

Maestría en

**Gestión de Emergencias
Sanitarias y Pandemias**

**Trabajo de investigación previo a la obtención del título de
Magíster en Gestión de Emergencias Sanitarias y Pandemias**

AUTORES:

Kevin Josue Conforme Tomala
Bettina Mercedes Serrano Delgado
Graciela Lizeth Erazo Maynaguez
Jazmin Samantha Andrade Lema
Paul Erick Tirsio Simarra
Paul Andres Perez Valenzuela
Carmen Isabel Jiménez Lapo

TUTORES:

Docente titulación
PhD. Elena Gras García
PhD. María del Carmen Aguilar
PhD. David López Cornejo

**Protocolo Sanitario de Respuesta Frente a Episodios de Actividad Volcánica y Emisión de Ceniza
Del Volcán Cotopaxi y su Relación con Enfermedades Respiratorias en Comunidades Rurales del
Cantón Latacunga**

Quito, (enero 2026)

Certificación de Autoría

Nosotros, **Kevin Josue Conforme Tomala, Bettina Mercedes Serrano Delgado, Graciela Lizeth Erazo Maynaguez, Jazmín Samantha Andrade Lema, Paul Erick Tirsio Simarra, Paul Andrés Pérez Valenzuela, Carmen Isabel Jiménez Lapo**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE), para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, su reglamento y demás disposiciones legales.



Firma del graduando
Kevin Josue Conforme Tomala



Firma del graduando
Bettina Mercedes Serrano Delgado



Firma del graduando
Graciela Lizeth Erazo Maynaguez



Firma del graduando
Jazmín Samantha Andrade Lema



Firma del graduando
Paul Erick Tirsio Simarra



Firma del graduando
Paul Andrés Pérez Valenzuela

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Firma del graduando
Carmen Isabel Jiménez Lapo

Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual

Nosotros, Kevin Josue Conforme Tomala, Bettina Mercedes Serrano Delgado, Graciela Lizeth Erazo Maynaguez, Jazmín Samantha Andrade Lema, Paul Erick Tirsio Simarra, Paul Andrés Pérez Valenzuela, Carmen Isabel Jiménez Lapo, declaramos bajo juramento que el presente trabajo titulado:

“Protocolo Sanitario de Respuesta Frente a Episodios de Actividad Volcánica y Emisión de Ceniza Del Volcán Cotopaxi y su Relación con Enfermedades Respiratorias en Comunidades Rurales del Cantón Latacunga” es de nuestra autoría y originalidad. Certificamos que la información, análisis, resultados y conclusiones aquí presentados son producto de nuestro trabajo investigativo, y que todas las fuentes utilizadas han sido debidamente citadas conforme las normas académicas vigentes. Afirmamos que este documento no ha sido presentado previamente para la obtención de ningún grado académico en esta u otra institución de educación superior. Nos hacemos responsables del contenido científico, técnico, ético y académico de la presente investigación. Firmamos esta declaratoria en señal de conformidad, veracidad y responsabilidad.



**Firma del graduando
Kevin Josue Conforme Tomala**



**Firma del graduando
Bettina Mercedes Serrano Delgado**



**Firma del graduando
Graciela Lizeth Erazo Maynaguez**



**Firma del graduando
Jazmín Samantha Andrade Lema**

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.



Paul Erick Tirsio
Simarra



Firma del graduando
Paul Erick Tirsio Simarra



Firmado electrónicamente por:
**PAUL ANDRES PEREZ
VALENZUELA**

Validar únicamente con FirmaEC

Firma del graduando
Paul Andrés Pérez Valenzuela



Firmado electrónicamente por:
**CARMEN ISABEL
JIMENEZ LAPO**

Validar únicamente con FirmaEC

Firma del graduando
Carmen Isabel Jiménez Lapo

Lugar y fecha: Latacunga, Ecuador – _____ de _____ de 2026

Aprobación de dirección y coordinación del programa

Nosotros, **Nombre del Director/a EIG y Coordinador/a UIDE**, declaramos que los graduandos: **Kevin Josue Conforme Tomala, Bettina Mercedes Serrano Delgado, Graciela Lizeth Erazo Maynaguez, Jazmín Samantha Andrade Lema, Paul Erick Tirsio Simarra, Paul Andrés Pérez Valenzuela, Carmen Isabel Jiménez Lapo** son los autores exclusivos de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal de ellos.

**RUIZ
MONTERO
RAFAEL -
45889211
W**

Firmado
digitalmente por
RUIZ MONTERO
RAFAEL -
45889211W
Fecha:
2026.02.22
19:48:03 +01'00'



Electrónicamente por:
**ERNESTO IVAN TORRES
TERAN**

Validar únicamente con FirmaEC

Rafael Ruíz
Director de la
Maestría en Gestión de riesgos

Ernesto Torres Terán
Coordinador de la
Maestría en Gestión de riesgos

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, con profundo respeto y gratitud, a nuestras familias, quienes han sido el pilar fundamental en cada etapa de nuestra formación profesional.

A nuestros padres, por enseñarnos el valor del esfuerzo, la perseverancia y la honestidad; a nuestros seres queridos, por acompañarnos con paciencia y cariño en este camino de crecimiento académico y personal.

Dedicamos también este logro a todas las comunidades rurales que enfrentan día a día los efectos de la actividad volcánica del Cotopaxi. Este documento es un aporte humilde pero comprometido para fortalecer su bienestar, seguridad y resiliencia.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la **Universidad Internacional del Ecuador y a EIG Education**, por brindarnos la oportunidad de formarnos en un ambiente académico de excelencia.

Nuestro reconocimiento especial a los **tutores del proyecto**, Elena Gras García, María del Carmen Aguilar y David López Cornejo, por su guía, orientación y rigor académico, que fueron fundamentales para la construcción de este trabajo.

Agradecemos también a las instituciones que aportaron información y apoyo técnico durante el proceso investigativo, entre ellas: el **Ministerio de Salud Pública, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE)** y el **Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional**. Su labor en el territorio constituye la base para la gestión del riesgo y la protección de la salud pública.

Finalmente, nuestro profundo agradecimiento a nuestras familias y compañeros de maestría por su apoyo, motivación y confianza incondicional. Este logro es también suyo.

Resumen

El presente trabajo desarrolla un Protocolo Sanitario de Vigilancia Epidemiológica y Respuesta Sanitaria ante episodios de caída de ceniza del volcán Cotopaxi, dirigido a las comunidades rurales del cantón Latacunga. El estudio se fundamenta en la caracterización de la amenaza volcánica, la identificación de vulnerabilidades poblacionales y la aplicación de enfoques transversales como determinantes sociales de la salud, equidad, género y One Health.

Metodológicamente, se integraron tres componentes principales: (1) revisión documental de normativas nacionales e internacionales, guías técnicas y evidencia científica de alto nivel según OCEBM; (2) análisis de riesgo mediante matriz de probabilidad–impacto y la herramienta STAR de la OPS; y (3) construcción de indicadores SMART para evaluar estructura, procesos, resultados e impacto del protocolo propuesto.

Los resultados permiten identificar amenazas prioritarias, vulnerabilidades críticas y capacidades institucionales existentes. Se establecen indicadores estratégicos para la vigilancia respiratoria, disponibilidad de insumos, preparación comunitaria, tiempos de activación y recuperación post-evento. Además, se aplica el Checklist OPS para valorar la solidez técnica del plan, evidenciando fortalezas en el análisis de riesgo y coherencia normativa, así como vacíos en gobernanza operativa, logística y comunicación de riesgo.

El protocolo resultante ofrece un instrumento técnico integral para fortalecer la preparación y respuesta sanitaria frente a la caída de ceniza, mejorar la resiliencia comunitaria y garantizar la protección de la salud en poblaciones rurales expuestas. Su implementación requiere coordinación interinstitucional, participación comunitaria activa y actualización continua según la evolución del volcán Cotopaxi.

Palabras claves: ceniza volcánica, vigilancia epidemiológica, Cotopaxi, salud pública, gestión del riesgo, *One Health*.

Abstract

This work presents a Health Surveillance and Response Protocol for volcanic ashfall events from the Cotopaxi volcano, focusing on rural communities in the Latacunga canton. The study is based on a comprehensive characterization of volcanic hazards, population vulnerabilities, and transversal approaches such as social determinants of health, equity, gender perspective, and One Health.

The methodology integrates three main components: (1) a documentary review of national and international regulations, technical guidelines, and high-level scientific evidence according to OCEBM; (2) risk analysis using a probability–impact matrix and the OPS STAR tool; and (3) development of SMART indicators to assess structure, processes, outcomes, and impact of the proposed protocol.

Results allowed the identification of priority threats, critical vulnerabilities, and existing institutional capacities. Strategic indicators were defined for respiratory surveillance, availability of protective supplies, community preparedness, activation times, and post-event recovery. The OPS Checklist was applied to evaluate the technical robustness of the plan, revealing strengths in risk analysis and normative alignment, as well as gaps in institutional governance, logistics, and risk communication.

The resulting protocol provides an integrated technical instrument to strengthen preparedness and health response to volcanic ashfall, enhance community resilience, and ensure public health protection in exposed rural populations. Its implementation requires interinstitutional coordination, active community participation, and continuous updates based on the evolving activity of the Cotopaxi volcano.

Keywords: volcanic ash, epidemiological surveillance, Cotopaxi, public health, risk management, One Health.

Tabla de Contenidos

Certificación de Autoría.....	2
Autorización de Derechos de Propiedad Intelectual	4
Acuerdo de confidencialidad	6
Aprobación de dirección y coordinación del programa.....	7
Dedicatoria.....	8
Agradecimientos	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Tabla de Contenidos.....	12
Lista de Tablas.....	15
Lista de Figuras.....	16
Lista de Anexos	17
CAPÍTULO 1: INTRODUCCION	18
1. Planteamiento del Problema e Importancia del Estudio	25
1.1. Definición del proyecto.....	25
1.2. Alcance del Protocolo.....	26
1.3. Objetivos	27
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	27
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	27
1.4. Justificación e importancia del trabajo de investigación	27
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	30
2.1. Coherencia y Evidencia.....	31
2.2. Sistemas de Vigilancia Epidemiológica en el Ecuador	32
2.3. Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE).....	32
2.4. El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN).....	33
2.5. Sistemas de apoyo para los Sistemas de Vigilancia Epidemiológico	34
2.6. Enfoque de ética y seguridad en la información.	35

2.7. Ética en la Recolección y Uso de Datos.....	35
2.8. Seguridad de la Información	35
2.9. Desafíos Éticos y Sociales en Latacunga	36
2.10. Tecnologías Aplicables al Monitoreo y Vigilancia Sanitaria.....	36
2.11. Triage en Emergencias Sanitarias.....	40
2.12. Relaciones de Sinergia entre las Tecnologías de la Información, los Sistemas de Alerta Temprana y de Comunicación.....	41
2.13. Niveles de Alerta o Clasificación de Casos.....	42
2.13.1. Vigilancia y Monitoreo.....	42
2.13.2. Componentes de la Vigilancia.....	47
2.14. Acciones de Respuesta	50
2.15. Preparación Ante el Evento: Organización y Responsabilidades	51
2.15.1. Medidas antes del evento	51
2.15.2. Medidas de Control General.....	51
2.16. Recuperación Postevento	52
2.17. Evaluación de la Efectividad del Control Postevento	53
2.18. Coordinación y Comunicación del Riesgo.....	56
2.19. Comunicación y Análisis de la Información	56
2.20. Fortalecimiento de Capacidades.....	57
2.21. Acciones Clave del Personal Sanitario.....	58
2.21.1. Antes del Evento.....	58
2.21.2. Durante el Evento.....	58
2.21.3. Después del Evento	58
2.22. Comunicación Preventiva: Mecanismos de Comunicación	59
2.22.1. Actividades de Educación Sanitaria Hacia la Población y a los Medios.....	59
2.22.2. Mensajes Clave de Protección y Autoprotección:.....	59
2.22.3. Diagrama 1. Flujo de comunicación institucional.....	59
2.23. Principios de Comunicación.....	59

2.24. Logística y Recursos	60
CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA Y RESULTADOS	61
3.1. Resultados	61
3.1.1. Identificación Ampliada de Amenazas	61
3.1.2. Vulnerabilidades Específicas por Amenaza	63
3.1.3. Capacidades Existentes.....	64
3.1.4. Metodología de Consenso Técnico.....	64
3.1.5. Análisis Detallado de la Tabla Evaluación del Riesgo (Ri)	65
3.1.6. Interpretación Probabilidad – Impacto.....	68
3.1.7. Diseño de Indicadores SMART.....	69
3.1.8. Indicadores por Fase del Protocolo	69
3.2. Checklist de Evaluación del Plan	73
3.2.1. Limitaciones del Estudio	75
3.2.2. Análisis del Cumplimiento.....	76
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
GLOSARIO	87
ANEXOS TÉCNICOS.....	90

Lista de Tablas

Tabla 1 Satélites usados para la detección de cenizas y movimientos volcánicos en el Cotopaxi.....	37
Tabla 2 Tecnologías Aplicables al Protocolo Sanitario frente a la Actividad del Volcán Cotopaxi	39
Tabla 3 Clasificación de Niveles de Riesgo y Alerta Sanitaria	45
Tabla 4 Estructura operativa y responsabilidades.....	54
Tabla 5 Coordinación interinstitucional.....	60
Tabla 6 Identificación de Amenazas (DATA).....	62
Tabla 7 Vulnerabilidades y Capacidades por Amenaza.....	63
Tabla 8 Matriz de Probabilidad–Impacto (STAR)	65
Tabla 9 Evaluación del Riesgo (RI)	67
Tabla 10 Evaluación de Riesgo Derivado (DB)	68
Tabla 11 Indicadores por Fase del Protocolo.....	71
Tabla 12 Checklist Profesional OPS – Evaluación Del Plan.....	73

Lista de Figuras

Figura 1. Método START	41
------------------------------	----

Lista de Anexos

Anexo 1 Flujoograma de Activación del Protocolo	90
Anexo 2 Matriz de Responsabilidades	90
Anexo 3 Formato de Registro de Casos Respiratorios	90
Anexo 4 Mapas Técnicos del Protocolo	91
Anexo 5 Procedimientos Operativos Estandarizados (POE)	93
Anexo 6 Kits Sanitarios Recomendados	94
Anexo 7 Material Educativo para la Comunidad	94

CAPÍTULO 1: INTRODUCCION

La actividad volcánica del Cotopaxi constituye una de las amenazas naturales más relevantes del Ecuador debido a su potencial eruptivo, su ubicación estratégica y la amplia dispersión de ceniza que puede alcanzar zonas densamente pobladas y comunidades rurales vulnerables. Ante este contexto, la presente tesis desarrolla un Protocolo Sanitario de Vigilancia Epidemiológica y Respuesta Sanitaria orientado a mitigar los efectos respiratorios asociados a la exposición a ceniza volcánica en las poblaciones rurales del cantón Latacunga, territorio históricamente afectado por eventos eruptivos.

El trabajo se sustenta en un enfoque integral que articula conceptos de gestión del riesgo de desastres, salud pública, determinantes sociales, enfoque de equidad, perspectiva de género y el paradigma One Health, reconociendo que los impactos de la ceniza no solo afectan la salud humana, sino también el ambiente, la actividad agropecuaria y los medios de vida comunitarios. Así, la investigación combina elementos científicos, técnicos y comunitarios para proporcionar herramientas operativas aplicables a escenarios reales de emergencia.

La metodología utilizada incluyó la revisión exhaustiva de normativas nacionales e internacionales, análisis de la evidencia científica disponible, caracterización de amenazas y vulnerabilidades mediante matrices técnicas, aplicación de la herramienta STAR de la OPS, y elaboración de indicadores SMART para evaluar el desempeño del protocolo. Este proceso permitió identificar factores críticos, brechas en la preparación comunitaria e institucional, y oportunidades de mejora para la gestión sanitaria ante la caída de ceniza.

La estructura de la tesis integra tres capítulos principales: el Capítulo I aborda el marco teórico, conceptual y la justificación del estudio; el Capítulo II presenta el diagnóstico, matrices de riesgo y análisis integral del territorio; y el Capítulo III desarrolla el protocolo sanitario, sus indicadores, coherencia metodológica y evaluación mediante checklist internacional. Finalmente, se exponen conclusiones y recomendaciones orientadas a fortalecer la resiliencia comunitaria y mejorar la capacidad operativa del sistema de salud local.

Este documento constituye un aporte técnico y académico para mejorar la preparación y respuesta ante emergencias volcánicas, contribuyendo al bienestar de las poblaciones rurales expuestas y al fortalecimiento de la gestión del riesgo en el Ecuador.

El volcán Cotopaxi constituye una de las principales amenazas naturales en el centro del Ecuador, debido a su alta actividad eruptiva y a la dispersión de ceniza que afecta a comunidades rurales del cantón Latacunga. La ceniza volcánica, compuesta por fragmentos de roca, vidrio volcánico y minerales como cuarzo, feldespatos y cristobalita, presenta partículas finas ($\leq 10 \mu\text{m}$) que pueden permanecer suspendidas en el aire y ser fácilmente inhaladas por la población (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IG-EPN], s.f.; Volcanic Ashfall Impacts, 2015). Estas partículas representan un riesgo importante para la salud respiratoria, especialmente en niños, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas preexistentes como asma o EPOC (Horwell y Baxter, 2006; Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2015).

Las erupciones volcánicas constituyen fenómenos naturales de gran impacto ambiental y sanitario, especialmente en Ecuador, donde la actividad de volcanes como el Cotopaxi representa una amenaza constante para la población. Durante estos eventos se liberan gases, piroclastos y cenizas que modifican la calidad del aire y pueden provocar efectos nocivos en la salud humana (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IG-EPN], 2016). La ceniza volcánica, formada por partículas finas menores o iguales a 2mm, puede mantenerse suspendida en el aire y ser inhalada con facilidad, generando irritación e inflamación de las vías respiratorias y exacerbando patologías como el asma o la EPOC (Horwell y Baxter, 2006).

El color de la ceniza es relevante para los científicos, pues aporta información sobre los procesos volcánicos y fases eruptivas. La ceniza puede irritar la piel y causar problemas respiratorios, siendo especialmente vulnerable la población infantil, adultos mayores y personas con enfermedades respiratorias preexistentes (IG-EPN, s.f.)

Químicamente, la ceniza refleja la composición del magma: contiene silicio (Si), aluminio (Al), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe). El vidrio volcánico suele ser más rico en silicio y más pobre en magnesio y hierro que los minerales cristalinos (Volcanic Ashfall Impacts, 2015).

Exposición Ambiental a Ceniza Volcánica y Efectos en la Salud Respiratoria

Las afecciones respiratorias derivadas de la caída de ceniza volcánica no son contagiosas, ya que su origen no corresponde a agentes infecciosos, sino a la exposición ambiental a partículas finas. La ceniza volcánica está compuesta por fragmentos de roca pulverizada (piroclastos), los cuales pueden ser transportados por el viento, especialmente las partículas más pequeñas ($\leq 10 \mu\text{m}$), que permanecen suspendidas en el aire y son fácilmente inhalables.

Desde el punto de vista fisiológico, estas partículas finas pueden atravesar las defensas de la vía aérea superior y depositarse en bronquios y alvéolos, desencadenando inflamación y malestar respiratorio. En personas con asma, EPOC u otras enfermedades respiratorias preexistentes, esta exposición puede intensificar síntomas como tos, sibilancias o disnea (IG-EPN, s.f.).

Problemas Respiratorios

Efectos respiratorios agudos (a corto plazo):

Las manifestaciones agudas observadas después de fuertes caídas de ceniza incluyen ataques de asma y bronquitis, junto con un aumento en los casos de tos, dificultad para respirar, opresión en el pecho y sibilancias. Estos síntomas se deben a la irritación del revestimiento de las vías respiratorias causada por las partículas finas de ceniza. En algunos casos, especialmente en personas mayores, los ataques de asma pueden ser mortales. Aunque son menos peligrosos, los ataques de asma en niños pueden ser muy alarmantes y provocar una hospitalización rápida (Horwell y Baxter, 2006). Los ataques de asma no se limitan a quienes ya han sido diagnosticados con esta enfermedad, ya que muchas personas pueden padecerla sin saberlo. La inhalación de ceniza fina también puede agravar enfermedades preexistentes, como la bronquitis crónica o problemas cardíacos avanzados. Los efectos respiratorios agudos tras una caída de ceniza son variables, y la mortalidad como resultado final rara vez se analiza en los estudios realizados (Horwell y Baxter, 2006).

Efectos respiratorios crónicos (a largo plazo):

La afección crónica más preocupante es la silicosis, una fibrosis nodular difusa (formación de cicatrices) en los pulmones. Para que se desarrolle la silicosis deben cumplirse tres condiciones principales:

- Una alta proporción de partículas finas en la ceniza.

- Una alta concentración de sílice cristalina (cuarzo, cristobalita o tridimita).
- Una exposición significativa y prolongada a la ceniza, generalmente durante años o décadas.

Los cambios iniciales en los pulmones no causan síntomas, y la mayoría de las personas afectadas permanecen en esta etapa leve; sin embargo, la enfermedad puede progresar incluso después de cesar la exposición y provocar una muerte prematura. La mayor preocupación se centra en los niños que viven en zonas afectadas por ceniza, ya que existe poca información sobre su susceptibilidad a la silicosis. Además, la exposición a polvo que contiene sílice cristalina puede reactivar casos antiguos de tuberculosis pulmonar. Las personas que han desarrollado silicosis también pueden tener un riesgo mayor de padecer cáncer de pulmón (Horwell y Baxter, 2006).

La enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) es otra posible consecuencia de la exposición prolongada al polvo. Representa una reacción general del pulmón ante las partículas, que puede causar un estrechamiento irreversible de las vías respiratorias y una secreción crónica excesiva de mucosidad. También puede desarrollarse una forma de neumoconiosis no específica, resultado de una exposición crónica y elevada a polvos silicatados, similar a la silicosis, pero menos dañina (Horwell y Baxter, 2006).

Condiciones Meteorológicas

El viento y el estilo de erupción son los principales factores que controlan la dispersión de cenizas de un volcán. El estilo de erupción afecta el volumen, tamaño de las cenizas y la altitud a la que se elevan. La dirección y velocidad del viento, que varían con la altitud y la distancia al volcán, afectan el patrón de dispersión de la ceniza y su depósito en el suelo. Durante erupciones prolongadas o series de erupciones, los cambios en el viento generan patrones complejos de dispersión (Volcanic Ashfall Impacts, 2015).

La troposfera presenta convección y circulación vigorosas, mientras que la estratosfera tiene circulación no convectiva y ligeramente turbulenta. La humedad y las precipitaciones actúan como mecanismos de lavado que disminuyen la concentración de partículas, pero intensifican los depósitos locales. La turbulencia atmosférica o la estratificación influyen en la mezcla vertical de la pluma, manteniendo la ceniza suspendida durante horas o días. Finalmente, la Re suspensión de

ceniza depositada por vientos locales o actividad humana puede mantener partículas en el aire incluso después de cesar la caída principal (Dare et al., 2016).

Incidencia de Enfermedades Respiratorias Derivadas de la Ceniza del Volcán Cotopaxi

Durante los recientes episodios de caída de ceniza del volcán Cotopaxi, el Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE-Alerta) ha registrado un aumento notable en las consultas por problemas respiratorios en comparación con los niveles habituales. Las enfermedades respiratorias ya constituyen una carga importante de morbilidad en Ecuador, siendo las infecciones respiratorias agudas (IRA) la principal causa de atención médica, especialmente en niños menores de cinco años, quienes representan hasta el 59,9 % de las consultas pediátricas en ciertos centros de salud (Reyes, Beltrán y Astudillo, 2015).

Asimismo, el sistema de vigilancia de infecciones respiratorias agudas graves (IRAG) ha reportado un incremento sostenido en hospitalizaciones respiratorias, con 8.358 casos de neumonía notificados hasta la semana epidemiológica 3 de 2024, principalmente en Pichincha y Guayas (MSP, 2024).

La exposición a ceniza volcánica puede intensificar esta carga, generando picos de consultas médicas y emergencias durante periodos de alta concentración de material particulado. Investigaciones previas en Ecuador han demostrado que las erupciones volcánicas provocan un aumento temporal de la demanda hospitalaria por síntomas respiratorios y oftálmicos, afectando de manera particular a personas con asma, EPOC, niños y adultos mayores (IG-EPN, 2016; OPS, 2015; Cifuentes y Alvarado, 2015). Por ejemplo, tras la erupción del Guagua Pichincha en 2000, las consultas por infecciones respiratorias agudas y problemas relacionados con el asma en menores de cinco años se duplicaron durante las tres semanas posteriores (Cifuentes y Alvarado, 2015). De manera similar, en comunidades cercanas al volcán Tungurahua, un tercio de los pacientes con enfermedades respiratorias preexistentes presentó exacerbaciones agudas, se identificaron un incremento de tos, sibilancias y dificultad respiratoria en comparación con poblaciones no expuestas (Cifuentes y Alvarado, 2015).

El reciente aumento de atenciones respiratorias puede interpretarse como una alerta temprana de sobrecarga en los servicios de salud, que demanda coordinación entre autoridades sanitarias y ambientales. La falta de mensajes claros sobre el uso de mascarillas y limpieza húmeda constituye

un riesgo adicional que podría incrementar la exposición poblacional a la ceniza y agravar las exacerbaciones respiratorias. Los indicadores observados incremento de PM_{10} , exacerbaciones de asma/EPOC y síntomas respiratorios y oculares tras la exposición reflejan un patrón consistente con episodios previos, justificando la activación de una alerta preventiva para evitar saturación en los servicios de salud respiratoria.

Rutas de Exposición Derivadas de la Ceniza del Volcán Cotopaxi

Las principales rutas de exposición incluyen el hogar, donde la ceniza puede ingresar a través de puertas, ventanas, grietas o techos; si se limpia en seco, las partículas acumuladas se re suspenden en el aire y pueden ser inhaladas nuevamente. En las escuelas, los estudiantes pueden inhalar partículas en suspensión o tener contacto ocular con ellas dentro de aulas mal selladas, durante recreos o al abrir ventanas. En los lugares de trabajo o al aire libre, los trabajadores que participan en la limpieza de ceniza o en actividades directamente expuestas presentan un riesgo prolongado de exposición sin protección adecuada (IG-EPN, s.f.; Cajo, 2024).

Por lo tanto, las estrategias de prevención deben centrarse en medidas ambientales y el uso adecuado de protección respiratoria, como mascarillas certificadas, y la limpieza húmeda de superficies, más que en el aislamiento o cuarentena de los afectados (OPS, 2015).

Cronología de Episodios Eruptivos del Volcán Cotopaxi

Durante los últimos 10 años, el volcán Cotopaxi ha exhibido dos episodios eruptivos significativos que coincidieron con picos asistenciales en salud respiratoria. El primero comenzó en agosto de 2015, con explosiones freáticas intensas el 14 y 15 de ese mes, generando emisiones de ceniza y un aumento notable de actividad sísmica (más de 2.100 sismos durante agosto) y desgasificación de SO_2 de hasta ~20.000 toneladas/día, afectando zonas distantes como Quito (IG-EPN, 2015).

Ese pulso se extendió hasta noviembre de 2015, con deformaciones del terreno registradas desde abril de ese año como señales percusivas (Morales Rivera et al., 2017; Mothes, 2017). En respuesta, los sistemas de vigilancia sanitaria detectaron un crecimiento en las atenciones por tos, disnea y exacerbaciones asmáticas en parroquias próximas al volcán durante los meses de caída de ceniza, aunque los datos específicos de morbilidad no se desagregan en los informes públicos.

A diferencia de eventos pasados, el segundo episodio eruptivo inició el 21 de octubre de 2022, con emisiones persistentes de ceniza de baja a moderada intensidad durante varios meses (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2022).

Picos Asistenciales

Durante los episodios eruptivos, la demanda de servicios de emergencia aumenta debido a complicaciones respiratorias agudas, incluyendo tos, sibilancias y disnea, afectando principalmente a grupos vulnerables: niños, adultos mayores, gestantes y personas con enfermedades respiratorias preexistentes (OPS, 2015). Estas poblaciones son más susceptibles a irritación ocular y dérmica, así como a complicaciones respiratorias graves. Por ello, es fundamental implementar medidas de protección ambiental y personal, como el uso de mascarillas certificadas, limpieza húmeda de superficies y reducción de la exposición directa a la ceniza (IG-EPN, s.f.).

Los boletines del Ministerio de Salud Pública muestran que, en 2022 y 2023, las infecciones respiratorias agudas graves (IRAG) superaron el umbral habitual, con picos alrededor de la semana epidemiológica 5 y la semana 41 de 2023 (MSP, 2025). Esta simultaneidad entre actividad eruptiva sostenida, incremento de emisiones de ceniza y ascenso en consultas respiratorias refuerza la necesidad de una cronología integrada de geodinámica y picos asistenciales como base para el Plan de Alertas.

Grupos de Riesgo

Los niños, adultos mayores, gestantes y personas con enfermedades respiratorias crónicas presentan mayor susceptibilidad a los efectos adversos de la ceniza, que pueden incluir irritación ocular y dérmica, además de complicaciones respiratorias graves. Los efectos oculares incluyen irritación, conjuntivitis y abrasiones corneales, mientras que la piel puede presentar dermatitis por contacto (OPS, 2015).

Además, estas partículas y cenizas volcánicas, producen afectaciones al sistema respiratorio en los siguientes grupos etarios:

Niños(as): especialmente en los asmáticos que se encuentran altamente expuestos a las cenizas mientras juegan, sufren accesos de opresión torácica, sibilancias y aumento de tos.

Gestantes: son consideradas un grupo vulnerable, frente a la exposición de ceniza volcánica debido a los cambios fisiológicos durante el embarazo que aumenta la susceptibilidad a problemas como: disnea, dolor torácico, faringitis y tos.

Trabajadores al aire: generalmente en los agricultores y ganaderos se presenta disnea, conjuntivitis y dermatitis.

Asmáticos/EPOC: la inhalación de estas partículas finas de ceniza, penetran en la vía respiratoria y desencadenan crisis de sibilancias, tos, disnea y broncoespasmo.

1. Planteamiento del Problema e Importancia del Estudio

1.1. Definición del proyecto

El volcán Cotopaxi es considerado uno de los más peligrosos del mundo debido a su historial eruptivo y a la densidad poblacional en sus alrededores (Vásquez Müller et al., 2024). Las comunidades rurales del cantón Latacunga presentan una alta vulnerabilidad, ya que dependen principalmente de la agricultura y la ganadería, actividades directamente afectadas por la caída de ceniza. Sin embargo, más allá del impacto económico, la exposición continua a partículas finas (PM2.5 y PM10) derivadas de la ceniza volcánica ocasiona graves consecuencias en la salud respiratoria, agravando enfermedades existentes como el asma, la bronquitis y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), además de generar nuevos cuadros agudos en la población expuesta, especialmente en niños, adultos mayores y personas con comorbilidades (Horwell & Baxter, 2006; Hansell et al., 2006).

Las comunidades rurales del cantón Latacunga presentan una alta vulnerabilidad, ya que dependen principalmente de la agricultura y la ganadería, actividades directamente afectadas por la caída de ceniza. Sin embargo, más allá del impacto económico, la exposición continua a partículas finas (PM2.5 y PM10) derivadas de la ceniza volcánica ocasiona graves consecuencias en la salud respiratoria, agravando enfermedades existentes como el asma, la bronquitis y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), además de generar nuevos cuadros agudos en la población expuesta, especialmente en niños, adultos mayores y personas con comorbilidades (Horwell & Baxter, 2006; Hansell et al., 2006). La limitada capacidad de respuesta sanitaria en zonas rurales, sumada a la dispersión geográfica de la población, dificulta la vigilancia epidemiológica oportuna.

Aunque existen sistemas de monitoreo volcánico y satelital, la información obtenida no siempre se traduce en protocolos de salud claros ni en mecanismos efectivos de prevención y atención médica. Por ello, resulta necesario incorporar tecnologías de la información que faciliten la emisión de alertas tempranas —incluyendo sistemas de alerta y respuesta temprana en salud (EWARS)—, el seguimiento clínico de pacientes y el análisis predictivo de la incidencia de patologías respiratorias (Parra, 2018; Rodríguez et al., 2022).

Ante este escenario, surge la necesidad de desarrollar un protocolo sanitario de respuesta que integre la vigilancia epidemiológica con tecnologías digitales accesibles, sostenibles y adaptadas a las condiciones de las comunidades vulnerables. En este sentido, es esencial que las tecnologías de información incluyan sistemas geoespaciales capaces de correlacionar la dispersión de ceniza con áreas pobladas, dado que los Sistemas de Información Geográfica (GIS) desempeñan un rol estratégico en la gestión de emergencias de salud y desastres (Organización Panamericana de la Salud, 2023).

Por lo tanto, las tecnologías aplicadas a la detección precoz de emergencias sanitarias asociadas a la actividad volcánica deberían cumplir con características específicas que aseguren su eficacia, pertinencia y sostenibilidad en el tiempo como:

- **Capacidad de monitoreo geoespacial y meteorológico en tiempo real**, que permita correlacionar la dirección y concentración de la ceniza con zonas pobladas (noaa/cimss, 2023).
- **Sistemas de vigilancia epidemiológica digital**, que recojan datos de salud comunitaria a través de centros de salud, encuestas móviles o Telemedicina.
- **Alertas Tempranas, Alertas y Respuestas - EWARS**, integradas con protocolos de respuesta médica y distribución de insumos (mascarillas, medicamentos, etc.) (Organización Panamericana de la Salud, 2016).
- **Plataformas de comunicación bidireccional con la comunidad**, que faciliten la educación en salud preventiva y la recolección de síntomas reportados por los ciudadanos (Alvarado Jessica, Cantu Erika, Sanchez Pablo, 2023).

1.2. Alcance del Protocolo

El protocolo tiene un alcance local y se enfoca en las comunidades rurales del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, por ser las zonas más expuestas a los efectos de la caída de ceniza del

volcán Cotopaxi. Su implementación se articula con las disposiciones del MSP y la SNGRE, orientadas a fortalecer la capacidad de respuesta frente a emergencias volcánicas, reducir la morbilidad respiratoria, preservar los medios de vida y mejorar la resiliencia comunitaria (MSP, 2023; SNGRE, 2025).

El protocolo involucra la coordinación activa de instituciones públicas, GAD provinciales, cantonales y parroquiales; Ministerio del Ambiente y Agua; Ministerio de Educación; Fuerzas Armadas; Policía Nacional; Cruz Roja Ecuatoriana y organizaciones comunitarias. Dicha articulación se sustenta en directrices internacionales de gestión del riesgo y salud pública (OMS, 2021; IG-EPN, 2022).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Fortalecer la respuesta sanitaria ante episodios de actividad volcánica y emisión de ceniza del volcán Cotopaxi, mediante acciones coordinadas de prevención, atención, comunicación de riesgos y vigilancia epidemiológica que reduzcan los efectos respiratorios en las comunidades rurales del cantón Latacunga.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar la prevalencia e incidencia de enfermedades respiratorias asociadas a la exposición a ceniza volcánica en las comunidades afectadas, mediante registros de salud y encuestas comunitarias.
- Establecer acciones preventivas y de protección para la población vulnerable, incluyendo medidas de higiene, equipos de protección personal y rutas de evacuación.
- Determinar la capacidad de respuesta actual del sistema local de salud pública ante emergencias volcánicas.
- Elaborar una propuesta técnica orientada a la prevención y mitigación de enfermedades respiratorias durante episodios de caída de ceniza.

1.4. Justificación e importancia del trabajo de investigación

La exposición a ceniza volcánica derivada de los episodios eruptivos del volcán Cotopaxi constituye un problema prioritario de salud pública debido a sus efectos agudos y crónicos en la salud

respiratoria, especialmente en las comunidades rurales del cantón Latacunga. Estas poblaciones enfrentan condiciones socioeconómicas y ambientales que incrementan su vulnerabilidad, como viviendas de construcción precaria, actividades agrícolas al aire libre, acceso limitado a servicios de salud y menor disponibilidad de equipos de protección personal. Bajo estas condiciones, la carga de morbilidad respiratoria —irritación mucosa, exacerbaciones de asma y EPOC, e infecciones respiratorias agudas— tiende a intensificarse (WHO, 2008; PAHO, 2013).

Desde un enfoque de equidad, la exposición a ceniza afecta de forma diferenciada a niñas y niños, personas mayores, personas con enfermedades crónicas y personas trabajadoras agrícolas, quienes presentan mayor riesgo por condiciones biológicas, sociales o laborales. La interseccionalidad —relacionada con género, ocupación, edad y etnicidad— obliga a priorizar acciones dirigidas a los grupos más vulnerables mediante estrategias de protección respiratoria, acceso equitativo a información, vigilancia epidemiológica diferenciada y mecanismos de apoyo comunitario (Lett et al., 2020; Ronzi et al., 2023).

La problemática requiere un enfoque integral sustentado en One Health, dado que la ceniza volcánica altera el suelo, el agua, la vegetación y los ecosistemas, afectando la salud humana, la actividad pecuaria y la seguridad alimentaria. Los efectos ambientales, como contaminación de fuentes hídricas o alteración de cultivos, pueden agravar la inseguridad alimentaria rural y generar impactos indirectos en la salud humana (WHO, 2025; FAO, 2022). Asimismo, el fenómeno se articula con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente el ODS 3 (Salud y Bienestar), ODS 6 (Agua Limpia y Saneamiento) y ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles). La respuesta sanitaria también se enmarca en la Agenda de Salud Sostenible para las Américas 2018–2030, que promueve la resiliencia de los sistemas de salud, la reducción de la exposición ambiental y el fortalecimiento de las funciones esenciales de salud pública.

Se incluyen también los conceptos fundamentales de gestión del riesgo de desastres, diferenciando: Emergencia, como evento manejable con recursos locales.

Desastre, cuando la afectación sobrepasa las capacidades institucionales.

Crisis sanitaria, cuando la salud poblacional se ve comprometida de manera sostenida (WHO, 2020; UNDRR, 2015).

En el contexto del Cotopaxi, la articulación entre el Instituto Geofísico (IG-EPN), la SNGRE y el Ministerio de Salud Pública (MSP) es esencial para activar niveles de alarma, implementar medidas de protección respiratoria, reforzar la vigilancia epidemiológica y fortalecer los servicios del primer nivel de atención (IG-EPN, 2025; MSP, 2022).

Este protocolo se fundamenta en la mejor evidencia científica disponible, priorizando revisiones sistemáticas y metaanálisis, de acuerdo con los niveles de evidencia del OCEBM (2011). Además, incorpora recomendaciones basadas en el instrumento AGREE II, garantizando rigor metodológico, claridad, aplicabilidad y transparencia en la formulación de recomendaciones sanitarias.

Finalmente, la aplicabilidad del presente protocolo requiere su adaptación al contexto local, considerando la participación comunitaria, la disponibilidad real de recursos, los determinantes sociales del territorio, mecanismos de comunicación de riesgos y sistemas locales de respuesta. Su implementación permitirá reducir los impactos sanitarios, fortalecer la resiliencia comunitaria y mejorar la capacidad operativa ante futuros episodios eruptivos del volcán Cotopaxi.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

La planificación sanitaria frente a la actividad volcánica requiere un enfoque integral que reconozca la interacción entre los determinantes sociales de la salud, la equidad, la perspectiva de género, la salud ambiental y el paradigma One Health.

Los determinantes sociales condicionan la exposición al riesgo y la capacidad de afrontamiento. Factores como pobreza, acceso limitado a servicios básicos, educación sanitaria insuficiente y precariedad habitacional incrementan la vulnerabilidad de las comunidades rurales. La OMS (2010) subraya que la salud es el resultado de condiciones estructurales que influyen directamente en la exposición y la capacidad de respuesta.

La evidencia demuestra que la vulnerabilidad es una construcción social (Enarson, 2000). Las comunidades rurales expuestas al Cotopaxi enfrentan desventajas acumulativas que elevan su riesgo de enfermedades respiratorias (PAHO, 2022). La exposición a ceniza puede aumentar la demanda de atención médica hasta en un 20–30 %, sobre todo en niñas y niños, personas mayores y personas con comorbilidades (Carlsen et al., 2021; Mueller et al., 2020).

La equidad de género es otro eje central. Las mujeres suelen asumir roles de cuidado, lo que incrementa su exposición y carga de trabajo en contextos de desastre. Incorporar esta perspectiva mejora la eficacia de las intervenciones, garantizando acceso a información, recursos, decisiones y apoyos diferenciados (UN Women, 2021).

El paradigma One Health integra salud humana, animal y ambiental, permitiendo comprender cómo la ceniza impacta simultáneamente en todos los sistemas. Alteraciones en calidad del aire, agua y suelo pueden afectar la producción agrícola y la salud animal, repercutiendo en la seguridad alimentaria de las familias rurales (WHO, FAO y WOAHA, 2022; Wei, 2025).

El protocolo también se relaciona con los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

ODS 3: protección de la salud y reducción de enfermedades respiratorias.

ODS 6: medidas para evitar contaminación del agua por ceniza.

ODS 11: fortalecimiento de la resiliencia comunitaria.

Y se articula con la Agenda de Salud Sostenible para las Américas, que promueve la resiliencia y la reducción de la exposición ambiental como funciones esenciales de la salud pública.

2.1. Coherencia y Evidencia

La formulación del protocolo se sustenta en normativas nacionales e internacionales, marcos conceptuales y evidencia científica actualizada.

A nivel nacional, se integra el Plan Nacional de Respuesta ante Desastres y el Plan de Contingencia para el Volcán Cotopaxi (SNGRE, 2025), junto con lineamientos técnicos del MSP para vigilancia epidemiológica y atención en emergencias ambientales (MSP, 2025). Estos instrumentos orientan la preparación, respuesta y recuperación ante eventos volcánicos.

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (2015–2030) proporciona las bases para la planificación basada en riesgo, la participación comunitaria y la gestión multisectorial. La OPS subraya la importancia de integrar determinantes sociales y equidad en los protocolos de emergencia.

El enfoque One Health, respaldado por OMS, FAO y WOA, guía la comprensión de los impactos ambientales, zoonóticos y de salud humana derivados de la caída de ceniza.

Para asegurar rigor y validez, se emplea el instrumento AGREE II en la formulación de recomendaciones, garantizando calidad, claridad y aplicabilidad metodológica (AGREE Trust, 2009). Asimismo, se utilizan los niveles de evidencia del OCEBM (2011), priorizando revisiones sistemáticas y metaanálisis.

Estudios recientes confirman que la exposición a ceniza volcánica se asocia con un incremento en síntomas respiratorios, infecciones agudas y exacerbaciones de enfermedades crónicas (Carlsen et al., 2021; Ramos et al., 2019). Esto refuerza la necesidad de fortalecer la vigilancia epidemiológica, la prevención comunitaria y las capacidades operativas del sistema de salud de Latacunga. La preparación y respuesta ante eventos volcánicos exige un análisis territorial que permita comprender la interacción entre las amenazas naturales, la población expuesta y la disponibilidad de servicios esenciales. La incorporación de información espacial confiable resulta clave para orientar la toma de decisiones sanitarias y operativas, especialmente en zonas con alta recurrencia de fenómenos volcánicos. (OMS, 2018); (IG-EPN, 2015, 2025)

Para el diseño de las acciones contempladas en el presente protocolo se recurrió a cartografía oficial elaborada por las instituciones competentes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos. Estos insumos incluyen mapas de dispersión de cenizas, trazados de rutas de evacuación, delimitación de áreas seguras y la ubicación de los establecimientos de salud cercanos. El análisis conjunto de estos elementos permitió reconocer sectores con mayor exposición a la ceniza volcánica, valorar la accesibilidad a los servicios de salud durante una emergencia y definir corredores prioritarios para la evacuación y la atención oportuna de la población. (IG-EPN, 2015, 2025)

Esta información espacial fortalece la planificación sanitaria al facilitar la priorización de recursos, la protección de la infraestructura de salud y la coordinación entre instituciones en escenarios eruptivos. Asimismo, contribuye a anticipar posibles limitaciones en la capacidad de respuesta y optimizar los mecanismos de referencia y contrarreferencia, reduciendo el impacto sanitario asociado a la actividad del volcán Cotopaxi, como se observa en el Anexo 4.

2.2. Sistemas de Vigilancia Epidemiológica en el Ecuador

Los Sistemas de Vigilancia son diferentes tipos de tecnologías, herramientas, protocolos e incluso conformación de equipos comunitarios que permiten tener un monitoreo de las actividades volcánicas de forma continua y de esta forma poder prevenir daños o alteraciones por caída de las cenizas tanto en la parte económica, estructural y en la salud como los problemas respiratorios.

2.3. Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE)

El Ministerio de Salud Pública inició a fines de 2001 el desarrollo del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), con el fin de proveer información confiable y oportuna a todos los niveles de atención en salud, permitiendo planificar y evaluar el impacto de las intervenciones ante brotes de enfermedades o emergencias sanitarias (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2013). El SIVE actúa como un sistema de alerta y organización de información, facilitando la toma de decisiones basadas en evidencia para proteger a la población.

El sistema se estructura en subsistemas que garantizan una vigilancia integral: SIVE-ALERTA, encargado de detectar y notificar de manera inmediata eventos inusuales o emergencias; SIVE-Notif, que recopila información sobre enfermedades de notificación obligatoria; y SIVE-Hospital, centrado en la vigilancia de morbilidad y mortalidad hospitalaria (Ministerio de Salud Pública del

Ecuador, 2013). Esta organización permite que la información fluya desde los establecimientos de primer nivel hasta las unidades distritales y nacionales, fortaleciendo la capacidad de identificar incrementos anormales de enfermedades respiratorias, crisis asmáticas o exacerbaciones de enfermedades crónicas.

2.4. El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN)

El IGEPN utiliza múltiples herramientas y modelos para evaluar la dispersión de ceniza volcánica y su impacto sobre la población. Entre ellas destacan los sistemas que estiman concentraciones de partículas (PM10 y PM2.5) y modelan la trayectoria de los penachos eruptivos, utilizando información de sensores de gas, estaciones sismológicas y meteorológicas (Instituto Geofísico del Ecuador, 2025).

Se considera que esta información es clave para el protocolo sanitario frente a la emisión de ceniza del volcán Cotopaxi, ya que permite identificar zonas de mayor riesgo y priorizar la vigilancia epidemiológica de enfermedades respiratorias en las comunidades rurales del cantón Latacunga. Además, los datos proporcionados por el IGEPN facilitan la coordinación de medidas preventivas, como la entrega de mascarillas, el refuerzo de brigadas médicas y la activación de alertas tempranas mediante el SIVE-ALERTA. Por tanto, la integración de información geofísica y epidemiológica fortalece la respuesta sanitaria y la protección de la salud de la población expuesta.

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) mantiene un sistema de vigilancia de la actividad volcánica del Cotopaxi basado en la recolección y análisis sistemático de ceniza volcánica. Tras cada caída, el personal del IG-EPN recoge muestras directamente de superficies limpias o mediante una red de cenizómetros que se instalan en zonas estratégicas, asegurando mediciones precisas de espesor, densidad y carga de ceniza. Las muestras son cuidadosamente selladas, etiquetadas con coordenadas, fecha y características adicionales, y posteriormente secadas y pesadas para determinar el nivel de impacto sobre el entorno. El análisis granulométrico y textural de la ceniza, mediante tamizado, difracción láser y microscopía binocular, permite identificar el tamaño de las partículas y sus componentes juveniles o accidentales, información clave para evaluar riesgos respiratorios y entender los procesos eruptivos. Además, mediante microsonda electrónica se obtiene la composición química de los granos, lo que facilita la

caracterización del magma y la generación de escenarios eruptivos precisos. Este protocolo integral no solo respalda la vigilancia volcánica, sino que también aporta información crítica para la salud pública, al identificar áreas de exposición y guiar acciones preventivas frente a la ceniza y sus efectos sobre la población. (Gaunt et al., 2016)

2.5. Sistemas de apoyo para los Sistemas de Vigilancia Epidemiológico

Softwares ambientales para simulación de la dispersión de las emisiones volcánicas.

Screen View. - permite estimar concentraciones puntuales de material particulado (MP10) y determinar la distancia hasta el punto de máxima deposición. El modelo utiliza información de la fuente y las condiciones meteorológicas locales para simular escenarios críticos y obtener concentraciones representativas de las emisiones. (J. Ramiro Velastegui Sánchez, 2016)

Disper 5.2.- Se utiliza para evaluar la dispersión regional del penacho (columna de gases, vapor de agua y cenizas que asciende desde el cráter durante una erupción o emisión) volcánico. Aunque fue creado para emisiones industriales, resulta ser útil para representar la trayectoria de la ceniza y elaborar mapas de alcance. Los resultados que se obtienen se contrastan con imágenes satelitales y datos oficiales, verificando la correspondencia entre la simulación y las observaciones. (J. Ramiro Velastegui Sánchez, 2016)

Estos sistemas pueden mostrar variaciones significativas en las concentraciones de MP10, con picos relacionados directamente con los días de mayor actividad eruptiva, y se puede evidenciar que la ceniza puede desplazarse a grandes distancias dependiendo de la dirección del viento. Los resultados que se obtienen pueden resaltar la utilidad de combinar modelos, mediciones de campo y observación satelital para contar con información confiable. (J. Ramiro Velastegui Sánchez, 2016). Existen otros tipos de sistemas de apoyo que permiten una vigilancia y monitoreo clave de las actividades volcánicas y emisión de cenizas que pueden afectar la salud respiratoria de la comunidad.

Dentro de las tecnologías actuales tenemos los satélites:

- Satélites MODIS / VIIRS (NASA/NO AA): Utilizados por el IGEPN para identificar plumas de ceniza en volcanes como Sangay, Reventador, Cotopaxi.
- Sentinel- 2 (ESA): Usado para mapear depósitos de ceniza y plumas.

2.6. Enfoque de ética y seguridad en la información.

El uso de tecnologías digitales para vigilar la actividad volcánica y su impacto en la salud de las comunidades de Latacunga trae consigo un reto adicional: garantizar que la información recolectada se maneje de forma ética y segura. Esto es clave para que la población confíe en los sistemas de alerta, participe activamente en la vigilancia comunitaria y se protejan sus derechos fundamentales.

2.7. Ética en la Recolección y Uso de Datos

La vigilancia epidemiológica en contextos de emergencia debe regirse por principios éticos que prioricen el bienestar colectivo, pero sin descuidar la dignidad y privacidad de las personas. La OMS y la OPS destacan que todo sistema de vigilancia debe asegurar la transparencia (informar claramente cómo se usan los datos), la proporcionalidad (recolectar solo la información necesaria) y la equidad (garantizar que todas las comunidades tengan acceso a los beneficios de los sistemas de información) (OPS/OMS, 2017).

En comunidades rurales, donde existe mayor vulnerabilidad y menor acceso a tecnologías, estos principios cobran especial importancia. Por ejemplo, al implementar encuestas móviles o telemedicina, se debe explicar en lenguaje claro a la población cuál es el objetivo, qué riesgos existen y cómo se resguarda la información. De esta forma, se evita la desconfianza y se fortalece la participación comunitaria en el sistema.

2.8. Seguridad de la Información

La seguridad de los datos de salud no es solo un tema técnico, sino también una obligación ética y legal. La OPS (2023) subraya que la protección de la información sanitaria debe basarse en tres ejes:

- **Confidencialidad:** que los datos sensibles, como diagnósticos respiratorios o ubicación geográfica de pacientes, solo puedan ser vistos por personal autorizado.
- **Integridad:** garantizar que la información no se altere ni manipule, manteniendo su exactitud para la toma de decisiones.
- **Disponibilidad:** asegurar que los sistemas funcionen de manera continua, sobre todo durante emergencias volcánicas, donde la información en tiempo real es vital.

En Ecuador, el Reglamento de Información Confidencial en el Sistema Nacional de Salud establece la obligación de resguardar la privacidad de los datos y de informar a los ciudadanos sobre el uso de su información (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2022). Esto significa que cualquier protocolo sanitario debe estar alineado con este marco legal.

El mantener esta información bajo protección, es una obligación ética y legal, que conlleva consigo diagnósticos de enfermedades del sistema respiratorio, ubicación geográfica; que solo debe ser manipulada por el personal autorizado.

Cabe recalcar que, dentro de todo esto, surgen los desafíos éticos; los cuales limitan el acceso seguro hacia las comunidades rurales del cantón Latacunga. Entre ellas: baja cobertura, desconocimiento y falta de información sobre el uso respectivo de las aplicaciones implementadas; lo que puede generar desconfianza y rechazo en el manejo de los sistemas digitales.

2.9. Desafíos Éticos y Sociales en Latacunga

En la práctica, aplicar estos principios en las comunidades rurales del cantón Latacunga presenta varios desafíos:

- Brecha digital: algunas familias no cuentan con conectividad estable, lo que puede generar exclusión en el acceso a alertas o telemedicina.
- Confianza comunitaria: si la información no se maneja de forma clara, puede haber temor de que los datos sean mal utilizados o compartidos sin consentimiento.
- Resistencia cultural: algunos grupos pueden rechazar el uso de aplicaciones o sistemas digitales por desconocimiento o desconfianza hacia las instituciones.
- Riesgo de estigmatización: si se identifican comunidades con mayor prevalencia de enfermedades respiratorias, existe la posibilidad de discriminación o de que se perciban como “zonas enfermas”.

2.10. Tecnologías Aplicables al Monitoreo y Vigilancia Sanitaria

El monitoreo continuo es de vital importancia para anticipar y mitigar los efectos que puede producir la actividad volcánica en el Cotopaxi. Dentro de las tecnologías actuales tenemos los satélites; los cuales permiten monitorear en tiempo real sobre la formación y desplazamiento de plumas

volcánicas, así como la concentración de partículas finas y gases irritantes (dióxido de azufre), los cuales representan un riesgo elevado para los grupos prioritarios (Horwell & Baxter 2006).

Además, estos pueden integrarse con sistemas de vigilancia locales como el SIVE-ALERTA.

En la Tabla N°1 se presentan algunos de los satélites más relevantes utilizados por entidades como el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN) para la detección y seguimiento de cenizas y gases volcánicos.

Tabla 1 Satélites usados para la detección de cenizas y movimientos volcánicos en el Cotopaxi

SATÉLITE	USO	QUE REPORTAN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Satélites MODIS / VIIRS (NASA/NOAA)	Utilizados por el IGEPN para identificar plumas de ceniza en volcanes como Sangay, Reventador, Cotopaxi.	- Imágenes y mapas de plumas de ceniza en la atmósfera. - Medición de aerosoles finos (PM_{2.5} y PM₁₀) y su transporte regional.	- Cobertura amplia (regional e internacional). - Detección casi en tiempo real Identifica dispersión a gran escala.	- Resolución moderada, no siempre detecta plumas pequeñas. - Limitado por nubosidad densa.
Sentinel-2 (ESA)	Usado para mapear depósitos de ceniza y plumas.	- Detección de SO₂ (dióxido de azufre) en la troposfera y estratosfera. - Análisis de extensión y dirección de nubes de ceniza.	- Alta resolución espacial (10–20 m) - Ideal para estudios detallados de depósitos de ceniza. - Gratuito y accesible.	- No tiene alta frecuencia temporal (pasa cada 5 días). - Depende de los cielos despejados.

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

El uso de herramientas tecnológicas resulta esencial para fortalecer la comunicación, preparación y respuesta sanitaria ante la actividad del volcán Cotopaxi. En la Tabla 2 se presentan las principales tecnologías aplicables al Protocolo Sanitario, organizadas según las fases de prevención, respuesta y recuperación. Este análisis permite identificar los recursos digitales y de innovación como sistemas de alerta temprana, telemedicina, sensores ambientales y plataformas de reporte que contribuyen a mejorar la vigilancia, atención y gestión del riesgo en salud durante eventos volcánicos.

Cada fase del evento volcánico requiere el uso coordinado de distintas herramientas tecnológicas. La interoperabilidad entre instituciones y la calidad de los datos son claves para una respuesta sanitaria efectiva (MSP, 2024).

Tabla 2 Tecnologías Aplicables al Protocolo Sanitario frente a la Actividad del Volcán Cotopaxi

Fase	Tecnología	Aplicación específica	Ejemplos / Herramientas	Ventajas	Desventajas
Antes (prevención y preparación)	Monitoreo satelital y sistemas de alerta temprana	Seguimiento de gases y dispersión de ceniza; alertas	- Satélite MODIS/VIIIRS(NASA) - Satélite ESA	Cobertura amplia, información en tiempo real, soporte oficial	Requiere infraestructura técnica, depende de conectividad
	Aplicaciones móviles y alertas comunitarias	Difusión de alertas y medidas preventivas	CU911, WhatsApp oficial, Telegram, SMS	Acceso rápido, uso masivo de smartphones	Recha digital en comunidades rurales, riesgo de desinformación
	Bases de datos epidemiológicas digitales	Vigilancia de enfermedades respiratorias	SIVE-ALERTA	Mejora el registro y análisis de datos	Necesita capacitación del personal, dependencia de conectividad
	Modelado geoespacial (GIS)	Mapas de dispersión de ceniza y riesgo	RStudio	Permite planificación territorial y logística	Software especializado, interpretación técnica necesaria
Durante (respuesta inmediata)	Sensores IoT de calidad del aire (PM2.5/PM10)	Control de contaminación en comunidades	-PurpleAir -AirVisual	Datos en tiempo real, portátiles	Alto costo, mantenimiento frecuente
	Telemedicina y consultas virtuales	Atención de pacientes sin exposición directa	TelMed Ecuador Zoom Health	Reduce riesgo de contagio, acceso remoto	Limitado por conectividad, poca aceptación en adultos mayores
	Drones para monitoreo y logística	Evaluación de los depósitos de ceniza	Drone DJI Servicios de emergencias	Acceso a zonas aisladas/ difícil acceso, rapidez	Costo elevado, autonomía limitada por batería
	Comunicación masiva multicanal	Difusión de mensajes y protocolos	Radio comunitaria, SMS, altoparlantes	Acceso incluso sin internet, rápido alcance	Puede generar saturación de mensajes, riesgo de falsas alarmas
Después (recuperación y vigilancia)	Plataformas digitales de reporte comunitario	Registro de casos respiratorios post-evento	KoboToolbox, Drive/apps comunitarias	Favorece la participación ciudadana, datos actualizados	Requiere alfabetización digital, posible baja participación
	Saneamiento con innovación para uso dirigido	Filtros de agua, limpieza de ceniza, purificación de aire	Filtros cerámicos kits UNICEF	Soluciones sostenibles y comunitarias	Costos de implementación, reposición de insumos
	Historia clínica electrónica integrada	Seguimiento de pacientes expuestos	HCE PRAS	Acceso rápido a la información médica	Riesgo de fallas técnicas, protección de datos personales
	Inteligencia artificial en salud	Análisis predictivo de brotes respiratorios	TensorFlow, SPSS, IA en epidemiología	Identifica patrones ocultos, apoyo en decisiones	Necesita grandes volúmenes de datos, complejidad, cobertura de red.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

2.11. Triage en Emergencias Sanitarias

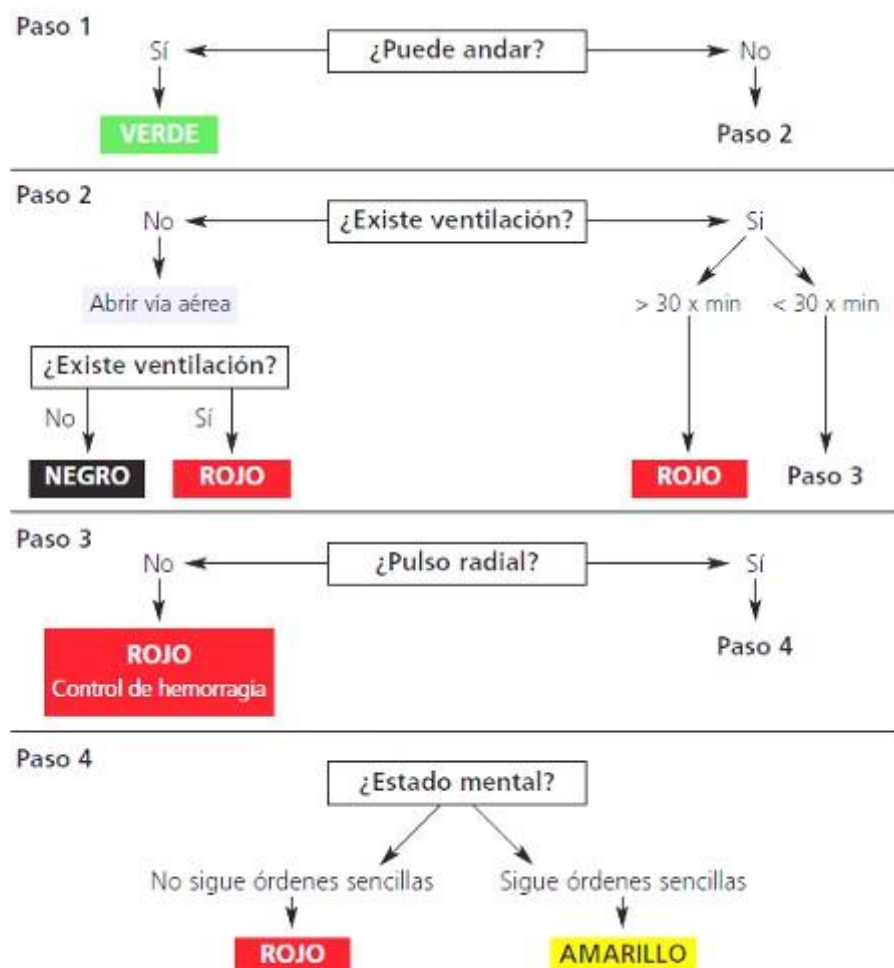
La Organización Mundial de la Salud define los incidentes con víctimas en masa como desastres e incidentes graves caracterizados por la cantidad, gravedad y diversidad de pacientes, que pueden desbordar rápidamente la capacidad de los recursos médicos locales para brindar atención médica integral y definitiva. Han ocurrido con mayor frecuencia en las últimas décadas y afectan a países de todos los niveles socioeconómicos. La preparación y la planificación son vitales, ya que estos eventos pueden ocurrir en cualquier comunidad en cualquier momento. Los sistemas de triaje prehospitalario definidos son esenciales para salvar vidas y optimizar el inicio de la asignación de recursos cuando ocurren estos desastres (Organización Mundial de la Salud, 2023).

El triaje de emergencias es una herramienta fundamental cuando se deben atender varias personas afectadas por un evento, ya que permite organizar y priorizar la atención médica de acuerdo con la gravedad de cada caso (Soler, W., Gómez Muñoz, M., Bragulat, E., & Álvarez, A.2010). En situaciones como la actividad del volcán Cotopaxi, donde pueden presentarse problemas respiratorios, lesiones o crisis de ansiedad por la exposición a la ceniza y los gases, aplicar un sistema de triaje adecuado resulta clave para brindar una respuesta rápida y eficiente.

A través del triaje, el personal de salud puede identificar quién necesita atención inmediata y quién puede esperar, optimizando así los recursos disponibles y evitando la saturación de los servicios sanitarios. Además, esta práctica contribuye a mejorar la coordinación entre los equipos prehospitalarios y hospitalarios, fortaleciendo la respuesta sanitaria frente a una emergencia volcánica y protegiendo la vida de las personas afectadas.

En nuestro protocolo vamos a usar el triaje de víctimas masivas por parte del sistema de emergencias médicas (SEM). Visualizar imagen 1.

Figura 1. Método START



Fuente: Carmen Borrego de la Nava, 2018

2.12. Relaciones de Sinergia entre las Tecnologías de la Información, los Sistemas de Alerta Temprana y de Comunicación

La integración de las tecnologías de la información con los sistemas de alerta temprana y sistemas de comunicación genera sinergias fundamentales para fortalecer la respuesta sanitaria ante episodios de emisión de ceniza del volcán Cotopaxi. La combinación de herramientas satelitales, análisis con inteligencia artificial, sistemas de comunicación y vigilancia epidemiológica conforma un ecosistema tecnológico que permite anticipar riesgos, coordinar respuestas y proteger la salud de las comunidades rurales de Latacunga.

Los satélites de observación (MODIS, VIIRS, Sentinel-2) proporcionan datos continuos sobre la dispersión de ceniza, concentraciones de aerosoles finos (PM_{2.5} y PM₁₀) y emisiones de dióxido de azufre. Esta información, al integrarse con los sistemas del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional permite mapear en tiempo real las áreas de exposición y correlacionar con indicadores epidemiológicos del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE-ALERTA).

Otro componente esencial de esta sinergia son las tecnologías móviles y de comunicación masiva. El uso de aplicaciones como WhatsApp, Telegram, junto con las radios comunitarias y sistemas de mensajería SMS o altoparlantes, permite la difusión inmediata de alertas sanitarias y recomendaciones preventivas incluso en zonas rurales con limitada conectividad. Estas plataformas potencian la participación ciudadana en la vigilancia comunitaria y garantizan que la información llegue de manera oportuna a las poblaciones más vulnerables permitiendo un actuar más rápido de las personas ante la exposición a la ceniza volcánica y reduciendo el riesgo de complicaciones respiratorias u otros efectos adversos en la salud.

2.13. Niveles de Alerta o Clasificación de Casos

2.13.1. Vigilancia y Monitoreo

a) Indicadores de vigilancia volcánica

1. **PM₁₀** (material particulado $\leq 10 \mu\text{m}$)
 - Promedio anual: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Promedio 24 h: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Episodios críticos (nivel de alerta/alarma/emergencia): $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alerta) / $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alarma) / $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (emergencia).
2. **PM_{2.5}** (material particulado $\leq 2.5 \mu\text{m}$)
 - Promedio anual: $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Promedio 24 h: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Episodios críticos: $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alerta) / $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alarma) / $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (emergencia).
3. **SO₂** (dióxido de azufre)

- Promedio anual: $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Máximo 24 h: $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Valor para 10 minutos: $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Episodios críticos: 24-h promedio: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alerta) / $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alarma) / $1800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (emergencia).
4. **CO** (monóxido de carbono) — aunque tú mencionaste CO_2 , la normativa ecuatoriana se refiere a CO.
- Promedio 8 h: $10\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (es decir $10 \text{ mg}/\text{m}^3$).
 - Promedio 1 h: $30\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($30 \text{ mg}/\text{m}^3$).
 - Episodios críticos: 8-h promedio: $15\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alerta) / $30\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (alarma) / $40\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (emergencia).

b) Indicadores epidemiológicos (MSP)

- Número de consultas por Infecciones Respiratorias Agudas (IRA).
- Casos de exacerbaciones de asma o EPOC.
- Hospitalizaciones respiratorias por IRAG.
- Consultas oftalmológicas y dermatológicas por exposición a la ceniza.
- Ausentismo escolar/laboral por síntomas respiratorios.

La siguiente tabla presenta la clasificación de niveles de riesgo y alerta sanitaria, utilizada para identificar rápidamente el nivel de riesgo ante eventos de emergencia, como erupciones volcánicas, y facilitar la toma de decisiones estratégicas para la protección de la población y la gestión de recursos de salud (MSP, 2023; OPS, 2019).

La tabla integra indicadores cuantitativos como rango de casos, tasas de incidencia, tendencias y proyecciones, así como la probabilidad de propagación, permitiendo evaluar tanto la situación actual como la evolución potencial del evento. Los colores de alerta (verde, amarillo, naranja y rojo) facilitan la comunicación visual del riesgo entre autoridades y comunidades.

El objetivo principal es optimizar la planificación y ejecución de acciones preventivas y correctivas, como la activación de brigadas, movilización de recursos y medidas de control, estandarizando

criterios de interpretación para decisiones oportunas y efectivas (OMS, 2018).

Tabla 3 Clasificación de Niveles de Riesgo y Alerta Sanitaria

Nivel de Alerta Color	Rango de Casos (n)	Tasa de Incidencia (por 100,000)	Tendencia Semanal (%)	Incremento Esperado (%)	Emisión de Ceniza	Acciones Recomendadas	Responsable
Bajo ● Verde	0 – 10	0 – 5	$\leq 5\%$	0 – 5%	No significativa (<10 mg/m ³)	- Monitoreo rutinario- Educación a la población. - Mantener recursos de respuesta.	Centro de Salud Local
Moderado ● Amarillo	11 – 50	6 – 20	6 – 15%	6 – 15%	Baja (10–50 mg/m ³)	- Activación parcial de brigadas- Refuerzo de comunicación de riesgo - Preparación de recursos médicos	Autoridad Sanitaria Municipal
Alto ● Naranja	51 – 200	21 – 50	16 – 30%	16 – 30%	Moderada (50–150 mg/m ³)	- Activación total de brigadas- Restricciones de actividad según contexto - Intensificación de vigilancia epidemiológica	Autoridad Sanitaria Provincial

Crítico  Rojo	>200	>50	>30%	>30%	Alta (>150 mg/m ³)	- Declaración de alerta sanitaria- Movilización de recursos de emergencia - Implementación de medidas estrictas de control - Comunicación masiva a la población	Ministerio de Salud Pública
--	------	-----	------	------	--------------------------------	---	-----------------------------

Fuente: Ministerio de salud Pública, 2023 y Organización mundial de la salud, 2018.

La tabla 3 permite identificar el nivel de riesgo sanitario combinando variables epidemiológicas y ambientales. La interpretación no depende de un solo valor, sino de la relación entre los indicadores. Por ejemplo, aunque el número de casos sea bajo, una tendencia semanal alta o presencia de ceniza puede indicar una posible evolución hacia una fase de mayor alerta. Por el contrario, si los casos, la incidencia y la tendencia se mantienen bajos y sin emisión significativa, se considera una situación controlada. Esta herramienta facilita una evaluación dinámica y comparativa del comportamiento del evento, orientando la toma de decisiones oportunas y la activación gradual de medidas preventivas o de respuesta sanitaria

Datos Adicionales del Plan de Contingencia

- **Establecimientos de Salud en Zonas de Riesgo:** El plan identifica establecimientos de salud en las Zonas 2, 3 y 9 con riesgo de afectación por lahares y caída de ceniza.
- **Acciones por Alerta:** Se detallan acciones específicas para cada nivel de alerta, incluyendo la adecuación de infraestructura, traslado de equipos y personal, y coordinación interinstitucional.
- **Recursos Necesarios:** El plan establece la previsión de recursos humanos, logísticos y financieros necesarios para una respuesta eficaz durante el proceso eruptivo.

2.13.2. Componentes de la Vigilancia

La vigilancia epidemiológica constituye un proceso sistemático, continuo y dinámico que permite la recolección, análisis, interpretación y difusión de datos relacionados con la ocurrencia de enfermedades, con el propósito de orientar la toma de decisiones en salud pública (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2015).

Se establece como principales componentes que estructuran la vigilancia epidemiológica en eventos de origen volcánico son los siguientes:

Vigilancia de eventos volcánicos y ambientales. Comprende la observación y análisis de la actividad eruptiva del volcán, la emisión de gases y ceniza, y la medición de contaminantes atmosféricos como PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 y CO_2 . Estos datos son proporcionados por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). La correlación entre estos indicadores y los patrones de morbilidad

respiratoria permite establecer alertas tempranas y niveles de riesgo ambiental (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2023; Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IG-EPN], 2025).

Vigilancia de enfermedades respiratorias. Se centra en el monitoreo de consultas por infecciones respiratorias agudas (IRA), exacerbaciones de asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), y hospitalizaciones por infección respiratoria aguda grave (IRAG). Esta información se obtiene a través del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE-Alerta), que recopila y analiza datos de las unidades operativas del Sistema Nacional de Salud en tiempo real (MSP, 2025).

Fuentes de información, flujo de notificaciones y análisis. La vigilancia epidemiológica ante eventos volcánicos se sustenta en un sistema integrado de recolección y análisis de información sanitaria (MSP), ambiental (MAATE) y geofísica (IG-EPN), con el fin de detectar oportunamente riesgos para la salud de la población y activar medidas preventivas. El Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), administrado por el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP), constituye la plataforma central para la notificación, verificación y análisis continuo de casos relacionados con enfermedades respiratorias agudas, exacerbaciones de asma, EPOC y otras afecciones asociadas a la exposición a ceniza volcánica (MSP, 2025).

El flujo inicia en las unidades de salud locales, donde los profesionales sanitarios registran los casos y envían los datos al nivel distrital y zonal. A su vez, esta información se consolida a nivel nacional, alimentando tableros de control y boletines epidemiológicos, lo que permite identificar incrementos inusuales de morbilidad y emitir alertas tempranas para proteger a la población (MSP, 2025).

La vigilancia epidemiológica se complementa con información geofísica proporcionada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN, 2025), que monitorea la actividad sísmica, la emisión de ceniza, los niveles de partículas en suspensión y la ubicación de áreas afectadas. Estos datos permiten correlacionar los eventos volcánicos con los patrones de morbilidad, identificar zonas de mayor riesgo y planificar intervenciones sanitarias focalizadas.

Por su parte, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2023) aporta información ambiental sobre la calidad del aire, incluyendo concentraciones de PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 y

CO₂, así como reportes sobre la dispersión de ceniza y otros contaminantes. Esta información es esencial para evaluar el nivel de exposición ambiental de las comunidades y complementar la vigilancia epidemiológica, fortaleciendo la capacidad del sistema de salud para responder de manera efectiva ante eventos eruptivos.

La integración de estas fuentes —SIVE, IG-EPN y MAATE— garantiza un flujo de información continuo, oportuno y confiable, permitiendo la correlación de datos epidemiológicos, geofísicos y ambientales. (MSP, 2024; MAATE, 2023; IG-EPN, 2025)

Frecuencia de Recolección de Datos. La frecuencia de recolección de datos en la vigilancia epidemiológica durante episodios de actividad volcánica depende del nivel de alerta y de la magnitud del evento eruptivo. De acuerdo con la Norma Técnica del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE), el proceso de recopilación de información sanitaria debe ser continuo, sistemático y sensible a los cambios epidemiológicos, garantizando la detección oportuna de incrementos en la morbilidad y la activación inmediata de alertas (Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP], 2025).

En condiciones de alerta verde o baja, la vigilancia se mantiene de forma pasiva y rutinaria, con recolección semanal de datos en las unidades operativas de salud y consolidación mensual a nivel distrital. Este nivel permite establecer una línea base epidemiológica que servirá de referencia para identificar desviaciones en periodos posteriores (MSP, 2025).

Durante la alerta amarilla o media, la vigilancia se intensifica mediante recolección diaria de datos sobre consultas respiratorias, hospitalizaciones y concentraciones ambientales de material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}). En este escenario, los distritos de salud deben enviar reportes diarios al nivel zonal y nacional a través del sistema SIVE-Alerta, para facilitar el análisis comparativo con la información geofísica y meteorológica emitida por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IG-EPN], 2025).

En el caso de una alerta naranja o alta, el MSP establece la obligación de realizar notificaciones en tiempo real mediante el módulo electrónico SIVE-Alerta. Este sistema permite el ingreso inmediato de casos, su georreferenciación y la visualización de tendencias a través de tableros epidemiológicos dinámicos (MSP, 2025). Asimismo, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

(MAATE) debe mantener un monitoreo ambiental continuo de contaminantes atmosféricos y compartir los resultados con las autoridades de salud para correlacionar los niveles de exposición con los indicadores de morbilidad (MAATE, 2023)

Finalmente, ante una alerta rojo o crítica, la frecuencia de recolección de datos se incrementa de manera crítica. Las unidades operativas y hospitales deben remitir información cada cuatro horas o de manera inmediata ante cualquier aumento inusual de casos respiratorios agudos o exacerbaciones asmáticas. Esta vigilancia intensificada se coordina a través del Comité de Operaciones de Emergencia (COE) cantonal o provincial, en articulación con el MSP, el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) y las brigadas comunitarias de salud (SNGRE, 2022).

2.14. Acciones de Respuesta

Las acciones de respuesta se establecen según el nivel de alerta sanitaria y ambiental, determinado por la magnitud de la actividad volcánica, la dispersión de ceniza y sus efectos en la salud pública (tabla 1). Estas medidas buscan garantizar una actuación articulada entre las instituciones competentes, proteger a la población y reducir los riesgos asociados a la exposición a partículas volcánicas (MSP, 2022; OPS, 2019).

Bajo (Verde):

- Monitoreo rutinario.
- Educación a la población.
- Mantener recursos de respuesta.

Moderado (Amarillo):

- Activación parcial de brigadas.
- Refuerzo de comunicación de riesgo.
- Preparación de recursos médicos.

Alto (Naranja):

- Activación total de brigadas
- Restricciones de actividad según contexto

- Intensificación de vigilancia epidemiológica

Critico (Rojo):

- Declaración de alerta sanitaria
- Movilización de recursos de emergencia
- Implementación de medidas estrictas de control
- Comunicación masiva a la población

2.15. Preparación Ante el Evento: Organización y Responsabilidades

2.15.1. Medidas antes del evento

- Campañas de educación en escuelas, centros de salud y radios locales.
- Simulacros de caída de ceniza (limpieza húmeda, protección de agua y alimentos).
- Entrega preventiva de mascarillas N95, gafas y filtros a grupos vulnerables.
- Elaboración de guías familiares de acción y puntos de reunión seguros.
- Verificación del abastecimiento de medicamentos para asmáticos y EPOC.

2.15.2. Medidas de Control General

Las medidas de control ante la caída de ceniza del volcán Cotopaxi buscan reducir los efectos inmediatos sobre la salud y el ambiente, garantizar la continuidad de los servicios esenciales y fortalecer la recuperación posterior del sistema comunitario y sanitario.

Estas acciones buscan minimizar los efectos inmediatos de la exposición a la ceniza volcánica sobre la salud y el ambiente aplicables en todos los niveles de alerta, de acuerdo con las directrices del Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP, 2015) y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018).

Medidas durante el evento.

A. Actividades Sanitarias:

- Implementar puestos de atención médica en comunidades rurales para detectar precozmente casos de enfermedades respiratorias asociadas a la ceniza (IRAS, bronquitis, asma, EPOC) (Cifuentes, 2015)
- Distribuir mascarillas, gafas y agua segura para lavado ocular y nasal en zonas afectadas,

siguiendo recomendaciones de la OPS (2016).

- Difundir mensajes de educación sanitaria sobre protección frente a la ceniza (uso de mascarillas, cierre de ventanas, evitar actividades al aire libre) (CDC, 2020).
- Activar brigadas de vigilancia epidemiológica comunitaria para el seguimiento de casos respiratorios y síntomas agudos (MSP, Normas técnicas para la vigilancia y control de enfermedades respiratorias agudas. Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica., 2022)

B. Actividades Ambientales:

- Coordinar con los GAD municipales la limpieza y recolección segura de ceniza en calles, techos y sistemas de agua potable, conforme al Plan Nacional de Respuesta ante Emergencias Volcánicas (SNGRE, 2021).
- Garantizar el abastecimiento de agua segura mediante cisternas o puntos de distribución alternativos (SNGRE, 2021).
- Supervisar la calidad del aire y del agua en las zonas afectadas (IG-EPN, 2020)

C. Medidas de Bioseguridad:

- Uso obligatorio de equipos de protección personal (EPP) para el personal de salud y limpieza (mascarillas N95, gafas, guantes y botas) (OMS, 2018).
- Desinfección de áreas de atención sanitaria y superficies expuestas a ceniza (MSP, 2015).
- Eliminación segura de residuos contaminados (ceniza, gasas, mascarillas) siguiendo protocolos de desecho bio - contaminado (OPS, 2016).

2.16. Recuperación Postevento

Una vez controlado el evento, las actividades se orientan a restablecer los servicios básicos y fortalecer la resiliencia comunitaria (SNGR, 2021):

- Evaluar daños en la infraestructura sanitaria y coordinar su reparación inmediata (MSP, 2015).
- Continuar la vigilancia epidemiológica durante al menos 30 días posteriores al evento (MSP, 2022).
- Promover campañas de salud respiratoria y chequeos médicos a grupos vulnerables como

niños, adultos mayores, embarazadas y personas con enfermedades crónicas (Cifuentes & Alvarado, 2015).

- Implementar programas comunitarios de educación y preparación para futuros episodios volcánicos (OPS, 2016).
- Reforzar la comunicación interinstitucional entre MSP, MIES, SNGR y GAD municipales para la planificación de contingencias futuras (SNGRE, 2021).

2.17. Evaluación de la Efectividad del Control Postevento

La efectividad de las medidas implementadas se evaluará mediante indicadores como:

- Reducción del número de consultas médicas por infecciones respiratorias agudas (IRAS) en zonas afectadas.
- Porcentaje de cobertura de entrega de EPP y mascarillas en comunidades rurales.
- Tiempos de respuesta y restablecimiento de servicios básicos (agua, salud y educación).
- Cumplimiento del monitoreo ambiental (niveles de $PM_{10}/PM_{2.5}$ dentro de límites permisibles).
- Participación comunitaria en campañas de educación y limpieza.

Estos indicadores permitirán valorar la capacidad de contención y recuperación, además de orientar la mejora continua de los protocolos de respuesta (SNGRE, 2021; OMS, 2018).

La siguiente tabla tiene como finalidad definir la estructura operativa por niveles para responder a eventos volcánicos relacionados con la caída de ceniza del Cotopaxi, articulando las funciones de los actores locales, distritales, zonales, provinciales y nacionales. Detalla, para cada nivel, las responsabilidades clave, los productos esperados y los canales de coordinación. Su propósito es estandarizar la cadena de mando y comunicación para una respuesta oportuna, coherente y basada en indicadores epidemiológicos y ambientales.

Tabla 4 Estructura operativa y responsabilidades

Nivel	ENTIDAD	RESPONSABILIDAD CLAVE	PRODUCTOS/SALIDA	CANALES DE CORDINAZION
LOCAL	CENTRO DE SALUD RURALES, BRIGADAS COMUNITARIAS, COMITES BARRIALES	Educación y preparación comunitaria; identificación y referencia de sintomáticos respiratorios; triaje básico; distribución de EPP priorizada; registro SIVE-Alerta; reportes diarios en alerta amarilla/naranja	Listas de verificación de preparación, minutas de educación, fichas SIVE-Alerta, partes diarios	Radio/comunitaria, WhatsApp institucional, SIVE-Alerta, enlace GAD parroquial
DISTRITAL	DIRECCION DISTRITAL DE SALUD, GAD, MUNICIPIO	Consolidación de datos epidemiológicos; activación de red de derivación; gestión de stock (EPP, broncodilatadores, oxígeno); soporte a simulacros; logística local; recomendaciones a educación/producción	Boletín distrital diario en amarilla/naranja; plan de derivación; inventario crítico; órdenes de reposición	COE Cantonal; SIVE-Alerta; mesa técnica salud; línea directa con Zonal
ZONAL	COORDINACION ZONAL, HISPITALES DE ESPACIALIDAD	Direccionamiento técnico; redistribución de recursos entre distritos; activación de contingentes de refuerzo; supervisión de calidad de datos; apoyo a comunicación de riesgo	Informe situacional zonal; órdenes de movilización de RR.HH. e insumos; lineamientos técnicos	COE Provincial; SIVE-Alerta; mesa técnica zonal
PROVINCIAL	COE PROVINCIAL, SNGRE PROVINCIAL, GAD PROVINCIAL	Declaratoria y escalamiento de alertas territoriales; articulación intersectorial (vías, agua, limpieza de ceniza); apoyo a albergues y	Informe situacional zonal; órdenes de movilización de RR.HH. e insumos; lineamientos técnicos, Resoluciones	Mesas COE (SALUD, LOGÍSTICA, SEGURIDAD, AGUA); cadena oficial SNGRE

		protección social	COE; plan de limpieza y disposición de ceniza; reporte multisectorial	
NACIONAL	MSP, IG-EON	Alerta sanitaria nacional; lineamientos clínicos/vigilancia; coordinación con IG-EPN para pronósticos de dispersión; compras estratégicas; asistencia técnica	Alerta sanitaria; lineamientos actualizados; boletín nacional; distribución estratégica de EPP y medicamentos	Cadenas oficiales MSP/SNGRE; informes IG-EPN; mesas técnicas interministeriales

2.18. Coordinación y Comunicación del Riesgo

La coordinación interinstitucional frente a diferentes episodios de caída de ceniza del volcán Cotopaxi es fundamental prioridad para garantizar una respuesta eficaz, a la protección de grupos vulnerables y a la reducción de la morbilidad respiratoria asociada a partículas finas PM10 y PM2.5 (OPS, 2019; CDC, s.f.; MSP, 2023).

La comunicación del riesgo se constituye como un proceso estratégico dirigido a informar de manera clara, accesible y oportuna sobre los peligros volcánicos y las acciones de autoprotección, reduciendo la propagación de rumores y la desinformación en la población expuesta (OPS, 2019; CDC, s.f.).

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP), en articulación con el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), debe coordinar la vigilancia clínica y epidemiológica mediante SIVE-Alerta y la provisión de recursos como Equipos de Protección Personal (EPP) y medicamentos esenciales (MSP, 2023; IG-EPN, s.f.).

La comunicación debe adaptarse culturalmente a las comunidades rurales de Latacunga utilizando canales eficaces como radios comunitarias, redes sociales locales, instituciones educativas y brigadas barriales, reforzando mensajes de protección respiratoria y limpieza segura de ceniza (OPS, 2019; IG-EPN, s.f.; CDC, s.f.).

La participación comunitaria en simulacros, capacitaciones y vigilancia territorial permite mejorar la percepción del riesgo, fortalecer la resiliencia social y facilitar la toma de decisiones desde un enfoque preventivo durante toda la emergencia volcánica (OPS, 2019; MSP, 2023).

Una comunicación transparente, un flujo único de información oficial y la articulación operativa mediante los COE provinciales contribuyen a una respuesta sanitaria coordinada que disminuye hospitalizaciones por IRA e IRAG vinculadas a la exposición a la ceniza del Cotopaxi (MSP, 2023; IG-EPN, 2023; SNGRE, 2022).

2.19. Comunicación y Análisis de la Información

La difusión de los resultados de la vigilancia sanitaria se realiza de manera oportuna y coordinada entre las instituciones del sistema nacional de salud, los gobiernos locales y las comunidades

afectadas. (Ministerio de Salud Pública del Ecuador [MSP], 2015).

Los resultados obtenidos del monitoreo epidemiológico y ambiental se comunican mediante los siguientes mecanismos:

1. Alertas tempranas y comunicación interinstitucional: Se utilizan los canales oficiales del Ministerio de Salud Pública (MSP) y del Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE) para emitir alertas tempranas sobre incrementos inusuales de enfermedades respiratorias asociadas a la exposición a ceniza volcánica. Estas alertas se difunden mediante el Sistema de Vigilancia Epidemiológica SIVE-ALERTA, correos institucionales, radios comunitarias y mensajes de texto en coordinación con las Unidades de Salud Familiar y Comunitaria (MSP, 2017; SNGRE, 2015).
2. Información a las autoridades locales y sectoriales: Los reportes se envían periódicamente a las Direcciones Distritales de Salud, Comités de Operaciones de Emergencia (COE) cantonales y provinciales, y autoridades municipales de Latacunga, con el fin de fortalecer la coordinación interinstitucional y la activación de planes de contingencia (SNGRE, 2015; Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).
3. Retroalimentación al personal de salud: Los resultados del análisis epidemiológico se presentan en reuniones técnicas semanales y boletines de vigilancia, con el propósito de fortalecer la respuesta del personal sanitario ante un posible incremento de casos respiratorios. Además, se promueven capacitaciones breves sobre diagnóstico, manejo clínico y medidas preventivas frente a la exposición a ceniza volcánica (MSP, 2017; Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2018).
4. Comunicación a la comunidad: La información se comparte con las comunidades rurales mediante charlas educativas, infografías y medios locales, enfatizando las medidas de autoprotección y el reconocimiento temprano de síntomas respiratorios (OPS, 2018; Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IGEPN], 2020).

2.20. Fortalecimiento de Capacidades

El fortalecimiento de las capacidades del personal sanitario frente a la exposición a ceniza volcánica. Se organiza según las fases del evento (antes, durante y después), destacando las

estrategias de capacitación, preparación de recursos, coordinación interinstitucional, atención clínica, monitoreo y comunicación con la comunidad. Estas medidas buscan garantizar una respuesta oportuna y efectiva, protegiendo tanto la salud del personal como la de la población vulnerable.

2.21. Acciones Clave del Personal Sanitario

2.21.1. Antes del Evento

- Capacitación del personal de salud en manejo de exposición a ceniza volcánica y atención de EPOC, asma e infecciones respiratorias agudas.
- Preparación de kits de emergencia con oxímetros, nebulizadores, broncodilatadores y equipos de protección personal.
- Aplicación de la Norma Técnica del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE 2025) para la detección temprana y notificación de casos.
- Coordinación interinstitucional con ambiente, gestión de riesgos y gobiernos locales para activar planes de contingencia y promover medidas de autoprotección como el uso de mascarillas N95 y limpieza húmeda de superficies.

2.21.2. Durante el Evento

- Activación del triaje rápido para identificar síntomas respiratorios y priorizar la atención a grupos vulnerables (niños, adultos mayores, gestantes y pacientes crónicos).
- Uso obligatorio de equipos de protección personal por parte del personal sanitario. Registro y notificación inmediata de casos al sistema SIVE-Alerta.
- Comunicación constante con la comunidad sobre medidas de protección frente a la caída de ceniza.

2.21.3. Después del Evento

- Monitoreo clínico de secuelas respiratorias y seguimiento de pacientes con enfermedades crónicas.
- Evaluación de la calidad del aire y concentración de partículas PM_{2.5} y PM₁₀.
- Desarrollo de campañas comunitarias sobre limpieza segura y prevención de

re- suspensión de ceniza.

- Actualización de los datos en el Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE)

2.22. Comunicación Preventiva: Mecanismos de Comunicación

- Radios locales y comunitarias: mensajes breves en kichwa y español sobre protección y síntomas de alerta.
- Altavoces comunales: para avisos inmediatos durante la caída de ceniza.
- Redes sociales oficiales (MSP, SNGRE, GAD): boletines horarios y actualizaciones de calidad del aire.
- Centros de salud rurales: punto focal de información confiable.
- Brigadas comunitarias: encargadas de difundir puerta a puerta los niveles de alerta y medidas de protección.

2.22.1. Actividades de Educación Sanitaria Hacia la Población y a los Medios

- Uso de redes sociales para proporcionar información verídica sobre la situación actual.
- Desarrollar materiales educativos como: carteles y volantes.
- Realización de talleres comunitarios para educar a la población sobre los riesgos que desencadena la ceniza volcánica y sus respectivas medidas de protección.

2.22.2. Mensajes Clave de Protección y Autoprotección:

- Utilizar medidas de protección como la mascarilla KN 95 y de esta forma reducir los efectos adversos en el sistema respiratorio.
- Evitar la exposición de personas con enfermedades respiratorias y buscar atención médica inmediata si se presentan síntomas graves.

2.22.3. Diagrama 1. Flujo de comunicación institucional

IG-EPN (monitoreo técnico) → SNGRE (alerta nacional) → MSP (alerta sanitaria) → GAD Municipal → Centros de Salud Rurales → Brigadas Comunitarias → Población.

2.23. Principios de Comunicación

1. Claridad y lenguaje accesible
2. Coordinación institucional (MSP – SNGRE – GAD – IG-EPN).

3. Consistencia (mensajes unificados en todos los canales).
4. Rapidez y verificación científica antes de emitir alertas.
5. Inclusión (mensajes adaptados a comunidades rurales y bilingües)

2.24. Logística y Recursos

La siguiente tabla presenta las principales entidades involucradas en la gestión de la caída de ceniza del Volcán Cotopaxi y sus roles específicos dentro de la respuesta a la emergencia. Incluye desde el monitoreo técnico y la vigilancia sanitaria, hasta la gestión de alertas, comunicación local, protección social y asistencia humanitaria, destacando cómo cada institución contribuye a una respuesta coordinada y eficiente frente a los impactos de la ceniza volcánica.

Tabla 5 Coordinación interinstitucional

ENTIDAD	ROL PRINCIPAL
MSP	Coordinación sanitaria y vigilancia epidemiológica.
SNGRE	Gestión de alertas y respuesta interinstitucional.
IG-EPN	Monitoreo técnico del volcán y emisión de reportes.
GAD Municipal de Latacunga	Comunicación local, logística y apoyo comunitario.
MAATE	Monitoreo de calidad del aire.
OPS/OMS	Asistencia técnica en gestión del riesgo sanitario.
CRUZ ROJA	Encargados de la salud y protección personal
MIES	Garantizar la protección social y el bienestar de las poblaciones vulnerables afectadas por la emergencia

Fuente: Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2015, 2023, 2024, 2025), Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (s.f.), Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (2022), Cruz Roja. (2019), MIES. (n.d.)

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA Y RESULTADOS

El presente estudio adopta un enfoque descriptivo, analítico y aplicado, orientado a la identificación y valoración integral del riesgo sanitario asociado a la caída de ceniza volcánica en las comunidades rurales del cantón Latacunga. La metodología se sustenta en principios de gestión del riesgo, vigilancia epidemiológica y análisis multi-amenaza, integrando herramientas técnicas reconocidas por la Organización Panamericana de la Salud (OPS , 2019), el Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE, 2025) y el Ministerio de Salud Pública (MSP, 2023).

El análisis incorpora:

- **Revisión documental** de normativas nacionales, informes del IG-EPN y lineamientos del MSP.
- **Sistematización de evidencia científica** sobre efectos respiratorios de ceniza volcánica.
- **Aplicación de la metodología STAR V4 de la OPS (2023)**, que permite evaluar amenazas, vulnerabilidades y capacidades.
- **Procesos de consenso técnico**, basados en discusión grupal estructurada siguiendo criterios de probabilidad, impacto y capacidad de respuesta institucional.

Este enfoque integral permite obtener un diagnóstico robusto de la situación, identificar brechas operativas y orientar la formulación de recomendaciones sanitarias para escenarios de emisión de ceniza.

3.1. Resultados

3.1.1. Identificación Ampliada de Amenazas

Las amenazas consideradas en este análisis incluyen eventos primarios y secundarios con impacto directo e indirecto en la salud pública, la infraestructura, el medio ambiente y la economía local.

Las amenazas priorizadas fueron:

Tabla 6 Identificación de Amenazas (DATA)

Evaluación del Riesgo																		
Ecuador País								niento, Ciudad, Alcaldía, Villa, Conda Ámbito territorial								Fecha de la evaluación	15/11/2025	
Grupo 1 Responsable de llenado								Fecha de próxima evaluación									15/1/2026	
#	Amenaza y exposición							Probabilidad			Severidad, Vulnerabilidad/ Capacidad				Impacto	Nivel de confianza	Nivel de Riesgo	
	Grupo	Clave	Subgrupo	Tipo	Consecuencia s para la salud	Escala	Exposición	Frecuencia	Carácter estacional E F M A M J J A S O N D	Probabilidad	Severidad	Vulnerabili d	Capacidad de enfrentamiento					
1	Naturales	G4	Geológicas	Actividad volcánica	Irritación respiratoria aguda	Local	localidades cercanas al	Aleatorios		Muy improbable	Alta severidad	Alta	Moderada	Severo	Satisfactorio	Bajo		
2	Naturales	C2	Climatológicas	Incendio forestal	Exacerbación de Inhalación de humo → irritación	Local	cercanas al	Aleatorios		Improbable	Moderada severidad	Moderada	Poca	Moderado	Bueno	Bajo		
3	Ambiental	A1	Degradación ambiental	Erosión	Inseguridad alimentaria por reducción de	Local	cercanas al	Aleatorios		Probable	Moderada severidad	Moderada	Moderada	Moderado	Satisfactorio	Moderado		
4	Causados por el hombre	S4	Sociales	Crisis económica	Malnutrición y deficiencias	Estatad	cercanas al	Aleatorios		Improbable	Alta severidad	Alta	Poca	Severo	Satisfactorio	Moderado		
5	Causados por el hombre	T5	Tecnológicas	Sustancias peligrosas en el aire, el suelo o el agua	micronutrientes Cortes de agua → diarreas y	Nacional	cercanas al	Aleatorios		Improbable	Alta severidad	Alta	Moderada	Severo	Bueno	Moderado		
6	Causados por el hombre	T6	Tecnológicas	Interrupcion de infraestructura	enfermedades Fallo de motores y maquinaria	Estatad	cercanas al	Aleatorios		Muy improbable	Alta severidad	Moderada	Poca	Severo	Satisfactorio	Bajo		
7					Interrupción de		cercanas al											

La selección se basó en relevancia histórica, evidencia técnica y relación con la dinámica eruptiva del Cotopaxi.

3.1.2. Vulnerabilidades Específicas por Amenaza

La caracterización de vulnerabilidades se realizó por amenaza:

Esta tabla se incluye con el fin de organizar de manera clara las amenazas presentes en el territorio, junto con sus vulnerabilidades y las capacidades de afrontamiento con las que se cuenta. Su utilización permite visualizar de forma comparativa cómo cada amenaza afecta a la comunidad y qué mecanismos existen para responder a ellas. Además, constituye un recurso fundamental para sustentar el análisis del riesgo dentro del trabajo, ya que aporta una base ordenada y comprensible que facilita la elaboración de propuestas y estrategias orientadas a mejorar la gestión y la respuesta ante eventos adversos.

Tabla 7 Vulnerabilidades y Capacidades por Amenaza

Vulnerabilidades y capacidades de afrontamiento para cada amenaza

Por favor describa las vulnerabilidades y capacidades de afrontamiento específicas por cada amenaza antes de asignar los niveles.

#	Amenaza	Clave	Vulnerabilidades	Capacidades de afrontamiento
1	Actividad volcánica	G4	* Alta exposición poblacional * Enfermedades respiratorias prevalentes * Actividades agrícolas al aire libre * Limitado acceso a insumos de protección * Dependencia de agua superficial vulnerable a contaminación * Condiciones socioeconómicas limitadas	Alta * IG-EPN monitorea exhaustivamente * SNGRE tiene protocolos y alertas * Red de salud existe, pero con recursos limitados * Comunidad tiene experiencia previa * Insuficientes equipos de protección y transporte sanitario Moderada
2	Incendio forestal	C2	* IG-EPN monitorea exhaustivamente * SNGRE tiene protocolos y alertas * Red de salud existe, pero con recursos limitados * Comunidad tiene experiencia previa * Insuficientes equipos de protección y transporte sanitario	Moderada * Cuerpo de Bomberos limitado en zonas rurales * Pocas brigadas comunitarias * Difícil acceso a terrenos boscosos * Limitada disponibilidad de agua en campo Poca
3	Erosión	A1	* Acumulación de material fino seca la vegetación * Zonas rurales sin hidrantes ni sistemas comunitarios de agua * Dispersión de humo afecta salud respiratoria * Población expuesta por actividades agrícolas	Moderada * Programas del MAG * Prácticas de conservación del suelo * Conocimiento comunitario * Recursos técnicos limitados Moderada
4	Crisis económica	S4	* Alta dependencia de agricultura y ganadería * Alto nivel de pobreza rural * Liquidez limitada * Jornales diarios (ingresos no estables) * Exposición directa a ceniza → pérdida de cosechas	Alta * Programas sociales existen pero no cubren a toda la población * Limitado acceso a seguros agrícolas * Poca diversificación económica * Escaso ahorro familiar Poca
5	Sustancias peligrosas en el aire, el suelo o el agua	T5	* Techos livianos propensos al colapso * Sistemas de agua obstruibles por ceniza * Caminos rurales vulnerables * Dependencia de un solo sistema de agua en algunas comunidades	Alta * Empresas municipales de agua cuentan con plan básico de contingencia * Obras Públicas puede realizar limpieza y rehabilitación * Respuesta puede demorarse en zonas alejadas * Limitaciones logísticas en eventos eruptivos Moderada
6	Interrupción de infraestructura	T6	* Maquinaria agrícola y de bombeo sin filtros reforzados * Ambulancias y equipos de salud susceptibles a abrasión * Plantas eléctricas y sistemas de agua sensibles	Moderada * Pocas unidades cuentan con filtros especiales anticeniza * Escaso mantenimiento preventivo durante episodios eruptivos * Falta de repuestos inmediatos * Talleres no preparados para daños masivos por ceniza Poca

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Cada vulnerabilidad fue asociada a la amenaza correspondiente para la valoración final

3.1.3. Capacidades Existentes

Las capacidades institucionales identificadas incluyen:

- Monitoreo científico continuo del IG-EPN.
- Alertas tempranas del SNGRE.
- Red pública de salud del MSP.
- Presencia del Cuerpo de Bomberos.
- Disponibilidad de programas agrícolas del MAG.
- Redes comunitarias organizadas.

Estas capacidades sirven como base para la gestión del riesgo y fortalecen la preparación local.

3.1.4. Metodología de Consenso Técnico

La metodología empleada es una matriz de riesgo de probabilidad e impacto, implementada para priorizar y gestionar amenazas.

Explicación:

-Componente clave:

1-PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (eje x): baja, moderada, alta

2-Impacto (eje y): menor, moderado. Alto

-Niveles de riesgo:

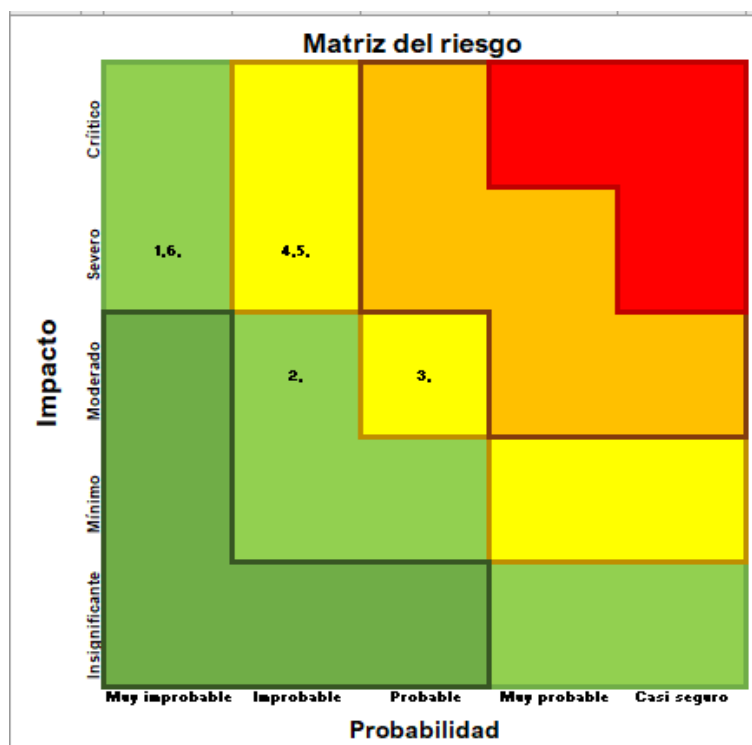
Riesgo 1: zona verde- monitoreo rutinario

Riesgo 2: zona verde/amarilla-medidas preventivas

Riesgo 3: zona amarilla-vigilancia y mitigación

-Ausencias de riesgos de zonas: naranja/roja- situación controlada.

Tabla 8 Matriz de Probabilidad–Impacto (STAR)



La metodología empleada para la valoración de la matriz STAR incluía los siguientes pasos:

- Discusión grupal estructurada para asignación de puntajes a probabilidad, impacto y capacidades.
- Revisión de la literatura técnica y normativa: MSP, SNGRE, IG-EPN y OPS.
- Análisis comparativo de amenazas históricas registradas.
- Consenso final validado con base en la coherencia interna de puntuaciones.
- Registro transparente de decisiones adoptadas.

Este proceso garantizó rigurosidad técnica y objetividad en la evaluación.

3.1.5. Análisis Detallado de la Tabla Evaluación del Riesgo (Ri)

La tabla RI de la herramienta STAR identifica tres niveles:

1. Mínimo de preparación:

- Capacitación comunitaria, rutas de evacuación, kits respiratorios.

2. Medidas adicionales:

- Fortalecer vigilancia epidemiológica, mejorar protección de agua potable.

3. Capacidad operativa:

- Equipos de contingencia para centros de salud, maquinaria adaptada ante ceniza.

Esta sección es esencial para convertir el análisis en acciones concretas y priorizadas.

Tabla 9 Evaluación del Riesgo (RI)

Evaluación del Riesgo			
ATENCIÓN: Siempre actualice las datos en la tabla dinámica después de cualquier cambio en la tabla de evaluación de riesgos (1) Poner su cursor en cualquier celda en la tabla, (2) hacer un clic derecho, (3) seleccionar actualizar en el menú que aparece cerca de su cursor.			
Ecuador			15/11/2025
Riesgos	Acciones de preparación requeridas		
	Mínimo de preparación	Medidas adicionales de preparación	Medidas de capacidad de respuesta operativas y mitigación de riesgos
3. Moderado (3) Erosión => Inseguridad alimentaria por reducción de producción agrícola Malnutrición en comunidades dependientes de cultivos Exposición a polvo re-suspendido — irritación respiratoria Mayor riesgo de lesiones por inestabilidad del terreno Afectación psicológica (4) Crisis económica => Malnutrición y deficiencias micronutrientes Estrés tóxico, ansiedad y depresión Barreras de acceso a servicios de salud Incremento del trabajo infantil o precarización laboral Migración interna — ruptura de redes de apoyo (5) Sustancias peligrosas en el aire, el suelo o el agua => Cortes de agua — diarreas y enfermedades gastrointestinales Interrupción del transporte — retrasos en atención médica Lesiones por derrumbes o caídas estructurales Aumento de accidentes de tránsito			
2. Bajo (1) Actividad volcánica => Irritación respiratoria aguda Exacerbación de enfermedades crónicas (asma, EPOC) Infecciones respiratorias (IRAG) Conjuntivitis y afecciones oculares Dermatitis por contacto con partículas Riesgo de accidentes y traumas por baja visibilidad (2) Incendio forestal => Inhalación de humo — irritación ocular y respiratoria Incremento de crisis asmáticas Intoxicación por monóxido de carbono Quemaduras en exposición directa Deshidratación y golpe de calor Aumento de trastornos de ansiedad por desplazamiento (6) Interrupción de infraestructura => Fallo de motores y maquinaria Obstrucción de sistemas de bombeo y filtros Mal funcionamiento de equipos de salud Fallos eléctricos por ceniza y humedad			

3.1.6. Interpretación Probabilidad – Impacto

El análisis de probabilidad-impacto mostró:

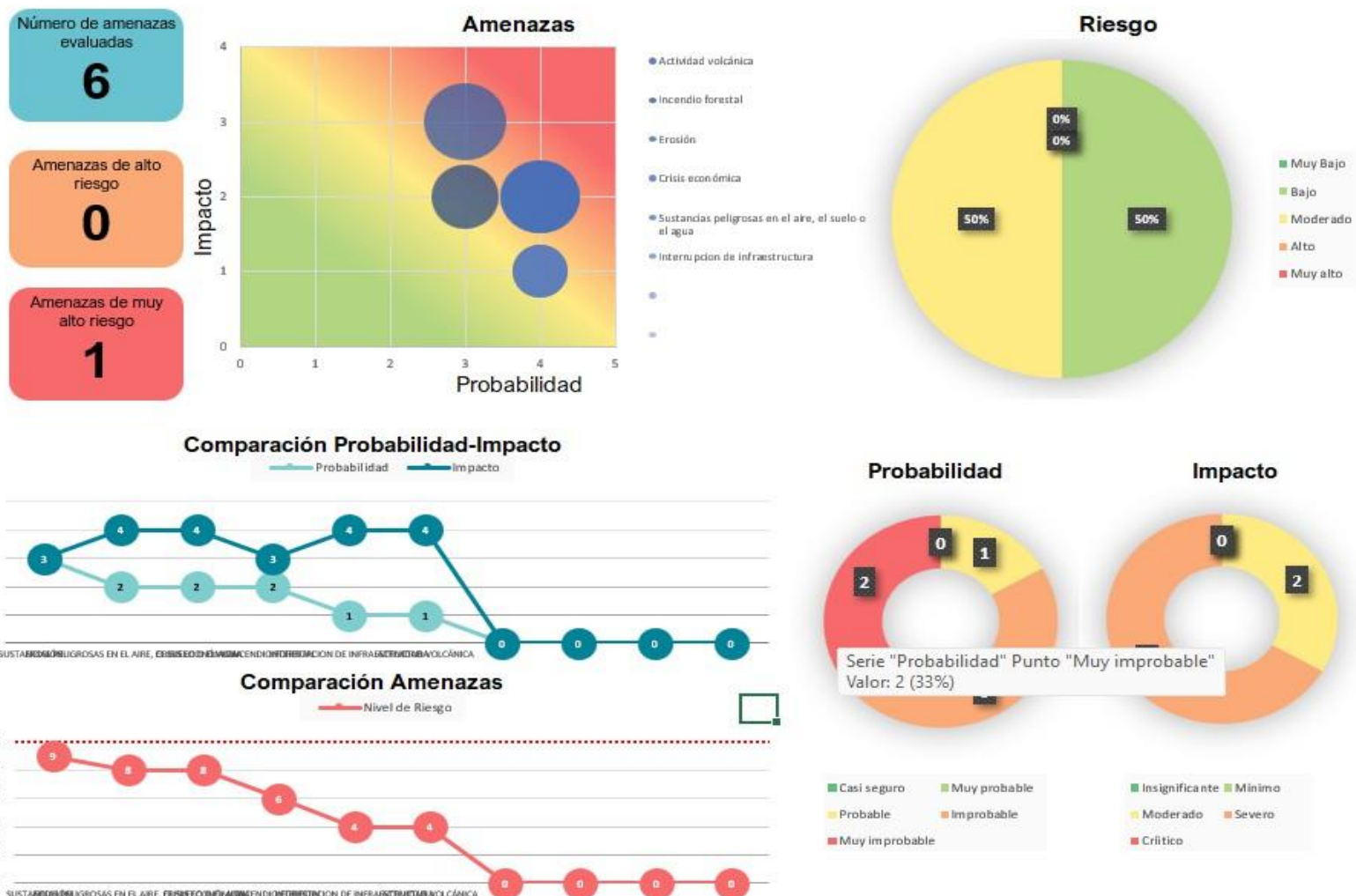
- La actividad volcánica presenta el mayor riesgo combinado.
- Incendios forestales y erosión tienen riesgo moderado.
- Impactos socioeconómicos y riesgos tecnológicos presentan riesgo bajo-moderado.

Esto implica que, aunque algunos eventos tienen baja probabilidad, su impacto potencial justifica una preparación sostenida, especialmente ante escenarios de erupciones prolongadas.

Tabla 10 Evaluación de Riesgo Derivado (DB)

Evaluación del Riesgo

Ecuador
15/11/2025



JUSTIFICACIÓN DE LA FECHA DE REVISIÓN

Se establece como fecha de revisión el 15/01/2026, en línea con las recomendaciones de la OPS que sugieren actualizar matrices de riesgo cada 12 meses o antes si la actividad volcánica cambia de forma significativa.

Las comunidades rurales del cantón Latacunga presentan una alta vulnerabilidad ante episodios de actividad volcánica del Cotopaxi, especialmente debido a la emisión de ceniza, la cual constituye un riesgo directo para la salud respiratoria. En este contexto se propone un Protocolo Sanitario de Respuesta, cuya eficacia debe evaluarse mediante indicadores SMART, un análisis crítico y la aplicación del checklist OPS para fortalecer su implementación. Este entregable desarrolla la fase de evaluación, integrando indicadores de estructura, proceso, resultado e impacto, junto con una valoración crítica que permitirá mejorar el Plan Integral final.

3.1.7. *Diseño de Indicadores SMART*

Los indicadores se formularon siguiendo:

- Enfoque **SMART** (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales).
- Directrices operativas OPS/OMS para emergencias volcánicas.
- Datos de línea base provenientes del MSP, SNGRE y GAD.

La clasificación responde al modelo de evaluación sanitaria por categorías:

- **Estructura** (recursos)
- **Proceso** (acciones)
- **Resultado** (efectos inmediatos)
- **Impacto** (cambios sostenidos)

Asimismo, se consideraron indicadores de carácter transversal cuya naturaleza funcional puede encajar en más de una categoría, seleccionándose por su función predominante

3.1.8. *Indicadores por Fase del Protocolo*

La formulación de los indicadores se sustenta en el enfoque SMART y en las directrices operativas de la OPS/OMS para el manejo sanitario en emergencias asociadas a la caída de ceniza volcánica. Cada indicador aporta información clave sobre diferentes componentes del protocolo (estructura, procesos, resultados e impacto) y su medición se apoya en datos provenientes de los sistemas oficiales de vigilancia y gestión del riesgo del país. En conjunto, estos instrumentos permiten fortalecer la

mejora continua del Plan Integral, garantizando intervenciones oportunas, basadas en evidencia y adecuadas para las comunidades expuestas al volcán Cotopaxi.

La clasificación de los indicadores en categorías de estructura, proceso, resultado e impacto responde a lineamientos metodológicos ampliamente aceptados para la evaluación de planes sanitarios en contextos de emergencia. No obstante, algunos indicadores presentan un carácter transversal que dificulta su ubicación exclusiva en una sola categoría. Por ejemplo, el porcentaje de población con acceso a insumos de protección se considera un indicador de estructura al reflejar la disponibilidad de recursos críticos, pero también puede interpretarse como un resultado del nivel de preparación alcanzado. Este tipo de ambigüedades son comunes en intervenciones complejas; por ello, la categorización adoptada prioriza la función predominante de cada indicador dentro del protocolo. Adicional se sustentó en una revisión documental de guías técnicas internacionales y normativas nacionales relacionadas con gestión sanitaria en emergencias volcánicas (OPS, 2019; PAHO, 2020; MSP, 2023). Para establecer los valores iniciales se realizó una triangulación de datos provenientes de los sistemas oficiales de vigilancia epidemiológica (SIVE, MSP), inventarios locales GAD y reportes de riesgo del SNGR, lo que permitió obtener una línea base coherente con la realidad de las comunidades rurales expuestas. Las metas se consensuaron mediante criterio técnico del grupo, priorizando pertinencia operativa, estándares sugeridos por organismos internacionales y la capacidad instalada del territorio (OPS/OMS, 2023). La frecuencia de medición se definió considerando la naturaleza de cada indicador, la sensibilidad esperada frente a episodios de ceniza y la disponibilidad real de registros en los niveles local y nacional (MSP, 2020; SNGRE, 2022). Esta aclaración permite mejorar la lectura técnica y comprender mejor la lógica evaluativa que sostiene la Tabla 11.

Tabla 11 Indicadores por Fase del Protocolo

NOMBRE DEL INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	DIMENSIÓN	OBJETIVO DEL INDICADOR	DEFINICIÓN OPERACIONAL PARA OBTENERLO	FÓRMULA	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE DE DATOS	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	VALOR INICIAL CONOCIDO	LIMITACIONES	META UMBRAL
% de hogares capacitados en prevención ante ceniza volcánica	Proceso	Preparación	Medir el nivel de preparación comunitaria frente a la caída de ceniza.	Porcentaje de hogares que han recibido capacitación formal en prevención y autoprotección.	$(\text{Hogares capacitados} / \text{Total de hogares}) \times 100$	Porcentaje (%)	Registros de capacitación MSP y GAD	Semestral	Depende del cantón (generalmente <30% antes de intervenciones)	Subregistro; no todos los hogares registran su participación.	≥80% hogares capacitados
% de población con acceso a insumos de protección personal	Estructura	Preparación	Evaluar disponibilidad de insumos clave: mascarillas, gafas, protección respiratoria.	Población que dispone al menos de un kit básico de protección ante ceniza.	$(\text{Población con insumos} / \text{Población total}) \times 100$	Porcentaje (%)	Inventarios municipales, centros de salud, encuestas comunitarias	Anual	Variable por territorio; suele ser <50%	No todos los inventarios están actualizados; compras privadas no registradas.	≥90% población con insumos
Tiempo promedio de activación del protocolo tras alerta oficial (minutos)	Proceso	Respuesta	Medir rapidez de activación institucional ante alerta del volcán.	Tiempo desde emisión de alerta oficial hasta ejecución de la primera acción institucional.	Minutos desde alerta → activación	Minutos	SNGR, MSP	Por evento	No disponible; depende del último evento	Falta precisión temporal en reportes locales.	<30 minutos

Incidencia de consultas respiratorias durante el episodio (por 10.000 hab.)	Resultado	Respuesta	Monitorear el impacto inmediato en la salud respiratoria durante la caída de ceniza.	Número de consultas nuevas por síntomas respiratorios durante el evento por cada 10.000 habitantes expuestos.	$(\text{Consultas respiratorias} / \text{Población expuesta}) \times 10.000$	Tasa por 10.000 hab.	HIS-MSP, APS, emergencias.	Durante el evento	Depende del territorio (históricamente 30–120/10.000)	Variabilidad estacional; subregistro de atenciones privadas.	Mantener <50/10.000 durante eventos.
% de viviendas con limpieza adecuada de ceniza en 72 horas	Proceso	Recuperación	Evaluar capacidad comunitaria para remover ceniza y disminuir riesgos respiratorios.	Viviendas que completan limpieza siguiendo protocolos (retirar sin barrer en seco, hidratación previa, uso de EPP).	$(\text{Viviendas limpias} / \text{Viviendas afectadas}) \times 100$	Porcentaje (%)	Municipios, juntas comunitarias	72 h post-evento	Variable; típicamente <40%	Difícil verificación; diferencias entre barrios.	$\geq 70\%$ viviendas limpias en 72 h
Reducción de casos respiratorios a los 30 días posteriores (%)	Impacto	Recuperación	Medir retorno progresivo a niveles basales de salud tras el evento.	Comparación de casos respiratorios 30 días antes del evento y 30 días después.	$((\text{Casos antes} - \text{casos después}) / \text{Casos antes}) \times 100$	Porcentaje (%)	HIS-MSP, vigilancia epidemiológica	30 días post-evento	Varía; usualmente recuperación parcial (10–40%)	Influencia de otros virus respiratorios; dificultades de comparación temporal.	$\geq 60\%$ reducción

3.2. Checklist de Evaluación del Plan

Tabla 12 Checklist Profesional OPS – Evaluación Del Plan

ITEM	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	
Aspectos Generales		SI	No
Análisis de riesgo actualizado	Incorpora análisis multiamenaza del Cotopaxi, vulnerabilidad rural y riesgos respiratorios.	✓	
Población objetivo definida	Identificación clara de comunidades rurales expuestas y niveles de vulnerabilidad.	✓	
Alineación con Sendai, RSI, ODS	Coherencia estratégica con marcos nacionales e internacionales.	✓	
Gobernanza y roles institucionales	Faltan líneas de mando, organigrama y funciones operativas.		✓
Coordinación interinstitucional	Ausencia de protocolos de activación COE, interoperabilidad y procedimientos.		✓
Participación comunitaria	Reconocida, pero sin estructuras formales como brigadas comunitarias.		✓
Plan logístico de insumos	Ausencia de stock mínimo, rutas y puntos de acopio.		✓

Vigilancia epidemiológica respiratoria	Indicadores definidos, pero sin flujo de notificación ni formatos.		✓
Movilización de brigadas	No existen protocolos operativos ni tiempos de despliegue.		✓
Mensajes oficiales de comunicación de riesgo	No existe paquete oficial validado para zonas rurales.		✓
Difusión multicanal	No se definen radios comunitarias, canales locales ni líderes.		✓
Acciones por fase	Acciones coherentes en preparación, respuesta y recuperación.	✓	
Temporalidad del plan	Faltan niveles de alerta y protocolos de escalamiento.		✓
Indicadores SMART	Indicadores sólidos de estructura, proceso, resultado e impacto.	✓	
Retroalimentación post-evento	No existen mecanismos formales de evaluación y actualización.		✓
Anexos técnicos	Faltan flujogramas, mapas y formatos operativos.		✓

Fuente: Organización Panamericana de la salud 2019- 2023

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

El análisis del Checklist OPS permite evaluar la solidez estructural y operativa del Protocolo Sanitario de Respuesta frente a la Emisión de Ceniza del Volcán Cotopaxi. En primera instancia, se constató que el plan sí fue elaborado sobre la base de una evaluación estratégica de riesgos, incorporando una caracterización detallada de la amenaza volcánica, la dispersión de ceniza, los niveles de exposición y los posibles efectos respiratorios en la población rural del cantón Latacunga. Este componente se evidencia en los indicadores diseñados, los cuales responden directamente a la naturaleza del riesgo, como el porcentaje de hogares capacitados, el acceso a insumos de protección y la incidencia de consultas respiratorias durante el evento. En cuanto al marco de referencia, el plan cumple con los lineamientos administrativos, legales y normativos que exige la OPS, al estar alineado con el Marco de Sendai, el Reglamento Sanitario Internacional, los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la normativa del SNGRE y los lineamientos epidemiológicos del Ministerio de Salud Pública; lo que brinda coherencia institucional y respaldo normativo al protocolo.

El plan cumple satisfactoriamente en describir el perfil demográfico y de salud de las comunidades rurales expuestas, identificando grupos de riesgo, prevalencia de enfermedades respiratorias y condiciones de vulnerabilidad asociadas a la dispersión de ceniza. Asimismo, incorpora el antecedente de eventos eruptivos recientes, lo que permite entender el impacto histórico de la ceniza en la demanda de servicios de salud y sustenta indicadores de resultado e impacto como la incidencia respiratoria y la reducción de casos posteriores al evento.

No obstante, uno de los componentes parcialmente cumplidos corresponde al análisis de las capacidades del sistema de salud. El protocolo reconoce capacidades básicas como la vigilancia epidemiológica, la activación institucional y la movilización inicial de brigadas, pero aún carece de elementos fundamentales como un organigrama operativo, rutas de coordinación, protocolos formales entre MSP–SNGRE–GAD y la definición de un stock mínimo de insumos estratégicos. Este vacío limita la evaluación completa del sistema de respuesta sanitaria, por lo que se clasifica como de cumplimiento parcial.

3.2.1. Limitaciones del Estudio

Durante el desarrollo metodológico se identificaron limitaciones que condicionan el cumplimiento

total del checklist OPS:

- Ausencia de información institucional actualizada sobre organigramas y procedimientos.
- Inventarios incompletos de insumos estratégicos.
- Falta de estandarización en flujos de vigilancia epidemiológica.
- Inexistencia de mecanismos estructurados de retroalimentación post-evento.
- Variabilidad en la calidad de registros comunitarios.

Estas limitaciones deben ser superadas para garantizar una implementación sólida del protocolo.

3.2.2. Análisis del Cumplimiento

El análisis FODA constituye una herramienta clave para examinar de forma estratégica las tecnologías utilizadas en el monitoreo de la actividad volcánica y sus efectos sobre la salud pública. En Ecuador, entidades como el IGEPN y la REMMAQ emplean satélites, sensores de gases y estaciones de calidad del aire para observar la dispersión de ceniza y la presencia de contaminantes atmosféricos. La aplicación del FODA en este contexto permite reconocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, que brindan estas tecnologías, así como las debilidades y amenazas que podrían afectar su desempeño en la prevención de riesgos y la protección de la población (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IGEPN], 2025).

Fortalezas

- Capacidad para generar alertas rápidas y coordinadas usando satélites, redes sociales, apps y sistemas multicanal, lo que reduce la exposición poblacional.
- Combinación de observación remota como: satélites, cámaras térmicas con fuentes locales tales como: radios comunitarias, sensores IoT que ofrece una visión integral del evento.
- Plataformas digitales y bases de datos permiten seguimiento de casos respiratorios y respaldan decisiones sanitarias en tiempo real.
- Telemedicina y HCE facilitan la atención y seguimiento sin desplazamientos, manteniendo la continuidad asistencial durante la crisis.

Oportunidades

- Integrar datos satelitales, sensores y reportes ciudadanos en una red nacional de alerta para mejorar la precisión y personalizar avisos por zona.

- Expandir cobertura mediante soluciones móviles de bajo costo y capacitación local para reducir la brecha digital y aumentar la recepción de avisos.
- Fomentar plataformas participativas donde la población reporte daños y síntomas, mejorando la vigilancia comunitaria y la respuesta post-evento.
- El uso de tecnologías como la telemedicina y apps, permite obtener mayor oportunidad de información y activar alertas tempranas ante las cenizas volcánicas, de las localidades afectadas.
- Educación hacia la comunidad que permite mantener en alerta a la población sobre los cambios presentes y cómo prevenirlos.

Debilidades

- Dependencia de la conectividad, energía e infraestructura; los cortes o zonas sin red limitan la efectividad de los canales digitales.
- La multiplicidad de canales y aplicaciones puede confundir al público si no hay coordinación institucional y mensajes estandarizados.
- Los costos de adquisición, calibración y mantenimiento de sensores, drones y sistemas de datos pueden ser una barrera para su continuidad.
- La baja cobertura y dificultad de acceso en las zonas rurales, limitan el acceso a información precisa.
- Capacitación al personal de salud y la comunidad para el uso de tecnologías (por limitación de tiempo).

Amenazas

- Una difusión de información errónea o alarmista por mensajería y redes que reduce la confianza y puede provocar respuestas inapropiadas.
- Vulnerabilidades tecnológicas como: fallas, ciberataques, daño físico por ceniza; que interrumpen la comunicación en momentos críticos.
- Exceso de alertas o mensajes con información deficiente que disminuyen la respuesta de la población ante avisos reales.
- Falta de financiamiento lo cual no permite un mantenimiento adecuado de los sistemas que se utilizan y se vuelven obsoletos.

- La afectación al sistema respiratorio y activación de falsas alarmas volcánicas por el uso de tecnologías, generan desconfianza en la comunidad.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES

1. **La actividad eruptiva del volcán Cotopaxi representa una amenaza sanitaria de alto impacto**, especialmente por la dispersión de ceniza compuesta por partículas finas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), gases y minerales abrasivos como cristobalita y vidrio volcánico, los cuales incrementan de manera significativa la incidencia de infecciones respiratorias agudas, exacerbaciones asmáticas y complicaciones en grupos vulnerables. La evidencia científica analizada demuestra una clara correlación entre picos eruptivos y aumentos asistenciales en establecimientos de salud.
2. **Las comunidades rurales del cantón Latacunga mantienen un perfil de vulnerabilidad elevado**, derivado de factores sanitarios (alta prevalencia de enfermedades respiratorias), sociales (limitado acceso a información y protección), económicos (dependencia agropecuaria), ambientales (exposición directa a ceniza) e institucionales (capacidad operativa variable en el primer nivel). Esta combinación incrementa la probabilidad de afectación severa durante episodios eruptivos.
3. El análisis STAR V4 permitió identificar que la **caída de ceniza y sus efectos directos constituyen el riesgo prioritario**, con niveles críticos de probabilidad-impacto, lo cual exige protocolos robustos de vigilancia, respuesta e intervención sanitaria. Otros riesgos como la contaminación del agua, el deterioro de infraestructura y los lahares también contribuyen al riesgo acumulado del territorio.
4. **El sistema de salud cuenta con capacidades importantes**, como la vigilancia epidemiológica a través de SIVE-Alerta, monitoreo geofísico continuo del IG-EPN y respuesta articulada con SNGRE y GAD. Sin embargo, estas capacidades requieren fortalecimiento en áreas críticas como: disponibilidad de insumos respiratorios, formación del personal, flujos de comunicación interinstitucional y mecanismos estandarizados de retroalimentación post-evento.
5. **El Protocolo Sanitario diseñado constituye una herramienta técnica y operativa pertinente**, ya que integra vigilancia ambiental, monitoreo epidemiológico, clasificación de niveles de alerta, acciones de preparación, respuesta y recuperación. Además, incluye

indicadores SMART alineados a estándares OPS/OMS, lo que facilita la evaluación del desempeño institucional y de la efectividad de las intervenciones durante una emergencia volcánica.

6. La evaluación con el **Checklist OPS evidencia un alto nivel de cumplimiento técnico**, destacando la coherencia del análisis de riesgo, la alineación con Sendai y el RSI, y la pertinencia de las acciones de intervención. No obstante, se identificaron vacíos en la definición explícita de roles, logística de insumos, protocolos de comunicación del riesgo y gobernanza operativa, aspectos que deberán reforzarse en la fase final de implementación.
7. **La gestión del riesgo sanitario frente a la ceniza volcánica requiere una comunicación clara, oportuna y culturalmente pertinente**, especialmente para comunidades rurales y bilingües. La falta de mensajes oficiales unificados puede aumentar la exposición poblacional y derivar en un incremento de morbilidad y saturación de servicios de salud.
8. La integración de indicadores sanitarios y ambientales en tiempo real constituye un elemento estratégico para lograr **alertas tempranas efectivas** que permitan anticiparse a la saturación del sistema de salud, movilizar brigadas, activar COE y coordinar acciones de limpieza y protección comunitaria.
9. El protocolo aporta una **base técnica necesaria para la toma de decisiones en escenarios eruptivos**, permitiendo ordenar la respuesta institucional y comunitaria, mejorar la vigilancia epidemiológica, orientar intervenciones preventivas y reducir el impacto sanitario provocado por la ceniza del Cotopaxi.
10. Finalmente, el estudio confirma que la **salud pública debe ubicarse como eje central en la gestión del riesgo volcánico**, articulando ciencia geofísica, vigilancia epidemiológica, educación comunitaria y capacidad institucional. La implementación del presente protocolo fortalecerá la resiliencia territorial, protegerá la salud de las poblaciones rurales y permitirá una respuesta más efectiva ante futuros episodios eruptivos.

BIBLIOGRAFÍA

AGREE Next Steps Consortium. (2009). *AGREE II: User's Manual and 23-item Instrument* (Updated 2017). AGREE Trust. <https://www.agreetrust.org/wp-content/uploads/2017/12/AGREE-II-Users-Manual-and-23-item-Instrument-2009-Update-2017.pdf>

Ayuda en Acción. (2017). *Proyecto “Listos y preparados”: Reducción de riesgos ante el volcán Cotopaxi.* <https://ayudaenaccion.org/uploads/2017/10/Volcan-Cotopaxi-Proyecto-Listos-y-preparados.pdf>

Cajo, B. H. (2024). Exposición a emisiones volcánicas y su influencia en la salud respiratoria en Ecuador. *Polo del Conocimiento.* <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6704>

Carlsen, H. K., Gíslason, T., Hauksdóttir, A., et al. (2021). Respiratory health effects following volcanic ash exposure: A population-based study. *Environmental Health*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00749-2>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2020). *Protect yourself from volcanic ash.* <https://www.cdc.gov/disasters/volcanoes/ash.html>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (s.f.). *Safety guidelines: After a volcanic eruption.* <https://www.cdc.gov/volcanoes/safety/protect-yourself-during-a-volcanic-eruption-safety>

Cifuentes, L., & Alvarado, M. (2015). Impacto de la caída de ceniza volcánica sobre la salud respiratoria en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Salud Ambiental*, 2(1), 15–25.

Cruz Roja. (2019). *Strong rains and volcanic ash response recommendations.* (Publicación institucional).

Dare, R. A., Potts, R. J., & Wain, A. G. (2016). Modelling wet deposition in simulations of volcanic ash dispersion from hypothetical eruptions of Merapi, Indonesia. *Atmospheric Environment*, 143, 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.022>

Enarson, E. (2000). *Gender and natural disasters*. International Labour Organization. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_142902.pdf

FAO. (2022). *One Health Joint Plan of Action 2022–2026*. <https://openknowledge.fao.org/>

GAD Municipal de Latacunga. (2024). *Plan Cantonal de Gestión de Riesgos 2024–2028*. Latacunga, Ecuador.

Horwell, C. J., & Baxter, P. J. (2006). The respiratory health hazards of volcanic ash: A review for volcanic risk mitigation. *Bulletin of Volcanology*, 69(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s00445-006-0052-y>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (2015). *Informe Especial Volcán Cotopaxi N.º 7*. <https://www.igepn.edu.ec/>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (2016). *Informe técnico sobre actividad eruptiva del volcán Cotopaxi y efectos ambientales asociados*. Quito, Ecuador.

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (2020). *Boletines informativos sobre la actividad volcánica del Cotopaxi*. Quito, Ecuador.

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (2023). *Informe técnico de actividad volcánica del Cotopaxi*. <https://www.igepn.edu.ec>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (2025). *Monitoreo y actividad del volcán Cotopaxi*. <https://www.igepn.edu.ec>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN). (s.f.). *Qué hacer ante una caída de ceniza.* <https://www.igepn.edu.ec/que-hacer-ante/una-caida-de-ceniza>

Kisling, L. A. (2023). Prevention strategies. *StatPearls Publishing.* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537222/>

Lett, E., et al. (2020). Conceptualizing and promoting equity in disaster risk reduction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3).

MAATE – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Monitoreo de calidad del aire en zonas de influencia volcánica.* Quito, Ecuador.

MAATE – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023, mayo 11). *Informe de calidad del aire y monitoreo de material particulado en zonas de influencia volcánica.* <https://www.ambiente.gob.ec>

MIES – Ministerio de Inclusión Económica y Social. (n.d.). *Programas y servicios de inclusión social.* <https://www.inclusion.gob.ec>

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2015). *Protocolo de respuesta frente a la caída de ceniza volcánica.* Quito, Ecuador.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2015). *Protocolo sanitario de respuesta frente a episodios de actividad volcánica y emisión de ceniza del volcán Cotopaxi.* Quito, Ecuador.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2017). *Manual del Sistema de Vigilancia Epidemiológica SIVE-Alerta.* Quito, Ecuador.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2022). *Normas técnicas para la vigilancia y control de enfermedades respiratorias agudas.* Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2023). *Plan de contingencia nacional frente al volcán Cotopaxi*. <https://www.salud.gob.ec>

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2024). *Gaceta Epidemiológica de Neumonía SE-03-2024*. Quito, Ecuador.

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2025). *Boletín IRAG SE-30-2025*. <https://www.salud.gob.ec>

Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2025, agosto 21). *Norma Técnica del Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica (SIVE)* (Tercer Suplemento N.º 107, Registro Oficial). <https://www.salud.gob.ec>

Morales Rivera, A. M., et al. (2017). Ground deformation before the 2015 eruptions of Cotopaxi. *Geophysical Research Letters*, 44(13), 6835–6842. <https://doi.org/10.1002/2017GL073720>

Mothes, P. A. (2017). Geophysical footprints of Cotopaxi's unrest and minor eruptions. En *Volcanic Hazards, Risks and Disasters* (Cap. 10). Springer. https://doi.org/10.1007/11157_2017_10

OMS – Organización Mundial de la Salud. (2018). *Gestión de riesgos sanitarios y alertas de epidemias: Manual de procedimientos*. Ginebra, Suiza.

OMS – Organización Mundial de la Salud. (2021). *Marco de vigilancia integrada para la detección temprana de brotes y emergencias sanitarias*. Ginebra, Suiza.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Efectos de las erupciones volcánicas en la salud humana*. <https://www.paho.org>

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Guía para la gestión del riesgo sanitario asociado a la caída de ceniza volcánica en América Latina*. Washington, D.C.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2015). *Guía para la preparación y respuesta frente a emergencias volcánicas*. Washington, D.C.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2016). *Guía para la preparación del sector salud frente a erupciones volcánicas en América Latina y el Caribe*. OPS/OMS.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2018). *Guía para la vigilancia de eventos respiratorios agudos asociados a desastres naturales*. OPS/OMS.

OPS – Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Volcanic eruptions: Public health considerations*. <https://www.paho.org>

Programa Global de Vulcanismo – Smithsonian Institution. (2023). *Informe sobre el volcán Cotopaxi*. <https://volcano.si.edu>

Reyes, C., Beltrán, G., & Astudillo, E. (2015). Perfil epidemiológico de infecciones respiratorias agudas en pacientes pediátricos en Ecuador. *Revista Médica HJCA*, 7(1), 22–28. <https://revistamedicahjca.iess.gob.ec>

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE). (2015). *Plan de contingencia ante la actividad del volcán Cotopaxi*. Quito, Ecuador.

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE). (2021). *Plan Nacional de Respuesta ante Emergencias Volcánicas*. Quito, Ecuador.

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE). (2022). *Informe Volcánico Especial Cotopaxi-2022 N.º 004*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec>

Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE). (2022). *Boletín de seguimiento de actividad volcánica del Cotopaxi*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec>

StatPearls. (2023). *Volcanic ash: Health implications*. StatPearls Publishing. (si aplicaba la entrada según tu documento 2; si no, puedo retirarla)

United States Geological Survey (USGS). (2019). *Volcanic ash: What it can do and how to protect yourself*. <https://www.usgs.gov>

Vásconez Müller, A., Bernard, B., & Vascónez, F. J. (2024). Near-real-time ash cloud height estimation based on GOES-16 satellite imagery: Case study of Cotopaxi volcano. *Volcanica*, 7(1), 405–419. <https://doi.org/10.30909/vol.07.01.405419>

Volcanic Ashfall Impacts. (2015). *Componentes de la ceniza volcánica*. U.S. Geological Survey. https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/components_ash.html

GLOSARIO

Actividad volcánica: Conjunto de fenómenos físicos y químicos que incluyen emisión de lava, gases, ceniza y material piroclástico.

Alerta sanitaria: Nivel de advertencia emitido por las autoridades de salud ante un riesgo potencial con el fin de activar protocolos de vigilancia, prevención y control.

Ceniza volcánica: Se llama ceniza a los piroclastos con tamaño $\leq 10 \mu\text{m}$. Existen varios tamaños: la ceniza fina se asemeja a los granos de harina de trigo; la ceniza de grano medio, a los granos de sal; y la ceniza gruesa, a los granos de azúcar. La distancia a la que viajan depende del tamaño: la ceniza gruesa cae cerca del volcán, mientras que la ceniza fina puede desplazarse a largas distancias y permanecer suspendida en el aire, siendo fácilmente inhalable. Además, al absorber agua, aumenta su peso y, al acumularse en techos, puede provocar colapsos (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional [IG-EPN], s.f.).

Cenizómetros: son recipientes especialmente diseñados para la recolección de muestras de caídas de ceniza. Los datos obtenidos a través de esta red permiten a los técnicos llevar un control periódico de la dispersión y el volumen de ceniza que emiten los volcanes. Además, permiten recolectar muestras no contaminadas que se analizan posteriormente en laboratorio para conocer su composición y, en base a esto, evaluar la actividad de los volcanes en erupción y la peligrosidad de la ceniza volcánica emitida. (IG-EPN, s.f.).

COE: Comité de Operaciones de Emergencia.

Composición de las cenizas: La ceniza está formada por vidrio volcánico, fragmentos de roca y minerales o cristales, además de ciertos componentes químicos solubles.

EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica.

Equipos de Protección Personal (EPP): Conjunto de protección de salud frente a una emergencia para el personal sanitario, esto incluye: mascarillas N95, gafas, guantes, batas, gorro y botas.

Fragmentos de roca o líticos: proceden de materiales sólidos arrancados por el magma de las

paredes del conducto volcánico o de las rocas circundantes. Al ser expulsados con violencia, se fragmentan y mezclan con el material magmático (Volcanic Ashfall Impacts, 2015).

GAD Municipal de Latacunga: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Latacunga.

IG-EPN: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

IRA: Infecciones Respiratorias Agudas.

IRAG: Infecciones Respiratorias Agudas Graves.

Lahares: Flujos de lodo formados por mezcla de agua, ceniza y materiales volcánicos, capaces de desplazarse a gran velocidad y causar daños severos.

MAATE: Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

MIES: Ministerio de Inclusión Económica y Social.

Minerales o cristales: se forman mientras el magma está bajo la superficie. La composición depende del tipo de magma: los magmas riolíticos contienen cuarzo, feldespato y mica; los basálticos, feldespato, piroxeno y olivino. Algunos cristales finos, como la cristobalita, representan riesgo para la salud, ya que su polvo puede causar silicosis. Además, la composición mineral influye en la fertilidad del suelo tras la erupción (Volcanic Ashfall Impacts, 2015).

MSP: Ministerio de Salud Pública.

Nivel de alerta: Grado de riesgo asignado a una situación de emergencia, representado mediante colores (verde, amarillo, naranja, rojo) que indican la severidad del evento y las acciones a tomar.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

Partículas en suspensión (PM10 y PM2.5): Micropartículas sólidas o líquidas diminutivas presentes en el aire que causan daño en el sistema respiratorio.

Protocolo sanitario: procedimientos a realizar de carácter responsable y medidas para la prevención, vigilancia y respuesta frente a un riesgo sanitario.

SIVE-Alerta: Sistema Integrado de Vigilancia Epidemiológica.

SNGRE: Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias.

SO₂: Dióxido de azufre.

Triage: Proceso de evaluación para clasificar la prioridad de atención médica según la gravedad de sus síntomas.

Vidrio volcánico: se origina cuando el magma se enfría rápidamente sin permitir la formación de cristales. Durante el ascenso, el gas contenido genera burbujas que, al romperse, producen fragmentos angulares y abrasivos. Es relativamente duro (5 en la escala de Mohs), siendo uno de los componentes más erosivos (Volcanic Ashfall Impacts, 2015).

ONE HEALTH: se refiere a la consideración integral de los impactos de la ceniza en la salud de las personas, animal y el medio ambiente.

ANEXOS TÉCNICOS

Anexo 1

Flujograma de Activación del Protocolo

1. Alerta oficial ECU-911 → 2. Activación COE Cantonal → 3. Notificación MSP → 4. Activación brigadas comunitarias → 5. Distribución de insumos → 6. Inicio vigilancia epidemiológica → 7. Reporte y retroalimentación.

Anexo 2

Matriz de Responsabilidades

- MSP: Vigilancia epidemiológica, Brigadas e insumos.
- SNGRE: Coordinación interinstitucional, alertas.
- GAD Municipal: Limpieza de ceniza, logística, apoyo comunitario.
- Comunidad: autocuidado, reporte temprano, apoyo operativo.

Anexo 3

Formato de Registro de Casos Respiratorios

- Fecha del evento
- Comunidad
- Número de consultas respiratorias
- Edad y grupo de riesgo
- Síntomas principales
- Exposición estimada a ceniza

Datos del establecimiento

- Nombre del centro:
- Profesional responsable:
- Fecha del registro

Ficha de Exposición a Ceniza Volcánica

- Fecha de exposición:
- Actividades realizadas al momento:

- Uso de mascarilla: Sí/No
- Síntomas iniciales:
- Requerimiento de EPP:
- Observaciones:

Checklist de Preparación del Establecimiento de Salud

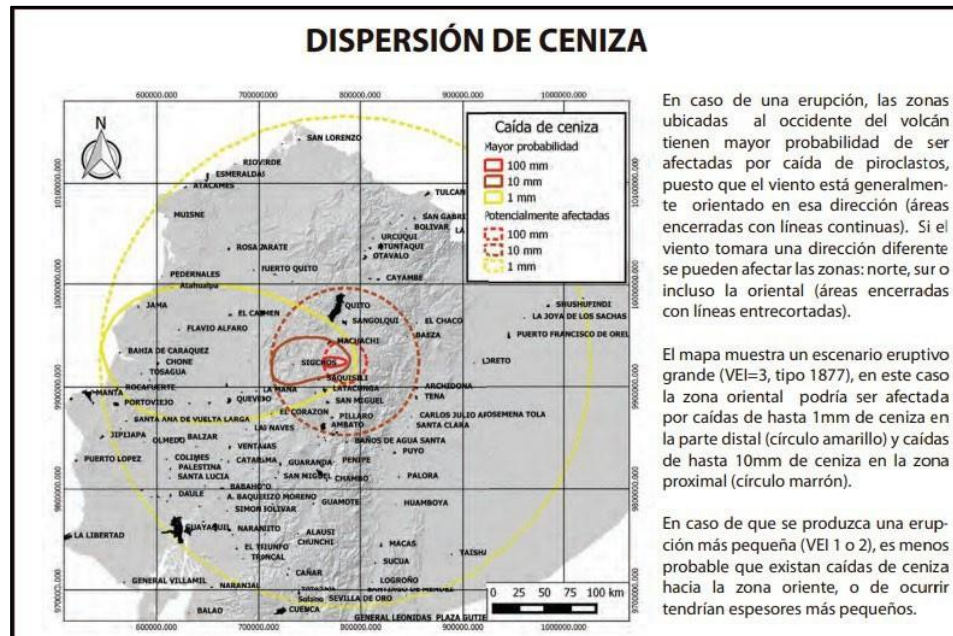
- Inventario de EPP actualizado
- Existencia de N95/KN95
- Medicamentos para IRA/IRAG
- Capacitación del personal
- Plan de contingencia visible
- Coordinación interna y externa
- Ruta de derivación médica
- Sistema SIVE funciona correctamente

Anexo 4

Mapas Técnicos del Protocolo

Incluye marcadores para insertar en mapas:

1. **Mapa 1** — Zonas de influencia y dispersión probable de ceniza (IG-EPN).
 - *ANEXO 4.1*



Fuente: Instituto Geofísico-EPN

2. **Mapa 2** — Ubicación de establecimientos de salud y capacidad instalada (Latacunga).

○ **ANEXO 4.2**



Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo

3. Mapa 3 — Rutas de evacuación operativa del COE.

○ ANEXO 4.3



Fuente: Secretaria Nacional de Gestión de Riesgo

Anexo 5

Procedimientos Operativos Estandarizados (POE)

POE 1 — Limpieza Segura de Ceniza Volcánica

- No barrer en seco.
- Humedecer suavemente la superficie.
- Evitar acumulación en techos livianos.
- No utilizar sopladores.

POE 2 — Manejo Clínico de IRA/IRAG por Ceniza

- Evaluar signos: taquipnea, tiraje, fiebre, saturación.
- Aplicar triaje tipo START.

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

- Nebulización solo si está indicado clínicamente.
- Priorizar manejo ambulatorio controlado para evitar saturación.

POE 3 — Uso Correcto de Mascarillas en Población

- Cambio cada 24 horas o cuando esté húmeda.
- No lavar mascarillas desechables.
- Ajuste adecuado con sello nasal.

POE 4 — Activación del SIVE–Alerta

- Ingreso diario de notificación.
- Validación por epidemiólogo distrital.
- Confirmación automática si supera umbral.

Anexo 6

Kits Sanitarios Recomendados

6.1 Kit familiar ante ceniza volcánica

- Mascarillas N95/KN95 (4–6 por familia).
- Gafas de protección.
- Botella de agua para humidificar ceniza.
- Paños húmedos.
- Filtro casero para puertas/ventanas.

6.2 Kit institucional para establecimientos de salud

- Oxímetros, termómetros infrarrojos.
- Stock para 30 días de medicamentos IRA.
- Registros impresos SIVE.
- Equipos de protección para 100% del personal.

Anexo 7

Material Educativo para la Comunidad

Nota sobre derechos de autor: Este trabajo y lo que a continuación se expone solo tiene una validez académica, quedando copia de éste en la biblioteca digital de UIDE y EIG. La distribución y uso de este trabajo por parte de alguno de sus autores con otros fines deberá ser informada a ambas Instituciones, a los directores del Máster y resto de autores, siendo responsable aquel que se atribuya dicha distribución.

- Infografía: “Cómo protegerse de la ceniza del Cotopaxi”.
- Afiches: uso correcto de mascarillas.
- Guía rápida: síntomas de alarma en niños menores de 5 años.
- Guía para agricultores: protección de cultivos y animales.
- Anuncio radial en kichwa y español