



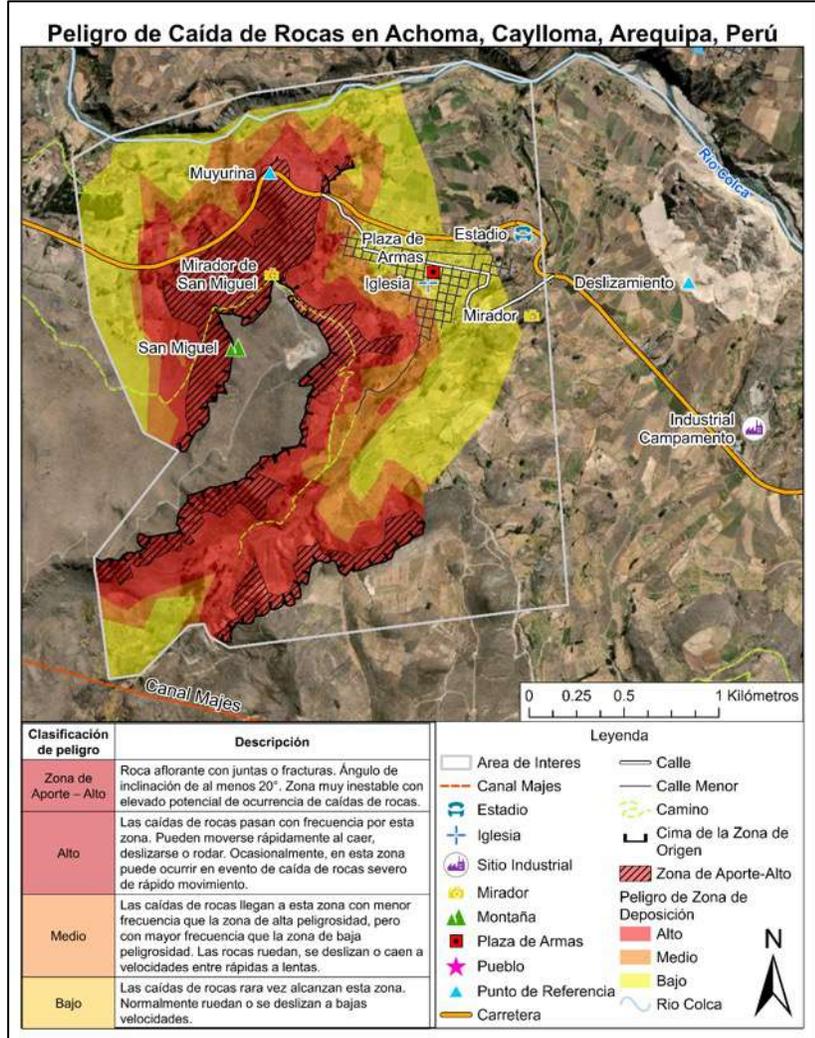


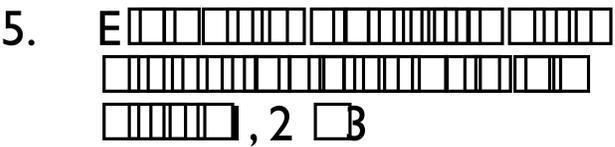
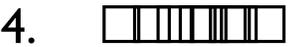
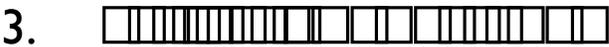
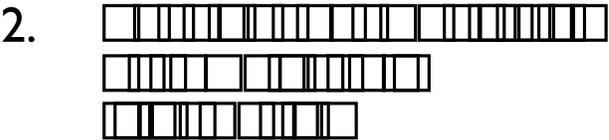
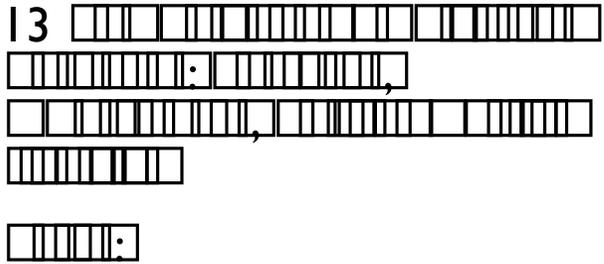
D

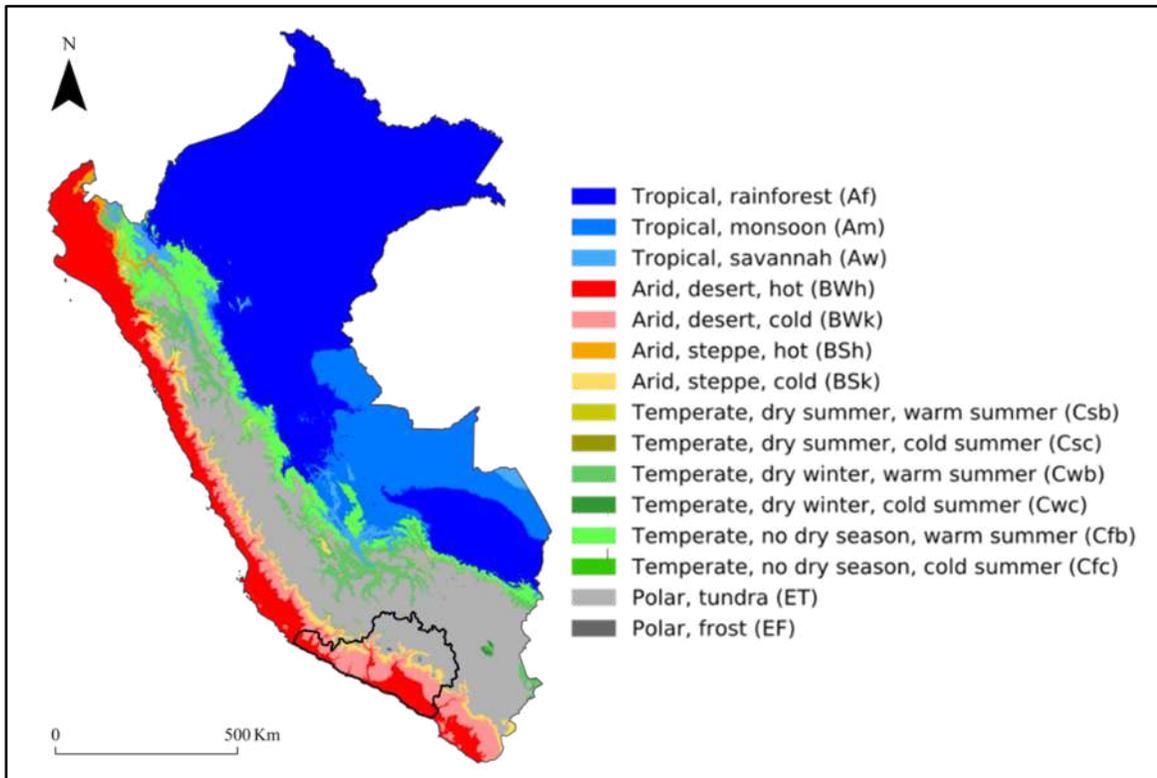
•

•

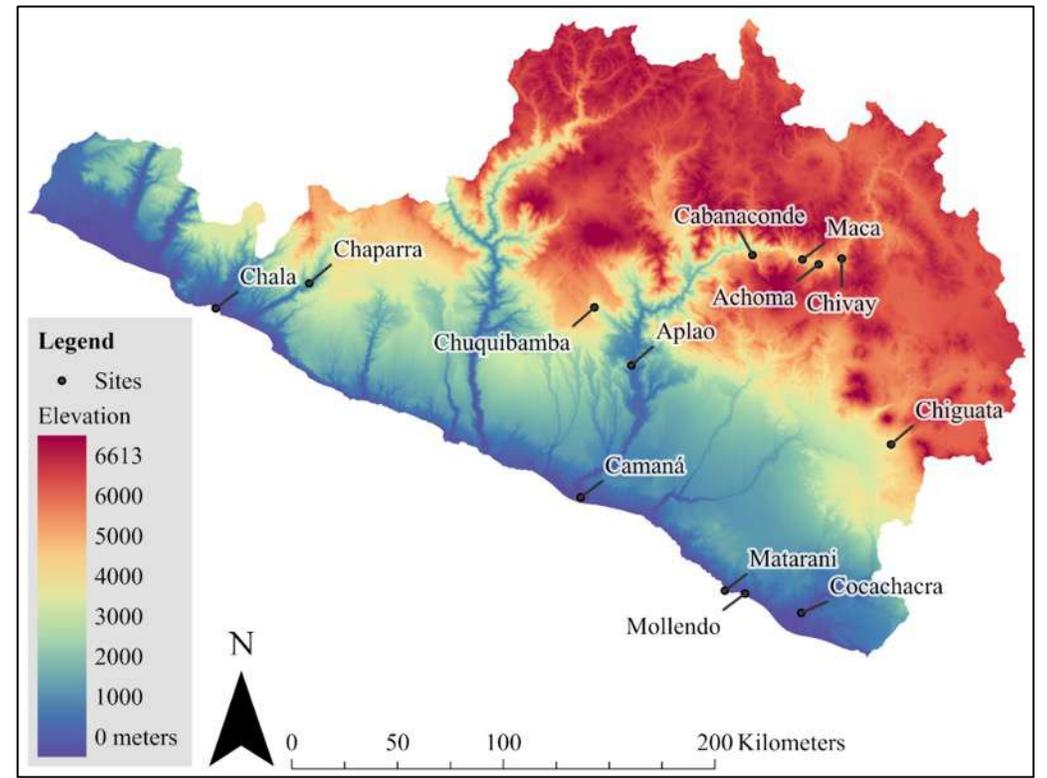
•







Clima

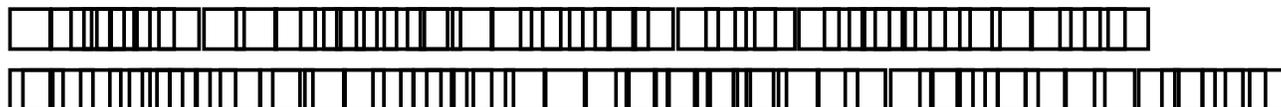


Elevación



Geologia

Geographia	Sitio	Litología Primaria	Litología Secunadia
Costero	Camaná	Plutonic – Diorite	Sedimentary – Sandstone
	Mollendo	Metamorphic – Gneiss	Sedimentary - Conglomerate
	Matarani	Metamorphic – Gneiss	Sedimentary - Conglomerate
	Chala	Sedimentary – Siltstone, Sandstone	Sedimentary – Dolomite
	Cocachacra	Sedimentary – Sandstone	Metamorphic – Gneiss
Colinas y valles fluviales	Chappara	Plutonic – Granite	Volcanic - Breccia
	Aplao	Metamorphic – Quartzite	Sedimentary – Sandstone
	Chiguata	Volcanic – Andesite, Ignimbrite	Sedimentary – Breccia
Montañosos	Chuquibamba	Sedimentary – Conglomerate, Sandstone	Metamorphic – Gneiss Plutonic – Granite
	Chivay	Volcanic – Andesite	Sedimentary – Sandstone
	Cabanaconde	Volcanic – Andesite	
	Maca	Volcanic – Andesite	
	Achoma	Volcanic – Andesite	

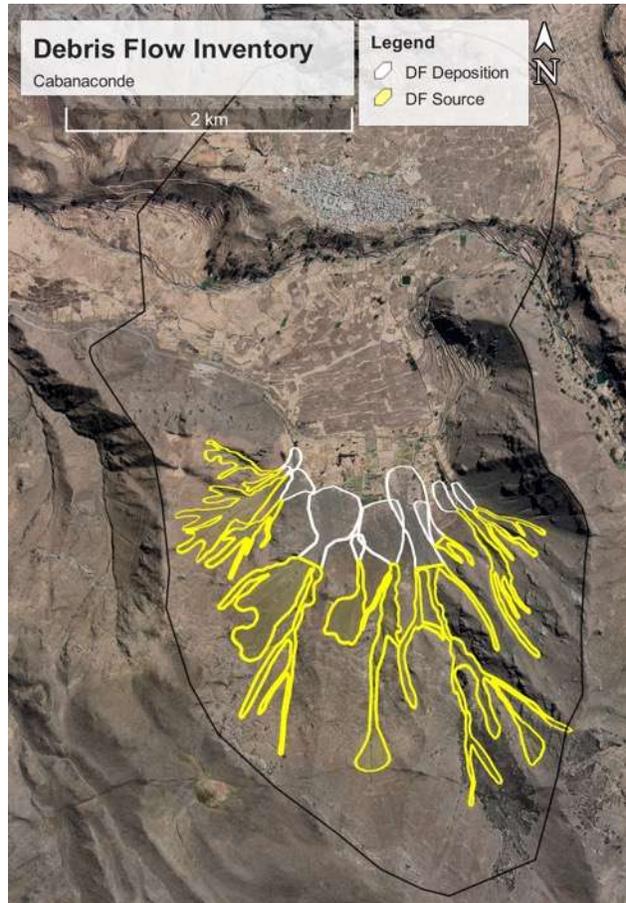


Hazard	Component	Criteria
Flooding	Historical Riverbed	<input type="checkbox"/> Location of river dating back 7-13 years <input type="checkbox"/> Visible in Google Earth historical imagery
	Floodplain	<input type="checkbox"/> Flat-lying land near river (from elevation data) <input type="checkbox"/> Less than 10° slope gradient
	Low and High Alluvial Terraces	<input type="checkbox"/> Flat-lying land 1-10 meters above floodplain <input type="checkbox"/> High terrace 1-10 meters above low terrace <input type="checkbox"/> Less than 10° slope gradient
Debris Flow	Source Zones	<input type="checkbox"/> Narrow Channels <input type="checkbox"/> Evidence of erosion from water
	Deposition Zones	<input type="checkbox"/> Fan-shaped deposit <input type="checkbox"/> Locate at or near slope base <input type="checkbox"/> Mixture of rock and silt <input type="checkbox"/> Vegetation possible

Landslide	Scarp	<input type="checkbox"/> Steep surface on upper edge of landslide <input type="checkbox"/> Surface where disturbed ground has moved off <input type="checkbox"/> Little to no vegetation
	Deformation / Slide Mass	<input type="checkbox"/> Disturbed ground, or displaced soil, below scarp <input type="checkbox"/> Disturbed vegetation <input type="checkbox"/> Vegetation possible if it is an older landslide <input type="checkbox"/> Area where disturbed mass accumulates
Rockfall	Source Zone	<input type="checkbox"/> Rock outcrops with some visible joints or fractures <input type="checkbox"/> Slope angle of at least 20° <input type="checkbox"/> Rocks exist downslope that fell from the source and were not transported by another method <input type="checkbox"/> Top of the source zone is at least three meters from the base of the slope.
	Fallen Blocks & Deposits	<input type="checkbox"/> Rock blocks visible in imagery <input type="checkbox"/> Blocks in runout area exist below identified source zones that fell from the source <input type="checkbox"/> Deposits of talus visible in aerial imagery underneath source zone with same conditions as above
	Potential Blocks & Deposits	<input type="checkbox"/> Same as fallen blocks, but these need confirmation <input type="checkbox"/> Not included in runout distance inventory



E C





RIESGOS GEOLÓGICOS EN LAS QUEBRADAS DE LA REGION AREQUIPA

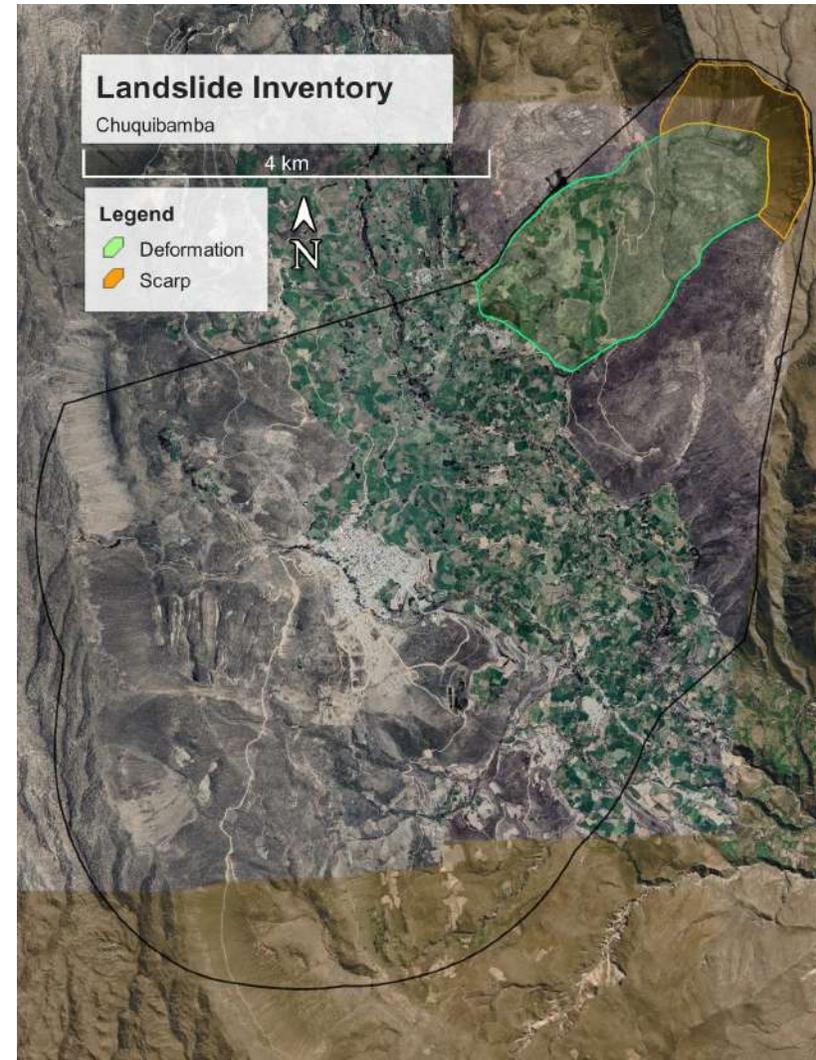
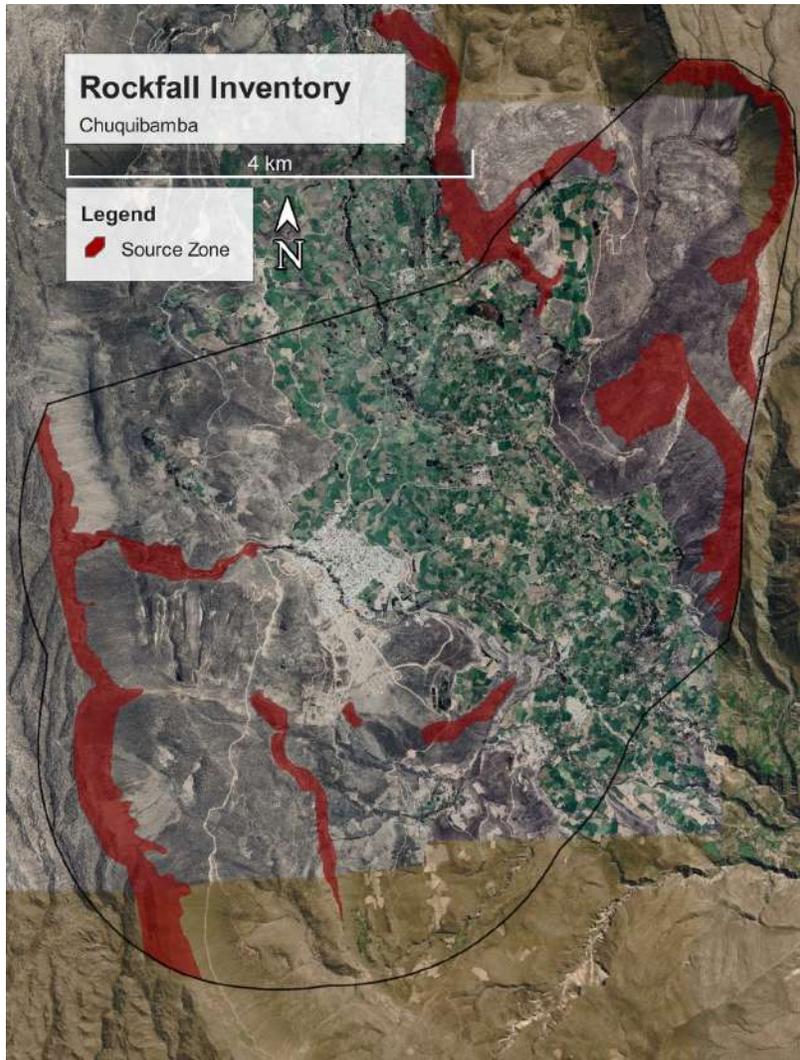
Identificación y Gestión

César Carbajal
Percy Colque Riega
Brook Eberle
Cassidy Grady
Justin Maning
Pablo Meza Arestegui
Guido Salas Alvarez
Paul Santó
Wendy Zhou

A  **A** 

Centro para Minería Sostenible, Colorado School of Mines, Golden, CO80401, USA
Departamento of Geology and Geolcal Engineering, Colorado School of Mines,
Golden CO 80401, USA
Departament of Civil and Environmental Engineering, Colorado School of Mines,
Golden, CO 80401, USA
Escuela de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de Procesos, Universidad
Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú
Departamento Académico de Química, Facultad de de Ciencias Naturales y
Formales, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú

Capítulo 14 - Chuquibamba



Herramientas para gerentes

Para comprender mejor cómo se hicieron los mapas y una definición de cada riesgo, consulte el Capítulo 2.1 y 2.2.

Para saber cómo reconocer estos riesgos en el campo, consulte el Capítulo 2.3 y la Tabla 3.

Para comprender qué desencadena estos peligros y, por lo tanto, qué se debe evitar para reducir el peligro, consulte el Capítulo 2.3, Tabla 4.

Para identificar formas de gestionar y reducir el peligro mediante evitar, prevenir y controlar procesos, consulte el Capítulo 2.4, Tabla 5.

A veces se muestran dos mapas para el mismo peligro

Esta investigación se realizó en tres fases, cada una de las cuales tuvo un enfoque diferente, por lo que en ocasiones se encuentra dos mapas de la misma amenaza. Por lo general, un mapa tiene una escala más grande que el otro, lo que brinda una perspectiva diferente del peligro. Cuando haya dos mapas, un conjunto será del artículo de Eberle et al. (en revisión), quien creó los mapas con el fin de comparar los cambios a lo largo del tiempo. Como consecuencia, esos mapas utilizan criterios ligeramente diferentes para identificar y crear niveles de peligro, por lo que deben considerarse mapas secundarios a los demás.

Tabla 3. Principales peligros geológicos en la región de Arequipa

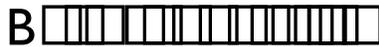
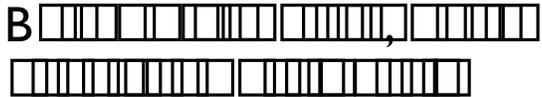
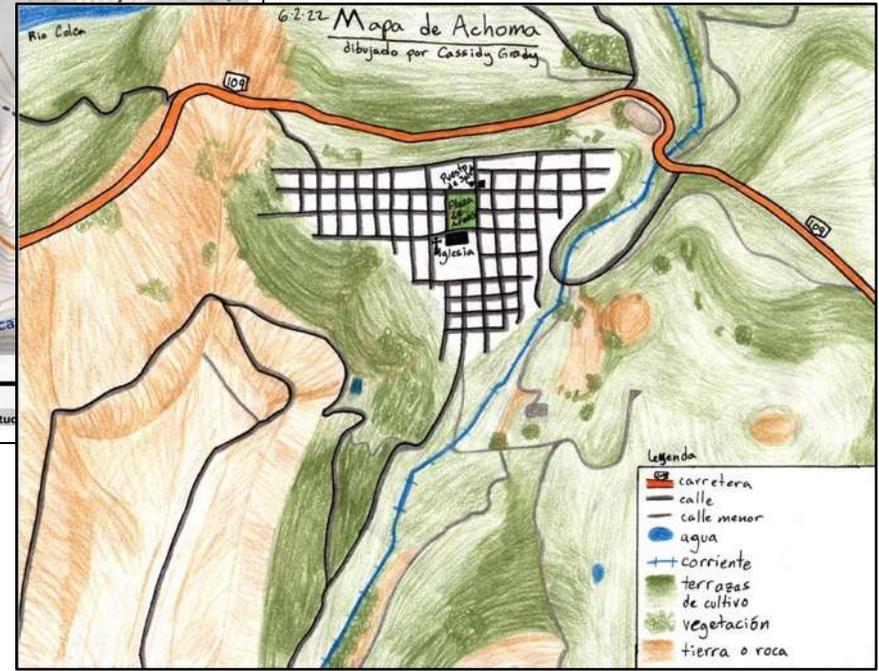
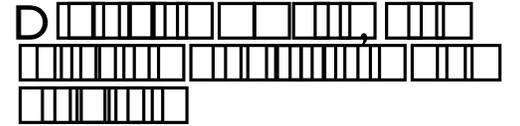
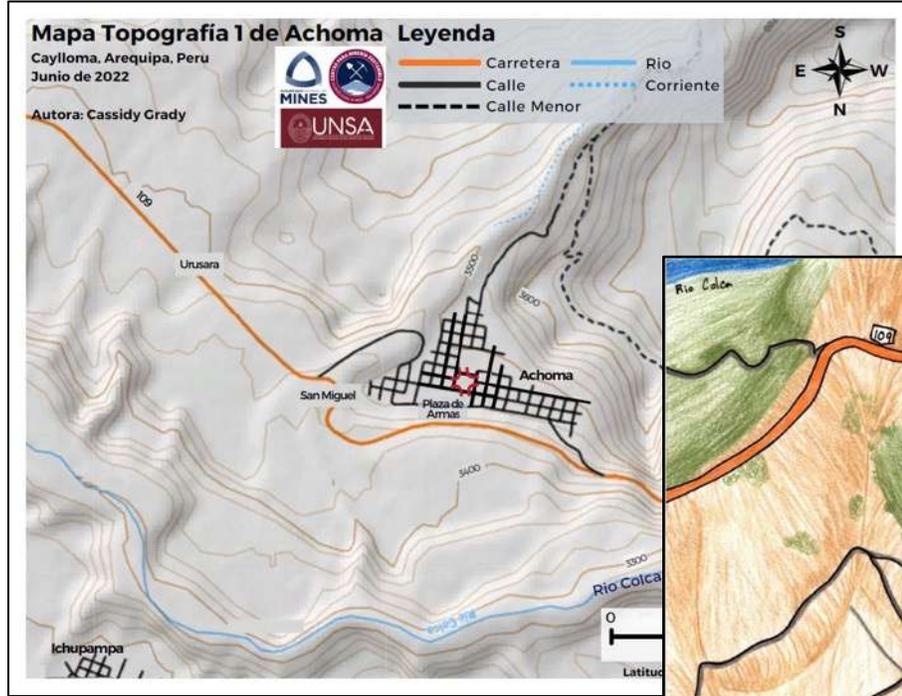
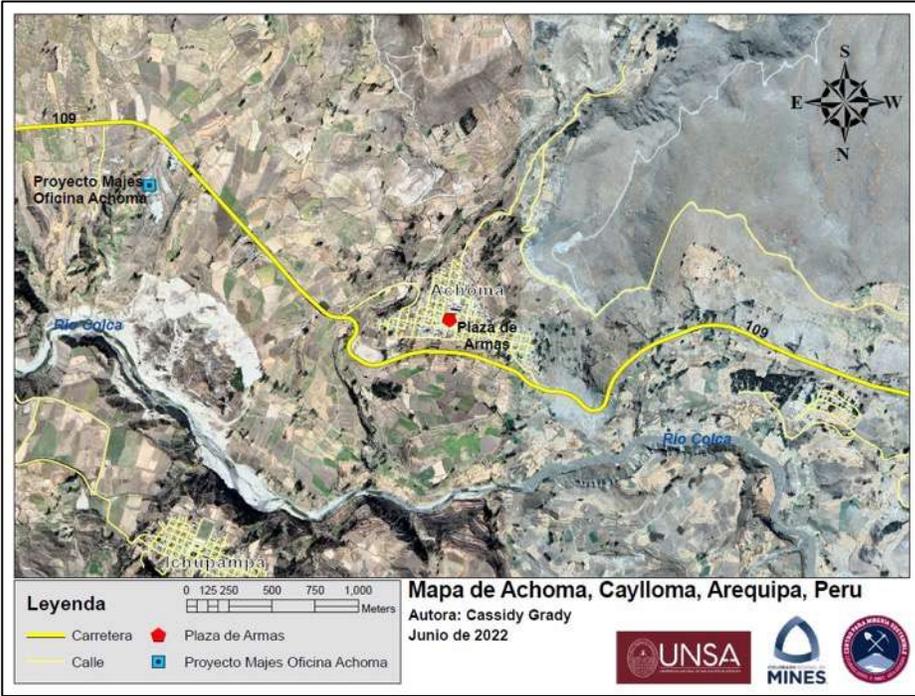
Descripción	Cómo se reconoce	Peligro
1) Deslizamiento, terreno escarpado que se desliza cuesta abajo debido a la gravedad. Con frecuencia se produce en suelos arcillosos o en rocas débiles.	Grietas en la cabecera del talud, terreno abultado y amontonado al pie de talud, crestas laterales y grietas, lagunas y más vegetación en el deslizamiento, árboles y estructuras inclinadas.	El movimiento puede fisurar carreteras, casas y edificios. Si el movimiento es rápido, los deslizamientos pueden sepultar a personas y construcciones.

Capítulo 14 - Chuquibamba



Tabla 5. Posibles estrategias de mitigación de los peligros geológicos en la región de Arequipa

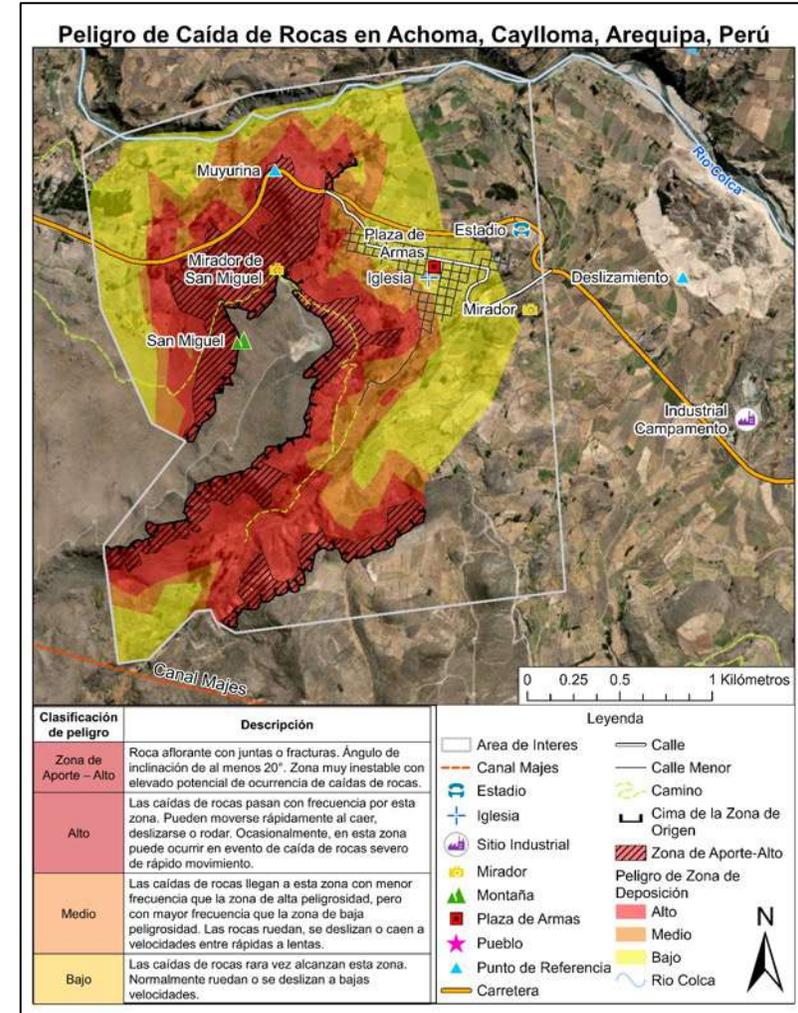
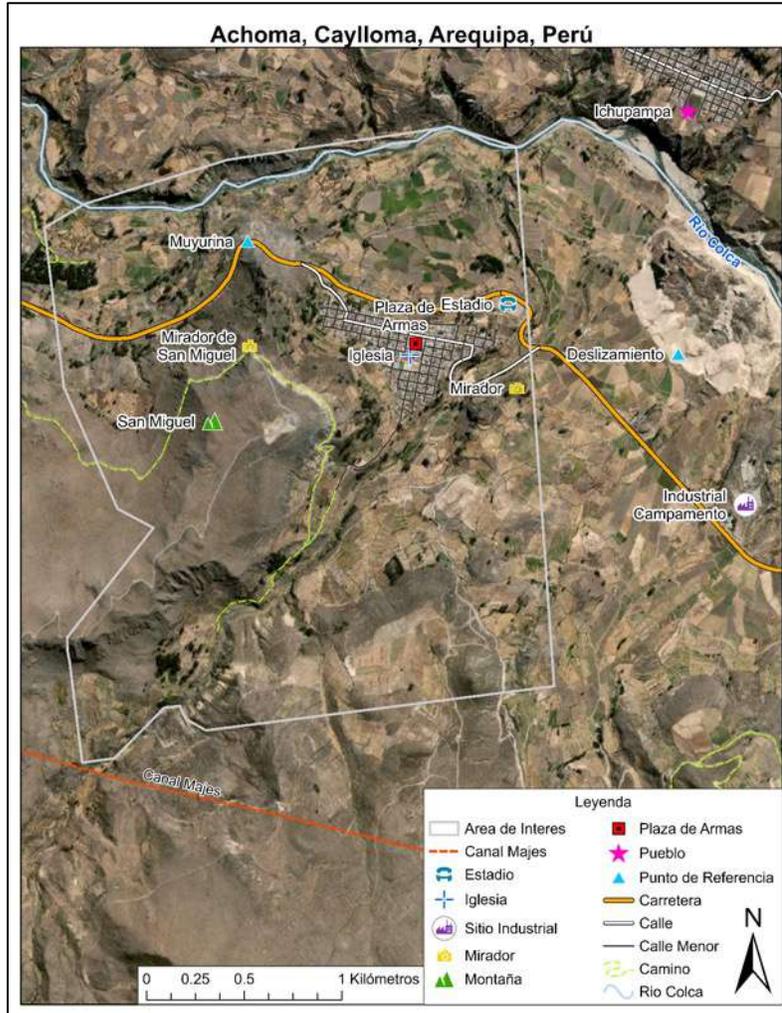
Proceso	Evitar	Prevenir	Control de procesos
1) Deslizamientos	<p>Prohibir los desarrollos en zonas con deslizamientos activos identificados o en zonas identificadas como vulnerables a futuros deslizamientos.</p> <p>Establecer zonas de amortiguación, especialmente por encima y por debajo del deslizamiento donde los desarrollos están prohibidos.</p> <p>Establecer sistemas de alerta (alertas de umbrales de precipitaciones, educación, zonas seguras de evacuación).</p>	<p>Excavar deslizamientos poco profundos y reemplazarlos con roca angular.</p> <p>Excavar material de la cabecera del deslizamiento para reducir las fuerzas desestabilizadoras.</p> <p>Construir un contrafuerte de roca o suelo en el pie del deslizamiento para incrementar la estabilidad (con un adecuado drenaje interno).</p>	<p>Prevenir la infiltración de agua direccionando las aguas superficiales hacia fuera del deslizamiento.</p> <p>Drenar cualquier empozamiento que se haya formado en el deslizamiento y asegurarse de que el agua no se acumule allí en el futuro.</p> <p>Rebajar el nivel freático dentro del deslizamiento usando drenajes subterráneos.</p>

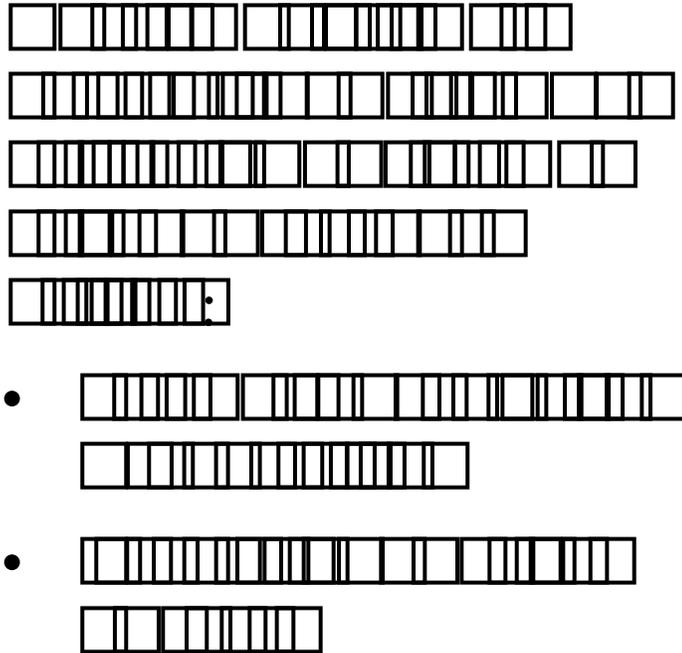




-
-
- (E)
-
-
-
-
-

-
- ()
- E
-
-
-
- ()





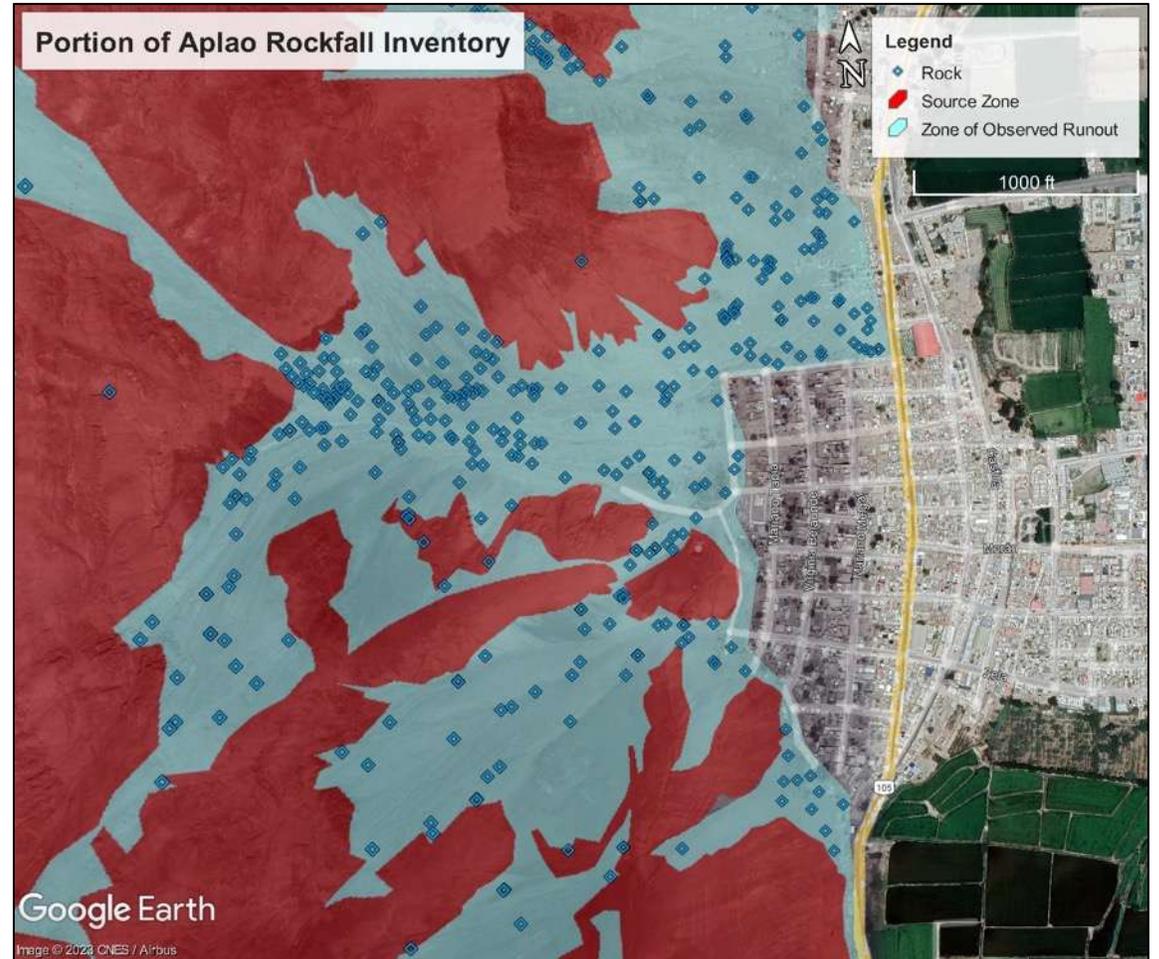
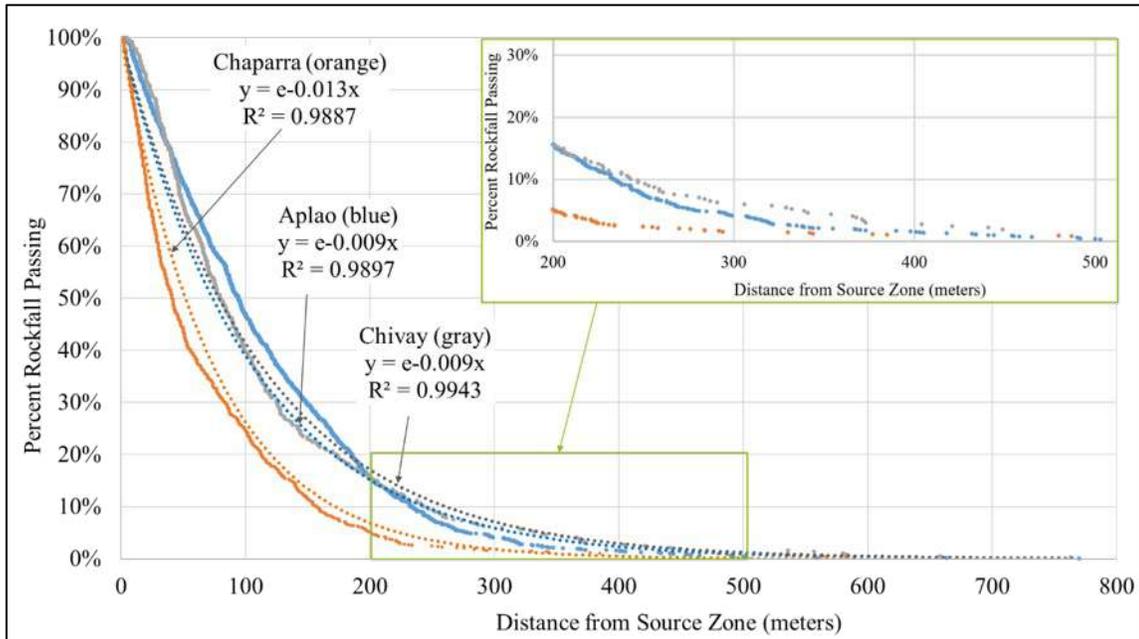
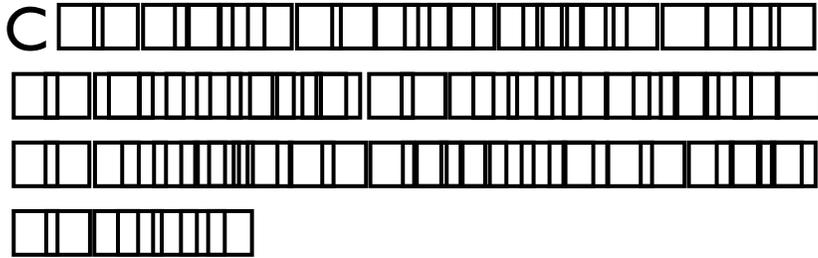
Authors	Year	Locale	Slope Height	Slope Angle	Slope Aspect	Elevation	Fault Presence	Joint Persistence	Joint Orientation	Slope Roughness	Vegetation	Lithology	Source Zone Size	Rockfall Trajectory	Rockfall Runout Distance	Rockfall
Santi et al.	2008	Colorado, USA	X	X	X			X	X	X	X	X				
Pinyol et al.	2016	Catalonia, Spain	X	X								X				
Saroglou	2019	Greece	X	X		X	X	X			X	X				
Marquinez et al.	2002	Cantabrian Range, Spain		X		X			X	X	X	X				
Budetta	2004	Italy	X													
Pierson	1991	Oregon	X					X	X	X						
Eliassen and Springston	2007	Vermont	X					X	X	X						
Bouali et al.	2017	Nevada	X					X	X	X						
Omran et al.	2021	Gulf of Aqaba, Egypt		X	X	X						X				
Stock et al.	2012	Yosemite Valley, CA	X	X								X	X	X	X	X
Michoud et al.	2012	Bagnes, Switzerland		X								X				
Guzzetti and Paola	2003	Yosemite Valley, CA		X								X	X			
Huang et al.	2009	Alaska	X	X				X	X							
Silveira et al.	2016	Cabanas, Brazil	X					X	X							
Gomes et al.	2011	Espirito Santo, Brazil	X													
Ansari et al.	2014	Maharashtra, India	X	X				X	X	X	X	X				
Koning and Mansell	2017	New Mexico		X												X
Maerz et al.	2005	Missouri														
Lan et al.	2010	South BC, Canada	X	X						X	X	X	X	X	X	X
Jaboyedoff and Labiouse	2003	Switzerland	X	X						X			X			X
Total			14	13	2	3	1	8	8	8	5	10	4	2	4	
Percentage			70%	65%	10%	15%	5%	40%	40%	40%	25%	50%	20%	10%	20%	

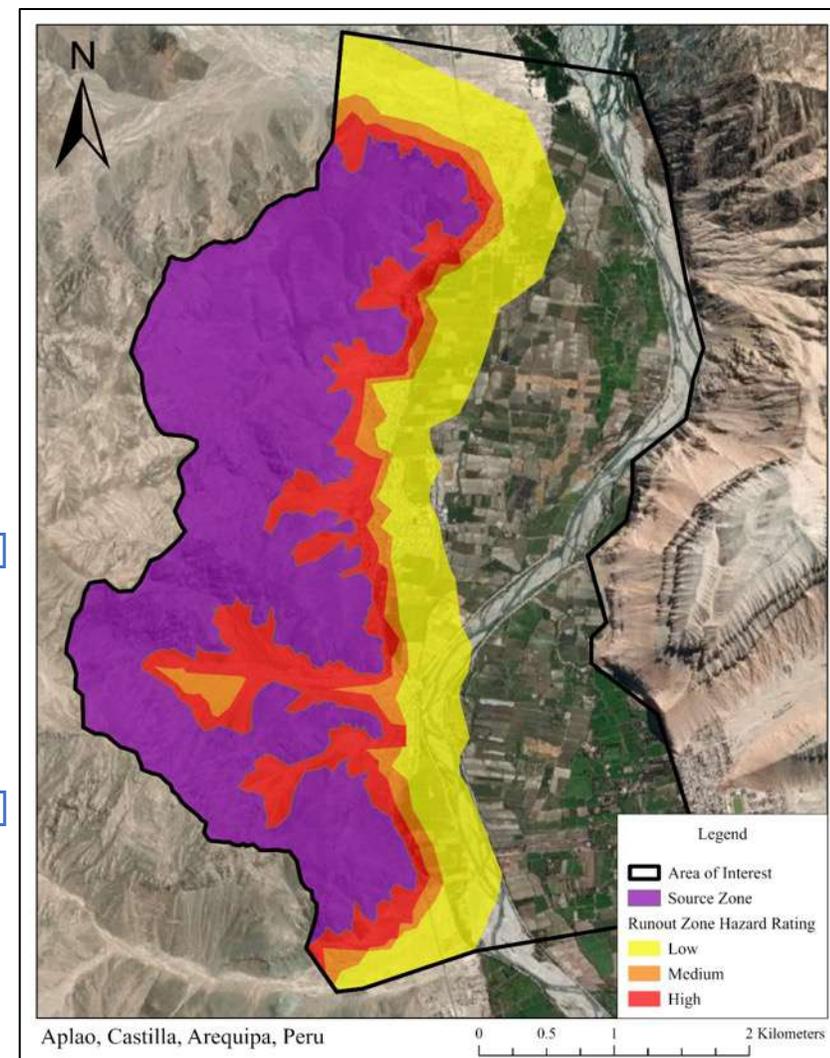
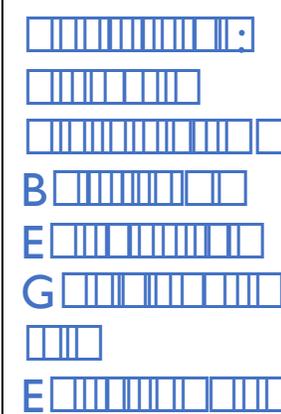
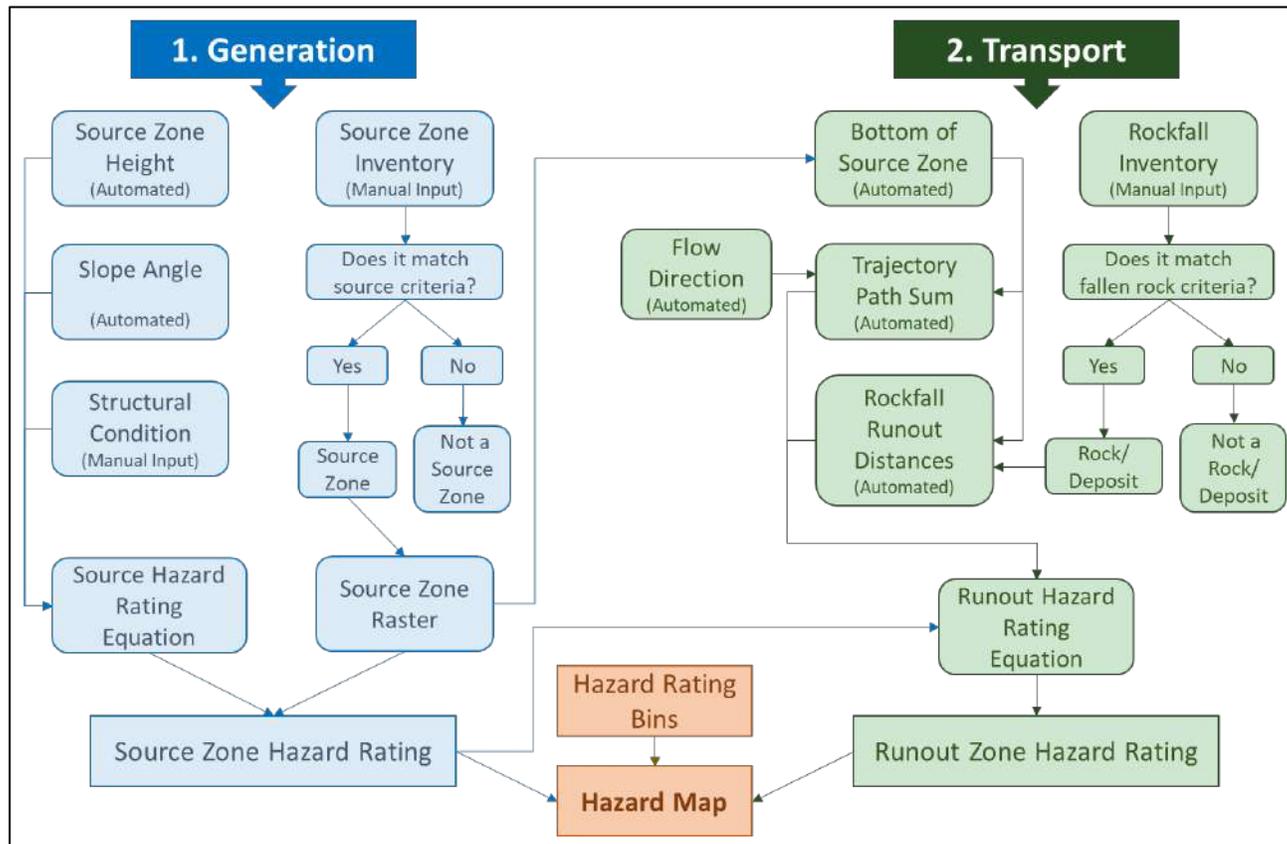
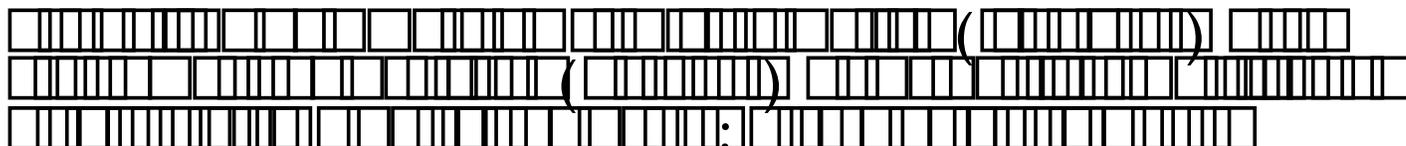


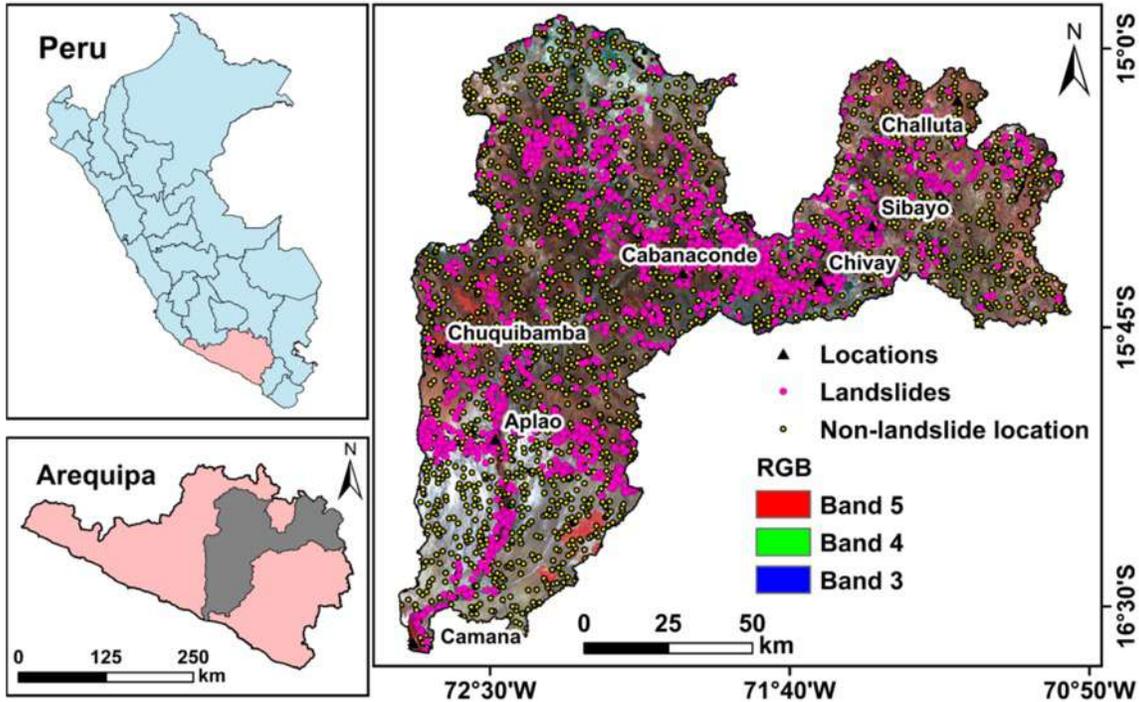
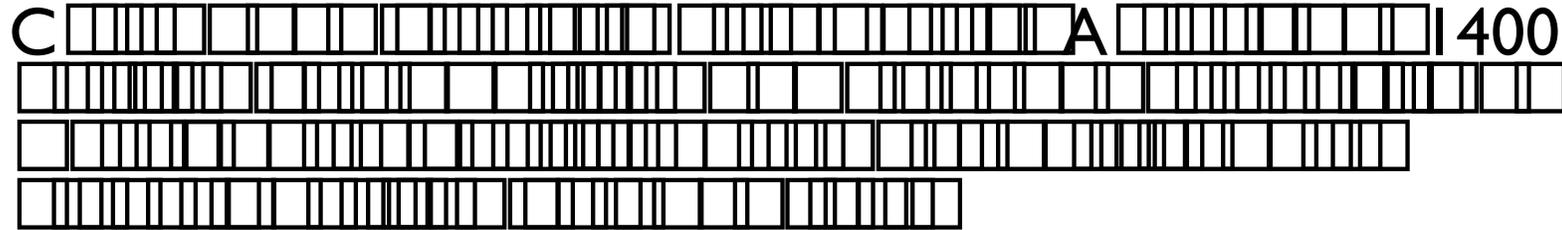
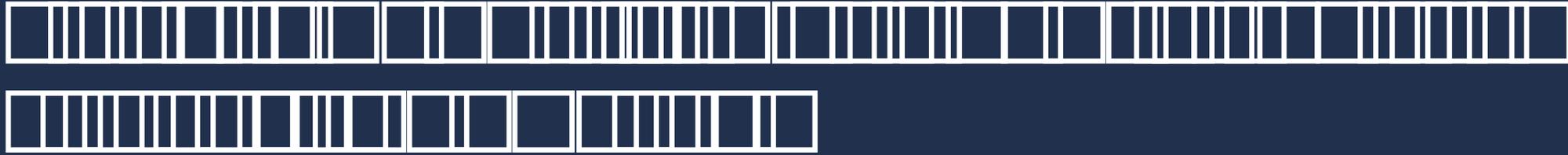


Criteria Category	Parameters and Score			
	3 pts	9 pts	27 pts	81 pts
Source Zone Height	< 8 m	8-23 m	23-61 m	> 61 m
Slope Angle	< 40°	40-70°	>70°	N/A
Structural Condition	Discontinuous Joints, Dips into Slope	Discontinuous Joints, Random Orientation	Discontinuous Joints, Daylights out of Slope --- Continuous Joints, Dips into Slope or Random Orientation	Continuous, Daylights out of Slope

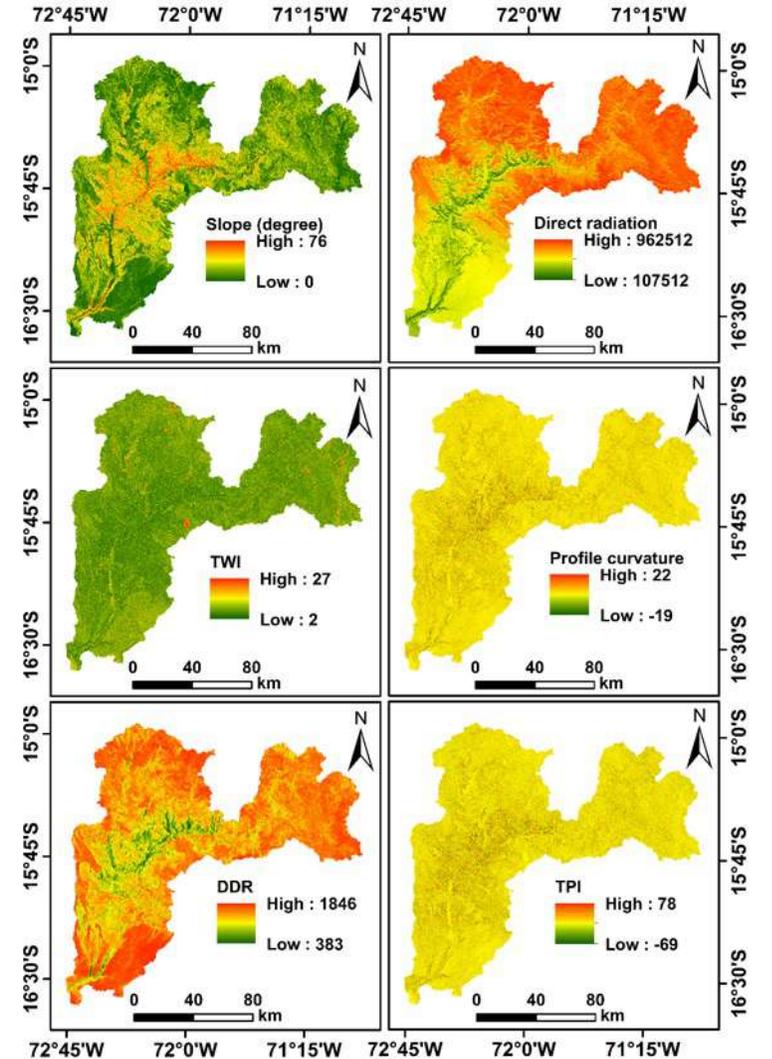


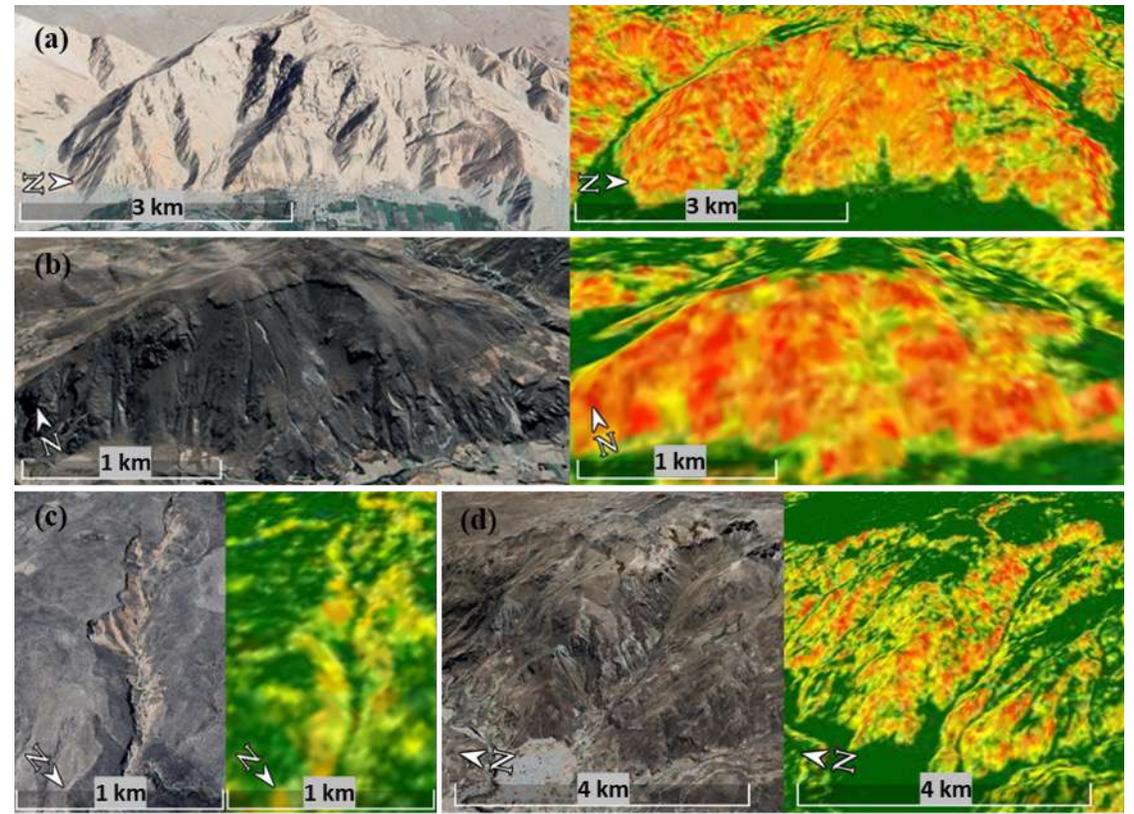
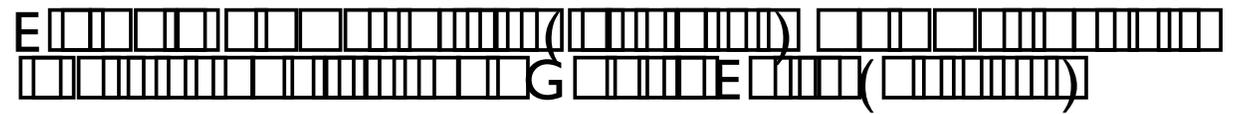
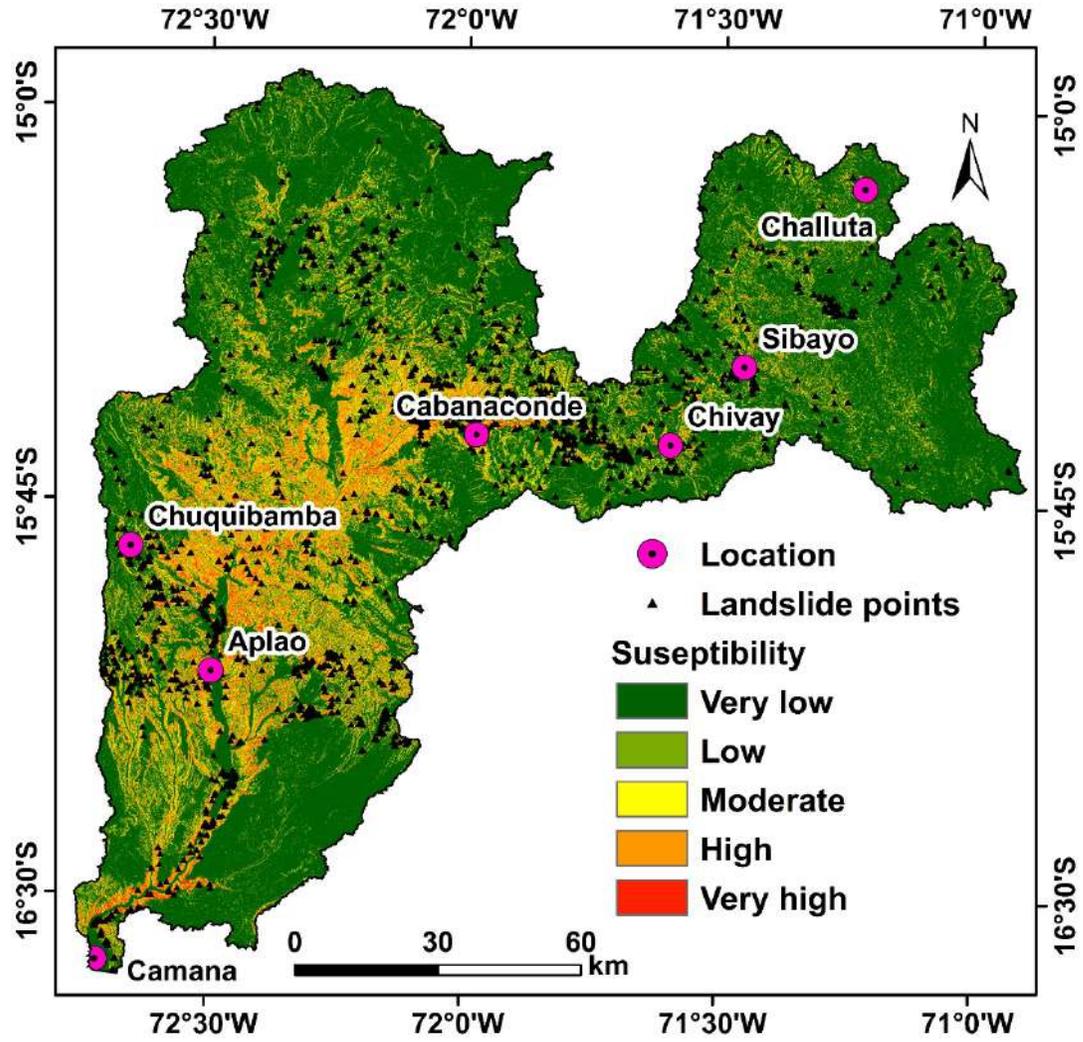
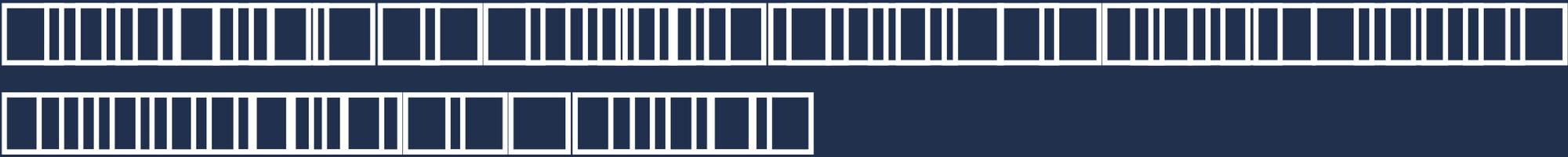






(2023),







- [Grid pattern]
- [Grid pattern]
- [Grid pattern]
- [Grid pattern]

