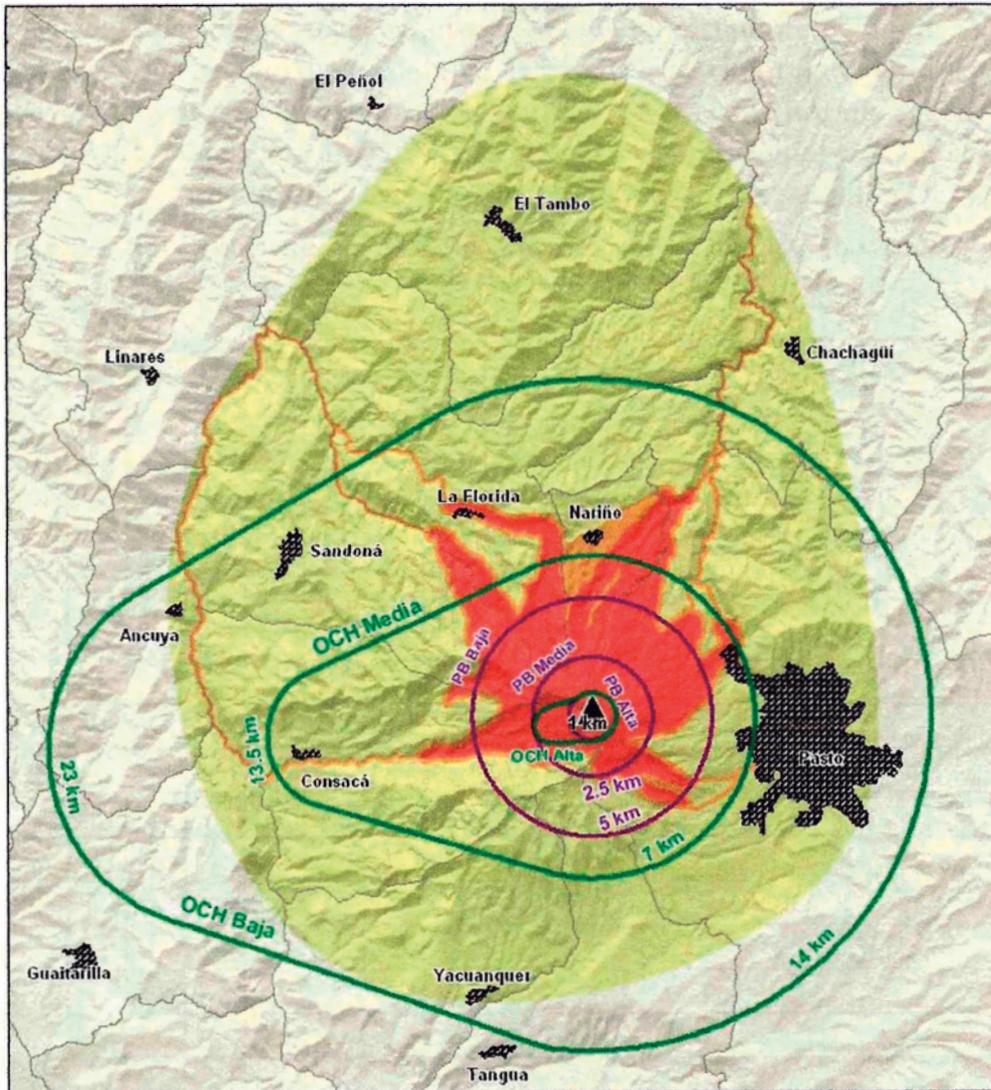


Figura 18. Fenómenos volcánicos a los que se ve expuesto el sector Industria y comercio

5.11.4.3 Vulnerabilidad funcional del sector industrial

Para evaluar la vulnerabilidad funcional del sector industria a fenómenos volcánicos, se realizó un análisis estructural prospectivo de los componentes del sistema, analizando los elementos básicos que son necesarios para su funcionamiento.

Para hacerlo se consideran cada una de las variables ordenadas en columnas, que indican cuáles de éstas son las que influyen sobre cada una de las que están en fila, y se construye con ellas una matriz de doble entrada, es decir, se ubican las variables en la primera columna y en la primera fila, y se opta por la siguiente notación: se asigna “0” a las variables sin influencia; “1” a las variables que si ejercen una baja influencia; “3” a las variables con una influencia intermedia y “5” a las variables que ejercen una influencia alta. Con estas calificaciones se obtiene el siguiente cuadro:

Tabla 40. Matriz de general de impactos cruzados – determinación de influencias y dependencias del sector industria

N°		Infraestructura de vías	Sistema de transportes	Suministro de combustibles	Suministro de energía	Sistemas de saneamiento	Producción	Transformación	Comercialización	Importaciones	Exportaciones	Prestación de servicios	INFLUENCIA (I)
1	Infraestructura de vías	5	5	1	1	3	3	5	5	5	5	5	38
2	Sistema de transportes	3	5	3	0	0	3	3	5	5	5	5	32
3	Abastecimiento de combustibles	0	5	5	1	1	0	1	5	5	5	5	28
4	Suministro de energía	0	0	1	5	1	3	5	1	0	0	3	14
5	Sistemas de saneamiento	0	0	0	0	5	3	5	0	0	0	3	11
6	Producción	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	3	28
7	Transformación	0	0	0	0	5	0	5	3	3	3	3	17
8	Comercialización	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	15
9	Importaciones	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	3	18
10	Exportaciones	0	0	0	0	0	5	5	5	0	5	3	18
11	Prestación de servicios	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	5	9
	DEPENDENCIA (D)	3	10	9	2	13	25	35	37	28	28	38	228

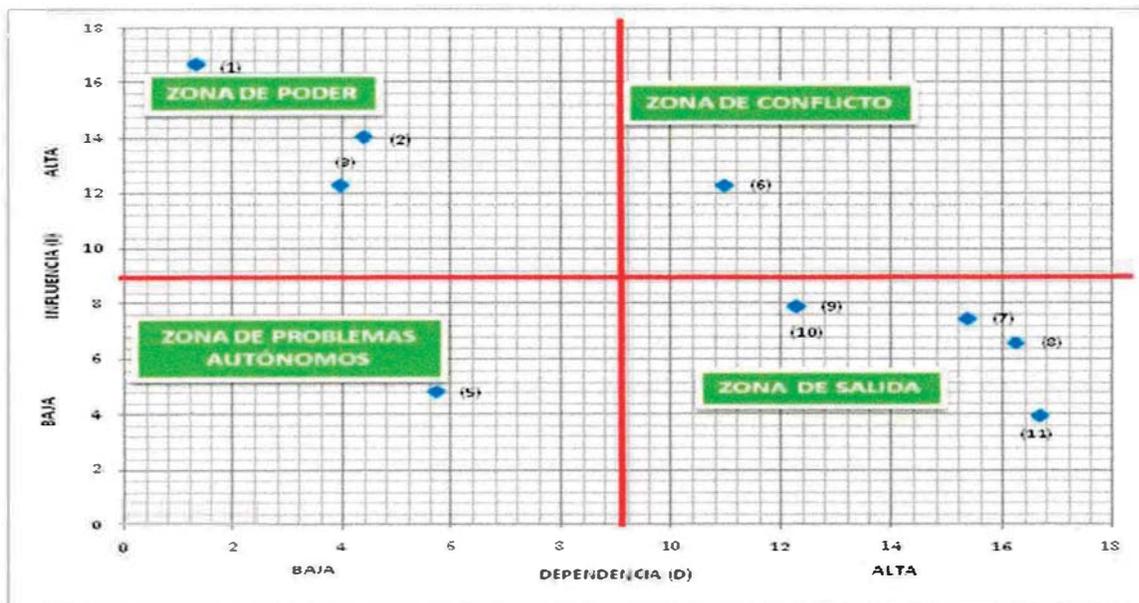
Determinación de la las jerarquías de variables en el plano (Y/X) de influencias y dependencias para analizar y establecer las variables o componentes claves. Se toman los pares de valores que corresponden a cada variable, es decir los porcentajes del eje de Influencia (Y) y el de Dependencia (X) de cada

variable, se calcula la media (valor estimado 9,1), y se grafican los valores correspondientes a (Ic) e (Dc) como se indica a continuación:

Tabla 41. Calculo de valores de influencia y dependencia¹⁵

N°	Elemento	Dc	Ic
1	Infraestructura de vías	1,32	16,7
2	Sistema de transportes	4,39	14
3	Abastecimiento de combustibles	3,95	12,3
4	Suministro de energía	0,88	6,14
5	Sistemas de saneamiento	5,7	4,82
6	Producción	11	12,3
7	Transformación	15,4	7,46
8	Comercialización	16,2	6,58
9	Importaciones	12,3	7,89
10	Exportaciones	12,3	7,89
11	Prestación de servicios	16,7	3,95

Estos valores se grafican en un plano de influencias y dependencias al cual se le asignan los números o una notación resumida de las variables. Ver la **Figura 19. Plano de influencias y dependencias sector industria:**



¹⁵ Valores de (D) y (I) corregidos, para el cálculo de la media con propósitos de elaboración de la grafica. Que corresponden a: $Dc = (\text{valor de } D) / (\text{suma total de dependencias} * 100)$; $Ic = (\text{valor de } I) / (\text{suma total de Influencias} * 100)$.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que los elementos de mayor influencia y baja dependencia son el (1), (2) y (3) que se encuentran en la zona de poder, y corresponden respectivamente a la infraestructura de vías, sistema de transportes y abastecimiento de combustibles, lo que significa que estos componentes son los más importantes para el funcionamiento del sector. En la zona de conflicto se ubica el elemento (6), que corresponde a la producción, con una alta influencia y alta dependencia de los demás elementos. En la zona de salida se ubican componentes de baja influencia y alta dependencia, (7), (8), (9), (10) y (11) que corresponden respectivamente a la transformación, la comercialización, las importaciones, exportaciones y la prestación de servicios, lo que significa que estos elementos son los más susceptibles a sufrir pérdida funcional si los elementos de la zona de poder y de conflicto se afectan. Por último, el elemento (5), el sistema de saneamiento, se localiza en la zona de problemas autónomos.

5.11.5 Conclusiones y recomendaciones

1. Las actividades agropecuarias ocupan un renglón de principal relevancia en los municipios del área de estudio, lo cual se expresa en que, en promedio, el 72% de los territorios de estos municipios está dedicado a esta actividad. Este porcentaje se distribuye en 22% en actividades agrícolas y 50% en pecuarias.
2. Los cultivos de papa y caña panelera comparten el primer lugar de importancia en la región de estudio, con más de 54 000 toneladas. Sin embargo, el cultivo de caña panelera involucra 2,7 veces más productores que el cultivo de papa (19 911 productores).
3. El plátano cafetero ocupa el segundo lugar en importancia, tanto en producción como en número de productores, más de 23 000 toneladas y más de 6 000 productores.
4. El tercer renglón de importancia lo ocupan el café, la zanahoria, la cebolla junca, seguidos por el trigo, el fique y el maíz. Sobresale el café por su mayor número de productores; la zanahoria, en cambio, cuenta con apenas 20 productores en toda la región.
5. Por municipio, Pasto es el que tiene mayor producción agrícola, con más de 68 000 toneladas. Linares y Sandoná comparten prácticamente la misma cantidad de producción, con cerca de 20 000 toneladas. En un tercer lugar de producción se ubican La Florida, Consacá y Ancuya, con cerca de 17 000 toneladas de producción, que es el promedio de producción de todos los municipios. Tras esta línea de producción están en orden descendente El Tambo, Yacuanquer y Tangua y

muy por debajo Chachagüí y Nariño, con tan solo 280 toneladas de producción en el 2007.

6. El municipio que tiene mayor diversidad de cultivos es Nariño, con 18 tipos, entre transitorios, anuales y permanentes, seguido de Yacuanquer, con 15. Ancuya, Consacá, El Tambo, La Florida, Linares, Sandoná y Tangua, tienen un número de cultivos entre 9 y 14. Chachagüí sólo reporta 6 tipos de cultivos diferentes.
7. El indicador de cantidad de productores presentado en la tabla 3, no corresponde a la cantidad individual de productores por cada municipio, sino a la suma de todos los posibles en cada tipo de cultivo (permanentes, transitorios y anuales), y en cada variedad dentro de estos tipos. En este sentido, resalta el municipio de Consacá, que estando en un tercer lugar de productividad, reporta la mayor cantidad de productores, por encima de Pasto, Linares y Sandoná.
8. El cultivo que se siembra en mayor cantidad de municipios es el café (10), seguido por el maíz arbustivo solo y el anual, y el frijol arbustivo, que es sembrado en 7 municipios. La papa y la caña panelera, de mayor volumen de productividad, se siembran en 4 y 6 municipios respectivamente. El plátano y el lulo se siembran en 6 municipios. El maíz semestral asociado, el tomate de árbol y el fique son sembrados en 5 municipios. Los restantes cultivos son sembrados máximo en 1 o cuatro municipios.
9. De manifestarse el fenómeno volcánico tal como lo plantea el mapa del INGEOMINAS, se esperaría un alto impacto económico en los cultivos de papa, que afectaría principalmente a Pasto por ser el de mayor producción, y el plátano cafetero, que afectaría a los municipios de La Florida y Consacá. Cultivos de importancia como el café y la zanahoria también sufrirían un gran impacto. El primero afectaría principalmente a Consacá y Sandoná, por ser los de mayor producción, seguidos de La Florida; el segundo afectaría exclusivamente a Pasto, ya que es el único municipio que reporta producción de zanahoria.
10. Los efectos sobre los cultivos afectarían principalmente a los cultivadores de caña panelera, papa y café. Cerca de 13 mil productores de caña panelera (65%) están localizados en los municipios de Consacá y El Tambo, mientras que el 35% restante se distribuye entre los municipios de Ancuya, La Florida, Linares y Sandoná. En cuanto al cultivo de plátano, el impacto a los productores se distribuye en un 70% entre los municipios de Consacá, Sandoná y Linares, y un 30% entre Ancuya, El Tambo y La Florida. El impacto en el cultivo de café afectaría a los productores localizados en los municipios de Consacá, La Florida, Sandoná y Linares, que suman el 77% del total de productores de café. El restante 23% se distribuye entre Ancuya, Chachagüí, El Tambo, Nariño, Tangua y Yacuanquer.
11. Gran cantidad de productores de otros cultivos relevantes como el trigo y maíz, que tienen un nivel de vulnerabilidad moderada, se verían afectados, principalmente en

Yacuanquer, ya que el 80% de los productores de trigo y el 15% de los productores de maíz se localizan en este municipio. El 15% de productores de trigo restante se distribuye de manera regular entre los municipios de Ancuya, Pasto y Tangua. En el caso del maíz, el 17% de los productores se localizan en Pasto y el 68% restante se distribuyen de manera regular entre los municipios de Ancuya, El Tambo, Chachagüí, La Florida, Linares, Sandoná, Nariño, Tangua y Consacá.

12. La cebolla junca y el fique, que constituyen un tercer renglón de importancia por su producción, tienen un nivel de vulnerabilidad baja a la ceniza, es decir que son más resistentes a este fenómeno volcánico. De presentarse impactos negativos sobre los cultivos de cebolla junca, el 100% de los productores afectados estarían localizados en Pasto. Para el caso del fique, el 41% de los productores se localizan en El Tambo y el 59% restante se distribuye regularmente entre los municipios de Chachagüí, La Florida y Pasto; Nariño, aunque cultiva fique, no cuenta con el reporte del número de productores para el año 2007, según la fuente consultada.
13. Los niveles de acumulación de ceniza en los municipios del área de estudio que se estimaron a partir del modelo desarrollado por este Estudio, con base en los datos oficiales del mapa de amenaza de Ingeominas, de manifestarse el fenómeno con la severidad planteada en el mismo, son considerados altos, con capacidad de producir daño moderado, severo y de pérdida total a los cultivos existentes en el área de estudio. Esta conclusión se basa en observaciones de otros estudios en otras zonas tropicales y montañosas, así como los reportes de efectos de erupciones pasadas del Galeras, compilados por el Ingeominas y PNN.
14. A partir del modelamiento realizado por este Estudio, se estimó que en cuanto a niveles de daño de áreas agrícolas por exposición a ceniza, el municipio de Sandoná ocupa el primer lugar, con el 92% de su territorio agrícola expuesto, seguido de La Florida, Nariño y Yacuanquer, con el 80% de su territorio expuesto a daño de sus áreas agrícolas. Los municipios de El Tambo, Consacá y Tangua verían comprometido más del 50% de su territorio, mientras que Pasto, Linares y Chachagüí están en un rango superior al 30%. Ancuya tiene un 25% de su territorio expuesto a daño en sus zonas agrícolas; sin embargo, este porcentaje podría ser mucho mayor debido a que la cobertura del mapa de usos de suelo sólo abarca una porción (el 25%) de su territorio.
15. El Estudio consideró cinco (5) niveles de daño en áreas agrícolas producidos por los fenómenos volcánicos, con la ceniza como principal por ser el de mayor recurrencia. Los indicadores a partir del modelamiento realizado arrojan los siguientes resultados, teniendo como base el máximo escenario de amenaza planteado por el mapa de Ingeominas (1997):
 - Daños leves por acumulación de ceniza no se esperan en los municipios del área de Estudio.

- Daños moderados por acumulación de ceniza se esperan en cerca de 358 km² de áreas agrícolas. El municipio de Sandoná acumularía el 42% de daños moderados; Chachagüí, El Tambo, La Florida, Linares, Yacuanquer, Consacá y Ancuya tendrían entre el 20% y 40% de daños moderados y Nariño, Pasto y Tangua, menos del 10% de daños moderados en sus zonas agrícolas.
 - Daños severos por acumulación de ceniza se esperan en 487 km² de los territorios agrícolas de los municipios del área de estudio. Sandoná, La Florida, Tangua y Yacuanquer, verían comprometido menos del 40% de sus territorios agrícolas. El Tambo, Nariño, Pasto y Consacá, podrían sufrir daños severos por ceniza en un área de entre el 20% y el 35% de su territorio. Ancuya, Chachagüí y Linares tendrían daños en menos del 15% de sus territorios.
 - Las áreas agrícolas comprometidas por pérdida total por acumulación de ceniza, se aproximan a 53 km². Tangua sería el municipio con mayor proporción de pérdida, con el 14% de su territorio comprometido, mientras que Pasto y Yacuanquer verían afectado cerca del 5% de su área territorial. Los demás municipios no tendrían comprometidas sus áreas agrícolas por este nivel de daño.
 - Por pérdida total por otros fenómenos, Ancuya, Consacá, La Florida, Nariño, Pasto y Sandoná tienen áreas agrícolas en zonas expuestas a fenómenos con capacidad de ocasionar daños graves a los cultivos. Estas áreas suman 73 km² aproximadamente. El municipio con mayor proporción de pérdida total de sus áreas agrícolas es Nariño, con el 59% de su territorio comprometido. La Florida, Pasto y Sandoná tienen entre el 5% y el 13% de sus territorios expuestos a este nivel de daño, mientras Consacá tiene menos del 2%.
16. El anterior análisis señala que Nariño es el municipio que acumula mayor cantidad de daños (desde severo a pérdida total) en sus áreas agrícolas debido a los fenómenos volcánicos, con el 79% de su territorio expuesto. Yacuanquer, Tangua, La Florida y Sandoná acumularían un poco más del 50% de daños severos a totales. Los 6 municipios restantes acumularían menos del 40%.
17. En el sector pecuario, Pasto es el municipio con mayor cantidad de especies mayores (mamíferos) con cerca de 30 000 animales; se reportan unos 5 000 animales en Tangua y Nariño; con más de 2 000 aparecen El Tambo, Sandoná, La Florida, Chachagüí y Consacá; Sandoná y Ancuya reportan entre 1 000 y 2 000 animales.
18. El ganado bovino representa el 90% de las especies mayores y el porcino el 7%. Otras especies suman apenas el 3% restante.

19. Respecto a las especies menores, Pasto reporta 916 772 animales, seguido de Chachagüí con 662 900, acumulando entre ambos el 64% de la producción de especies menores. Entre Yacuanquer, Tangua, Sandoná, Nariño, Linares, La Florida, El Tambo, Consacá y Ancuya se reporta el restante 36%.
20. La cría de aves abarca el 48% de la producción y la de cuyes el 40%. La cría de trucha y tilapia representa el 11% de la producción. Las otras cuatro (4) especies apenas representan el 1%.
21. La producción lechera se concentra en Pasto, con un 59% del total reportado para los municipios del área de estudio; Tangua representa el 18% de la producción y los demás municipios acumulan el restante 23% de la producción lechera.
22. Con base en la cantidad de ceniza y su distribución en el territorio de cada municipio, los resultados del Estudio muestran que la vulnerabilidad del sector pecuario en todos los municipios es alta. Según reportes de efectos de ceniza en el área de estudio y otras regiones, las especies menores, especialmente los cuyes, podrían verse afectados y el impacto sobre la economía sería notorio por el volumen que representa esta especie. El ganado vacuno, que representa la mayor proporción de producción del sector pecuario, junto con la leche, tendrían también un impacto fuerte debido al volumen que representan de toda la producción, aunque esta especie es menos susceptible que los cuyes. El cultivo de peces también es muy susceptible a la caída de ceniza, pero su impacto en términos económicos para la región sería comparativamente mucho menor que la de los dos anteriores, debido al volumen de producción que representan del total.
23. La vulnerabilidad física del sector industrial y comercial no se pudo establecer de la misma manera que en los otros sistemas debido a que no se dispuso de la localización (georreferenciación) de los componentes de estos sistemas, salvo los trapiches de los municipios de Sandoná, Consacá y El Tambo, que se tomaron del Estudio de Ingeominas 2002, de los cuales este estudio estimó la exposición a la amenaza general de ceniza y carga por ceniza en kPa que deberán soportar sus cubiertas. 17 trapiches están expuestos a soportar una carga de entre 0,6 a 1 kPa, 14 trapiches lo estarían para entre 1 y 2 kPa y 5 están expuestos a soportar cargas en sus cubiertas de hasta 2,9 kPa.
24. El 97% de las actividades comerciales e industriales de la zona de estudio se concentra en Pasto y el 3% restante se distribuye entre Consacá, La Florida, Nariño, Sandoná, Tangua y Yacuanquer. El 99% de la actividad económica se concentra en microempresas, dedicadas en su gran mayoría a actividades comerciales y de servicios y solo una mínima parte se dedica a actividades industriales.
25. El análisis de la vulnerabilidad funcional de los 3 sectores mencionados (agrícola, pecuario e industrial) arroja que las variables más influyentes son la

infraestructura vial, el sistema de transportes y el abastecimiento de combustibles, así como el suministro de energía. Las variables del sistema vial y de transportes, que tienen que ver con la comercialización porque permiten el envío de los productos a los centros de consumo de nivel local tanto como nacional, tienen una alta vulnerabilidad física y funcional en la vía regional principal (Circunvalar del Galeras) debido a que se vería afectada en una parte importante de su trayecto con daño severo por fenómenos volcánicos (ver Capítulo 5 – Sistema de vías y transportes).

26. La variable de abastecimiento de combustible es también crítica, pues depende del buen funcionamiento del sistema vial. Finalmente, la variable energía eléctrica tendrá mayor influencia en el sector de industria y comercio, localizado principalmente en la ciudad de Pasto (ver Capítulo V- Sistema eléctrico). Debido a lo planteado arriba, el sistema agrícola presenta una alta vulnerabilidad funcional y de presentarse el fenómeno volcánico con la severidad planteada en el mapa de Ingeominas, se producirían fuertes impactos a las familias que dependen directamente de estas actividades, las cuales se localizan principalmente en las zonas rurales de los municipios de interés (más de 150.000 personas según el DANE 2005), además de los impactos secundarios que sufrirían a las personas que habitan los centros urbanos del área de interés (más de 450.000 personas), por desabastecimiento de alimentos.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y
FUNCIONAL A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL
ÁREA DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS**

INFORME FINAL CAPÍTULO V

- 12. Sistema ecológico y natural -



San Juan de Pasto, 2009

CONTENIDO

5.12 Vulnerabilidad del sistema ecológico y natural.....	4
5.12.1 Descripción e inventario del sistema ecológico y natural.....	4
5.12.2 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema ecológico y natural.....	16
5.12.3 Conclusiones.....	46
5.12.4 Recomendaciones.....	47
Bibliografía.....	51

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Inventario de coberturas de origen natural a nivel municipal.....	6
Figura 2. Inventario de coberturas de origen natural	8
Figura 3. Localización de la zona de amortiguamiento SFFG.....	10
Figura 4. Veredas priorizadas Plan de Contingencia y monitoreo a los efectos de la actividad volcánica componente fauna del SFFG	12
Figura 5. Localización de infraestructura del SFFG y de reservas naturales de la sociedad civil - RNSC	14
Figura 6. Localización de infraestructura del SFFG y de reservas naturales de la sociedad civil, RNSC, en relación con el mapa de amenazas de Ingeominas.....	19
Figura 7. Localización de coberturas naturales con respecto al mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997), tercera versión.....	20
Figura 8. Exposición a ceniza de áreas de coberturas naturales en el área de estudio.....	22
Figura 9. Exposición a amenaza volcánica de las zonas de amortiguamiento del SFFG	25
Figura 10. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en el SFFG y en la zona de amortiguamiento.....	26
Figura 11. Mapa de exposición de las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia a la amenaza volcánica en el SFFG	28
Figura 12. Exposición por acumulación de ceniza volcánica de las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia a la amenaza volcánica en el SFFG	29
Figura 13. Efectos en la vegetación por la erupción del monte Saint Helens en 1981	34
Figura 14. Efectos de la lava en la vegetación	35
Figura 15. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales.....	37
Figura 16. Daño en coberturas naturales por fenómenos volcánicos en el SFFG.....	39
Figura 17. Daños en los recursos hídricos asociados a la actividad volcánica SFFG.	40

Figura 18. Áreas con posibilidad de daños asociados a los flujos piroclastos en SFFG	41
Figura 19. Áreas con posibilidad de daños asociados a los flujos de lava en SFFG	41
Figura 20. Áreas con posibilidad de daños asociados a la onda de choque en SFFG	42
Figura 21. Áreas con posibilidad de daños asociados por proyectiles balísticos en SFFG.....	42
Figura 22. Áreas con posibilidad de daños asociados a caída piroclástica en SFFG	43
Figura 23. Áreas con posibilidad de daños asociados a flujo de lodo en SFFG.....	43
Figura 24. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales en las veredas del SFFG.....	44
Figura 25. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales en zona de amortiguamiento del SFFG	45

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Área de jurisdicción de los siete municipios de la zona circundante al SFFG.....	4
Tabla 2. Zonas ecológicas del SFFG.....	5
Tabla 3. Distribución de áreas por km ² de cobertura de origen natural	6
Tabla 4. Distribución de áreas por km ² de cobertura natural	7
Tabla 5. Distribución de cobertura de origen natural en zona de amortiguamiento SFFG	9
Tabla 6. Áreas de veredas priorizada (km ²).....	11
Tabla 7. Áreas de coberturas naturales en cada vereda priorizada (km ²).....	13
Tabla 8. Reservas privadas de la sociedad civil - RNSC.....	14
Tabla 9. Exposición a ceniza de la infraestructura instalada en el SFFG.....	17
Tabla 10. Exposición a ceniza de la infraestructura instalada en el SFFG.....	21
Tabla 11. Vulnerabilidad a caída de ceniza de especies vegetales por sus características estructurales	23
Tabla 12. Vulnerabilidad del suelo por acumulación de ceniza volcánica	24
Tabla 13. Áreas de veredas priorizadas en el Plan de Contingencia expuestas a la amenaza volcánica en el SFFG	27
Tabla 14. Efectos directos sobre el sistema ecológico y natural	33
Tabla 15. Duración de los efectos volcánicos sobre la vegetación.....	35
Tabla 16. Niveles de daño por ceniza volcánica en la vegetación y ecosistemas	36
Tabla 17. Áreas con posibilidad de daños por la amenaza volcánica en el SFFG.....	38

5.12 Vulnerabilidad del sistema ecológico y natural

5.12.1 Descripción e inventario del sistema ecológico y natural

Dentro del área de estudio se encuentran el Santuario de Flora y Fauna Galeras – SFFG y otras zonas naturales. El SFFG se extiende unas 8 215 hectáreas, está en jurisdicción de los municipios de Nariño, Pasto, Tangua, Yacuanquer, Consacá, Sandoná y La Florida, a una altura de entre los 1 950 y los 4 276 msnm. En la tabla siguiente aparecen las áreas de intersección con los municipios mencionados.

Tabla 1. Área de jurisdicción de los siete municipios de la zona circundante al SFFG ¹

MUNICIPIO	ÁREA DE INTERSECCIÓN (ha)
Consacá	3974,47
La Florida	420,27
Nariño	265,45
Pasto	1460,70
Tangua	747,12
Sandoná	490,32
Yacuanquer	856,89
TOTAL	8215,22

Fuente: Gómez, Peña y Jiménez (2004), en UAESPNN, 2006

De acuerdo con UAESPNN (2007), el SFFG es una zona de gran riqueza hídrica, ya que existen más de 125 quebradas identificadas, varios ríos y cuatro lagunas (Telpis, Coba Negra, Verde y Mijitayo), además de numerosas lagunillas, que tributan aproximadamente 2 680 litros de agua por segundo y benefician a las numerosas comunidades humanas asentadas en las faldas del volcán Galeras, cerca de 500 mil personas.

Dentro del SFFG existe una diversidad de ecosistemas y especies de relevancia:

Tiene 3 zonas ecológicas²:

- Páramo, que se encuentra por encima de los 3 400 a 3 500 msnm, hasta la cima del cráter del volcán Galeras sobre los 4 276 msnm, zona caracterizada por su cobertura rocosa y presencia de plantas cojín en algunos sectores, pajonales y frailejonales, entre otros.

¹ Unidad Especial de Parques Nacionales Naturales. Plan de manejo 2006 – 2010. Santuario de flora y fauna Galeras. Resumen Ejecutivo. Pasto 2006

² UAESPANN (2006).

- Bosque andino, que corresponde a una franja de vegetación muy intervenida y con varios sectores fraccionados; se encuentra por debajo del bosque alto andino, sobre los 2 600 msnm y se extiende hasta los valles y hondonadas de las cuencas hidrográficas que se encuentran alrededor del Santuario.
- Bosque alto andino, que corresponde a una franja de vegetación característica entre los 2 600 msnm y el límite con la franja del páramo; en esta zona aún se encuentran áreas de vegetación sin intervención antrópica. En la tabla siguiente se presenta la extensión de las áreas ecológicas mencionadas.

Tabla 2. Zonas ecológicas del SFFG

ZONA ECOLÓGICA	ÁREA (ha)
Páramo	2 670
Bosque alto andino	3 724
Bosque andino	1 824
TOTAL	8 218

Fuente: (Plan de Manejo SFFG 2005 – 2009) en UAESPNN, 2006

La flora del SFFG está conformada por formaciones vegetales como el bosque achaparrado (amarillos, mortiños, alisos y canchos). También hay gran variedad de especies de árboles para uso como madera o leña, frutales como el motilón y el capulí y medicinales como el cerote; matorrales conformados por vegetación arbustiva con elementos leñosos y arbustal rosetal; pastizales y pajonales con predominio de las herbáceas, frailejones rosetales; así como prados, turberas, tremedales o agrupación de plantas cojín, chuscales, rosales y rosetales bajos, entre otros.

Para propósitos del análisis de la vulnerabilidad física de las especies vegetales existentes en la zona de estudio, se realizó el inventario de las coberturas de origen natural; se identificaron 14 categorías, que se extienden en un área de 405,68 km². En la figura siguiente se presenta la distribución en términos de porcentaje de las áreas de cobertura vegetal a nivel municipal.

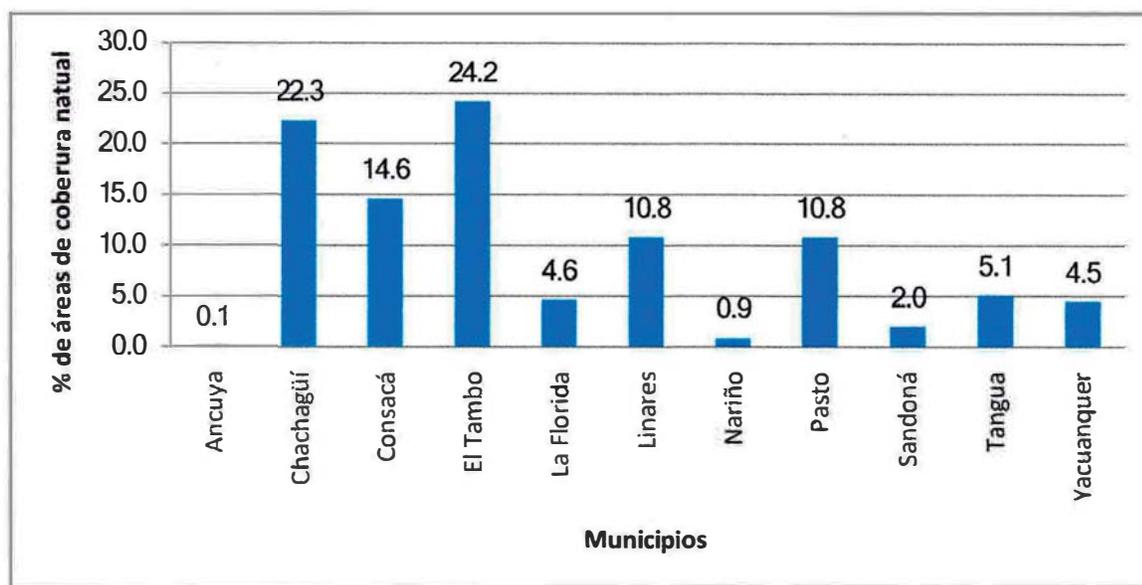


Figura 1. Inventario de coberturas de origen natural a nivel municipal

En la tabla siguiente se muestra la relación área municipal en km² vs. cobertura de origen natural de cada municipio.

Tabla 3. Distribución de áreas por km² de cobertura de origen natural

Municipio	Área municipal (km ²)	% de área municipal
Ancuya	0,49	0,1
Chachagüí	90,51	22,3
Consacá	59,11	14,6
El Tambo	98,14	24,2
La Florida	18,8	4,6
Linares	43,89	10,8
Nariño	3,66	0,9
Pasto	43,93	10,8
Sandoná	8,14	2,0
Tangua	20,81	5,1
Yacuanquer	18,2	4,5
Total	405,68	100

Con la información obtenida de la interpretación de la Imagen Spot (2006), los municipios que poseen mayor cobertura natural son El Tambo, con 98,51 km², el 24,2%, y Chachagüí, con 90,51 km², el 22,3%. Los siguen Consacá, con 59,11 km², el 14,6%, y Linares y Pasto, cada uno con 43,9 km², el 10,8%. En la tabla y figura siguientes se presenta de manera detallada la categorización de las coberturas de origen natural por

municipio y las áreas correspondientes a cada una de las 14, con su respectiva localización.

Tabla 4. Distribución de áreas por km² de cobertura natural

Municipio	Arbustal y/o Matorral denso (>70%)	Arbustal y/o Matorral discontinuo (40-70%)	Arbustales - Bajos (<50cm)	Arbustales - Rosetales con herbáceas (<40%)	Bosques - Medios y altos (>25m)	Bosques - Bajos (<25m)	Bosque - abierto (40-70%) - con arbustales	Bosque - abierto (40-70%) - con herbazales	Bosque abierto (40-70%) - con rosetales	Herbazales - Altos (>50cm)	Herbazales - Bajos (<50cm)	Cuerpos de agua	Afloramientos Rocosos	Área total Municipal	% Área total Municipal
Ancuya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0,49	0,12
Chachagüí	0	17,42	0,79	0,26	20,22	0	7,64	0	0	44,18	0	0	0	90,51	22,31
Consacá	1,03	0	0	3,28	16,89	9,05	17,85	4,46	1,84	1,58	0	0,2	2,98	59,11	14,57
El Tambo	0	15,81	0	2,88	19,57	0	0	0	0	59,46	0	0,4	0	98,14	24,19
La Florida	0	0,45	0	1,29	6,43	1,01	1,74	0,78	0	6,29	0	0	0,81	18,8	4,63
Linares	0	18,78	0	0	0,68	0	0	0	0	0	23,31	1,1	0	43,89	10,82
Nariño	0	0	0	1,62	0	0	0,02	1,76	0	0	0	0	0,26	3,66	0,90
Pasto	0	0,42	0,88	8,03	6,61	0	20,59	3,99	0	0	0	2,4	0,99	43,93	10,83
Sandoná	0	0	0	0,68	4,99	2,2	0	0,03	0	0	0	0,2	0	8,14	2,01
Tangua	8,04	0	0	5,35	2,12	0,01	5,16	0	0	0,09	0	0	0	20,81	5,13
Yacuanquer	3,15	0	0	3,26	0,09	0,7	9,96	0,38	0,15	0,07	0	0,4	0	18,2	4,49
Total	12,22	52,88	1,67	26,65	77,6	12,97	62,96	11,4	1,99	111,7	23,31	5,3	5,04	405,68	100

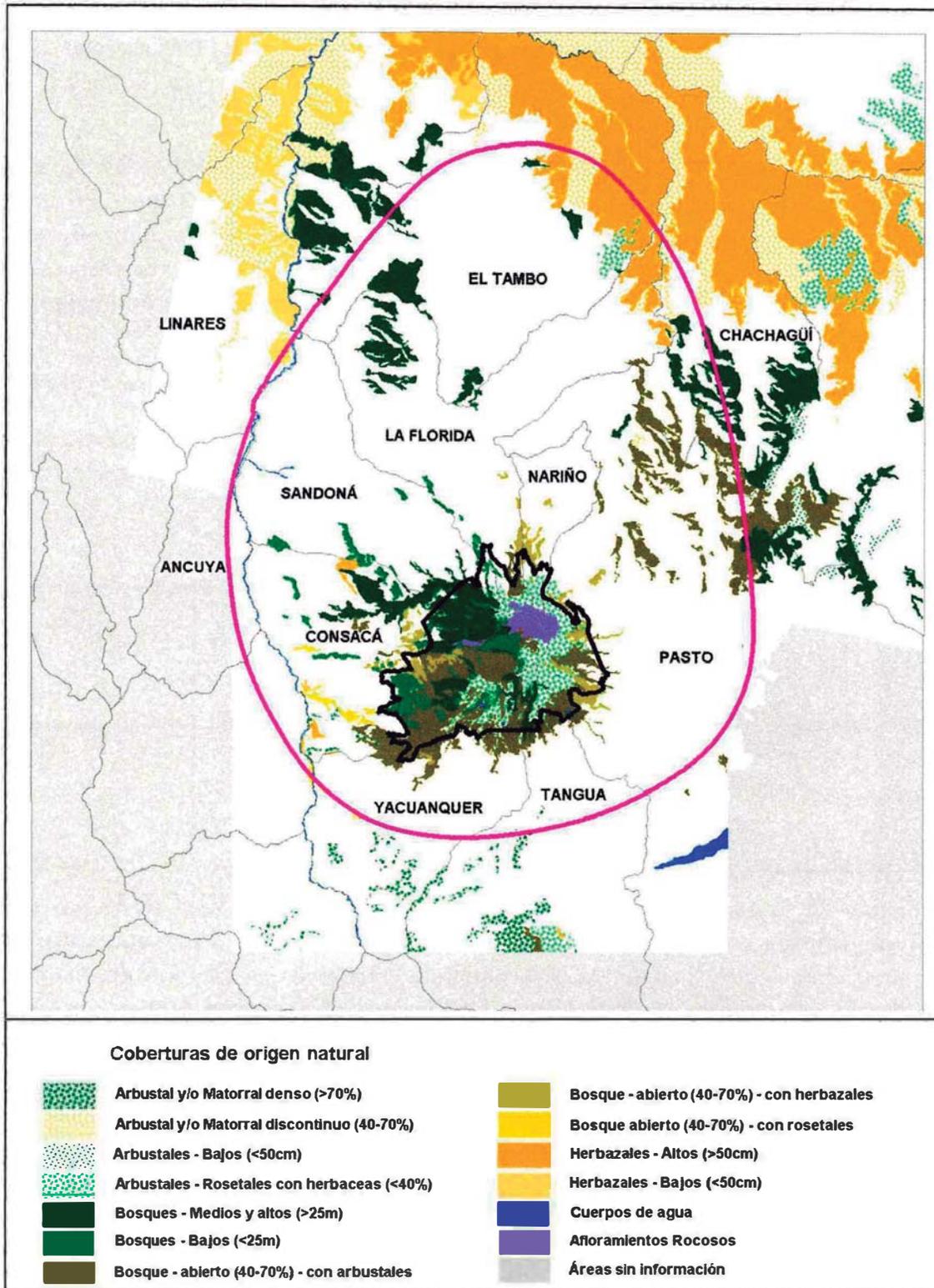


Figura 2. Inventario de coberturas de origen natural

El Santuario de Flora y Fauna del Galeras tiene un área estimada de 82.4 km², de las cuales el 61.9% es cobertura de bosque, el 23,4% páramo, el 8.4% son áreas agropecuarias, el 6,13% afloramientos rocosos y el 0,25% cuerpos de agua, que corresponden a las lagunas existentes.

Las zonas amortiguadoras propuestas por la UAESPANN para el SFFG y las que están destinadas a la atenuación de los disturbios y prevención de alteraciones en dichas zonas, en las que se pueden imponer limitaciones y restricciones al dominio y al uso del territorio, abarcan cerca de unos 200 km², de los cuales 33.8 km² (17%) corresponden a coberturas naturales que se clasifican en 9 categorías, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Distribución de cobertura de origen natural en zona de amortiguamiento SFFG

Cobertura natural	Área en km²
Herbazales Altos (>50cm)	1,09
Arbustal y/o Matorral denso (>70%)	0,71
Bosques Bajos (<25m)	2,44
Bosque abierto (40-70%)-con arbustales	12,57
Bosque abierto (40-70%)-con herbazales	6,01
Bosque abierto (40-70%)-con rosetales	0,62
Bosques Medios y altos (>25m)	8,37
Cuerpos de agua	0,11
Rosetales con herbáceas (<40%)	1,88
Total	33,8

El municipio de Consacá tiene cerca de 15,16 km² (44,9%) del total de la cobertura natural identificada en la zona de amortiguamiento, seguido por Yacuanquer con 7,01 km² (20,5%), Pasto con 4,24 km² (12,5%), Sandoná y Tangua con 2,34 km² (6,9%) y 2,46 km² (7,3%) respectivamente, y por último La Florida y Nariño con 1,31 km² (3,9%) y 1,28 km² (3,8%) cada uno. En la figura siguiente se muestra la localización de la zona de amortiguamiento.

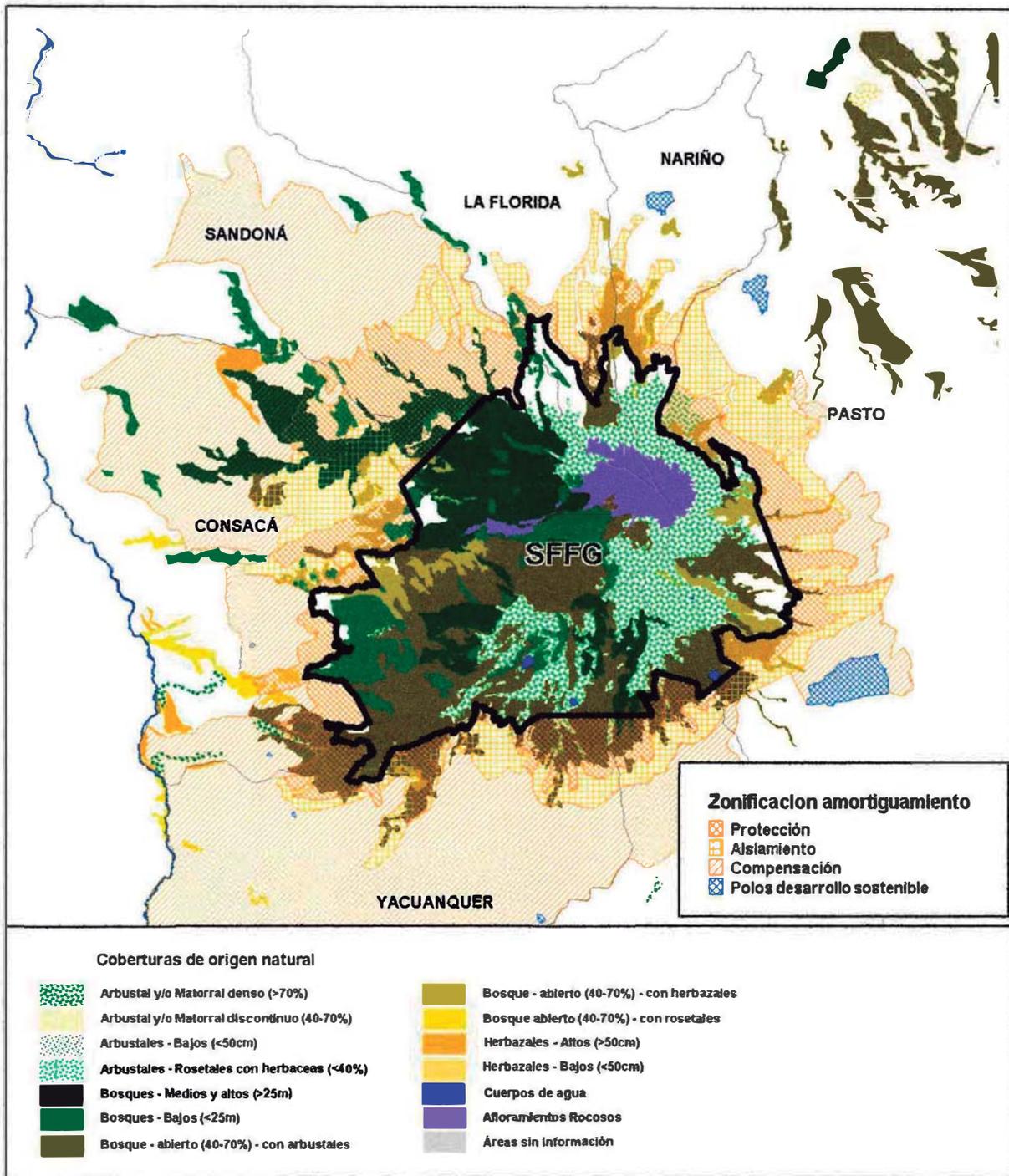


Figura 3. Localización de la zona de amortiguamiento SFFG

Del SFFG hacen parte unas 33 veredas, repartidas de la siguiente manera³:

- Municipio de Yacuanquer: La Aguada, La Pradera, Mejía, El Rosario, San Felipe, Mohechiza Alto, Mohechiza Bajo, Chapacual, La Guaca, Arguello, Zaragoza.
- Municipio de Consacá: San Rafael, Josepe, Alto Bomboná, San José de Bomboná, Churupamba.
- Municipio de Sandoná: Santa Bárbara.
- Municipio de La Florida: El Barranco, Panchindo.
- Municipio de Nariño: El Chorrillo, El Silencio.
- Municipio de Tangua: La Marqueza, Los Ajos.
- Municipio de Pasto: Mapachico, San Cayetano, Los Lirios, San Felipe, La Playa, Bella Vista, San Antonio, Cubiján Alto, Aguapamba, Charquaiyaco, la Cocha, Villa María.

En el Plan de contingencia y monitoreo a los efectos de la actividad volcánica, componente de fauna del SFFG⁴ (Gil, 2008), se priorizaron para su intervención 12 veredas: San Antonio, Churupamba, San José de Bomboná, Cariaco Alto y Josepe en el municipio de Consacá; Zaragosa y San Felipe en el municipio de Yacuanquer; La Marquesa en el municipio de Tangua; San Felipe y San Cayetano en el municipio de Pasto; Barranco en el municipio de La Florida y Santa Bárbara en el municipio de Sandoná. En la siguiente figura aparece la localización de estas veredas que representan los polígonos achurados y delimitados en rojo intenso⁵. En la tabla siguiente se presenta la extensión de las áreas priorizadas.

Tabla 6. Áreas de veredas priorizada (km²)

Vereda	Área km ²
Barranco	9,79
Cariaco Alto	1,88
Churupamba	14,7
Josepe	7,05
San Antonio	5,29
San José de Bomboná	17,27
La Marquesa	5,35
San Felipe (Yacuanquer)	2,62
Zaragoza	2,25
San Cayetano	4,76
San Felipe (Pasto)	3,56
Santa Bárbara	20,18
Total veredas	94,7

³ UAESPANN, 2008. Cartografía del Proyecto.

⁴ En el Plan de manejo del Santuario de Flora y Fauna Galeras (2005) se define como uno de los objetivos: "Conservar recursos genéticos de especies de flora y fauna, ecosistemas y los procesos ecológicos asociados a los biomasa Páramo, Bosques alto andino y andino del Complejo Volcánico del Galeras". Como parte de esta propuesta se pretende que las comunidades locales desarrollen acciones y realicen pactos para ofrecer a las poblaciones silvestres de fauna de mayor seguridad y de bienestar. Gil, 2008.

⁵ Los polígonos en color rojo definidos en líneas más delgadas y tenues representan el resto de las veredas localizadas en la Zona de Amortiguación del SFFG.

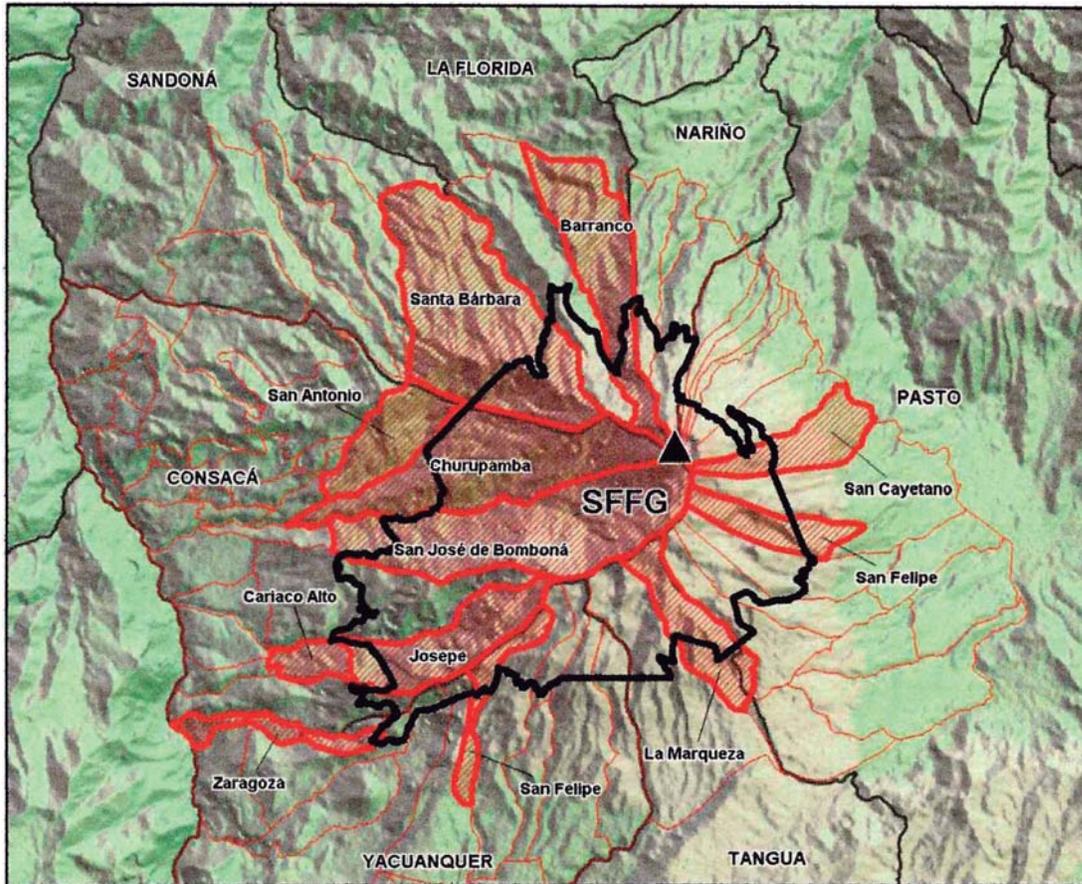


Figura 4. Veredas priorizadas Plan de Contingencia y monitoreo a los efectos de la actividad volcánica componente fauna del SFFG

Según Gil (2008) actualmente el SFFG presenta una diversidad de amenazas antrópicas por intervención en los ecosistemas naturales, aumentando la presión sobre la fauna existente que lo hacen aún más vulnerable a los fenómenos volcánicos. Esta se expresa en:

- Reducción de la cobertura vegetal original por la acelerada intervención por implantación de cultivos agrícolas. La zona limítrofe entre la vegetación arbórea (cerrada) y la herbácea (abierta) prácticamente ha desaparecido en algunas localidades por que las áreas naturales se dedicaron al pastoreo o cultivo de papa.
- Utilización de extensas superficies en el ecosistema de páramo del SFFG para ganadería extensiva e implantación de cultivos agrícolas, y excesiva explotación de las macollas de *Calamagrostis efussa* para el techado de las casas de campo (tala).
- Incendios forestales continuos sobre la diversidad florística del páramo.
- Presencia de infraestructura y turismo sin control.

En la tabla siguiente se presenta las áreas de coberturas de origen natural en las veredas priorizadas estimadas a partir de imagen Spot (2006).

Tabla 7. Áreas de coberturas naturales en cada vereda priorizada (km²)

Vereda	Municipio	Arbustal y/o Matorral denso (>70%)	Arbustales - Bajos (<50cm)	Arbustales - Rosetales con herbáceas (<40%)	Bosques - Medios y altos (>25m)	Bosques - Bajos (<25m)	Bosque - abierto (40-70%) - con arbustales	Bosque - abierto (40-70%) - con herbazales	Bosque abierto (40-70%) - con rosetales	Herbazales - Altos (>50cm)	Cuerpos de agua	Afloramientos Rocosos	Área total coberturas naturales	% de cobertura natural
Barranco	La Florida	0	0	0,59	0	0	1,19	0,59	0	0	0	0,51	2,88	29
Cariaco Alto	Consacá	0	0	0	0	0	0,25	0	0,42	0	0	0	0,67	36
Churupamba		0	0	0,65	7,8	0,95	0,23	1,12	0	0	0	1,93	12,66	86
Josepe		0	0	0,7	0,9	0,74	3,65	0	0	0	0	0	6,01	85
San Antonio		0	0	0	1,9	0	0	0,44	0	0	0	0	2,34	44
San José de Bomboná		0	0	1,2	1,3	2,1	8,16	2,6	0	0	0	1	16,36	95
La Marquesa		Tangua	0	0	1,88	0,3	0,01	1,94	0	0	0	0,06	0	4,17
San Felipe	Yacuanquer	0	0	0,63	0	0,16	0,74	0	0	0	0,04	0	1,57	60
Zaragoza		0,32	0	0	0	0	0,5	0	0	0,03	0	0	0,85	38
San Cayetano	Pasto	0	0	0,57	0	0	0,07	0,45	0	0	0	0,17	1,26	26
San Felipe		0	0	0,8	0	0	1,32	0	0	0	0	0,02	2,14	60
Santa Bárbara	Sandoná	0	0	0,64	4,4	0,58	0	0,02	0	0	0	0	5,65	28
	Total cobertura	0,32	0	7,66	17	4,54	18,05	5,22	0,42	0,03	0,1	3,63	56,56	60

Como se observa en la tabla anterior, el nivel de intervención antrópica de las veredas identificadas como prioritarias en el Plan de contingencia del SFFG, es muy alto. Sin embargo, veredas como José de Bomboná, Josepe, Churupamba, La Marquesa y San Felipe (Pasto) tienen mayores niveles de cobertura natural.

A partir de datos suministrados por la territorial Surandina de la UAESPNN, se identificaron 58 predios inscritos como reservas privadas de la sociedad civil (RNSC) distribuidas así: 35 en el municipio de Pasto, 16 en Yacuanquer y 7 en Consacá, todas ubicadas en la Zona de Amortiguación de SFFG, (ver tabla y figura siguiente). Actualmente se consolidan alrededor de 114 reservas en diferentes veredas de la zona de influencia del Santuario⁶.

⁶ UAESPANN, 2007. Plan de contingencia actividad volcánica - SFFG

Tabla 8. Reservas privadas de la sociedad civil - RNSC

ZONA	MUNICIPIO	PREDIOS	PROPIETARIOS	ÁREA ha
SAN FELIPE	Pasto	20	15	32,36
	Yacuanquer	16	16	42,46
	Consacá	7	7	14,19
MAPACHICO	Pasto	15	14	Sin dato
	TOTAL	58	52	

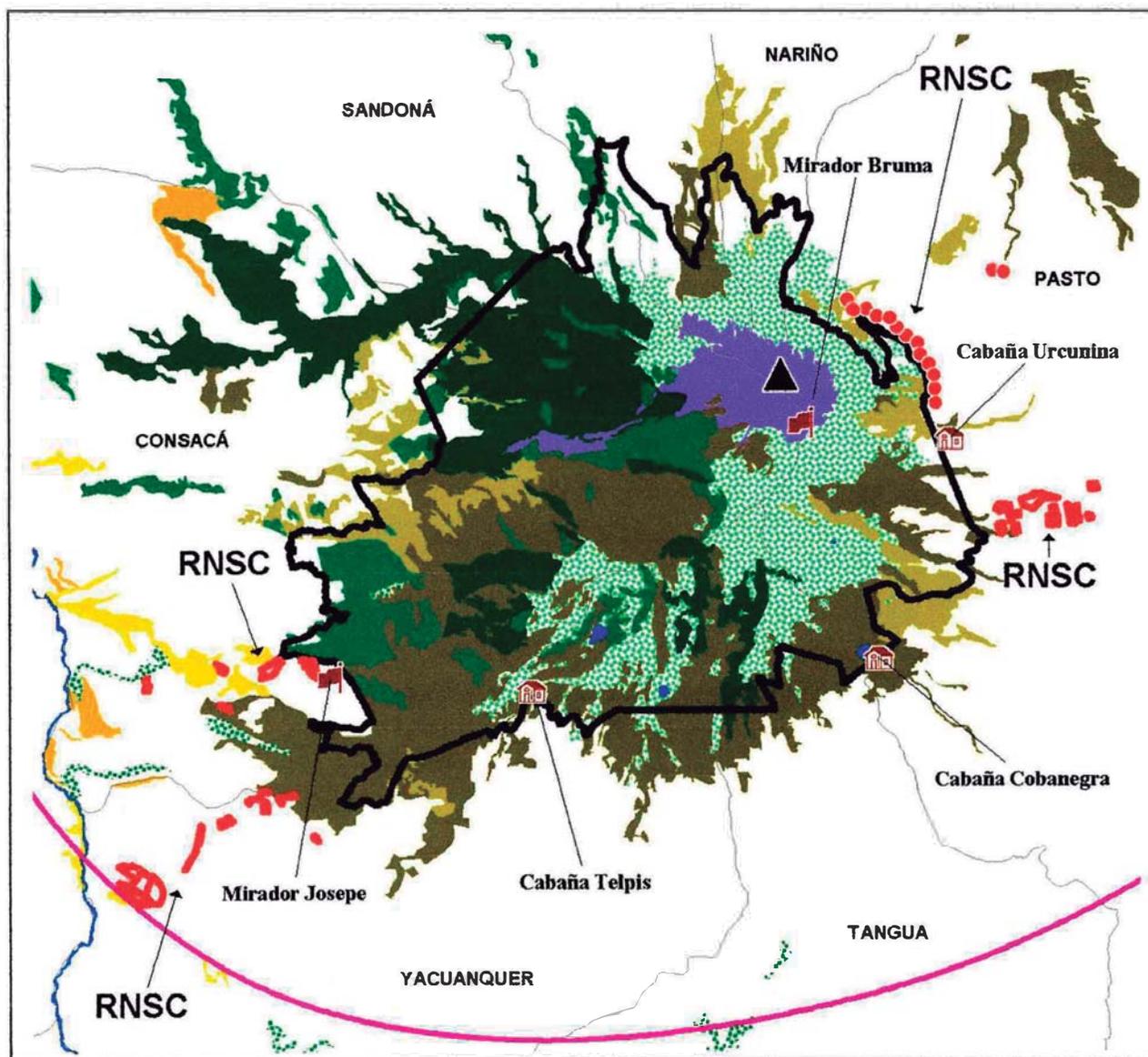


Figura 5. Localización de infraestructura del SFFG y de reservas naturales de la sociedad civil - RNSC

Entre la fauna característica de la zona de estudio se encuentran animales de interés de observación y conservación⁷ como:

- ✦ Mamíferos medianos y pequeños de varias especies (venado soche, venado conejo, lobo, pimango (sacha perro), raposa, ardilla, armadillo, conejo, cusumbo, guagua, pintadilla y guagua de monte, chuchas o zarigüeyas, ratones y danta de páramo, entre otros.
- ✦ Nueve especies de aves (pava, colibrí, lorito, zambullidor plateado, pato brasileño, pato pico de oro, pato andino, tororoi media luna, azulejo wetmore), entre otros. Dentro de las especies de colibríes, según Calderón (1998), en Gil (2008) se reportan 13, de las cuales nueve son residentes del área de estudio.
- ✦ Dos especies de anfibios (rana de lluvia del Galeras y sapito arlequín de Nariño), así como serpientes tierreras, un lagarto collarejo y dos pequeños microteidos, entre otros.
- ✦ Nueve especies de arañas en el sector Caba Negra y 93 especies de mariposas.

Se destaca la existencia de predios particulares de comunidades campesinas, unos parcialmente localizados en la parte alta y en su interior (UAESPNN, 2006). También se conoce de la existencia de una Asociación de Comunidades Campesinas Andinas de Nariño – Tierrandina, que aglutina cerca de 900 familias de los alrededores y de la zona de amortiguación del Santuario (UAESPNN, 2007).

La infraestructura instalada en el SFFG de la UAESPNN está conformada por 3 cabañas de control y vigilancia, 2 en el municipio de Pasto, Urcunina y Caba Negra, y otra en el sector Telpis, en el municipio de Yacuanquer. De la misma manera existen dos miradores, el primero, denominado Bruma, localizado a 1 km del cráter, y el segundo, denominado Josepe, en la vereda del mismo nombre en el municipio de Consacá.

Hacen parte también de los elementos expuestos los sectores dedicados al ecoturismo y los senderos de Anchichay y Fraylejónal en Pasto; el sendero de la laguna Negra entre los municipios de Pasto y Tangua, el sendero y mirador sector Telpis, del municipio de Yacuanquer y el sendero vereda Josepe, en el municipio de Consacá. (Ver Figura 4).

En cuanto a personal expuesto a la amenaza volcánica, existe en el sector Pasto – volcán Galeras 1 funcionario de turno; sector Pasto oficina cuatro funcionarios; sector la Laguna Negra 1 funcionario de turno; en el sector Mijitayo 1 funcionario y en el sector Telpis, 2 contratistas.⁸

En relación con los sistemas de comunicaciones, la UAESPNN- Territorial Surandina cuenta en el sector de Pasto–volcán Galeras con 1 radio de 40 m HF, batería y cargador,

⁷ Gil (2008).

⁸ Ibid.

así como con 1 radio base Motorola; en el sector Pasto-oficina, con 1 radio de 40 m HF, 1 radio base Motorola y 3 radios Handy y telefax. En el sector laguna Negra hay 1 radio de 40 m HF; los sectores Mijitayo y Telpis cuentan cada uno con el servicio SAI⁹ de Telecom. En la figura siguiente se muestra la localización de la infraestructura del SFFG y las reservas naturales de la sociedad civil-RNSC, a partir de la información suministrada por la UAESPNN.

5.12.2 Evaluación de la vulnerabilidad física del sistema ecológico y natural

La vulnerabilidad física a fenómenos volcánicos del sistema ecológico y natural en el área de estudio se determinó a partir del cruce de dos variables: los fenómenos volcánicos, representados en el mapa de amenazas del Ingeominas (1997) y los elementos expuestos identificados en el territorio, que comprenden elementos naturales como la vegetación densa de bosque, la vegetación ligera, los cuerpos y corrientes de agua de importancia, la fauna y la flora, tanto de especies endémicas como no endémicas de importancia de conservación, así como la infraestructura existente en zonas del SFFG y la que está por fuera de ellas, localizada al interior de la Zona 1, es decir dentro del óvalo del mapa de amenazas del Ingeominas.

La vulnerabilidad de los elementos expuestos depende de la severidad del fenómeno volcánico (solicitud), su distancia con respecto a la fuente de emisión, y su resistencia, que depende de sus características físicas (estructura, composición y diversidad) y estado de conservación o intervención. A continuación se presentan los resultados obtenidos, que tienen en cuenta el número de elementos expuestos y las áreas que pueden verse afectadas. Por último se presenta el nivel de daño que se podría producir.

5.12.2.1 Vulnerabilidad física de la infraestructura instalada en el SFFG y las reservas naturales de la sociedad civil - RNSC

Con relación a las cabañas y miradores del SFFG georreferenciadas en la cartografía suministrada por la UAESPANN, con respecto al mapa de amenaza general volcánica del Ingeominas, tercera versión, (1997), las 3 cabañas están en zona de amenaza volcánica baja. El mirador de Bruma se localiza en amenaza alta y el de Josepe en amenaza baja. El sendero Coba Negra y el Josepe están en amenaza baja.

La localización de los elementos anteriormente mencionados con respecto a la zonificación de amenaza volcánica por los fenómenos de onda de choque y proyectiles balísticos modelada por Ingeominas, muestra que las tres cabañas y el sendero Coba Negra (entre los municipios de Pasto y Tangua), están en zona de amenaza media por onda de choque, lo que significa, de acuerdo con Ingeominas (1997), que estarían

⁹ *Ibíd.*

expuestas a sobrepresiones de onda entre 10.000 y 700 pascales, que pueden generar ruptura de vidrios y daño menor en estructuras, e incluso derribar personas. El mirador de Bruma está en zona de amenaza alta por onda de choque, lo que significa que los elementos naturales y humanos que se encuentren en este sitio estarían expuestos a sobrepresiones superiores a 10.000 pascales, que pueden hacer peligrar la vida humana y ocasionar daños considerables en estructuras. Por su parte, el mirador Josepe y el sendero del mismo nombre (en el municipio de Consacá), están en zona de amenaza baja por onda de choque, lo que significa que estarían expuestos a sobrepresiones de entre 200 y 700 pascales, que tienen efectos leves sobre los elementos.

En cuanto a la amenaza volcánica por proyectiles balísticos, de acuerdo con el mapa de amenaza volcánica del Ingeominas, la cabaña Urcunina, que está a 3,3 km de distancia del cráter, y el sendero Coba Negra, a 5 km de distancia del cráter, se encuentran en amenaza baja por proyectiles balísticos, es decir, que hay una probabilidad baja de ser alcanzados por uno de ellos. El mirador Bruma se localiza a menos de 1 km del cráter del volcán Galeras, en zona de amenaza alta por proyectiles balísticos, lo que, de manifestarse el fenómeno, podría significar impactos de proyectiles de entre 40 cm a 1 metro de diámetro. Las cabañas Coba Negra, a 5,5 km de distancia del cráter y Telpis situada a 7,4 km del mismo, así como el mirador Josepe y el sendero que lleva el mismo nombre, que están a 10 km de distancia del cráter, no están expuestos a este fenómeno.

A partir del modelo de acumulación de ceniza elaborado por la Corporación OSSO para este Estudio con base en el mapa de Ingeominas (1997), se estimó la cantidad de ceniza acumulada a la que estaría expuesta la infraestructura instalada del SFFG. En la tabla siguiente se presentan estos estimativos.

Tabla 9. Exposición a ceniza de la infraestructura instalada en el SFFG

Elemento	Cantidad de ceniza promedio (cm)
Cabaña Coba Negra	29
Cabaña Urcunina	15
Cabaña Telpis	28
Mirador Bruma	31
Mirador Josepe	25
Sendero San Felipe (Pasto)	10,3
Sendero Josepe (entre Consacá y Yacuanquer)	14

La tabla anterior permite inferir que todos los elementos analizados podrían tener una alta acumulación de ceniza, en cantidades que van desde los 10 a los 31 cm, suficientes para generar daños graves como el colapso de techos; también se generarían efectos nocivos para la flora y la fauna, contaminación de los recursos hídricos, colmatación de

fuentes, interrupción de la accesibilidad y probable migración de especies animales fuera del ámbito del parque. Estas cantidades de ceniza también pueden causar trastornos funcionales en las actividades que se realizan al interior del SFFG.

Con respecto al mapa general de amenaza del Ingeominas (1997), los 23 predios de las RNSC, que se localizan los municipios de Yacuanquer y Consacá, se encuentran en amenaza baja. En cuanto a los 20 predios de las reservas localizadas en la vereda San Felipe, municipio de Pasto, 6 están en amenaza media por nube acompañante o flujos de lodo en cercanías de la quebrada Mijitayo y 1 está en zona de amenaza alta, expuestos a flujos piroclásticos; los 13 predios restantes se localizan en zona de amenaza baja. Sin embargo, a partir del modelamiento de acumulación de ceniza realizado por la Corporación OSSO, se observó que en los predios correspondientes a las RNSC ubicadas en San Felipe, en Pasto, los niveles de ceniza promedio que se pueden acumular son de cerca de 10,3 cm, y en las localizadas entre los municipios de Consacá y Yacuanquer llegan a 14 cm. Estos niveles de acumulación de ceniza pueden generar pérdida total de la fauna y la flora de estos lugares. En la siguiente figura se señala la localización de los elementos analizados respecto a los fenómenos volcánicos que los pueden afectar.

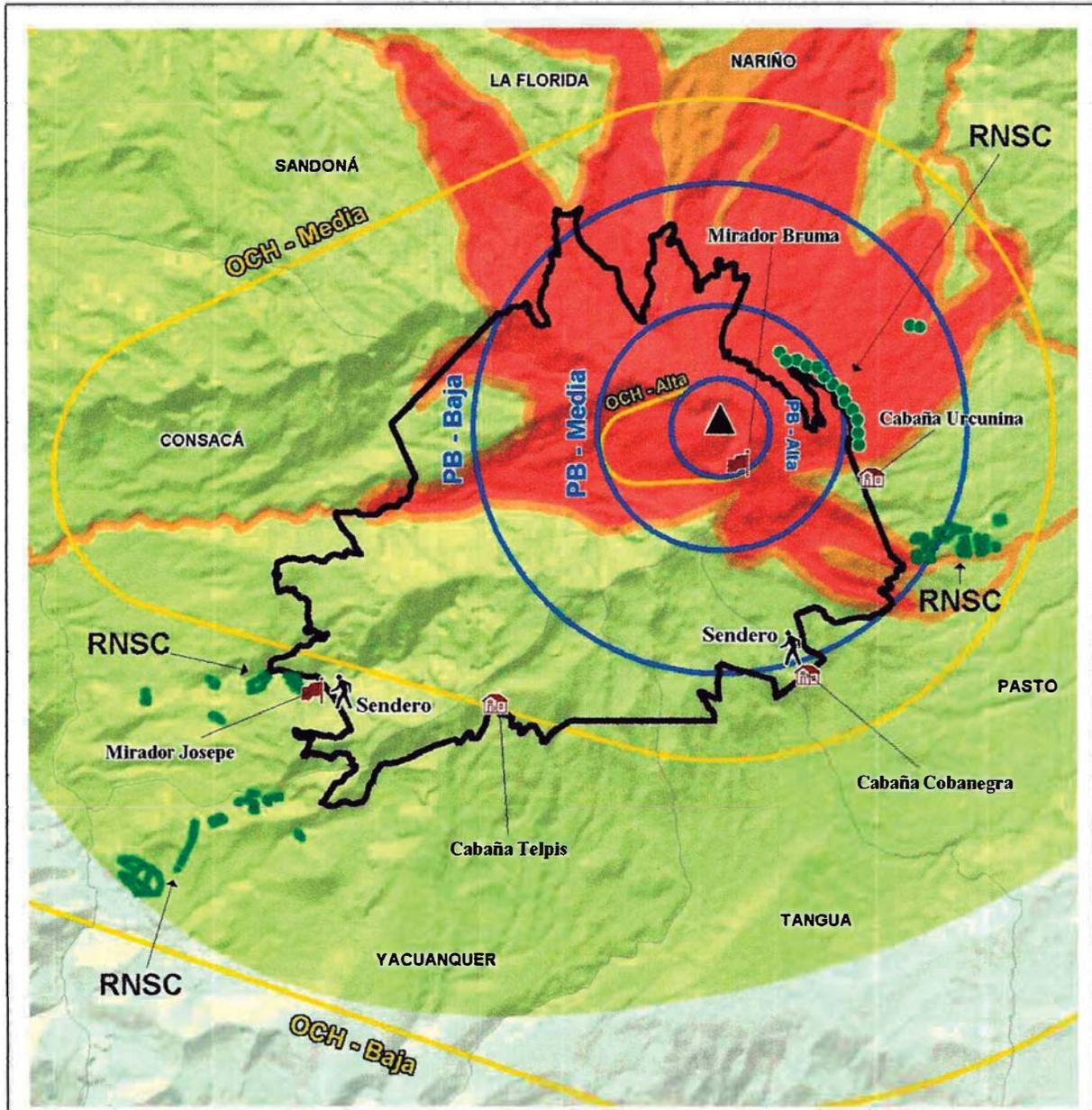


Figura 6. Localización de infraestructura del SFFG y de reservas naturales de la sociedad civil, RNSC, en relación con el mapa de amenazas de Ingeominas

En la siguiente figura se observa la localización de las coberturas naturales (áreas achuradas en color verde) con respecto al mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997) tercera versión, que muestra la exposición de las coberturas naturales a los tres niveles de amenaza, alta, media y baja.

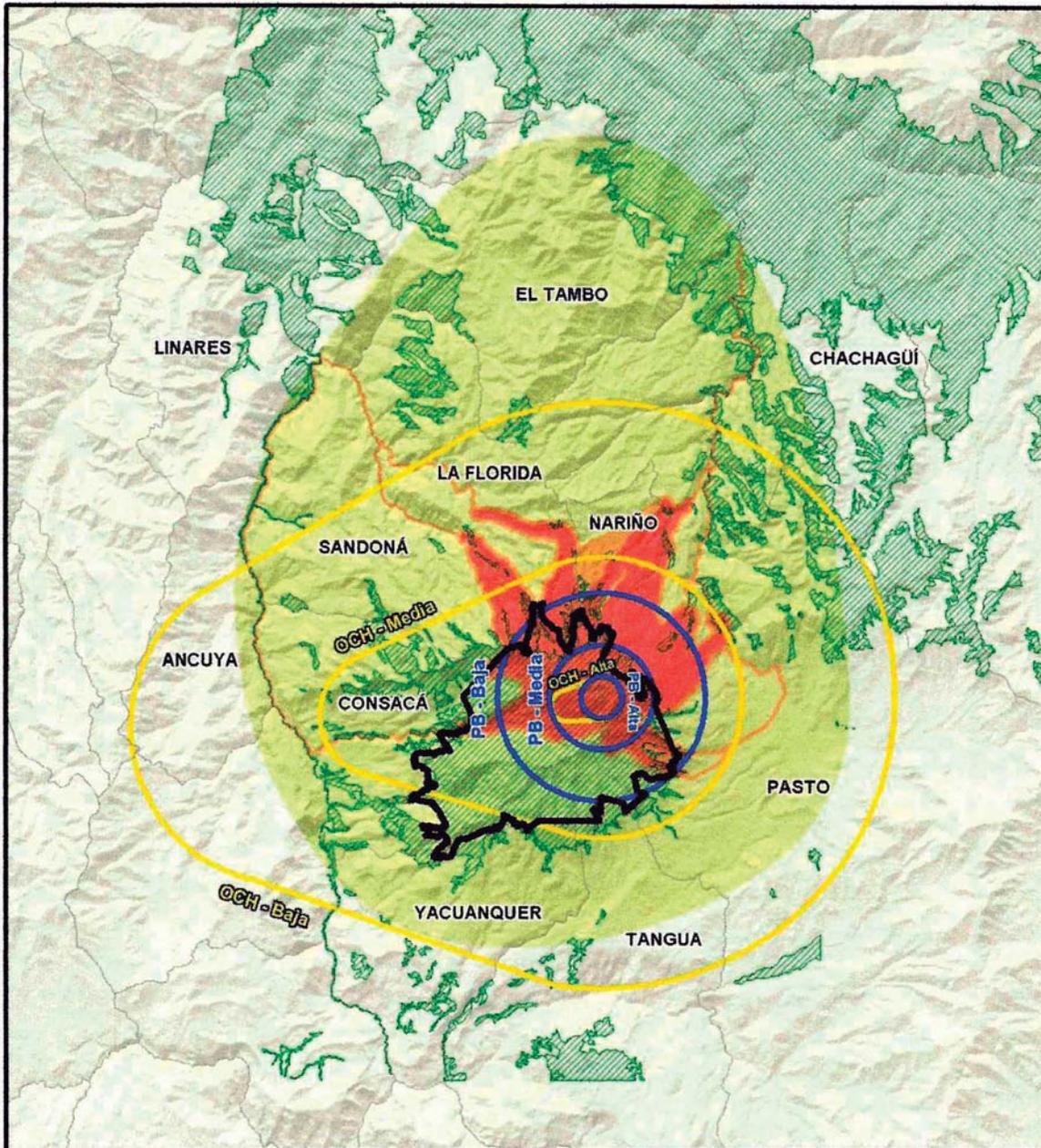


Figura 7. Localización de coberturas naturales con respecto al mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997), tercera versión.

En la tabla siguiente se incluyen los niveles de exposición por municipio que tienen las 14 categorías de coberturas naturales.

Tabla 10. Exposición a ceniza de la infraestructura instalada en el SFFG

Municipio	Amenaza	Exposición a ceniza de la infraestructura instalada en el SFFG													
		Arbustal y/o Matorral denso (>70%)	Arbustal y/o Matorral discontinuo (40-70%)	Arbustales - Bajos (<50cm)	Arbustales - Rosetales con herbáceas (<40%)	Bosques - Medios y altos (>25m)	Bosques - Bajos (<25m)	Bosque - abierto (40-70%) - con arbustales	Bosque - abierto (40-70%) - con herbazales	Bosque abierto (40-70%) - con rosetales	Herbazales - Altos (>50cm)	Herbazales - Bajos (<50cm)	Cuerpos de agua	Afloramientos Rocosos	Área total Municipal expuesta
Ancuya	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,42	0	0,42
	Baja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0	0,07
Chachagüí	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0,26	0	0,12	0,09	0	0,43	0	0	0,05	0	0	0	0,95
	Baja	0	1,48	0	0,11	5,26	0	6,12	0	0	0,19	0	0	0	13,16
Consacá	Alta	0	0	0	1,2	4,07	2,05	1,55	0,23	0	0	0	2,98	0	12,08
	Media	0	0	0	0,37	1,43	0,53	1,29	0,47	0	0	0	0,07	0	4,16
	Baja	1,03	0	0	1,71	11,39	6,47	15,01	3,76	1,84	1,58	0	0,08	0	42,87
El Tambo	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,01
	Baja	0	3,91	0	2,88	8,87	0	0	0	0	13,22	0	0	0	28,88
La Florida	Alta	0	0	0	1,19	0	0,92	1,45	0,68	0	0	0	0,81	0	5,05
	Media	0	0,03	0	0,1	0,01	0,05	0,08	0,1	0	0,3	0	0	0	0,67
	Baja	0	0,42	0	0	6,42	0,04	0,21	0	0	5,99	0	0	0	13,08
Linares	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,35	0	0	0,35
	Baja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,52	0,02	0	0	0,54
Nariño	Alta	0	0	0	1,62	0	0	0,02	1,28	0	0	0	0,26	0	3,18
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0,48	0	0	0	0	0	0,48
	Baja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasto	Alta	0	0	0	5,16	0	0	3,12	1,94	0	0	0	0,99	0	11,21
	Media	0	0,09	0	0,76	0	0	1,53	0,52	0	0	0	0	0	2,9
	Baja	0	0,33	0	2,11	0,92	0	12,86	1,53	0	0	0	0,05	0	17,8
Sandoná	Alta	0	0	0	0,68	3,19	0,43	0	0,02	0	0	0	0	0	4,32
	Media	0	0	0	0	0,37	0,07	0	0,01	0	0	0,09	0	0	0,54
	Baja	0	0	0	0	1,43	1,7	0	0	0	0	0,15	0	0	3,28
Tangua	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baja	0,15	0	0	2,99	2,12	0,01	4,62	0	0	0	0,04	0	0	9,93
Yacuanquer	Alta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Media	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Baja	0	0	0	3,26	0,09	0,7	9,96	0,38	0,01	0,07	0	0,14	0	14,61
Total		1,18	6,52	0	24,26	45,66	12,97	58,25	11,4	1,85	21,4	0,52	1,49	5,04	190,54

En la siguiente figura se presenta los resultados de la exposición a cenizas de las áreas de coberturas naturales, teniendo en cuenta el modelo de acumulación de ceniza elaborado por la Corporación OSSO y la precipitación.

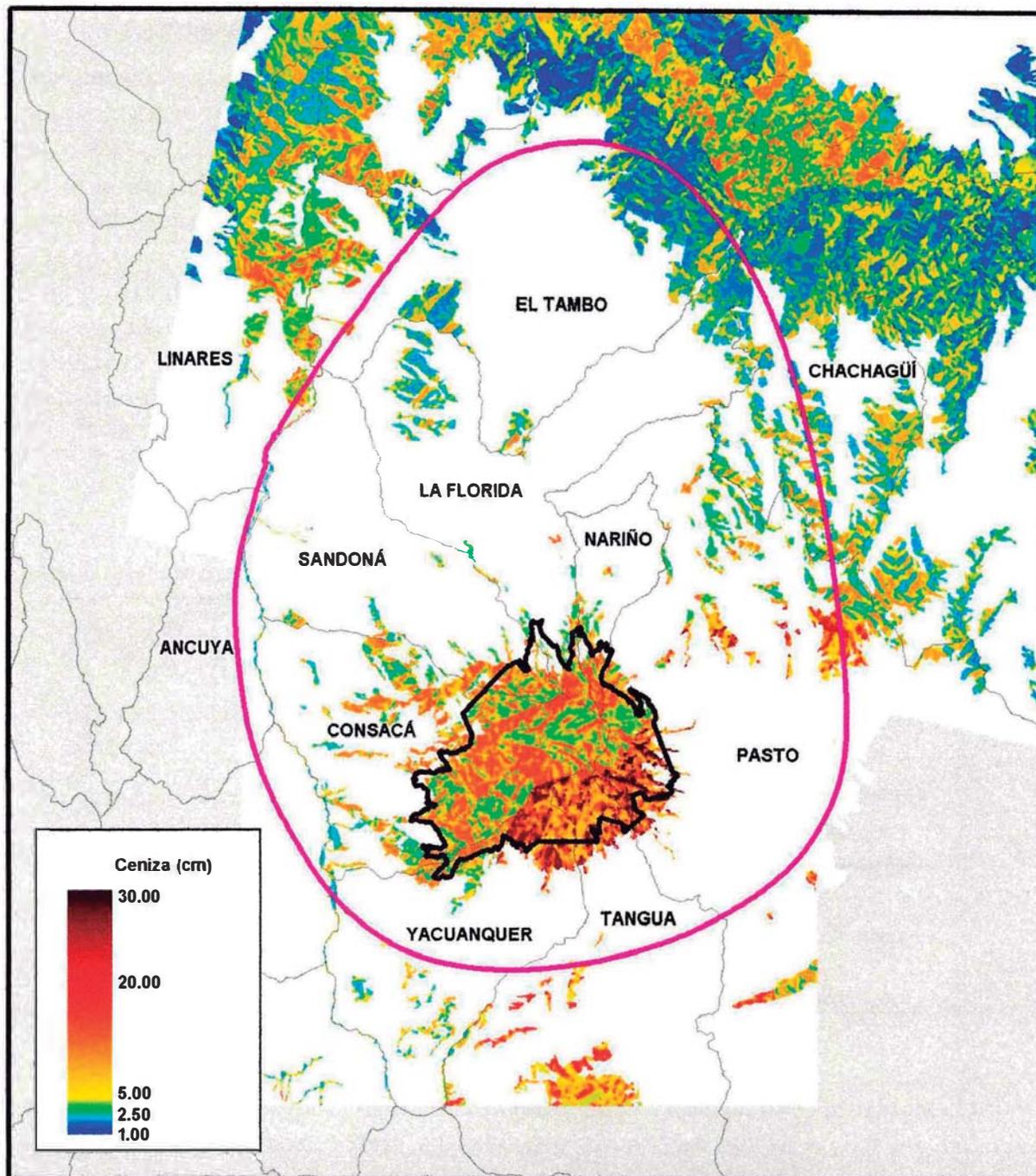


Figura 8. Exposición a ceniza de áreas de coberturas naturales en el área de estudio.

Como se aprecia en la figura anterior, los mayores niveles de acumulación de ceniza volcánica se presentarían hacia al sur del SFFG, lo que se facilita por la topografía del

terreno y los niveles menores de precipitación que se presentan en esta zona del Santuario. En esta zona, la cobertura vegetal tendría mayor vulnerabilidad.¹⁰

Los efectos de caída y acumulación de ceniza volcánica sobre la vegetación pueden ser determinados a partir del análisis sus características estructurales que indican el grado de retención de ceniza volcánica sobre el follaje. De acuerdo con Cárdenas (2006), más de 30 cm de espesor en un depósito pueden ocasionar un grave impedimento para la supervivencia de la mayoría de las especies vegetales, mientras que factores topográficos locales y formaciones boscosas con un determinado tipo de ramaje, favorecen o dificultan la acumulación de ceniza (p. ejemplo la vegetación herbácea del sotobosque se ve menos afectada por la caída de ceniza volcánica que la que se encuentra al aire libre). En la siguiente tabla se señalan 5 parámetros que definen el grado de vulnerabilidad a la retención de ceniza de la vegetación, que permitirían evaluar con mayor detalle las especies vegetales que hacen parte del SFFG:

Tabla 11. Vulnerabilidad a caída de ceniza de especies vegetales por sus características estructurales

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES	ASPECTOS	SUSCEPTIBILIDAD A LA RETENCIÓN DE CENIZA		
		BAJA	MEDIA	ALTA
SILUETA DEL ARBOL	APARASOLADA			1
	ESFERICA-OVOIDAL			1
	PIRAMIDAL			1
	PALMIFORME		0,5	
	IRREGULAR		0,5	
DISPOSICIÓN DEL FOLLAJE	COLUMNAR	0,25		
	CONTINUO			1
	IRREGULAR		0,5	
DENSIDAD DEL FOLLAJE	AGRUPADO		0,5	
	DENSO			1
	SEMITRANSARENTE		0,5	
TAMAÑO DE LAS HOJAS	TRANSPARENTE	0,25		
	GRANDES (> 10)			1
	MEDIANAS (Entre 1-10 cm)		0,5	
ANGULO DEL RAQUIZ	PEQUEÑAS (hasta 1 cm)	0,25		
	>60°	0,25		
	<60°			1

En la tabla siguiente se presenta la vulnerabilidad del suelo en función de la disposición y densidad del follaje de las coberturas vegetales naturales existentes en el área de

¹⁰ La actividad del volcán Irazú desde marzo de 1963 hasta febrero de 1965 ocasiono la acumulación de cenizas con índices de acidez bajos (pH ligeramente superior a 4.0) que eliminó aproximadamente el 80% de la cobertura vegetal en la cuenca superior del Reventado, ocasionando el desbalance hidrológico de la cuenca. Esta acumulación formo una capa de cenizas impermeable y con un espesor de 10 a 15 mm (Fallas y Gutiérrez, 1992 en Arauz et, al. 2003). La eliminación de la cobertura y la formación de una capa impermeable aumento la escorrentía y la erosión en las laderas, encontrándose que el 80 % y 95-100% de la precipitación se perdía por escorrentía al presentarse lluvias con baja y alta intensidad, respectivamente. Trayendo como consecuencia inundaciones repentinas que debido a la acelerada erosión se convertían en avalanchas de detritos (Waldron, 1967). Avalanchas que según, Vahrson y Cartín (1992) produjeron un socavamiento en el cauce del Reventado, originando la inestabilidad de los taludes adyacentes conduciendo a un incremento en la tasa de crecimiento de los deslizamientos existentes e iniciando la formación de nuevos deslizamientos a lo largo del cauce. (Arauz et, al. 2003).

estudio. A mayor cobertura y densidad del follaje, mayor protección del suelo a la acumulación de ceniza.

Tabla 12. Vulnerabilidad del suelo por acumulación de ceniza volcánica

DISPOSICIÓN/DESIDAD DEL FOLLAJE	SILUETA	VULNERABILIDAD DEL SUELO A ACUMULACIÓN DE CENIZA
Bosque denso (>70%) Bajos (<25 m)		BAJA
Bosque denso (>70%) medios y altos 25 m		BAJA
Bosque abierto (40 -70%) con arbustales		MEDIA
Bosque abierto (40 -70%) herbazales		ALTA
Bosque abierto (40 -70%) con rosetales		ALTA
Arbustal y/o matorral denso (>70%)		BAJA
Arbustal y/o matorral discontinuo (40 -70%)		MEDIA
Rosetales – Bajos (<50 cm)		ALTA
Rosetales – Bajos (>50 cm)		ALTA
Rosetales con árboles (<40)		ALTA
Rosetales con arbustos y/o matorrales (<40 %)		ALTA
Rosetales con herbáceas (<40%)		ALTA
Herbazales (<50 cm)		ALTA
Herbazales (>50 cm)		ALTA
Herbazales con árboles (<40%)		ALTA
Herbazales con arbustos y/o matorrales (<40%)		ALTA
Herbazales con rosetales herbáceas (<40%)		ALTA

Respecto a la vulnerabilidad física de la zona de amortiguamiento propuesta para SFFG¹¹, en la siguiente figura aparecen las áreas de la Zona de Amortiguación que estarían expuestas a los fenómenos volcánicos (en achurado de color verde), definidos en el mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997). Su extensión se distribuye como sigue: en amenaza baja, 27 km², el 80%; en media, 1,38 km², el 4% del área propuesta, y en alta, 5,4 km², el 16% restante.

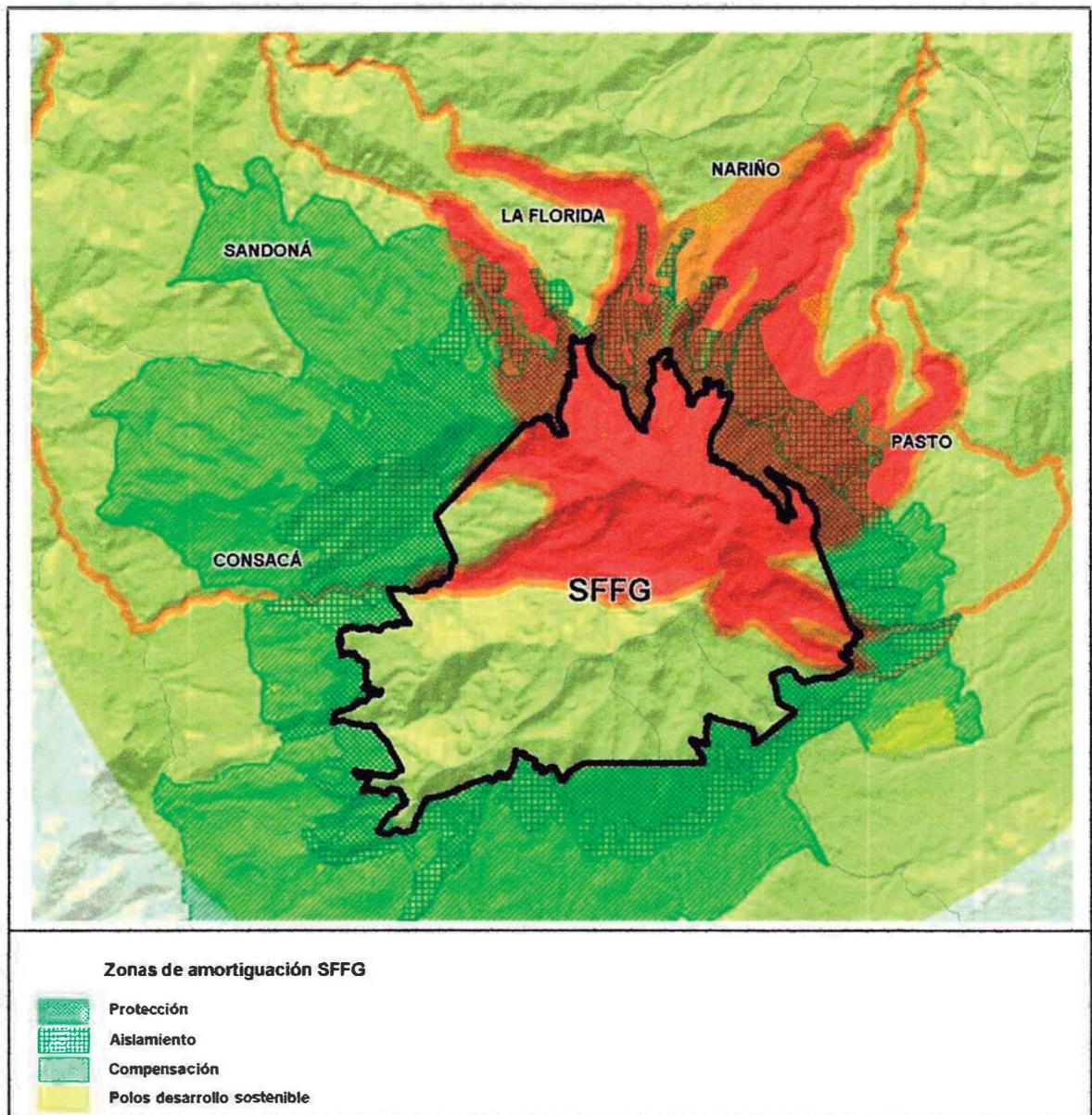


Figura 9. Exposición a la amenaza volcánica de las zonas de amortiguamiento del SFFG

¹¹ Las Zonas Amortiguadoras se establecen en función de las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales, y son periféricas y circunvecinas a éstas. (UAESPANN, 2008).

En la figura siguiente se muestran los niveles de acumulación de ceniza sobre el SFFG (polígono en color negro) y las zonas de amortiguamiento propuestas por UAESPNN (polígono de color verde), de 200 km². Las lagunas de Telpis, Mejía y Negra estarían expuestas a niveles de acumulación de ceniza de 28, 14 y 21 cm, respectivamente.

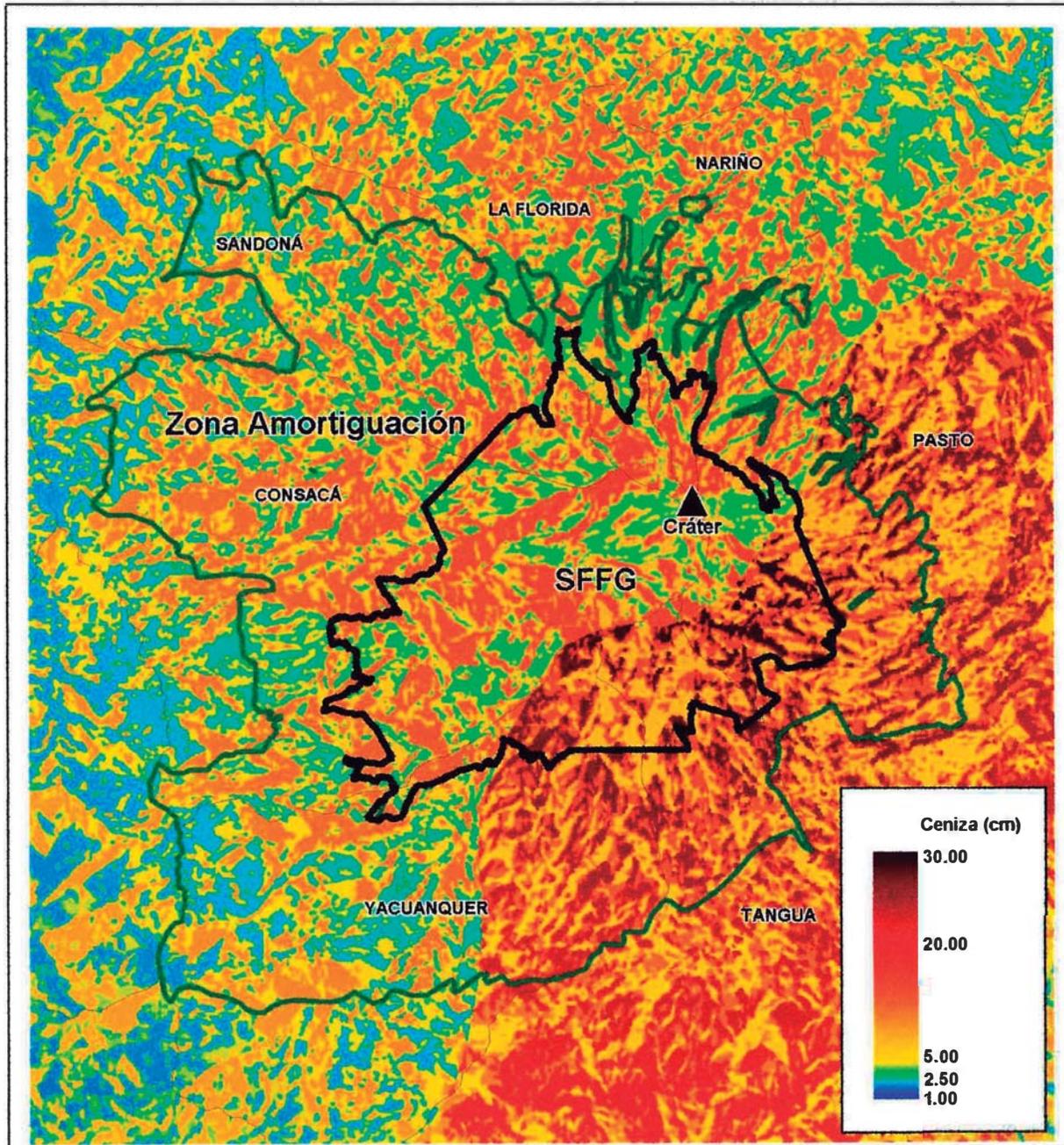


Figura 10. Niveles de acumulación de ceniza volcánica en el SFFG y en la zona de amortiguamiento

Con respecto a la vulnerabilidad física de las veredas priorizadas por el Plan de Contingencia del SFFG (Gil, 2008), las veredas del Barranco, San Cayetano, San Felipe (Pasto), Santa Bárbara, San José de Bomboná y Churupamba, tienen una mayor exposición a los fenómenos volcánicos por la cercanía a la fuente que puede generar flujos piroclásticos, flujos de lava, flujos de lodo, caída de ceniza, ondas de choque y proyectiles balísticos. Por su distancia con respecto al cráter del Galeras, las veredas de la Marquesa, San Felipe (Yacuanquer), Josepe, Zaragoza, San Antonio y Cariaco Alto, tienen exposición de menor severidad a caída de ceniza volcánica, onda de choque y proyectiles balísticos. En la tabla siguiente se incluyen los resultados de las áreas de las veredas que están en amenaza volcánica alta, media y baja.

Tabla 13. Áreas de veredas priorizadas en el Plan de Contingencia expuestas a la amenaza volcánica en el SFFG ¹²

Veredas	Municipio	Area_has	Amenaza	% Amenaza
Barranco	La Florida	979,33	Baja	21
			Media	11
			Alta	68
Cariaco Alto	Consacá	187,78	Baja	100
Churupamba	Consacá	1469,96	Baja	41
			Media	12
			Alta	47
Josepe	Consacá	705,02	Baja	100
San Antonio	Consacá	529,47	Baja	98
			Media	2
San José de Bomboná	Consacá	1726,9	Baja	56
			Media	11
			Alta	33
San Cayetano	Pasto	475,88	Baja	10
			Media	9
			Alta	81
San Felipe	Pasto	356,4	Baja	23
			Media	10
			Alta	67
Santa Bárbara	Sandoná	2018	Baja	46
			Media	7
			Alta	47
La Marquesa	Tangua	534,78	Baja	100
Zaragoza	Yacuanquer	225,1	Baja	100
San Felipe	Yacuanquer	262,22	Baja	100

¹² Elaborada a partir del cruce de información de la AUESPNN y el Mapa de Amenaza Volcánica del Ingeominas (1997)

En la figura siguiente se representa el cruce de las veredas (polígonos resaltados y achurados en color verde)¹³ con el mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997).

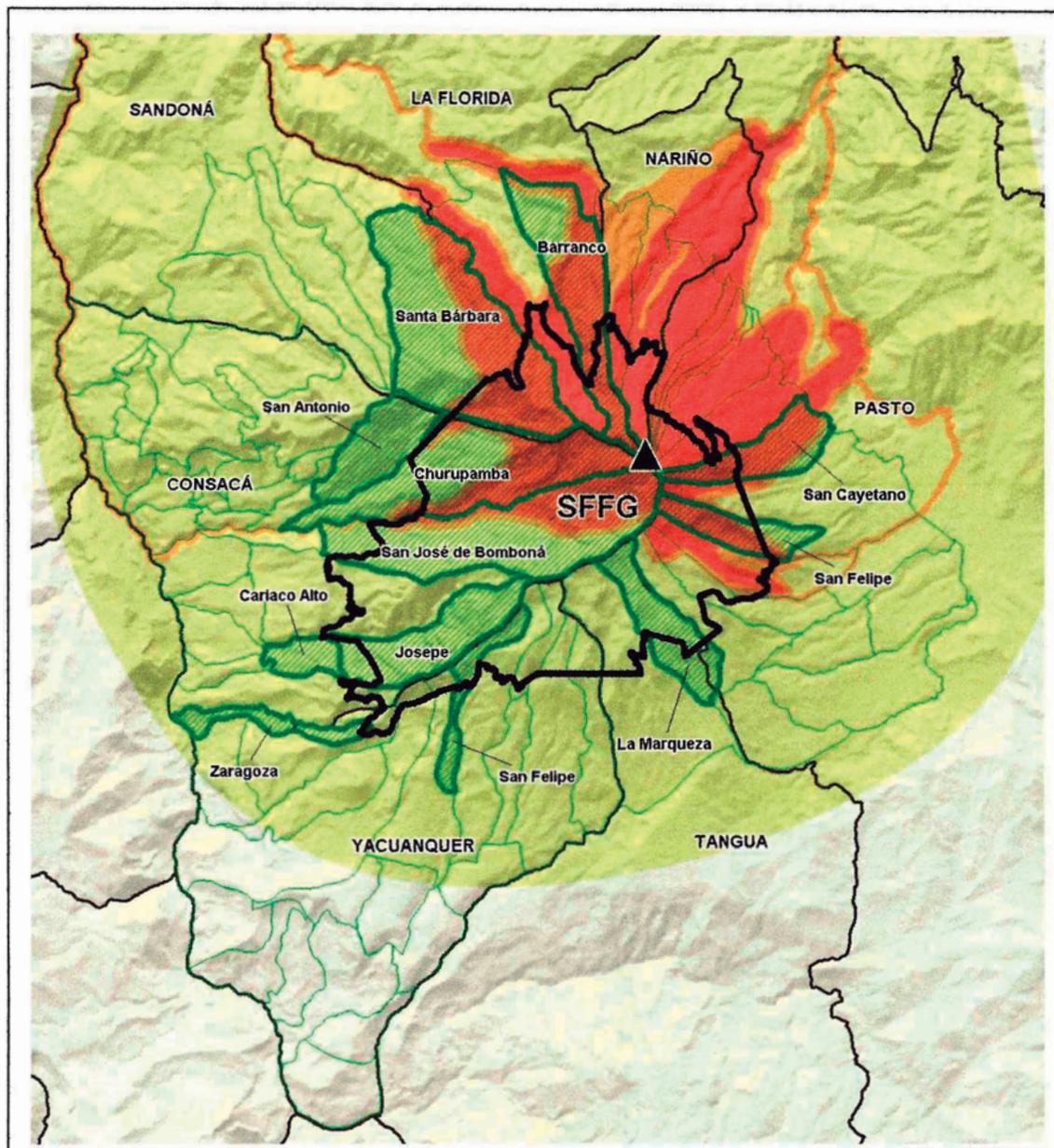


Figura 11. Mapa de exposición de las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia a la amenaza volcánica en el SFFG

¹³ Los polígonos en color verde definidos en líneas más delgadas y tenues representan el resto de las veredas localizadas en el área de influencia del SFFG.

En la figura siguiente se muestran los niveles de ceniza que se pueden acumular en las veredas priorizadas, calculados a partir del modelo elaborado por este Estudio. Como se puede ver, la distribución de los niveles de acumulación no es homogénea dentro de cada una de ellas. En las veredas de San Cayetano, San Felipe en Pasto, La Marquesa y San Felipe en Yacuanquer, los niveles de acumulación pueden llegar a alcanzar hasta los 30 cm de manera puntual en algunas áreas (en color morado). En el resto de veredas los niveles de acumulación de ceniza pueden llegar hasta 14 cm.

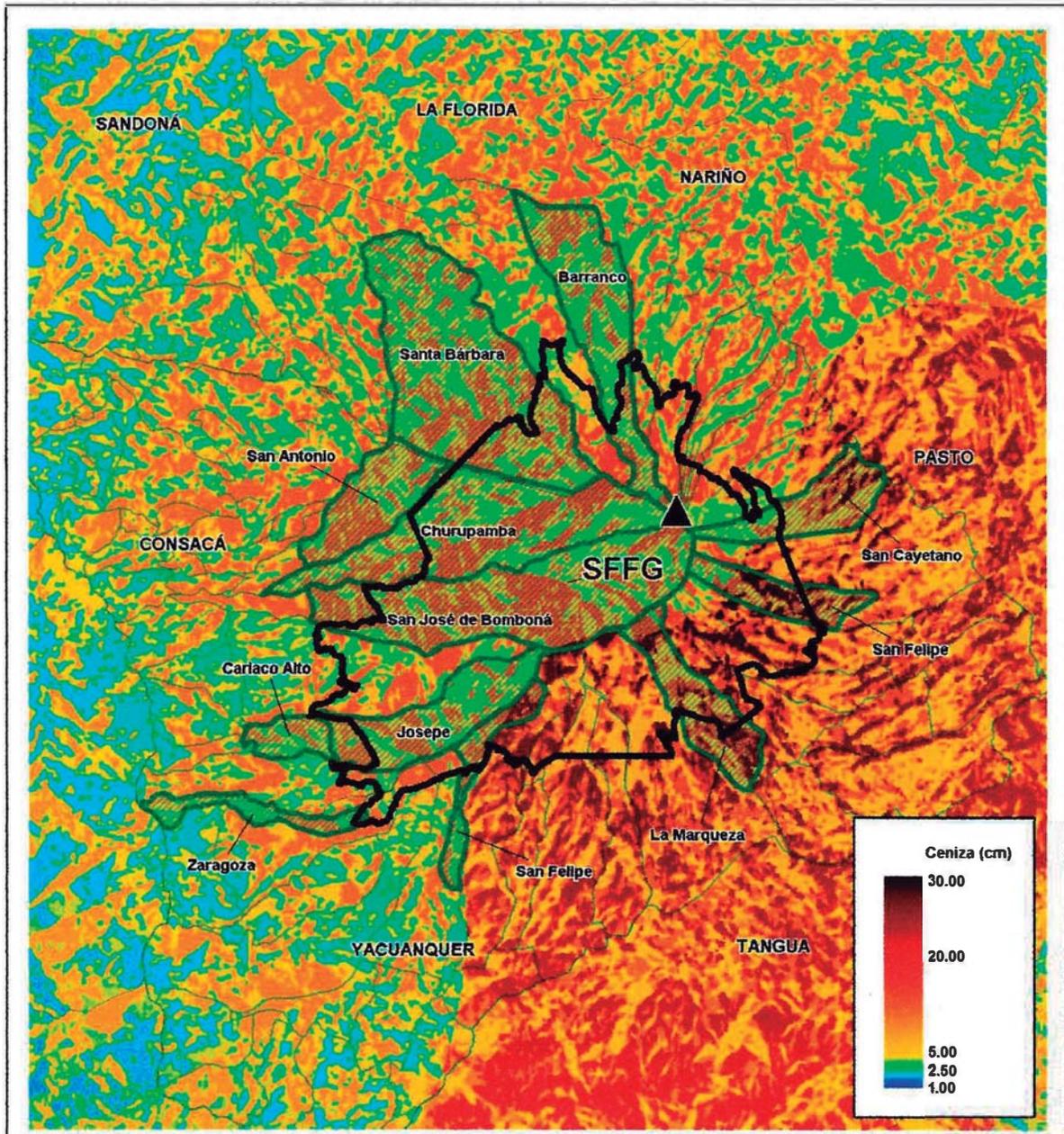


Figura 12. Exposición a acumulación de ceniza volcánica de las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia en el SFFG

Los elementos actualmente expuestos a los fenómenos volcánicos en las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia del SFFG, se enumeran a continuación [por municipio (tomado de Gil, 2008)]:

Municipio de Consacá

Vereda San Antonio

- La franja del bosque alto andino ubicado en las laderas del río Azufral, que es límite del SFFG, conectada con la vereda Churupamba.
- Áreas dedicadas a cultivos como el frijol, el maíz y uso pecuario.
- Áreas pequeñas dedicadas al cultivo de pino y otras más extensas con presencia de eucalipto.
- Áreas en estado de regeneración o descanso de cosechas.

Vereda Churupamba

- Cultivos de café, árboles de guamo y nogal.
- Cultivos de pancoger como plátano, guineo, yuca, guayaba, naranja y frijol.
- Ganado y especies menores, como aves y cuyes.
- De 5 a 6 arroyos que alimentan la quebrada Churupamba y que abastecen el acueducto, así como el río Azufral.
- Árboles de cedro, higuerón, motilón, balso.
- Animales de distintas especies, como gurrees, lobos, erizos, tejones, venados, pavas, loros, garzas, raposas y ardillas.

Vereda San José de Bomboná

- Bosque alto andino que se conecta con el bosque de las veredas Alto Bomboná y Cariaco Alto.
- Bosque abierto, matorrales y carrizales.
- Cultivos de frijol, plátano y café.
- Ganado tipo Cebú y lechero.

Vereda Cariaco Alto

- El corredor biológico de la cuenca del río Cariaco, de bosque andino con altas pendientes.
- Cultivos de café, frutales, plátano, aguacate, huerta casera, frijol, arveja, maíz y parte de bosque hacia la parte alta.
- Plantas como el botón de oro y malva, el quillotoco y el mote.

- Árboles de tamaño mediano como urapanes, naranjos, guayacanes, cucharos, pichuelos, guamos, balsos blancos, nogales, guayabos, rayos e higuierillas, con un promedio de altura de 12 m.

Vereda Josepe

- Cultivos de frijol, maíz, café, mora, lulo y tomate de cola.
- Especies menores como aves y cuyes; ganado bovino y porcino.
- Árboles de distintas especies: siete cueros, urapanes, guayacanes, guamos y nogales cafeteros.
- Fauna silvestre: ardillas, loros, zorros, venados, chucures, zorros, chiguacos y aves de distintas especies.

Municipio de Yacuanquer

Vereda Zaragoza

- Cultivos de maíz, frijol, café, frutales, hortalizas y ganadería.
- Vegetación de distinta clase, como guayacanes, quillotocots, guayacos, plantas forrajeras, quicuyo, gramolotes, poras, fique, guayabos y motilón.

Vereda San Felipe

- Vegetación arbórea como el arrayán, chaquilulo, chilca, chuchón, copal, cucharo, encino, fragua, laurel, majua, moquillo, mayo, minacuro, mote, motilón, munchiro, palo santo, pilampo, quiloyuyo, rosa, salvio, tarta, tinto.
- Monocultivos y ganadería incipiente.

Municipio de Tangua

Vereda La Marquesa

- Cultivo de papa y ganado lechero.

Municipio de Pasto

Vereda San Felipe

- Cultivos como el maíz, trigo, repollo, coliflor y acelga, cebolla, zanahoria y otras hortalizas.
- Producción de cuyes.
- Fauna silvestre, con variedad de sapos y lagartijas, insectos, conejos de monte, ratones amarillos, ardillas, armadillos. Posible presencia de venados en la zona.
- Bosque abierto, con zonas de arbustales.

Vereda San Cayetano

- Ganado lechero y en cultivos de papá, cebolla y otros de clima frío.

Municipio de La Florida

Vereda Barranco

- Bosque con una altura de dosel aproximado de 8 m, en los que dominan el encino negro y el moquillo. En esta zona hay caminos hacia la bocatoma y el SFFG.
- Ganado para la producción de leche.
- Cultivos de pan coger como fresa, papa, cebolla y maíz, en pequeñas extensiones.

Municipio de Sandoná

Vereda Santa Bárbara

- Cultivos de café, maíz, plátano, yuca, plantas medicinales, ajeno, cidrón, malva olorosa, manzanilla, hierba buena, hortalizas perejil, zanahoria, cilantro, repollo, espinaca, col, frutales, uvilla y mora.
- Ganado para producción de leche y carne.
- Aves y cuyes para el consumo.
- Especies arbóreas como el eucalipto, quillotocto, urapán, pichuelo, y arbustos como jazmín, helechos, piñuelo, siete cueros y mora silvestre, carrizo, mayo, salvia, chusque, santa maría, piquisique y helecho.
- Fauna silvestre: venado, zorro, lobo, chiguacos, aves de distintas especies.

Tabla 14. Efectos directos sobre el sistema ecológico y natural¹⁴

FENÓMENO	CARACTERÍSTICA PRINCIPAL	PROCESO GENERADOR DE DAÑOS	SUELOS Y VEGETACIÓN
CAÍDA PIROCLÁSTICA	CAÍDA LIBRE	Partículas en suspensión y acumulación	<p>Los efectos sobre la vegetación responden a la potencia del depósito y a la proximidad del elemento de riesgo al cráter. Los daños provocados por la caída de piroclastos van a estar condicionados tanto por el volumen, temperatura y grado de humedad, velocidad de caída y tamaño de las partículas del material que se deposita, como por las características de la propia vegetación.</p> <p>La densidad del follaje, la forma y distribución de las hojas en las plantas, el período del año en el que se desarrolla la erupción, son factores condicionantes del daño infligido. Donde alcanzan su máxima potencia, los depósitos de piroclastos pueden enterrar completamente la vegetación, sobre todo si esta es de bajo porte. El peso de la ceniza acumulada sobre ellas puede doblar y romper las ramas de los árboles, sobre todo si estas (áreas tropicales) tienen hojas de gran tamaño capaces de albergar importantes cantidades de ceniza. Afectación en la salud y la vida de la fauna por inhalación o ingesta de ceniza volcánica</p>
FLUJOS PIROCLÁSTICOS	ARRASTRE Alta	Impacto directo por arrastre y colisión de partículas Incineración	Desgarre de la vegetación del suelo, incineración, incendio, contaminación del suelo, destrucción de la capa vegetal. Los flujos piroclásticos causan la destrucción instantánea de todo lo que encuentran en su camino, incluida la vegetación. Cuando van precedidos de una onda de choque, la vegetación puede ser arrancada de raíz, o tronchados los troncos de los árboles a ras del suelo. Muerte de la fauna.
FLUJO DE LAVA	ARRASTRE Alta	Presiones laterales y onda de calor Incineración	Obstrucción, incineración, incendio, destrucción capa vegetal. Las coladas de lava generan un impacto directo de destrucción total sobre las formaciones vegetales que encuentran en su camino. Las altas temperaturas que se generan, así como los gases liberados de las lavas causan importantes daños indirectos. Los incendios forestales son una consecuencia habitual que extiende a grandes áreas los efectos del paso de las coladas. El borde de destrucción en las coladas puede ser neto o gradual. La vegetación colindante con la zona arrasada puede estar directamente quemada por los incendios que se generan, o agostada por el calor y los gases que se irradian desde la lava. Muerte de la fauna.
PROYECTILES BALÍSTICOS	CAÍDA PARABOLICA	Caída de bloques	Aplastamiento y rompimiento de ramas y hojas, incendios. Muerte de la fauna
NUBE ACOMPAÑANTE	ARRASTRE Alta	Onda de calor y colisión de partículas Incineración	Incineración, destrucción de la capa vegetal. Si el flujo desborda, pueden darse zonas de borde poco neto donde el grado de destrucción va a estar controlado por las características térmicas que tenga el flujo, el tipo de vegetación y la topografía de la zona.
FLUJOS DE LODO	ARRASTRE	Presiones laterales	Enterramiento, destrucción de la capa vegetal. Los de gran magnitud pueden arrasar no solo la vegetación instalada en los cauces, siempre que haya transcurrido un periodo de tiempo adecuado entre flujo y flujo para permitir la repoblación, sino la que se ubica a la salida de los mismos, que puede quedar total o parcialmente recubierta por los depósitos. Estos extienden su capacidad de destrucción a decenas de kilómetros de su punto de inicio.
ONDA DE CHOQUE	ONDAS DE PRESIÓN	Colisión de ondas	SEVERO: fuerte vibración y daños considerables por sobre-presión cercanos al umbral de daño (desgarre de la vegetación del suelo y fracturamiento del tronco). Los animales pueden quedar privados

En la siguiente figura se muestran dos imágenes tomadas desde el mismo lugar, antes y después de la erupción del volcán St. Helens. La erupción (lateral) destruyó completamente la vegetación existente (bosque de coníferas).

¹⁴ Elaborada a partir de Elena González Cárdenas. Coladas de Randazzo, 1981; Zaferana 1991 en peligros y riesgos volcánicos en biogeografía: efectos sobre la vegetación. Departamento de Geografía y ordenación del Territorio, (2006).

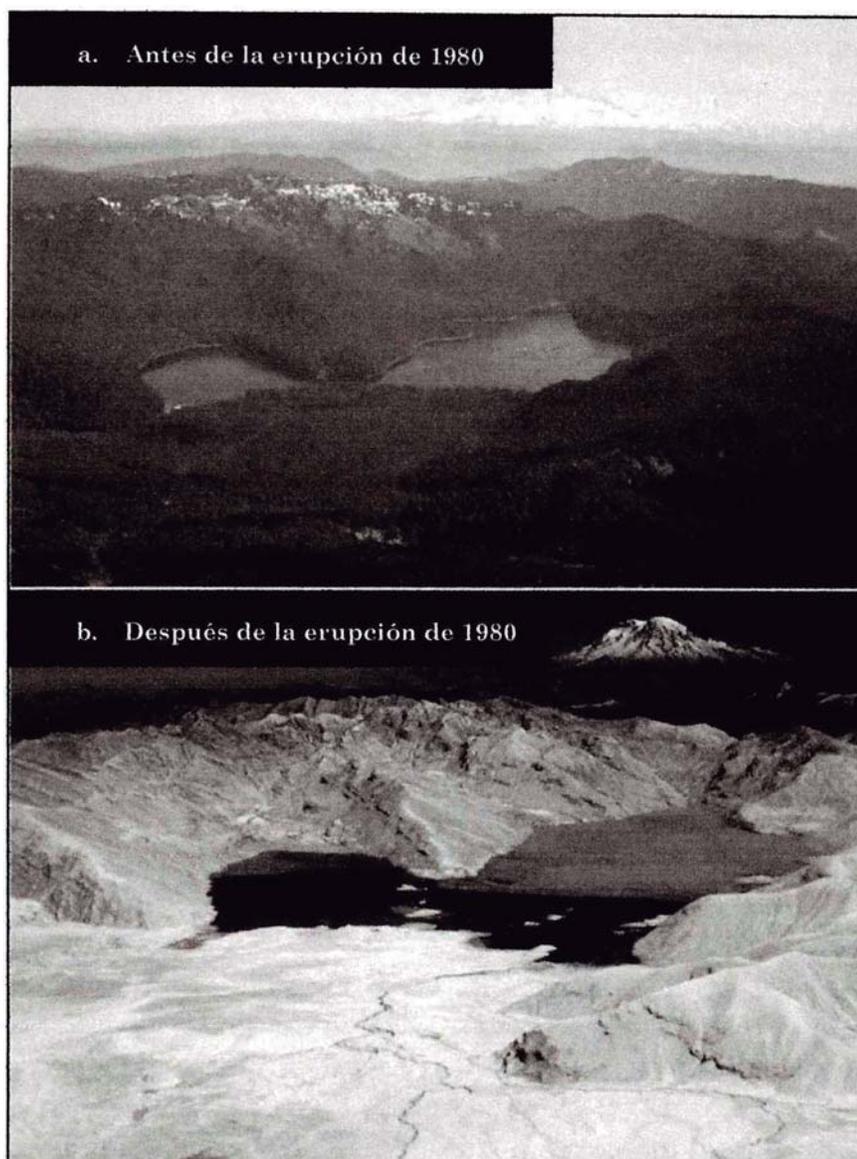


Figura 13. Efectos en la vegetación por la erupción del monte Saint Helens en 1981

En la figura siguiente se muestran los efectos de un flujo de lava sobre la vegetación¹⁵

¹⁵ Coladas de Randazzo, 1981; Zaferana 1991 en peligros y riesgos volcánicos en biogeografía: efectos sobre la vegetación. Departamento de Geografía y ordenación del Territorio, (2006). Elena González Cárdenas.



Figura 14. Efectos de la lava en la vegetación

De acuerdo con Gonzales (2006), “en la erupción del Saint Helens de 1980, más de 3.000 Ha. de bosque maderable sufrieron la rotura o el arranque de los árboles como consecuencia de las ondas de choque que precedieron a las avalanchas y coladas piroclásticas generadas. En esta erupción (Richard, 1981 en González, 2006), los flujos piroclásticos arrancaron y desplazaron árboles a más de 12 kilómetros del lugar en el que se produjo la explosión dirigida. Entre 12 y 25 kilómetros de distancia, los árboles fueron tumbados pero no desplazados. Algunos ejemplares quedaron en pie fuera de la zona de destrucción total, estando sus troncos completamente descortezados. Los árboles fueron arrancados y cayeron de forma radial alrededor del volcán, aunque en algunas zonas de mayor pendiente su posición era oblicua, e incluso puntualmente se los veía vueltos hacia el volcán, movidos por las turbulencias que se generaban en el interior de un flujo controlado, en su desplazamiento, por la topografía”. (Moore y Sisson, 1981).

Por su parte, Cárdenas (2006), plantea que la mayor parte de los autores destacan que el proceso de restauración de la vegetación tras una erupción volcánica es el más lento de los que se llevan a cabo tras cualquier otro evento natural y que buena parte de los árboles con diámetro superior a 20 cm pueden sobrevivir a los lahares y flujos de lodo. En la tabla siguiente se presenta la duración de los efectos volcánicos sobre la vegetación.

Tabla 15. Duración de los efectos volcánicos sobre la vegetación¹⁶

Peligro volcánico	Área afectada	Intensidad del daño	Daño causado	Duración efectos
Coladas lávicas	Pequeña-Media	Alta	Enterrada o quemada	Centurias
Caída de piroclastos	Grande	Alto-Bajo	Enterramiento	Décadas-años
Flujos piroclásticos	Pequeña	Alta	Enterramiento	Centurias-décadas
Avalanchas	Media	Moderado-bajo	Enterramiento	Centurias-décadas
Lahares	Media	Moderado-bajo	Enterramiento	Años

¹⁶ Op. cit.

En la siguiente tabla se registra el impacto de los eventos volcánicos sobre las coberturas naturales (vegetación, cuerpos de agua, ecosistemas), en donde se califican tres niveles de daño:

- Severo: pérdidas totales sin posibilidad de recuperación en el largo plazo, ocasionadas por fenómenos de flujos piroclásticos, flujos de lava, flujos de lodo, proyectiles balísticos, ondas de choque con grandes liberaciones de energía y caídas de ceniza extrema mayor a 5 cm.
- Moderado: pérdidas considerables y generalizadas, con posibilidad de recuperación en el mediano plazo, ocasionadas por caídas de ceniza volcánica menor a 5 cm, ondas de choque y proyectiles balísticos, en condición de solicitación media.
- Leve: pérdidas superficiales, con posibilidad de recuperación en el corto plazo, ocasionados principalmente por caídas de ceniza menores a 1 cm. En la tabla siguiente se presentan los criterios para la definición de los daños en las zonas ecológicas y naturales consideradas en el área de estudio.

Tabla 16. Niveles de daño por ceniza volcánica en la vegetación y ecosistemas

Efecto	Nivel de daño	Impacto en plantas y suelos
<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de ceniza delgada (espesor menor a 1 cm) 	LEVE	<ul style="list-style-type: none"> • No hay enterramiento ni fracturas en vegetación • La Ceniza se incorpora mecánicamente al suelo en un año • Doseles se recuperan en semanas
<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de ceniza moderada (espesor entre 1 cm a 5 cm) 	MODERADO	<ul style="list-style-type: none"> • Micrófitos enterrados pueden sobrevivir y recuperarse • Pastos más altos pueden lastimarse pero sobreviven • Capa de ceniza permanece +/- intacta sobre el suelo después de un año • Suelo subyacente continua viable, con suficiente humedad y oxígeno para seguir actuando como capa vegetal • Doseles se recuperan en la siguiente temporada de crecimiento • Musgos pequeños y plantas anuales solo surgirán de nuevo en el ecosistema local después de recolonización • Todas las plantas no leñosas son fracturadas y enterradas • Algunos micrófitos de la cobertura vegetal no se recuperan
<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de ceniza espesa (espesor entre 5 cm a 20 cm) 	SEVERO	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las plantas no leñosas quedan enterradas • Gran parte de la cobertura vegetal es eliminada por más de un año • Enterramiento esteriliza el suelo, por aislamiento de oxígeno • Suelo enterrado es revitalizado cuando plantas extienden raíces y materia orgánica en descomposición desde la superficie de la ceniza hasta la superficie de la capa vegetal y así ayudan a una integración entre la ceniza y el horizonte A. Generalmente sucede en plazo de 4-5 años. • Recuperación del dosel vegetal demora varias décadas
<ul style="list-style-type: none"> • Acumulación de ceniza Muy espesa (mayor a 20 cm). Flujos piroclásticos, 	PÉRDIDA TOTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Enterramiento del suelo es completo y no hay comunicación entre del suelo enterrado a la nueva superficie (ceniza) • Formación de suelos tiene que empezar desde un nuevo 'tiempo cero' • Varios siglos (o algunos milenios) pueden pasar antes de establecerse un nuevo suelo en equilibrio

Fuente: elaborado a partir de *Impacts on plants and soil from increasing ash thickness* (after Folsom, 1986, and Blong, 1984; in Neild et al., in prep) en David Parkin & Adam Munro (1999).

En las siguientes figuras se muestran los resultados de los niveles de daño que se pueden presentar en las áreas ecológicas y naturales de la zona de estudio, debido a la manifestación de los fenómenos asociados al proceso volcánico del Galeras por la erupción máxima probable definida en el mapa de amenazas del Ingeominas (1997).

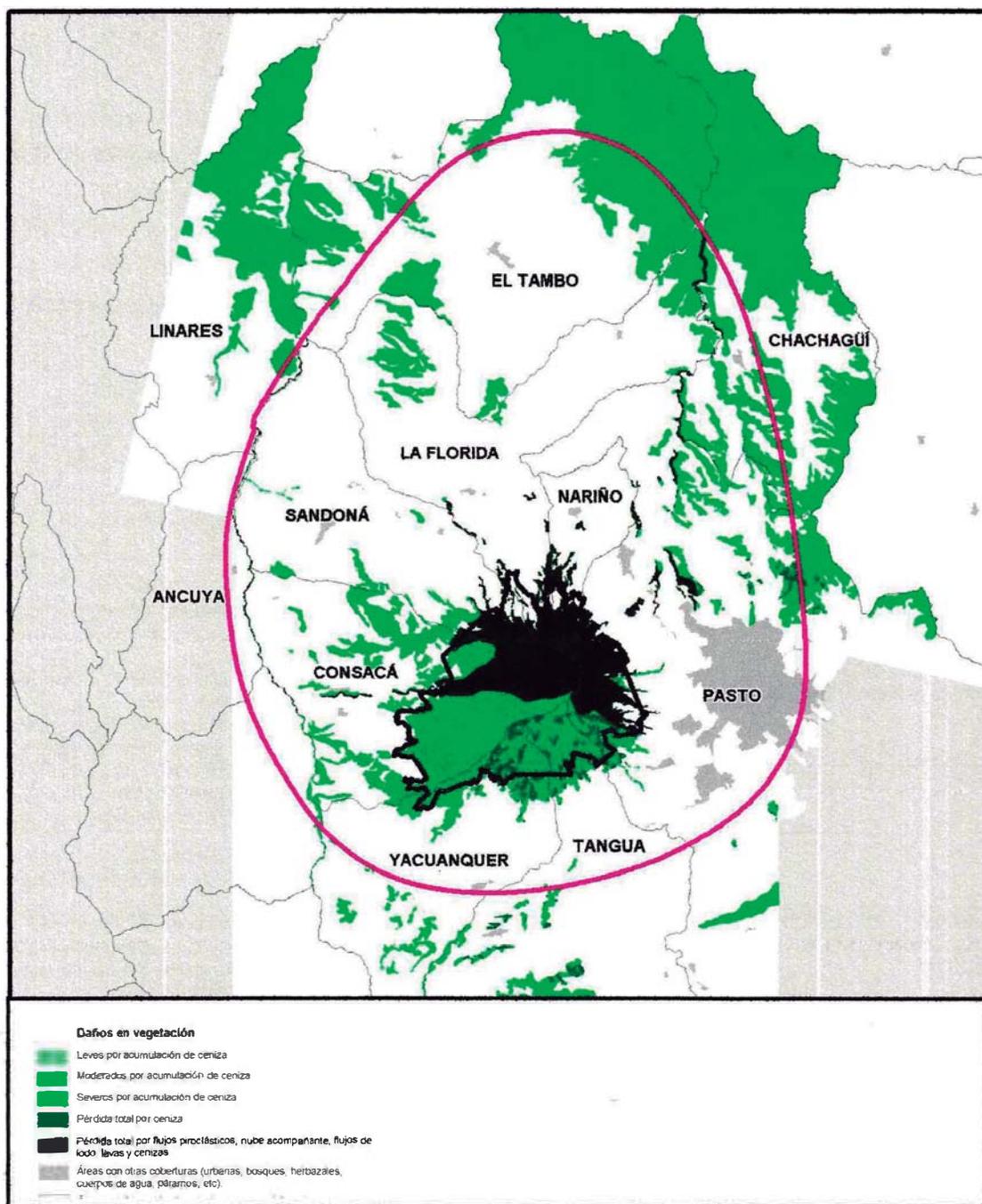


Figura 15. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales

Del total del área de 82,4 km² que conforma el SFFG, el 40%, 32,96 km², se encuentran en zona de amenaza alta, expuestos a la manifestación de los niveles de mayor severidad de los fenómenos volcánicos como flujos de lodo, flujos de lava, flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, onda de choque, nube acompañante y caída de ceniza. El 53%, es decir 43,67 km², están en zona de amenaza media, principalmente expuestos a los fenómenos volcánicos como ondas de choque, proyectiles balísticos y caída de ceniza en niveles intermedios debido a que están más alejados del cráter. El 7%, 5,75 km², están en amenaza baja, expuestos a ondas de choque, proyectiles balísticos y caída de ceniza volcánica en niveles de menor severidad. En la siguiente tabla se detalla el nivel de daños que se pueden presentar en el SFFG en la cobertura natural como bosque, páramo, áreas agropecuarias, cuerpos de agua y afloramientos rocosos.

Tabla 17. Áreas con posibilidad de daños por la amenaza volcánica en el SFFG

Daño en áreas protegidas	Cantidad/Daño km ²	% Daño	Pasto		Nariño		La Florida		Sanjón		Conzacá		Yacuanquer		Tangua	
			km ²	%	km ²	%										
Moderado en Bosques	5,24	6,4	0	0	0	0	0	0	0	0	3	66	2	34	0	0
Moderado en Paramos	0,26	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
Moderados en territorios agropecuarios	0,25	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72	0	28	0	0
Severo en Bosques	45,74	55,5	5	11	0	0	1	2	3	7	28	62	3	7	5	10
Severo en Paramos	18,98	23,0	7	36	2	9	1	6	1	4	3	18	3	14	3	15
Severo en cuerpos de agua	0,21	0,3	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	0	19
Severos en afloramientos rocosos	5,05	6,1	1	20	0	5	1	16	0	0	3	59	0	0	0	0
Severos en territorios agropecuarios	6,65	8,1	2	24	1	15	2	24	1	16	1	21	0	0	0	0

Los resultados indican que el 93% del área del SFFG sufriría daño severo, es decir pérdida total de las especies naturales que hacen parte de los ecosistemas de bosque y páramo. Los daños severos en la cobertura de bosque podrían presentarse en un área de 45,74 km² (55,5%), y moderados en un área de 5,4 km² (6,4%); en los páramos habría daño severo en un área de 18,98 km², es decir el 23%, y moderados en 0,26 km², el 0,3%. En los territorios agropecuarios existentes en el SFFG habría daño severo en un área de 0,25 km², el 0,3%, y daños moderados en un 6,65 km², el 8,1. Los cuerpos de agua tendrían daño severo en un área de 0,21 km², el 0,3%. Los afloramientos rocosos,

por su parte, sufrirían daño severo en un área de 5,05 km², el 6,1% de su extensión, daño que se refiere a los efectos que la erupción volcánica podría causar en los ecosistemas que se desarrollan en ellos.

En la figura siguiente se muestra el nivel de daño potencial en la cobertura natural del SFFG.

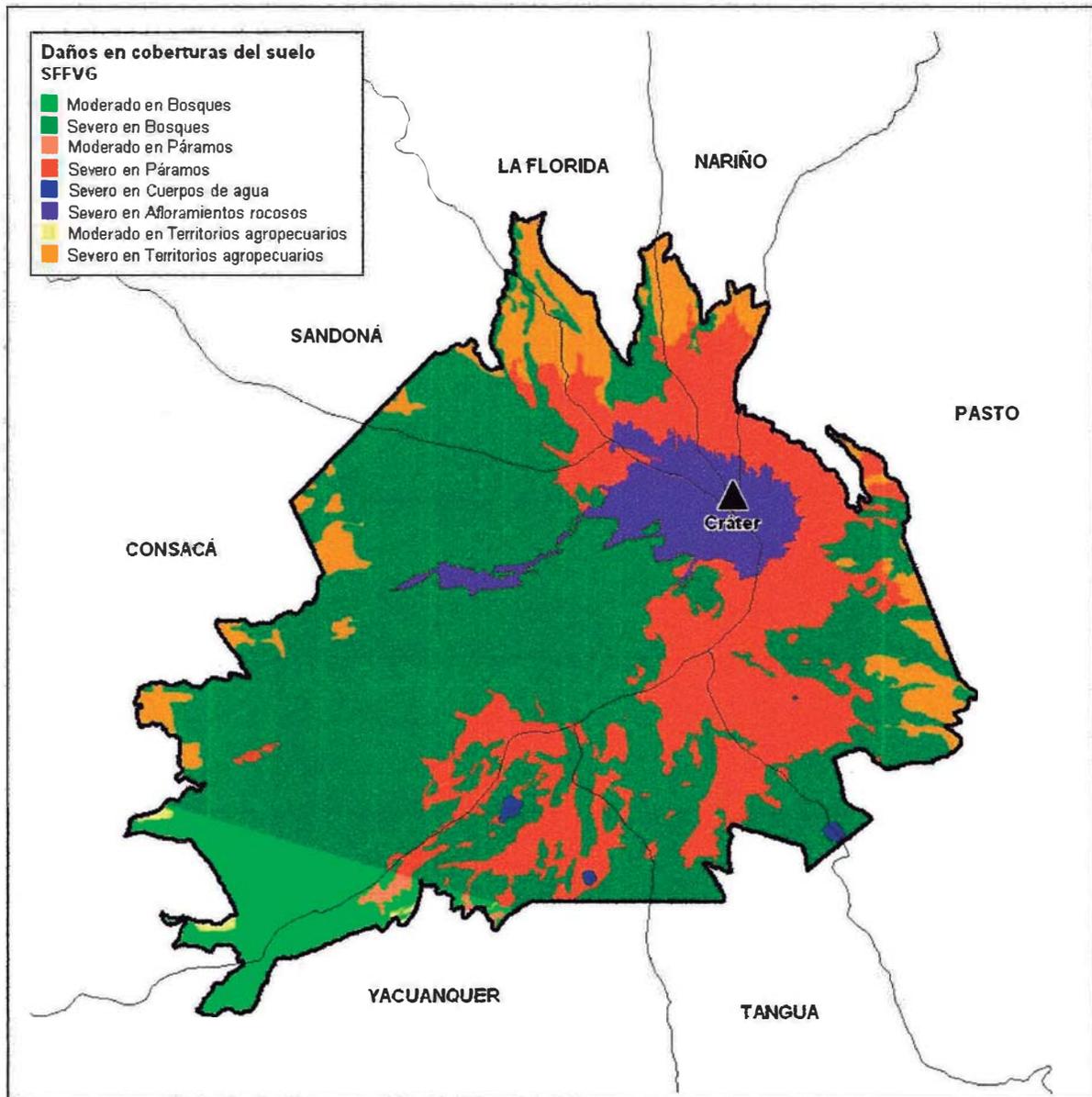


Figura 16. Daño en coberturas naturales por fenómenos volcánicos en el SFFG

En cuanto a los efectos que los fenómenos volcánicos pueden generar sobre el recurso hídrico del SFFG, en la figura siguiente se señalan las cuencas que sufrirían daño severo en color rojo.

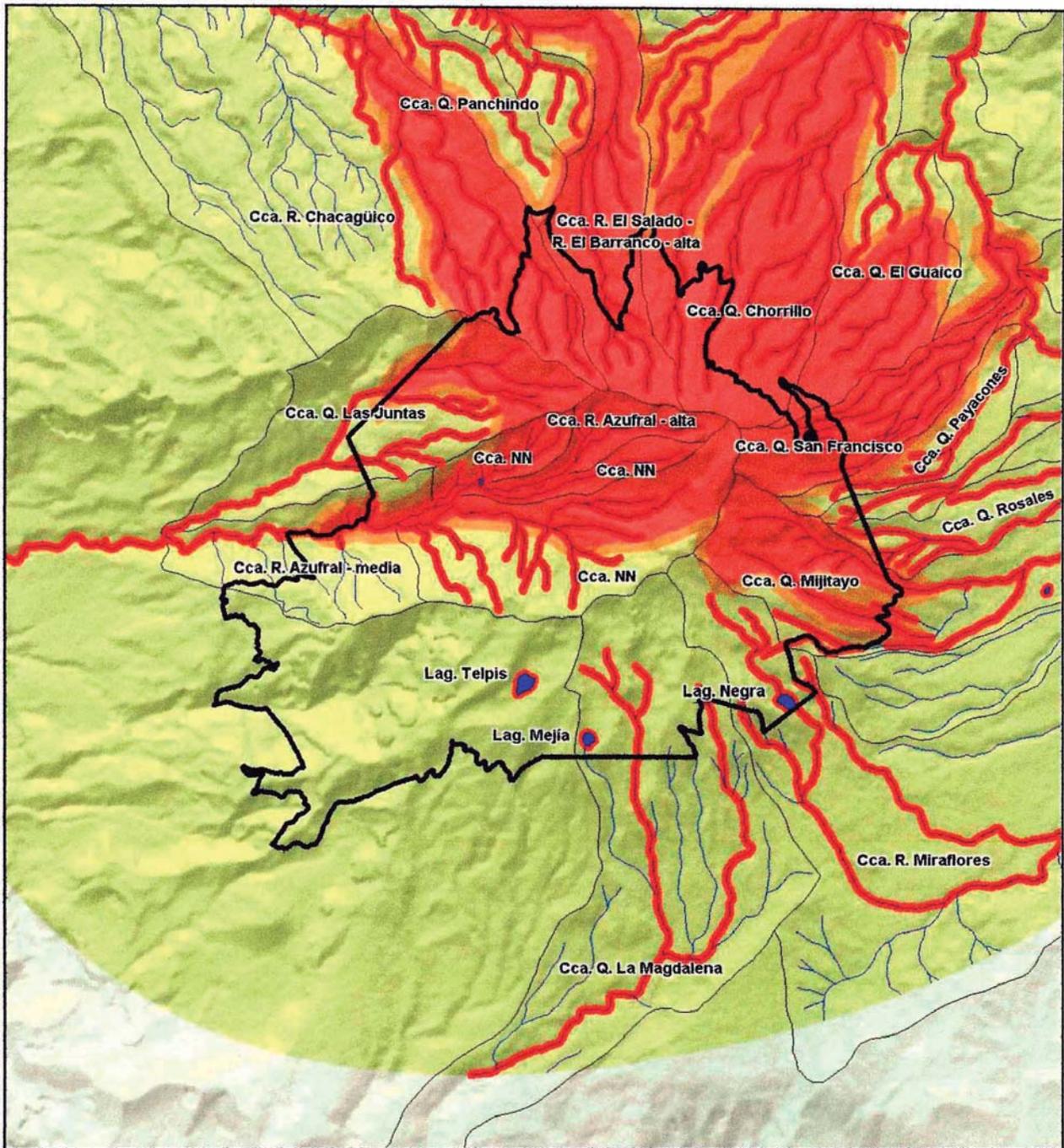


Figura 17. Daños en los recursos hídricos asociados a la actividad volcánica SFFG.

En las siguientes figuras se muestra el daño que pueden sufrir las áreas del SFFG por flujos piroclásticos, flujos de lava, onda de choque, proyectiles balísticos, nube acompañante y caída de ceniza.

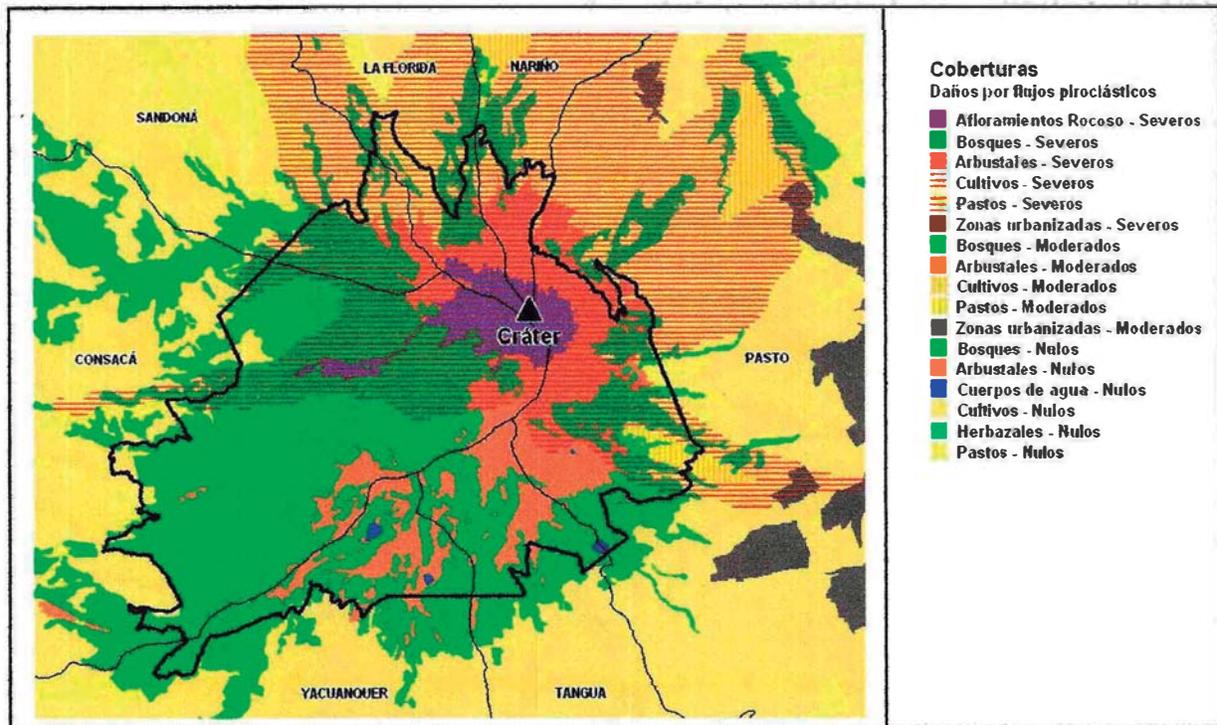


Figura 18. Áreas con posibilidad de daños asociados a los flujos piroclastos en SFFG

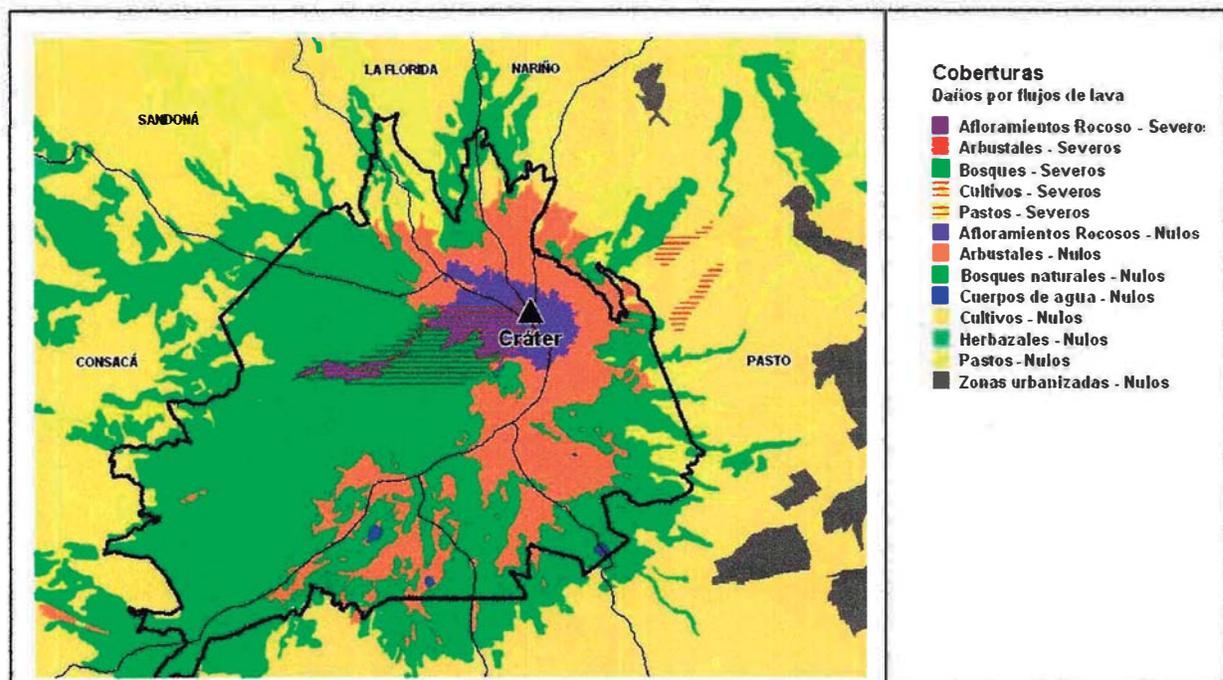


Figura 19. Áreas con posibilidad de daños asociados a los flujos de lava en SFFG

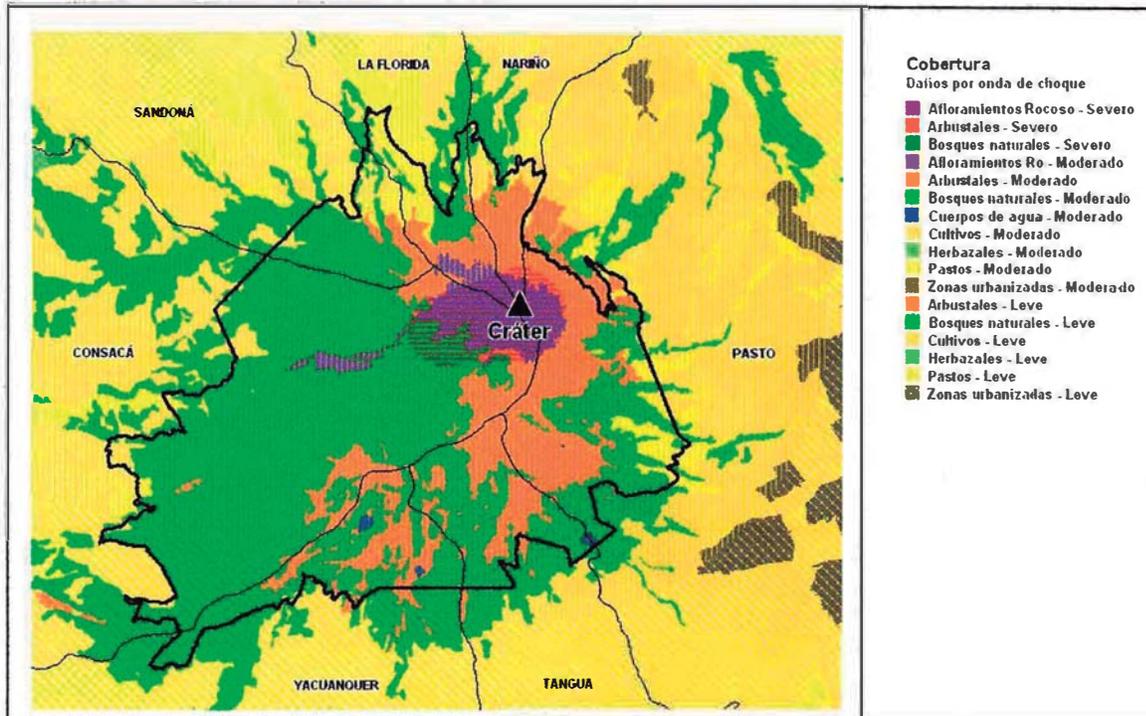


Figura 20. Áreas con posibilidad de daños asociados a la onda de choque en SFFG

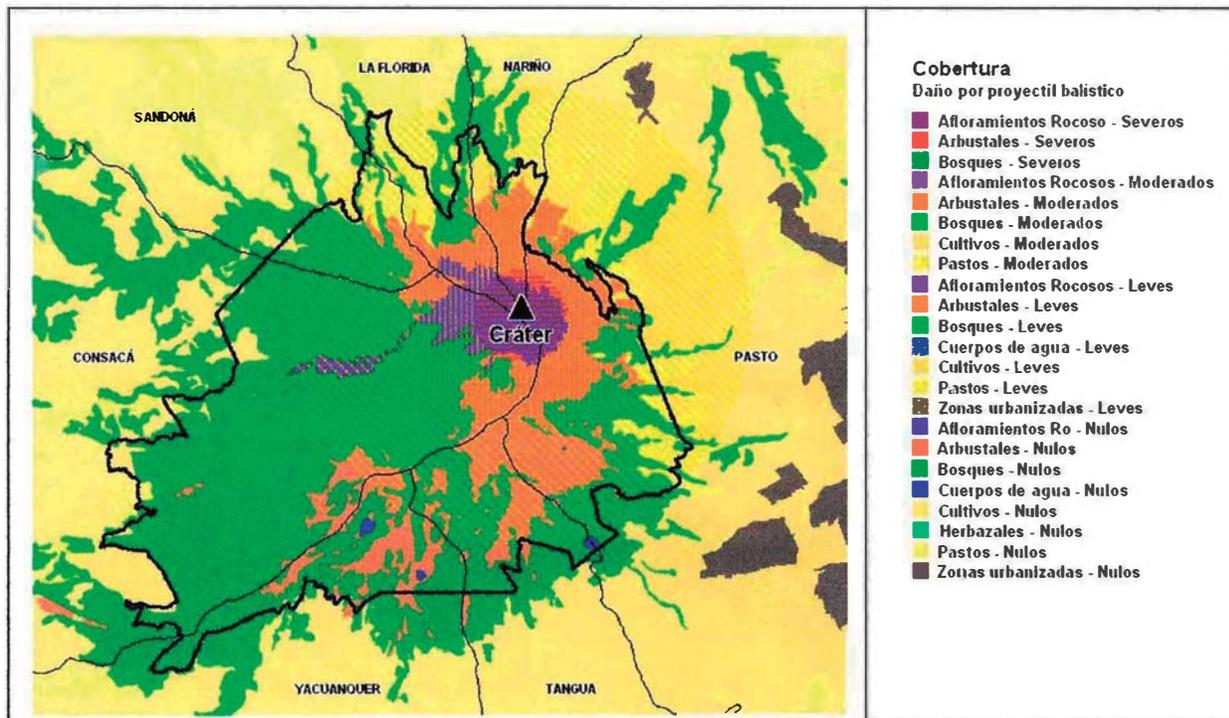


Figura 21. Áreas con posibilidad de daños asociados por proyectiles balísticos en SFFG

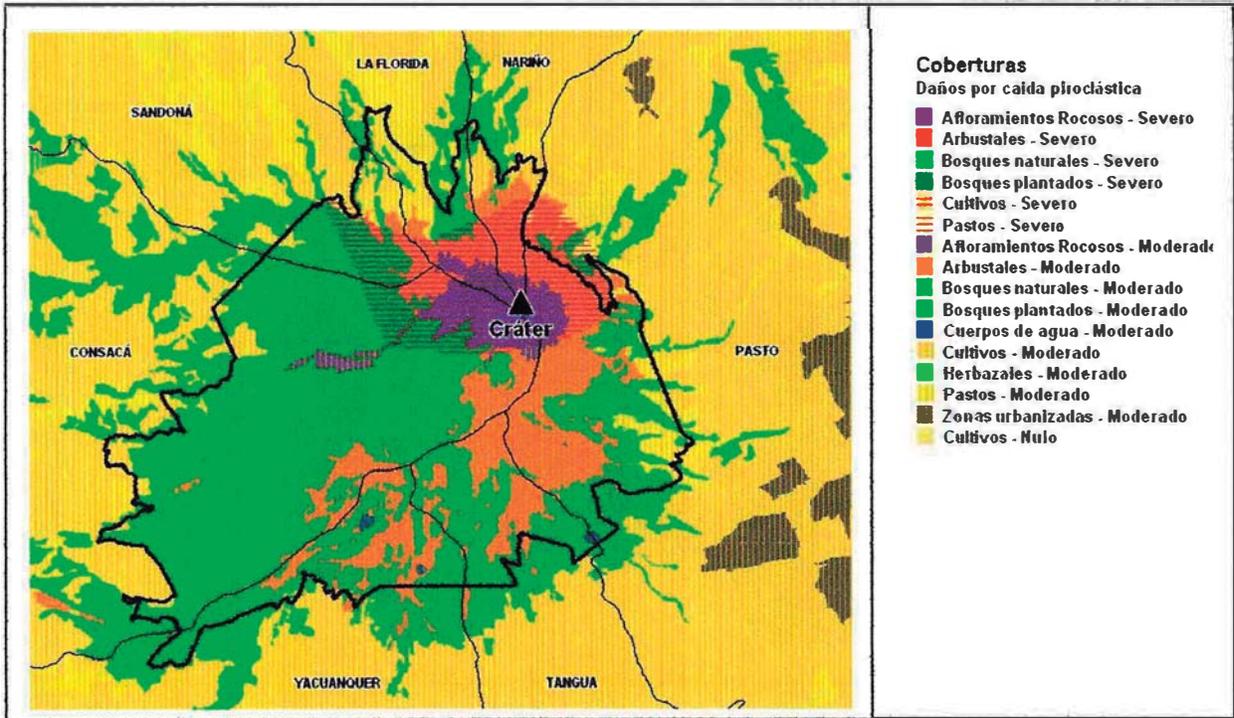


Figura 22. Áreas con posibilidad de daños asociados a caída piroclástica en SFFG

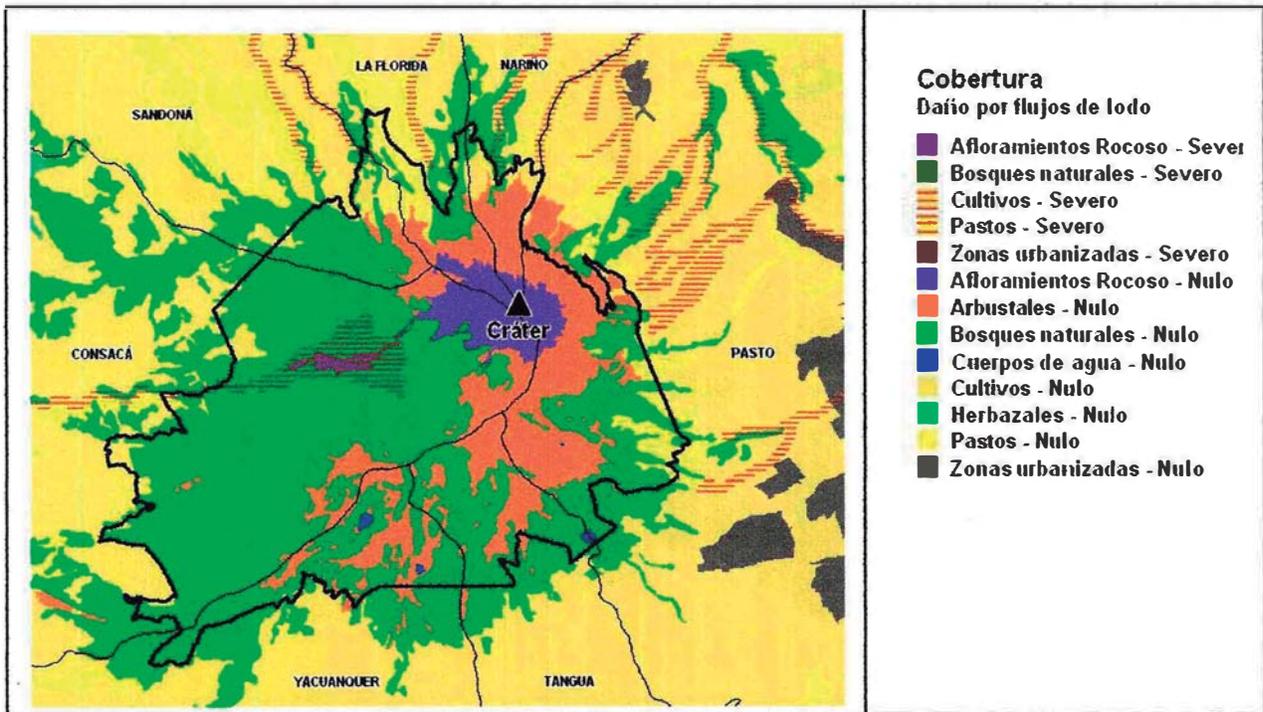


Figura 23. Áreas con posibilidad de daños asociados a flujo de lodo en SFFG

Con relación a los niveles de daño que los fenómenos volcánicos pueden ocasionar en las coberturas de origen natural al interior de las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia del SFFG, las más afectadas con niveles de daño severo por la cercanía al cráter del volcán serían: San José de Bombona en un 40%, Churupamba en un 50%; Santa Bárbara en un 20% el Barranco en un 30%; San Cayetano en un 40% y San Felipe (Pasto) en un 60%. El resto de veredas sufrirán daños moderados asociados a la acumulación de ceniza volcánica entre los 4 y 14 cm, suficiente para generar pérdidas. En la figura siguiente se presenta la distribución de daños sólo en las coberturas de origen natural que hacen parte del SFFG y que se representa en tonos de verde.

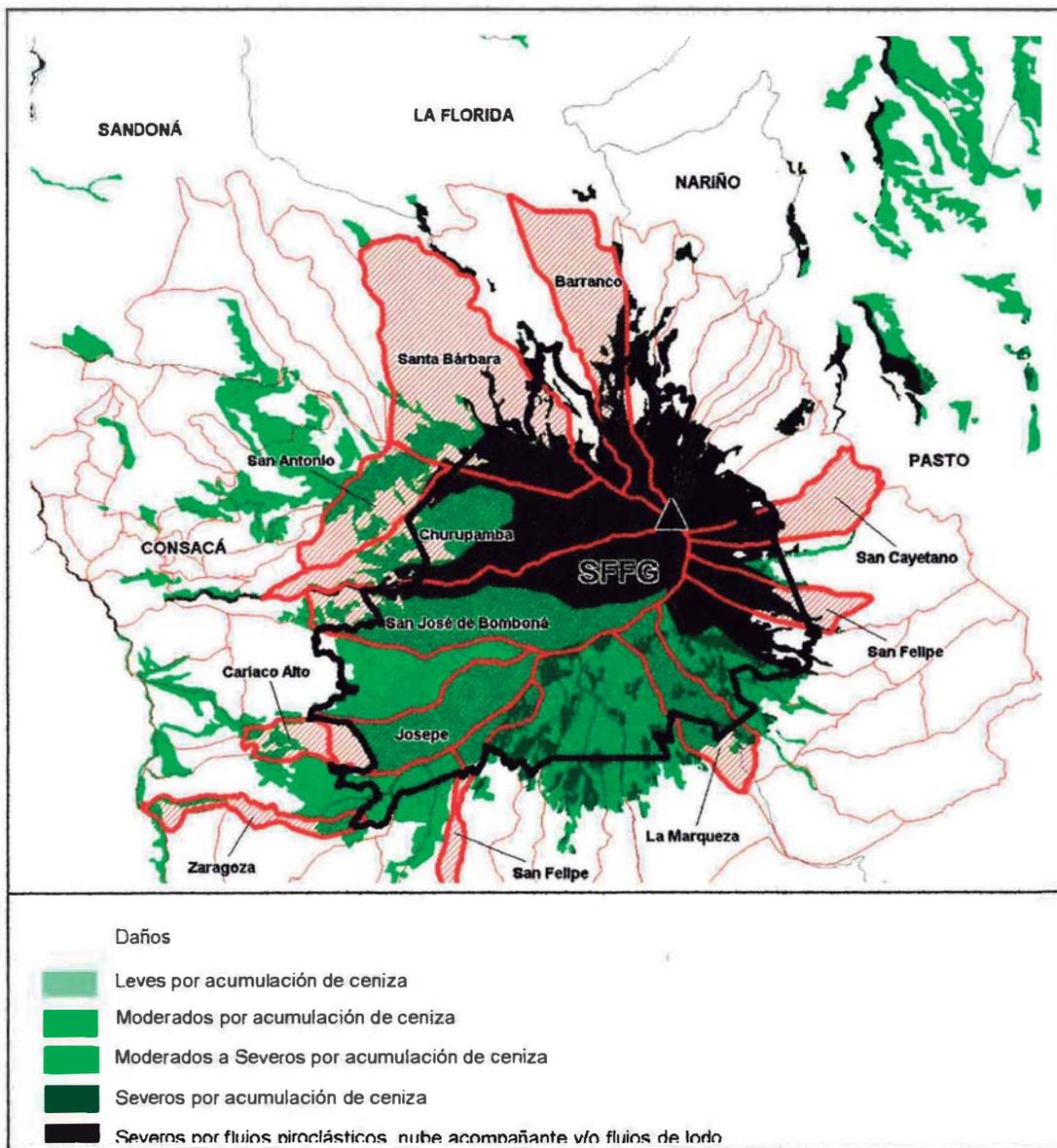


Figura 24. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales en las veredas del SFFG.

En la figura siguiente se presentan los daños por fenómenos volcánicos que se podrían presentar en las coberturas naturales en las zonas de amortiguamiento (polígonos achurados en color naranja). 11,28 km², el 33,7% sufrirían daños moderados y 22,16 km², el 66,3%, sufrirían daños graves.

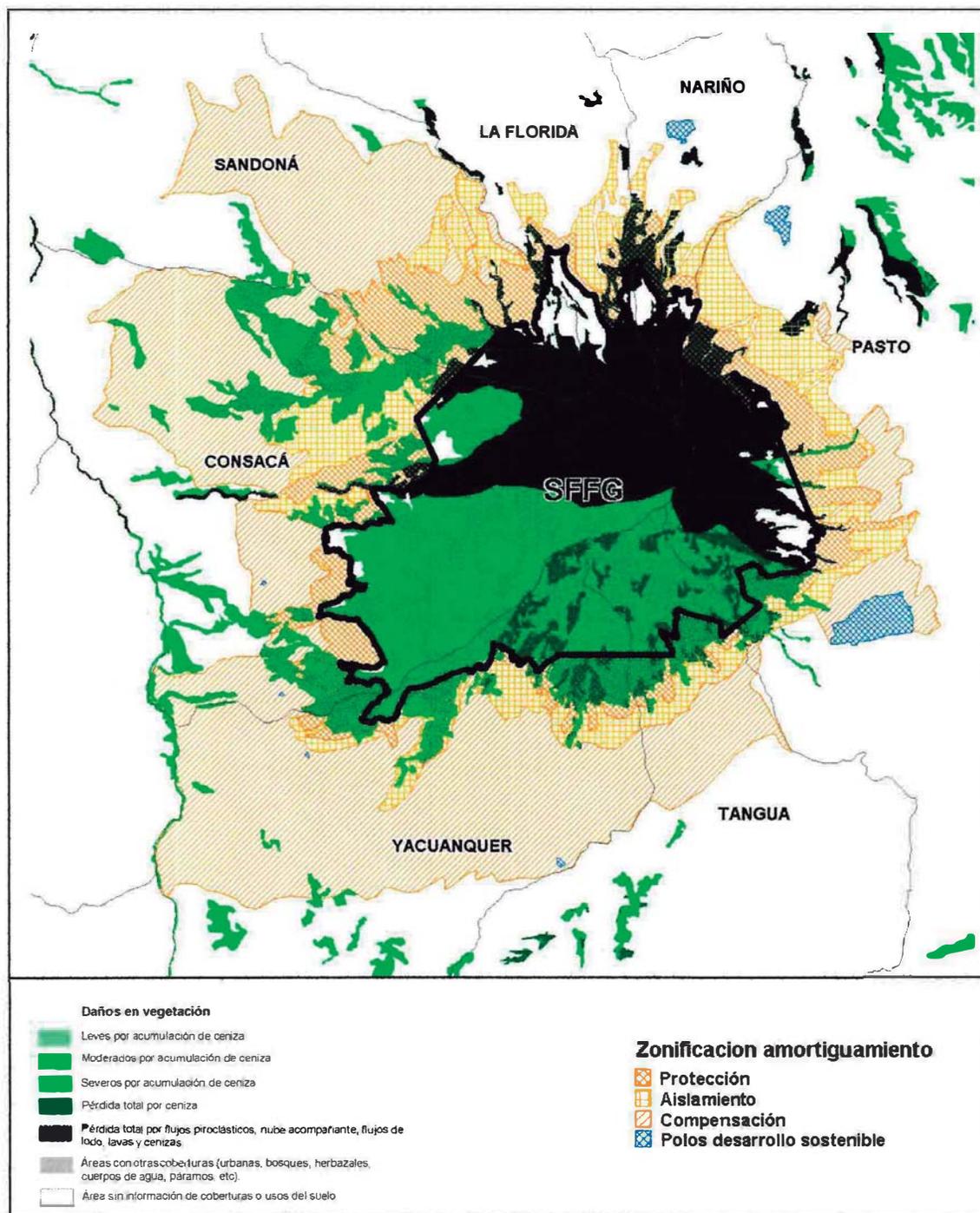


Figura 25. Daños generales por fenómenos volcánicos en coberturas naturales en zona de amortiguamiento del SFFG

5.12.3 Conclusiones

- De manifestarse los fenómenos volcánicos como se presentan en el mapa de amenaza volcánica del Ingeominas (1997), los efectos sobre el SFFG comprometerían directamente las 3 zonas ecológicas que lo constituyen (páramo, bosque andino y bosque alto andino), con pérdida total de la fauna y la flora existentes.
- Se vería disminuida gravemente la capacidad hídrica de las cuencas que pertenecen al SFFG por colmatación con material volcánico y contaminación de las fuentes de agua, lo que podría causar un desabastecimiento en la zona de influencia del Galeras. Se estima una alteración de alrededor 18 cuencas de Orden IV.
- La infraestructura construida para administrar el SFFG, como senderos y cabañas, tiene una vulnerabilidad alta, por su cercanía al cráter del Galeras.
- Se verían afectadas las 900 familias que viven en los alrededores de la zona de amortiguación del Santuario, que hacen parte de la Asociación de Comunidades Campesinas Andinas de Nariño – Tierrandina.
- Los niveles de acumulación de ceniza volcánica sobre la vegetación en la zona de estudio, especialmente en el SFFG, pueden generar aplastamiento de la misma e impermeabilización de la superficie del suelo, disminuyendo su capacidad de filtración y aumentando la escorrentía superficial, así como la erosión de las laderas y por ende la posibilidad de inundaciones de las partes bajas que pueden llegar a las áreas urbanas.
- El nivel de daño esperado en el área del SFFG (93%), implica destrucción total de fauna y flora, así como la pérdida de la funcionalidad de sus ecosistemas.
- La manifestación del nivel máximo probable de erupción volcánica del Galeras puede tener varias consecuencias en el ámbito ecológico: disturbios por la remoción de la biomasa que se pierde o se transforma por los eventos volcánicos; sucesiones por la recuperación de biomasa a escalas temporales (años a siglos) y perturbaciones sobre los ecosistemas naturales de la zona de estudio. Lo anterior podría afectar la disponibilidad de recursos fitogenéticos y producir cambios en el ambiente físico del entorno natural del área de estudio.
- Las capas de información de la cartografía generada por este Estudio, aportan elementos para apoyar la “zonificación de niveles de amenaza hacia la fauna silvestre” planteada por la UAESPNN como resultado del ejercicio de formulación del programa de monitoreo del SFF Galeras 2007-2008.

- Debido a la vocación ganadera de muchas de las veredas priorizadas por el Plan de Contingencia del SFFG, se puede ver afectada la producción de carne, leche y derivados, tanto para autoconsumo como para comercialización. El ganado puede enfermarse por la ingestión de pastos contaminados con ceniza. También pueden resultar afectadas las especies menores como aves y cuyes.
- Las áreas destinadas para uso agrícola en las veredas priorizadas en el Plan de Contingencia del SFFG, podrían sufrir daños severos debido a los niveles de ceniza que se puede acumular, que sería mayor a 4 cm. Cultivos como la papa y las hortalizas son muy vulnerables por el nivel de retención de ceniza en sus hojas.

5.12.4 Recomendaciones

- Avanzar hacia la aplicación del Plan de acción de delimitación y zonificación de la zona amortiguadora del Santuario de Flora y Fauna Galeras¹⁷, con propósitos de ordenamiento territorial y ambiental, teniendo en cuenta lo considerado por la UAESPNN en el proyecto de áreas protegidas, que plantea el mantenimiento de la cobertura boscosa en los tres ecosistemas que conforman el SFFG, así como el mantenimiento de las conectividades mediante la estabilización de la frontera agropecuaria y la restauración ecológica de zonas degradadas y reducción de la cacería de especies silvestres desplazadas por la actividad volcánica. Todo esto enmarcado en una estrategia de reducción de riesgos.
- Para propósitos de planificación ambiental en el SFFG, se recomienda analizar un caso real: el del volcán Arenal en Costa Rica, en el cual se definió una zonificación del uso de la tierra en áreas bajo amenaza volcánica con sus respectivas restricciones, donde se tuvieron en cuenta no sólo las condiciones de riesgo, sino también el reconocimiento de que hay usos de la tierra históricos, que se dan en la región desde antes que se iniciara el actual periodo eruptivo. Este documento puede ser obtenido en www.geologia.ucr.ac.cr/revista/30/30-ESQUIVEL.pdf
- Implementar las acciones contenidas en el Plan de contingencia y monitoreo de los efectos de la actividad volcánica -componente de fauna- del Santuario de Flora y Fauna del Galeras.
- Dado que el SFFG va a estar sometido por mucho tiempo a los fenómenos volcánicos generados por el volcán, tanto leves de alta recurrencia (caída de ceniza

¹⁷ Planteado por la UAESPANN – Dirección territorial Surandina, El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial _ MVADT, Corponariño y Fondo para la Biodiversidad y aéreas protegidas.

volcánica) y extremos como la erupción máxima probable, es necesario plantear una programa para conservar las especies vegetales endémicas que se han identificado en él, a partir de la creación de un banco de germoplasma vegetal, bajo condiciones controladas que permitan el almacenamiento a largo plazo de material fitogenético, estableciendo y manteniendo colección de material vegetal como semillas, cultivos de tejidos, plantas en crecimiento activo y polen, con el fin de garantizar recursos fitogenéticos para el futuro, en caso de pérdida de las especies existentes por una erupción del Galeras.

- Fomentar la creación de estaciones biológicas para la conservación, rehabilitación y repoblamiento de fauna silvestre amenazada, en lugares con condiciones ambientales similares al SFFG, o en su defecto en zonas de amenaza volcánica baja.
- Poner a disposición de la Territorial Surandina la ortofoto del año 2005 que el Proceso Galeras contrató con el IGAC ya que esta es una herramienta fundamental para una mejor zonificación de coberturas y usos del suelo, e identificación de hábitats y ecosistemas vulnerables.
- Evaluar de manera detallada el impacto de la actividad volcánica del Galeras sobre las coberturas vegetales existentes identificadas por este Estudio en el SFFG a partir de trabajo de campo e imágenes de sensores remotos, que permitan determinar el estado de la vegetación en su estructura, composición y diversidad, identificando los efectos pasados de este fenómeno sobre la vegetación y el suelo, como elemento fundamental para proponer planes de regeneración y mantenimiento de la biodiversidad en el área.
- Con el fin de no permitir la ocupación de las áreas liberadas en la zona de amenaza alta por el proceso de reasentamiento de las poblaciones identificadas en los municipios de Pasto, Nariño y La Florida, se recomienda el cambio de uso de estos terrenos, teniendo en cuenta la normatividad vigente en la Ley 388/97 de ordenamiento territorial, analizando la viabilidad jurídica y técnica para que se incorporen al Santuario de Flora y Fauna del Galeras con propósitos de recuperación, conservación y restauración de bienes y servicios ambientales.
- Para propósitos de potencializar el recurso hídrico en el área de influencia del volcán Galeras es necesario generar proyectos de recuperación del bosque natural en la zona de amortiguamiento del SFFG.
- Poner en práctica los resultados del ejercicio de formulación de monitoreo de las especies de fauna y flora de los ecosistemas del SFFG frente a la ocurrencia de los

fenómenos volcánicos planteados en los años 2007 y 2008 por la UAESPNN, de los valores objeto de conservación (VOC) de la siguiente manera:

- A nivel de ecosistemas y comunidades: bosque andino, bosque alto andino y páramo.
- A nivel de poblaciones y especies: mamíferos medianos y pequeños, aves, anfibios e invertebrados (Principalmente las mariposas diurnas (Rhopalocera)) dentro de las poblaciones de fauna y el bosque de encinos del sector Los Lirios y las especies de los grupos de maderables y no maderables dentro de las poblaciones de flora.
- En cuanto al establecimiento de centros temporales ó refugios para fauna silvestre además de las condiciones que se plantean en el Plan de Contingencia (Gil, 2008): *como cobertura vegetal natural propia de la zona para que el animal no se estrese y que a la vez le brinde protección frente a eventos volcánicos*, estos deben considerar para su localización los niveles de acumulación de ceniza que pueden presentarse, los cuales es posible derivar del mapa de acumulación de ceniza elaborado por este estudio y los niveles de exposición a que estaría sometida, así como los daños con probabilidad de generarse, con los cuales sería factible evaluar el impacto de este tipo de presión y monitorear el indicador de estado de procesos ecológicos - hábitats críticos.
- Promover, como se plantea en el Plan de Contingencia (Gil 2008), el arreglo de caminos o senderos existentes que comunican al SFFG y a las veredas para garantizar un ágil repliegue hacia zonas seguras, teniendo en cuenta, a partir de la información contenida de este informe, los lugares con menor grado de afectación por los fenómenos volcánicos. Se recomienda definir caminos alternos que generen redundancia, en caso de que alguno falle. Es posible que luego de una gran caída de ceniza, sumado a lluvia, se generen fenómenos secundarios (deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones) que pueden afectar la salida y la accesibilidad a la zona.
- Si se ha disponer agua y alimento para los animales en los lugares designados como centros de atención temporal, se recomienda que los reservorios de agua estén cubiertos y que los lugares destinados al almacenamiento de alimentos tengan cubiertas con inclinaciones mayores a 45 grados. En caso de erupción volcánica no se recomienda el uso del agua de las fuentes que bajan del volcán Galeras, a menos que se descarte su contaminación.

- Debido a que actualmente y de acuerdo con el Plan de Contingencia (Gil, 2008): “son escasos los trabajos científicos enfocados a la evaluación de los efectos de la actividad volcánica sobre las poblaciones de fauna”, para una evaluación precisa sobre el impacto de los fenómenos volcánicos sobre la fauna de SFFG es necesario avanzar en el Programa de Monitoreo.

5.12.5 Bibliografía

- **Arauz, S. Marixsaud; Castillo, R. Oscar G; Jurado, R. Luciano (2003).** Universidad de Costa Rica. Maestría Centroamericana en geografía. Curso gestión del riesgo – Estudio de Caso los diques de Tara, Cartago.
- **Dale, Virginia, Frederick J. Swanson and Charles M. Crisafulli (2005).** Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens. Editor: Springer New York.
- **Evans, C. María A. (2006).** Caracterización de la vegetación natural de sucesión primaria en el Parque Nacional Volcán Pacaya y Laguna de Calderas, Guatemala. Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de: *Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad.
- **Gil, Iván Ch. (2008).** Plan de contingencia y monitoreo a los Efectos de la actividad volcánica - componente de Fauna – Santuario de Flora y Fauna Galeras. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales. Oficina técnica de cooperación AECID. Patrimonio Natural – Fondo para la biodiversidad y áreas protegidas.
- **González Cárdenas, Elena (2006).** Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras. A/ Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real.
- **Parkin, David and Adam Munro (1999).** Volcanic Risk Mitigation Plan. Environment Waikato Policy Series 1999/10.
- **UAESPANN (2006).** Plan de Manejo 2006 – 2010. Santuario de Flora y Fauna Galeras – Resumen ejecutivo.
- **UAESPANN (2007).** Plan de contingencia por actividad del Volcán Galeras. Santuario de Flora y Fauna Galeras – SFFG.
- **UAESPANN (2008).** Propuesta del plan de acción en el proceso de la delimitación y zonificación de la zona amortiguadora del SFFG. Primer esquema para la discusión con la Corporación Autónoma Regional y entes territoriales. Territorial Surandina SFFG.



REPÚBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE RIESGOS – DGR
PROCESO GALERAS

Convenio 1005-08-12-07

Fondo Nacional de Calamidades – Corporación OSSO

**TUDIO DE VULNERABILIDAD FÍSICA Y FUNCIONAL
A FENÓMENOS VOLCÁNICOS EN EL ÁREA DE
INFLUENCIA DEL VOLCÁN GALERAS**

INFORME FINAL CAPÍTULO V

**- 13. Ejercicio en estimación de
riesgo -**



San Juan de Pasto, 2009

CONTENIDO

5.13 Ejercicio en estimación de riesgo – pérdidas en cubiertas bajo carga de ceniza en el municipio de Nariño	4
5.13.1. Enfoque y procedimiento	4
5.13.2 Estimación de escenarios de pérdidas.....	7
5.13.2.1 Escenario pesimista	7
5.13.2.2 Escenario intermedio	9
5.13.2.3 Escenario optimista	10
5.13.3 Conclusiones.....	12
5.13.4 Recomendaciones	12

Resumen ejecutivo

Esta sección contiene el ejercicio de estimación de riesgo sobre las cubiertas (techos) en el casco urbano de Nariño sometidas a carga de ceniza volcánica. La estimación se realizó con un escenario de amenaza específico y asumible en primera aproximación como el evento máximo probable, derivado de información contenida en el Mapa de Amenaza Volcánica del Galeras, por un lado, y por otro, de las tipologías de viviendas y su respectiva probabilidad de daño encontradas en ese sector urbano. En esta simulación, las consecuencias económicas (costo de reposición) se estimaron a partir de valores de construcción oficiales para vivienda social, y se compararon con el actual presupuesto del municipio de Nariño.

5.13 Ejercicio en estimación de riesgo – pérdidas en cubiertas bajo carga de ceniza en el municipio de Nariño

5.13.1. Enfoque y procedimiento

El punto 8 de los Términos de Referencia del Estudio requirió, a manera de ejemplo, un ejercicio sobre estimación de riesgo volcánico; esto como un compromiso, por solicitud de representantes locales en los talleres preparatorios, porque la etapa de análisis de riesgo había quedado fuera de los Términos de Referencia,. Este ejercicio debía servir para proyectar e ilustrar a entidades y municipios sobre el proceso a seguir después del EVG. Cabe recordar aquí que una evaluación de la vulnerabilidad física conduce a la cuantificación o caracterización para un rango de solicitaciones (ver Cap. II), y no para una solicitación específica, como la correspondiente a un evento máximo probable (determinado en un modelo de amenaza).

La selección y realización de acciones de mitigación se debe fundamentar en estimaciones de riesgo (escenarios de daños y pérdidas probables). Estas estimaciones de riesgo se fundamentan, por un lado, en evaluaciones de vulnerabilidad (como este estudio) y por otro en modelos de amenaza (probabilidad de ocurrencia del fenómeno con determinada intensidad, para determinados intervalos de recurrencia), o al menos en ‘escenarios de amenaza’ específicos, en caso de no existir modelos completos. La decisión sobre la definición de estos escenarios de amenaza, en términos del intervalo de recurrencia e intensidad del fenómeno –equivalente a la definición del nivel de riesgo aceptable– tiene que partir del conocimiento de los patrones de actividad del volcán, pero en últimas también atenderse a consideraciones político-administrativas, sociales y económicas sobre el ‘riesgo aceptable’.

Los insumos utilizados para el modelamiento son los siguientes:

- 1) Como escenario de amenaza el modelo de acumulación de ceniza volcánica desarrollado en este Estudio (Capítulo II), que para el área de la cabecera municipal de Nariño estima un espesor de ceniza de 13.9 cm, a partir de la interpretación de información del MAVG y otras fuentes relacionadas con el Galeras. Este escenario lo inferimos como equivalente a un escenario máximo probable, aunque –por falta de información– no es demostrable con el rigor deseable; para ésto se requeriría información detallada sobre depósitos de ceniza en el pasado, así como un modelamiento matemático detallado de la erupción causal y del proceso de dispersión.
- 2) Inventario de edificaciones de la cabecera municipal de Nariño. Se escogió Nariño por su relativa cercanía al cráter activo (mayor exposición) y porque tiene una mezcla de todos los tipos de cubiertas identificados. Para realizar este modelo, se hizo el inventario de edificaciones en Nariño a escala individual (492 en total); la estimación se realizó para el 100 % de las edificaciones. En el plano urbano (Fig. 1, abajo) se han incluido

todas las edificaciones, codificadas por colores según la tipología de cubiertas a la cual fueron asociadas. Los datos levantados para cada una están contenidos en el sistema de información geográfica SIGVULGALERAS, disponible en la página <http://sigvulgaleras.osso.org.co>.

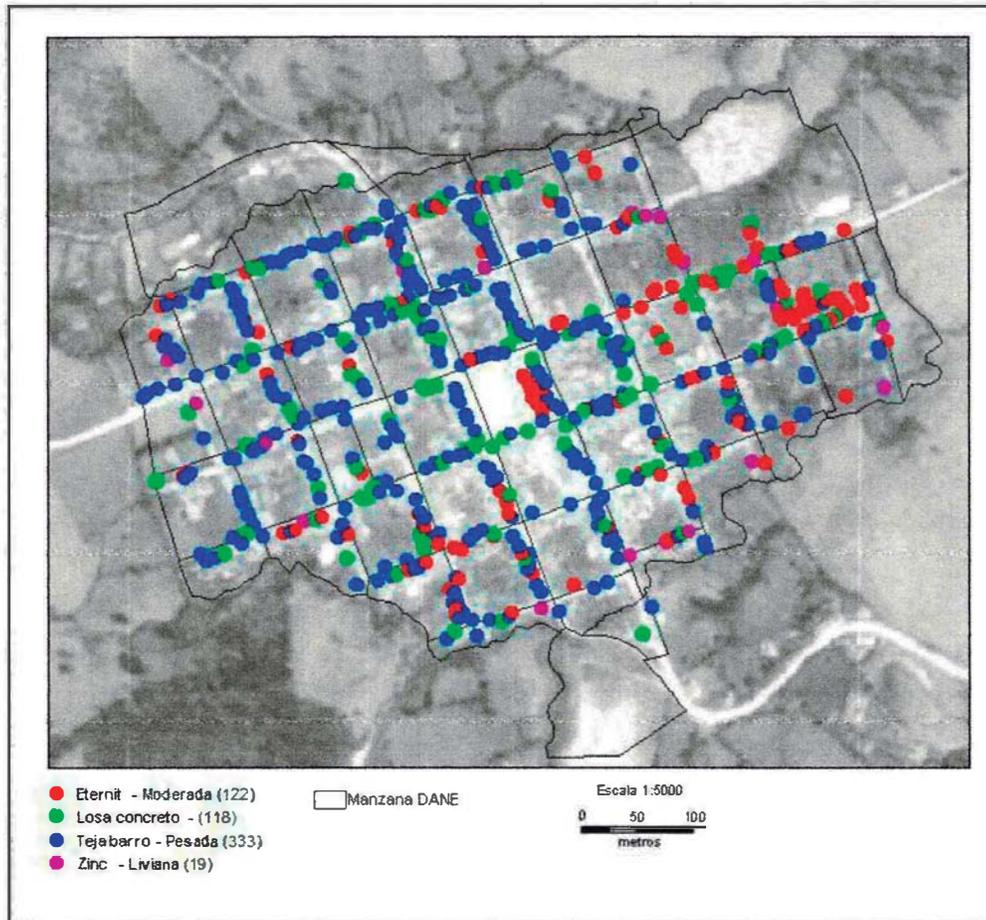


Figura 1. Inventario de tipología de cubiertas de edificaciones en la cabecera municipal de Nariño

3) Las funciones de probabilidad de daño, calculadas a partir de las funciones de vulnerabilidad de cubiertas por tipologías determinadas para el área del Estudio (Cap. 5 / Vivienda).

4) Costo de daños. Para obtener un estimativo del costo de pérdidas económicas por colapso de cubiertas, se tomó como base el costo de construcción de una cubierta en teja sobre estructura de madera (la tipología más afectada), como un porcentaje, el 19,7% (ver tabla siguiente) del costo total de construcción de una vivienda de interés social. Esto según lo definido por el gobierno nacional en la Ley 9ª de 1989 (artículo 44), para municipios con población menor a 100.000, que es de 100 SMLV, es decir, \$ 49.700.000.

Según este cálculo, el costo de reconstrucción de una cubierta de teja sobre madera sería de \$ 9.790.900.

Tabla 1. Costo de construcción de una vivienda de interés social¹

Costos Directos Construcción de Equipamientos	Costo \$	% Costo
1. Excavaciones y fundaciones en concreto reforzado	22.800	8,6
2. Estructura en concreto reforzado	84.750	32,1
3. Baños completos y enchapes	11.400	4,3
4. Piso en baldosa cerámica	25.650	9,7
5. Cubierta en madera, teja y canoas	52.000	19,7

Esta es una simulación simple de costos; entre las variables no consideradas están las siguientes:

Siendo teja liviana sobre estructura de madera el tipo de cubierta encontrado como más vulnerable (Cap 5 / Vivienda), en la realidad la reposición tendría que hacerse dotando a todos los elementos de la cubierta de suficiente resistencia, lo que aumenta los costos.

En la realidad no todos los daños serían de tipo colapso (totales), una condición que actuales funciones de vulnerabilidad y probabilidad de daño aún no pueden representar.

En edificaciones sin 'viga de corona' (el amarre horizontal de los muros externos) el sobrepeso excesivo en cubierta puede llevar a la destrucción de muros.

Cuando hay colapso de cubiertas, generalmente también hay pérdida (y por ende, costos) en los elementos internos de la edificación, que pueden ser afectados física y químicamente por la ceniza.

En la realidad, gran parte de los costos de mano de obra para la reposición o reparación serían absorbidos por la vía de autoconstrucción.

Por otro lado, hay que tener en cuenta en los planes de contingencia y mitigación que una caída de ceniza intensa también genera otras pérdidas y costos, como por ejemplo la provisión de agua en situación de emergencia, limpieza y recuperación de sistemas de abastecimiento de agua, la remoción de la ceniza, lucros cesantes, etc.

¹ Dato tomado del punto 7.6 REPARTO DE CARGAS Y BENEFICIOS en http://www.medellin.gov.co/alcaldia/jsp/modulos/P_ciudad/pot/PlanRedesar/76RepartoCarBene.jsp?idPagina=880

No está de más recordar aquí que los costos de reposición (aquí simulados) siempre son mayores que los costos de las medidas de reforzamiento previo.

5.13.2 Estimación de escenarios de pérdidas

Para estimar las pérdidas económicas por daños en cubiertas en el municipio de Nariño, se determinó el porcentaje de daño (del total del tipo de cubiertas) por tipología de cubierta a partir del cruce de niveles de sollicitación de acumulación de ceniza y las funciones de probabilidad de daño (que incluyen su nivel de resistencia). Con este porcentaje de daño, que en este modelo se estima como pérdida total (colapso de cubierta), se determinaron las pérdidas materiales que equivaldrían al costo total de reposición de la cubierta.

Con el fin de hacer esta simulación de costos más ilustrativa, se calcularon pérdidas para tres escenarios: pesimista, intermedio y optimista.

Para cada uno se estimó el porcentaje de daño por tipología de cubiertas y las pérdidas económicas por daños en cubiertas².

En las respectivas figuras de funciones de probabilidad de daño, la intersección de la línea verde vertical (la carga, como peso correspondiente al espesor de ceniza asumido) sobre las funciones de vulnerabilidad de las cubiertas livianas/moderadas (en rojo) y las pesadas (fucsia), indican el porcentaje de daño probable de las mismas.

5.13.2.1 Escenario pesimista

Se define como el máximo nivel de caída de ceniza, según el escenario de amenaza descrito en el Capítulo 2 (13,9 cm), equivalente a una carga de 1,7 kPa.

² Tomado de <http://www.cdmb.gov.co/normas/lev0021991.htm>.

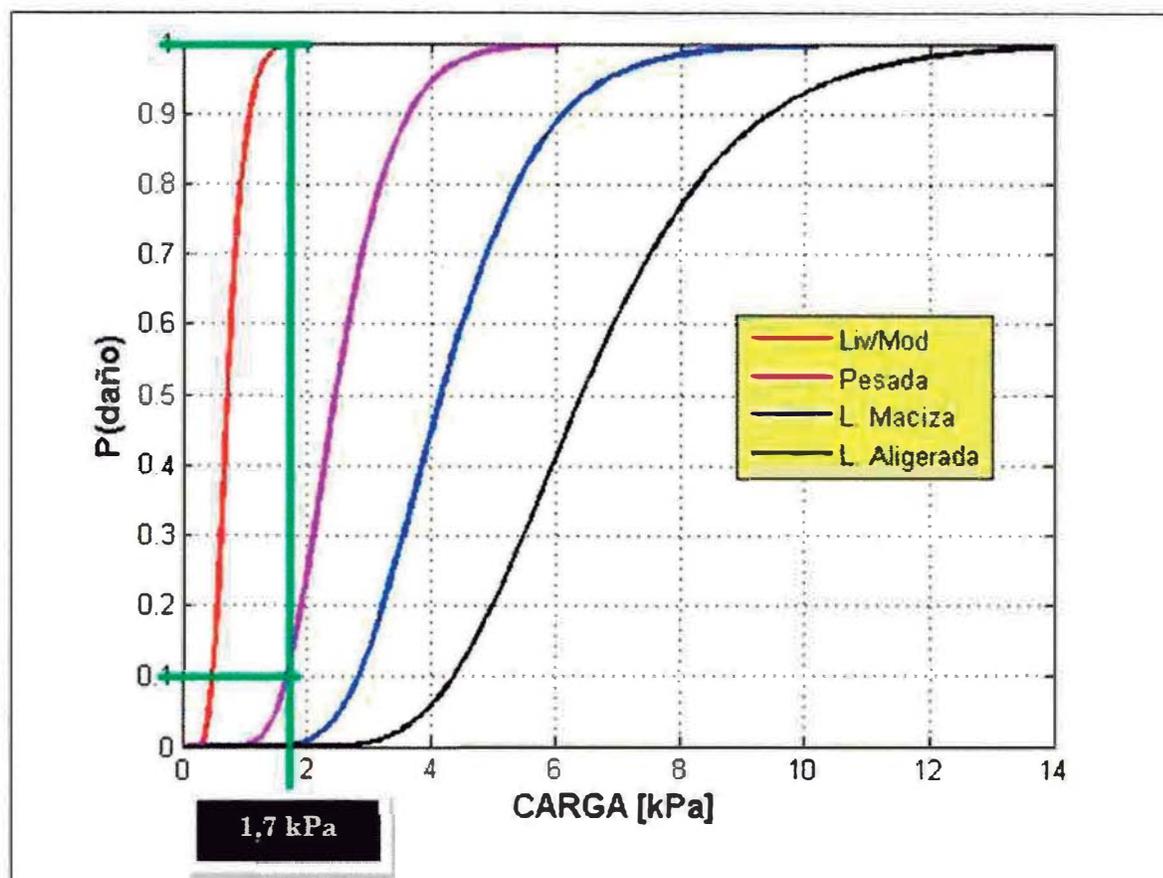


Figura 2. Porcentaje de daños estimados en cubiertas, escenario pesimista

Los resultados indican que en viviendas con cubiertas livianas y moderadas, los daños serían del 100%, equivalente al total de 141. Las pérdidas económicas estimadas serían de alrededor de \$ 1.380'516.900. En viviendas de cubierta pesada se esperaría un daño del 10%, equivalente a 33 viviendas, del total de 118. Las pérdidas económicas estimadas serían cercanas a \$ 323'099.700.

En total, las pérdidas económicas, de llegar a materializarse este escenario, alcanzarían \$ 1 703'616.600, lo que equivale al 81% del presupuesto anual del municipio de Nariño en el 2008³.

³ Según los datos obtenidos de <http://www.narino-narino.gov.co/presupuesto.shtml?apc=f1p1--&x=1889217>, el presupuesto del año pasado 2008 en la Alcaldía Municipal del Nariño, fue de \$ 2.104.098.927

5.13.2.2 Escenario intermedio

Se define como el correspondiente a daños causados por una acumulación de ceniza de 7 cm, equivalente a una carga de 0,85 kPa.

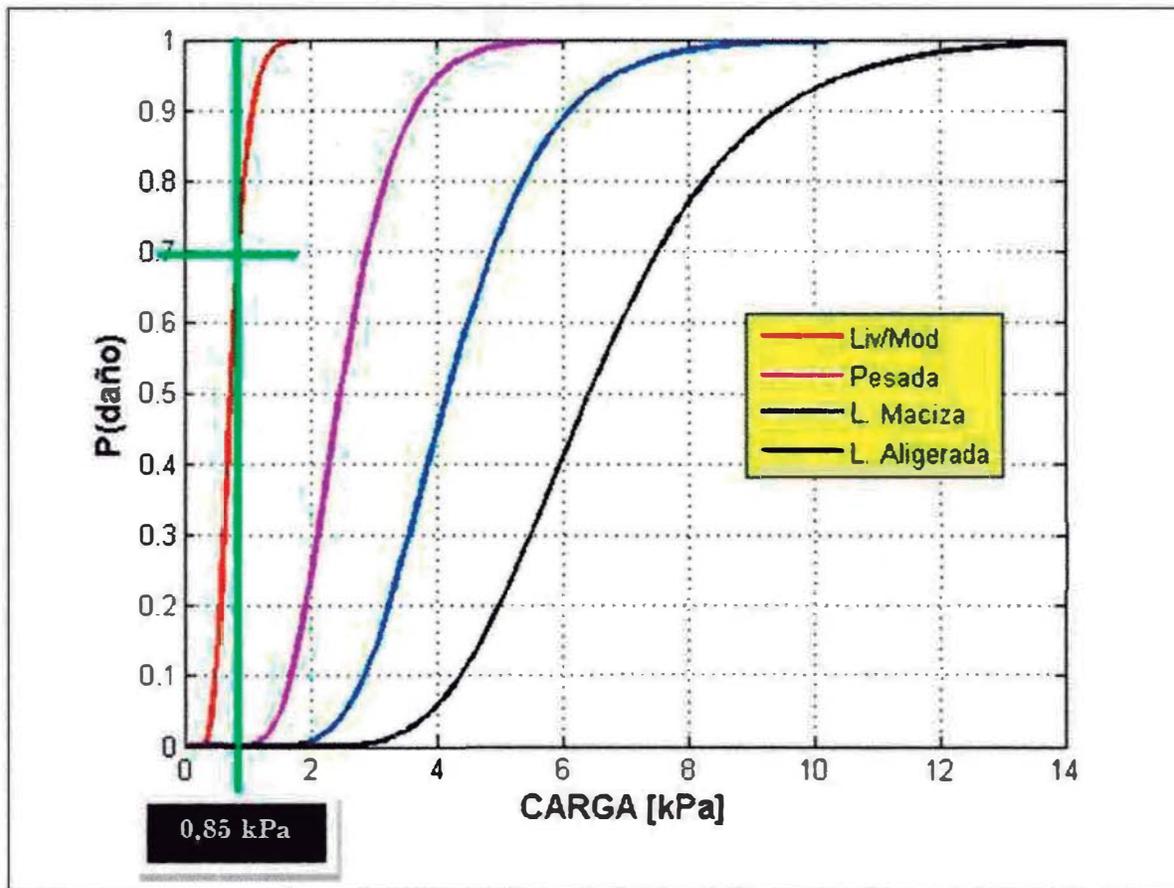


Figura 3. Porcentaje de daños estimados en cubiertas, escenario intermedio

Los resultados indican que los daños se acumularían en un 70% de las viviendas con cubiertas livianas y moderadas, es decir en un total de 83 viviendas, y las pérdidas económicas serían de \$812'644.700, lo que equivale al 38% del presupuesto anual del municipio en el 2008. Los demás tipos de cubiertas no sufrirían daño.

5.13.2.3 Escenario optimista

Se define como el nivel de caída de ceniza hasta 2 cm, equivalente a una carga de ceniza de 0,25 kPa.

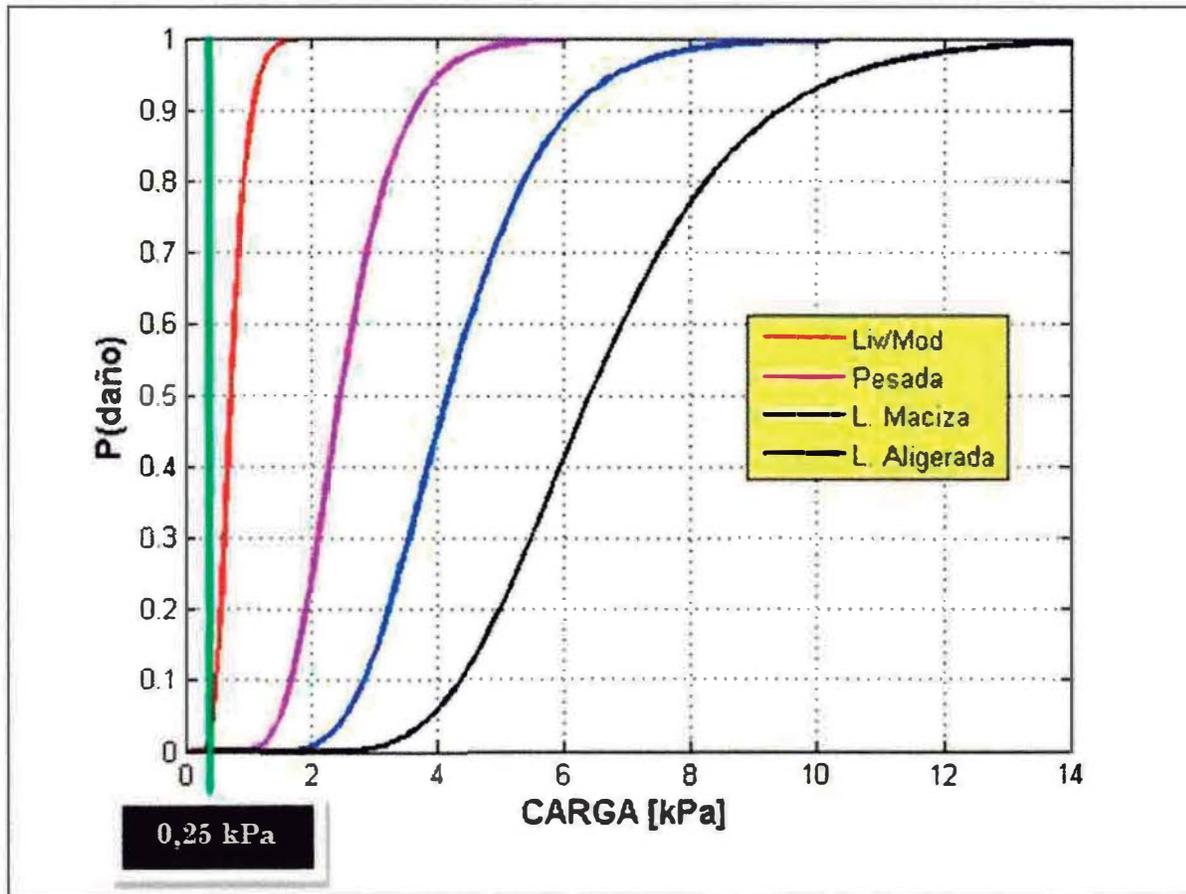


Figura 4. Porcentaje de daños estimados en cubiertas escenario optimista

Los resultados indican que no se esperarían daños –si acaso marginales y mínimos– ni pérdidas económicas en ningún tipo de cubierta. En la tabla siguiente se presenta el consolidado de los resultados:

Tabla 2. Comparación de los tres escenarios de pérdidas

Escenario	Total de viviendas con daños	Pérdidas económicas	Pérdidas con relación al Presupuesto Municipal del 2008
Pesimista	141 de 492	\$ 1'703.616.600	81 %
Intermedio	83 de 492	\$ 812'644.700	38 %
Optimista	0	Ninguna	Ninguno

5.13.3 Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos con este ejemplo de valoración del riesgo, se observa que frente a un escenario ‘pesimista’, sólo por el daño en las cubiertas, el municipio de Nariño –o las instancias que lo apoyarían– tendría que invertir casi todo el presupuesto anual que tiene para su funcionamiento y programas de inversión en la reconstrucción de techos. La materialización de un escenario intermedio (sólo el 50% de la carga de ceniza) también resultaría muy costoso.

Evidentemente, es necesario definir cuál es el riesgo aceptable que un municipio expuesto está dispuesto a asumir como política municipal para realizar inversión en reducción del riesgo por colapso de techos, inversión que puede orientarse a programas de mejoramiento de cubiertas que incluya el mantenimiento de las mismas, reformas en las pendientes (aumento de la inclinación), y reforzamiento estructural. También puede avanzarse en una reglamentación para la construcción de nuevas cubiertas menos vulnerables por tipología y diseño.

El fenómeno de caída de ceniza generalmente es percibido como molesto pero de poco peligro y riesgo económico. Esta sencilla simulación muestra que aún espesores de ceniza lejanos de lo que podría considerarse como catastrófico, conllevan un riesgo grande.

Erupciones grandes de la historia reciente muestran que la ocurrencia de colapsos de cubiertas por sobrecarga de ceniza también pueden causar víctimas fatales. En las erupciones del Pinatubo (Filipinas), por ejemplo, donde se midieron espesores de ceniza de hasta 50 cm, hubo aproximadamente 300 víctimas fatales (*Paladio-Melosantos et al., 1996*).

5.13.4 Recomendaciones

- Para fines ilustrativos de los costos relativos de reparación o reposición vs costos de mitigación (en este caso, reforzamiento de estructuras portantes de cubiertas), que siempre son menores, realizar una simulación similar a la anterior para los costos de reforzamiento, utilizando las propiedades promedio de estas estructuras, tal como se encontraron en el inventario de viviendas.
- Ya que no existe una norma nacional que exija unas provisiones mínimas (como en el caso de la Norma Sismorresistente) para la carga que deben poder soportar cubiertas, es recomendable promover el desarrollo de una guía o norma para las sobrecargas mínimas de techos (tipologías vulnerables) en regiones con volcanes activos. Siendo este el caso más apremiante, es recomendable desarrollar una guía o norma para la región del Galeras.

- Los instrumentos legales y financieros actualmente existentes para subvencionar el reemplazo de vivienda en situación de riesgo, no cubrirían los costos de mitigación (reforzamiento) de las viviendas expuestas al riesgo de colapso de techos por sobrecarga de ceniza en la región del Galeras. Es recomendable promover la reforma de estos instrumentos, lo que además mejoraría las condiciones de igualdad con quienes actualmente pueden optar a subsidios en la ZAVA (reasantamiento).
- Reiteramos la importancia de extender la estimación de riesgo a otras áreas, amenazas y sistemas de la región del Galeras, con la necesaria complementación de información básica previa, para así aproximarse a los modelos de costo-beneficio que pueden fundamentar un plan de mitigación regional eficaz.



Unidad Nacional para la Gestión del
Riesgo de Desastres - Colombia

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres



002629



**Corporación
OSSO**

Carrera 101 # 14 - 154. Ciudad Jardín - A.A. 25928

Teléfono: +57(2)3393223 , +57(2)3317881

Fax: +57(2)6827662

Web: <http://osso.org.co>

Cali - Colombia

**Este Estudio se puede consultar en:
<http://sigvulgaleras.osso.org.co>**