

Determinación de peligros, vulnerabilidades y riesgos por movimientos de tierra en la provincia de Tayacaja, Perú

Determination of dangers, vulnerabilities and risks due to earth movements in the province of Tayacaja, Peru

 ¹Ronald Ortecho Llanos  ¹Dario Emiliano Medina Castro  ¹Damián Manayay Sánchez
 ¹Gino Paul Prieto Rosales  ²Luis Alberto Taramona Ruiz

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”, Región Huancavelica, Perú¹
Universidad Le Cordon Bleu – Lima, Perú²

Resumen

Los desastres naturales acaecidos en el último decenio han causado la muerte de millones de personas, y pérdidas evaluadas en billones de pesos. Las dos terceras partes de las pérdidas se corresponden a accidentes climáticos extremos, nueve de cada diez relacionados con el agua. En América Latina y el Caribe, un importante número de poblaciones se encuentran ubicadas en áreas propensas a la ocurrencia de estos tipos de fenómenos, exponiéndose a elevados riesgos tanto poblaciones como activos. En Perú, la Región Huancavelica, es considerada en el mapa de Defensa Civil como zona de alto riesgo. Esta investigación es parte de un proyecto cuyo objetivo fue determinar los peligros, vulnerabilidad y niveles de riesgos por movimiento de masa en la Provincia de Tayacaja. Se emplearon revisión documental, observación científica, trabajo de campo y encuestas. La evaluación del peligro y análisis de vulnerabilidad mediante Método Analytic Hierarchy Process /AHP); estudio de riesgos según normativas legales; cálculo de pesos ponderados a través del Método AHP Saaty (1980) y estudio del peligro por la metodología del CENE-PRED. Se obtuvieron tres resultados parciales: determinación de peligros., de vulnerabilidades y los riesgos., estos últimos estratificados., zonificados y mapeados a través del Web Map Service.

Palabras clave: Peligro, vulnerabilidad, riesgo, deslizamiento, desastres

Abstract

The natural disasters that have occurred in the last decade have caused the death of millions of people, and losses estimated at billions of pesos. Two-thirds of the losses correspond to extreme weather accidents, nine out of ten related to water. In Latin America and the Caribbean, a significant number of populations are located in areas prone to the occurrence of these types of phenomena, exposing both populations and assets to high risks. In Peru, the Huancavelica Region is considered in the Civil Defense map as a high risk area. This research is part of

Recibido:
Mayo 2020

Aceptado:
Agosto 2020

a project whose objective was to determine the dangers, vulnerability and risk levels due to mass movement in the Province of Tayacaja. Documentary review, scientific observation, field work and surveys were used. Hazard assessment and vulnerability analysis using the Analytic Hierarchy Process (AHP Method); risk study according to legal regulations; calculation of weighted weights through the AHP Saaty Method (1980) and study of the danger by the CENEPRED methodology. Three partial results were obtained: determination of dangers, vulnerabilities and risks, the latter being stratified, zoned and mapped through the Web Map Service.

Keywords: Danger, vulnerability, risk, landslide, disasters

INTRODUCCIÓN

Las situaciones de emergencias o desastres se encuentran entre los males que con mayor frecuencia aquejan a la humanidad en los últimos años. Los cambios climáticos y el daño causado por el hombre al medio ambiente, tienen un peso importante en ello.

Desde 1980, los desastres ocasionados por peligros naturales han causado la muerte de más de 2 millones de personas y pérdidas por valor de 3 billones, con un aumento de los daños totales anuales en el último decenio. Los pobres y vulnerables son los más perjudicados. Aproximadamente el 75 % de esas pérdidas se pueden atribuir a desastres climáticos extremos. Nueve de cada 10 desastres se relacionan con el agua, y esos riesgos producen un efecto dominó en los sistemas alimentarios, energéticos, urbanos y ambientales. (Banco Mundial 2020).

Las tendencias en el crecimiento de la población y la rápida urbanización están impulsando el aumento de los riesgos de desastre, lo que podría poner en riesgo a 1 300 millones de personas y 158 billones de USD en activos, solo considerando las inundaciones fluviales y costeras. Particularmente en América Latina y el Caribe, un importante número de poblaciones se encuentran ubicadas en áreas propensas a la ocurrencia de fenómenos naturales, ya sea inundaciones por crecientes de los ríos; deslizamientos en zonas de montaña; tormentas tropicales y huracanes, entre otros fenómenos que causan efectos a quienes se encuentran en su área de influencia o a los

elementos físicos que allí han sido construidos. (PNUD 2012)

No existe un consenso general sobre los acontecimientos incluidos en la categoría "desastres", categoría extremadamente vaga y omnicompreensiva, que recoge fenómenos muy diferentes entre sí, bien sea por sus dimensiones o por sus características, tales como: terremotos, erupciones volcánicas, epidemias, guerras, deslizamientos de tierra, inundaciones, sequías, accidentes tecnológicos y nucleares. (Da Cruz et al. 2003).

Los estudios realizados, han puesto en evidencia la necesidad de conocer el nivel de riesgo asociado a los diferentes fenómenos; así como, estimular campañas de educación, información y prevención, dirigidas a las poblaciones locales. Dado que todos los acontecimientos naturales cuentan con una cierta periodicidad, lo cual les permite establecer, mediante métodos estadísticos de producción, una escala de recurrencias de desborde de los ríos, de las erupciones volcánicas, de la manifestación de los huracanes; así como, de los terremotos. (Casti 2012)

La oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo de desastres (UNISDR 2009), afirma en un sentido técnico, que la determinación de los riesgos se logra en función de la combinación de tres términos: amenaza, exposición y vulnerabilidad.

Los peligros se identifican como aquellos eventos que potencialmente pueden impac-

tar negativamente y a veces ocurren teniendo una frecuencia y magnitud determinada, son productos de la dinámica propia de la naturaleza o la sociedad, pero, que en su existencia, intensidad o recurrencia se relacionan con procesos de degradación resultante de la intervención humana. (PNUMA 2007).

La constatación de que los impactos causados por un mismo peligro pueden ser muy distintos, dependiendo del grado de la vulnerabilidad de territorios y la comunidad, obliga a una particular interpretación de los factores adecuados que configuran las causas que los originan, pudiendo conducir su manifestación a la ocurrencia de una situación de emergencia o desastre, afectando negativamente el desarrollo y la economía del territorio (Pérez 2019).

La Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR 2009) define la vulnerabilidad como las características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien, que los hace susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Diversos aspectos de la vulnerabilidad surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Entretanto, reconoce el riesgo como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas.

Pérez (2019), plantea que el conocimiento del riesgo posibilita evaluar de manera proactiva cuáles son las condiciones que tienen el territorio o grupos de personas de ser afectados por determinado peligro y posibilita actuar de manera estratégica sobre la vulnerabilidad, para reducirla o desarrollar capacidades adaptativas. Aminorar la probabilidad de ocurrencia de estos fenómenos haciendo énfasis en la disminución de las vulnerabilidades, se convierte en un elemento importante para mitigar sus efectos.

La historia de la degradación ambiental en el Perú y en particular en la Región Huancaveli-

ca - Provincia de Tayacaja, es similar a la que ocurre en otras regiones del mundo. La agricultura de autoconsumo, la sobrepoblación de ganado, el uso indiscriminado de madera con fines energéticos, entre otros, constituyen las principales actividades de la zona que causan la pérdida de la cubierta vegetal y como consecuencia provocan erosión del suelo (Ortecho., 2018). Esta zona está sujeta constantemente a la ocurrencia de diferentes fenómenos de geodinámica externa, que tienen incidencia sobre los centros poblados; así como, sobre las obras civiles (construcciones, carreteras, puentes). Los procesos geodinámicos de mayor frecuencia ocurridos en los últimos años son los huaicos, inundaciones, deslizamientos, motivo por el cual esta provincia se encuentra considerada en el mapa de Defensa Civil como zona de alto riesgo. En las últimas décadas ha habido un desarrollo progresivo de estudios e investigaciones sobre la zonificación de la susceptibilidad y el peligro de deslizamientos de tierra y, en menor medida, sobre la zonificación del riesgo de deslizamientos de tierra (Fell et al., 2008).

A tono con esta problemática se acometió, por la Universidad Autónoma de Tayacaja, un proyecto de investigación para la determinación de peligros, vulnerabilidad y niveles de riesgos ante movimiento de masa, con vistas a sustentar la implementación de acciones de prevención y reducción de riesgos de desastres en el área de influencia de la provincia de Tayacaja.

En correspondencia este artículo se propuso como objetivo exponer los resultados derivados de la determinación de peligros, vulnerabilidades y riesgos por movimiento de masa en la provincia Tayacaja, obtenidos en el referido proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar esta investigación, se definió como objeto de estudio la provincia de Tayacaja, perteneciente al departamento de Huancavelica en Perú. El estudio se centró en una parte de esta Provincia, en particular, en

una parte de las cuencas hidrogeológicas que cada año se ven afectadas por diferentes factores, tanto naturales como antrópicos.

Como parte de la investigación se realizó una caracterización de la provincia Tayacaja, que incluyó ubicación geográfica, características físicas, sociales, económicas entre otras

Como métodos y técnicas de investigación se emplearon revisión documental, observación científica, trabajo de campo y encuestas.

Se revisaron documentos oficiales emitidos por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI 2015); así como, investigaciones precedentes, para la identificación de las principales características económicas, sociales y ambientales, de la provincia de Tayacaja.

Se profundizó en el marco regulatorio de Perú según el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres (SINAGERD) en torno a la identificación, prevención, reducción y gestión de riesgos de desastres (Ministerio de Justicia 2013, 2011), (Presidencia del Consejo de Ministros 2012)

Tanto para la evaluación del peligro como para el análisis de la vulnerabilidad se procedió metodológicamente según Método AHP (Analytic Hierarchy Process) o procedimiento de análisis jerárquico de Saaty (1980) (ver Tabla 1 de anexos) mencionado en el Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED 2014)

El estudio del peligro se realizó de acuerdo a la Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad establecida por el propio CENEPRED (2014). En correspondencia, se identificó el peligro, área de influencia, frecuencia; se realizó el análisis de susceptibilidad, el de los elementos expuestos, se definieron escenarios y se estratificaron los niveles de peligros y se mapearon. Se determinaron los elementos sus-

ceptibles y no susceptibles (elementos expuestos) para conocer la susceptibilidad, a partir del análisis de factores condicionantes y desencadenantes; el cálculo de los pesos ponderados se realizó a través del Método AHP Saaty (1980); El análisis de vulnerabilidades se realizó en la población expuesta dentro del área de influencia. Se realizó de acuerdo a la Metodología para el análisis de vulnerabilidad establecida por el (CENEPRED 2014). En correspondencia se identificó la población vulnerable y no vulnerable las que se estudiaron en tres dimensiones: económica, social y ambiental. Cada dimensión se evaluó determinándose parámetros representativos de: exposición social, fragilidad social y resiliencia social. Se determinaron los niveles de vulnerabilidades según Saaty (1980).

La susceptibilidad a los deslizamientos de tierra se determinó por medio de un modelo semiautomático construido con una aplicación del Sistema de Información Geográfico (SIG), diseñado para la integración, análisis, visualización, gestión e interpretación de elementos y datos geográficos que permite establecer la relación dinámica que existe entre estos.

El estudio de riesgos se enfocó a determinar zonas de alto y muy alto riesgo, de acuerdo al marco normativo de la Ley 29664 (Ministerio de Justicia 2011) y el Decreto Supremo No 048.2011-PCM (Tribunal Supremo 2011). La determinación de los riesgos se hizo a partir de los niveles de peligrosidad y de vulnerabilidades identificados en pasos anteriores. Se zonificó el riesgo de susceptibilidad a partir del área y la distribución espacial de los deslizamientos existentes y potenciales dentro de un área como sugirió Fell et al., (2008).

La elaboración de los mapas se realizó a través del Web Map Service (WMS) que permite realizar una solicitud de imágenes de mapas georreferenciados.

RESULTADOS

Caracterización de la provincia Tayacaja

La Provincia de Tayacaja pertenece al depar-

tamento de Huancavelica, Perú. Está ubicada al norte de la región, tiene una altitud variable entre 911 a 4 814 m.s.n.m y abarca una superficie de 3564,50 Km² de la Región Huancavelica. Está formada por dieciséis distritos, de ellos nueve conforman el escenario de riesgo;

cuenta con 711 centros poblados y 150 comunidades campesinas; su población alcanza 81403 habitantes, de ella conforman el escenario de riesgos 22 049 distribuidas porcentualmente por sus distritos como lo muestra la Figura 1.

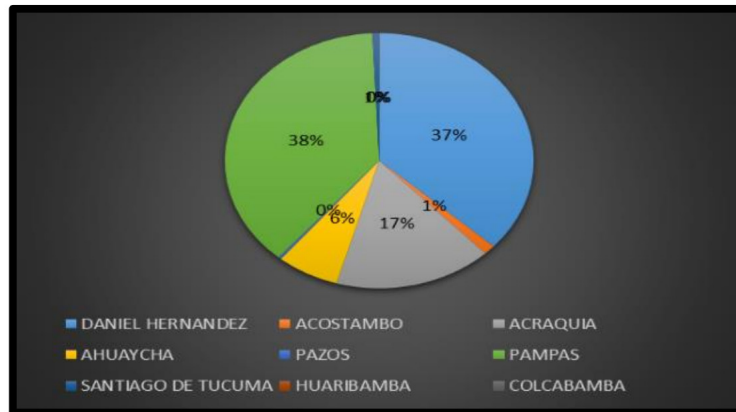


Figura 1. Distribución porcentual por distritos que conforma el escenario de riesgos
Fuente: A partir de los datos del (INEI 2015)

La composición de las viviendas que forman parte del escenario de riesgos se caracteriza por: el 67,13 % tiene piso de tierra; el 12,26 % posee viviendas con paredes de ladrillo o bloque de cemento; y el 10,05 % cuenta con techo de concreto armado y el 10,11 % las viviendas tienen pisos y techos de materiales poco resistentes, lo que las hace más vulnerables.

Desde el punto de vista socio-económico, en su mayoría, es una población rural y sus principales actividades económicas son la agricultura, la ganadería y el comercio, este último en menor escala. Las poblaciones presentan problemas económicos y sociales, debido a que presentan escasos ingresos, bajo nivel educativo, cultural social y nutricional, todo lo cual se traduce en poco desarrollo de su actividad económica. Además, de una débil capacidad de organización y gestión de las autoridades comunales.

La diversidad climática es el resultado de una estrecha relación entre el clima y relieve. El

clima está caracterizado por la alternancia estacional donde se distinguen dos periodos: estación seca (mayo a noviembre) y precipitaciones continuas (diciembre a marzo).

La provincia muestra cinco niveles de texturas en sus suelos: *muy alta erosión*, denominada "cárcava", producto del agua de escorrentía que se acumula y fluye en canales angostos, eliminando el suelo a una profundidad considerable; *alta erosión*, con pequeños flujos concentrados que funcionan como fuente de sedimentos y sistemas de entrega de sedimentos para la erosión en pendientes; *moderada erosión*, por suelos saturados donde se produce escorrentía superficial, en ocasiones transportando sedimentos; *ligera erosión*, se transportan partículas de suelo sueltas por el flujo superficial; y *baja erosión*, originado por salpicaduras producto del impacto de gotas de lluvia que crea un pequeño cráter en el suelo,

Tayacaja ha transitado por varios eventos geológicos de deslizamientos: precipitaciones, me-

teorización, erosión, transporte de sedimentos y acumulación de sedimentos en planicies o zonas de pendientes bajas. Las zonas de deslizamiento están comprendidas en zonas con pendientes muy altas, debido a eventos máxi-

mos de precipitaciones. También se contemplan pendientes de nivel medio donde existe depósito del material suelto a causa del deslizamiento por lluvias intensas. El mapa de la Figura 2 muestra estas características geológicas.

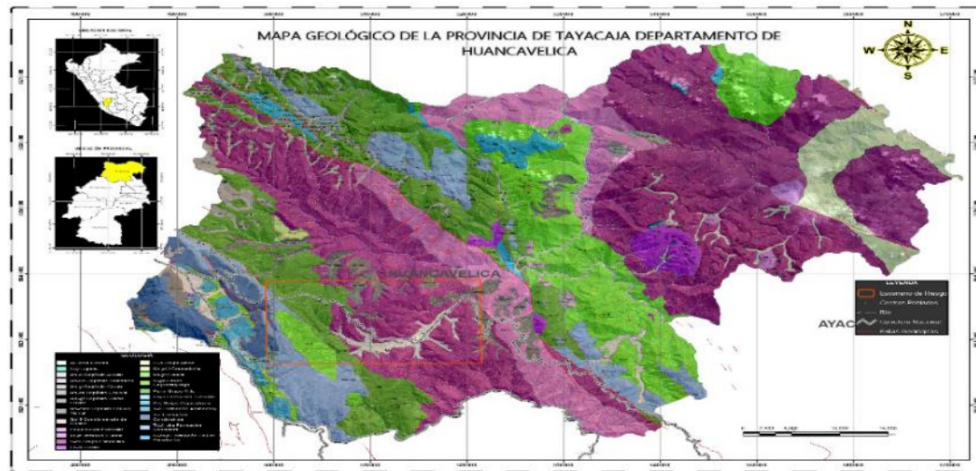


Figura 2. Mapa geológico de la provincia Tayacaja
Fuente: (<http://www.geoidep.gob.pe>)

Los elementos expuestos de la provincia de Tayacaja se ubican en la Zona Baja (menor a 5°) por tener pendientes bajas, lo cual altera las condiciones de habitabilidad y debilita la infraestructura de las viviendas y algunos sembríos que cada propietario presenta.

Resultados del análisis del peligro, vulnerabilidad y riesgo en la provincia de Tayacaja

A través del Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales (CENEPRED 2014) se determinó peligro, vulnerabilidad y riesgo, siendo estos los tres grandes resultados de la investigación. En cada uno de estos se alcanzaron resultados parciales. En todos los casos de análisis de parámetros se aplicó el Método AHP de Saaty (1980) contemplado en esta metodología.

Resultados de la determinación del Peligro

Como resultado de la aplicación de la metodo-

logía general para determinar el nivel de peligrosidad establecida por el CENEPRED (2014), se identificó como peligro el movimientos en masa (desplazamiento de rocas y material suelto) propiciado por las elevadas precipitaciones ocurridas y un relieve de pendiente pronunciada que caracteriza la provincia de Tayacaja. La determinación del peligro se realizó a partir de estudiar la frecuencia de ocurrencia de los movimientos en masa, la susceptibilidad, los elementos expuestos, la definición de los escenarios y los niveles de peligro.

- **Resultados del parámetro "Frecuencia"**

Se definió como parámetro de evaluación "Frecuencia", para conocer la periodicidad de ocurrencia promedio de los eventos de movimiento en masa anuales. Se establecieron criterios: 1) > 5 eventos, 2) de 3 - 4 eventos, 3) de 2 - 3 eventos, 4) de 1 - 2, 5) ≤ un evento.

Como resultado se obtuvo que los deslizamientos ocurren con una frecuencia prome-

dio de tres eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos un evento al año.

• **Resultados del análisis de susceptibilidad en el área de influencia**

Para la evaluación de la susceptibilidad se consideraron como factor desencadenante la precipitación y factores condicionantes: pendientes, textura del suelo y Geología.

El factor desencadenante “Precipitación” se estudió a partir de los datos históricos de la estación más cercana a la provincia de Tayacaja (CO PAMPAS) (SENAMHI) (Tabla 2 de anexos). Se determinaron los percentiles por umbral de precipitación en periodo lluvioso y sus descriptores ponderados, el cual fue utilizado para la caracterización del peligro por deslizamiento, arrojando los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1
Percentil por umbral de precipitación en la provincia de Tayacaja

Umbrales de Precipitación	Caracterización de lluvias extremas
- Precipitación Acumulada/día > percentil 99	- Extremadamente lluvioso
- Percentil 95 < Precipitación Acumulada /día <= percentil 99	- Muy lluvioso
- Percentil 90 < Precipitación Acumulada /día <= percentil 95	- Lluvioso
Percentil 75 < Precipitación Acumulada /día <= percentil 90	- Moderadamente lluvioso

Fuente: Datos de Senamhi

Asimismo, se determinó la probabilidad diaria de precipitación en cada mes del año y se identificó que el tipo más común de precipitación durante el año es la lluvia, aunque en algunos días precipita nieve o ambas. La temporada más mojada dura aproximadamente

cuatro meses, mientras que la temporada de lluvia dura 6,8 meses; la mayoría de la lluvia cae a mediados de febrero, con un acumulado total promedio de 57 mm. El periodo del año sin lluvia dura aproximadamente cinco meses (ver Figura 3)

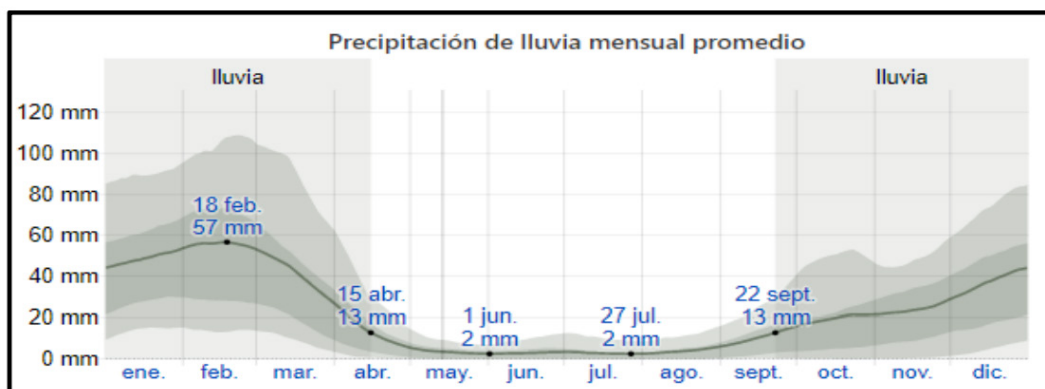


Figura 3. Promedio mensual de las precipitaciones de lluvia en la provincia de Tayacaja
Fuente: <https://es.weatherspark.com>

En el mapa de precipitaciones de la provincia que aparece en la Figura 4 se evidencian las

abundantes zonas más lluviosas según la intensidad del color.

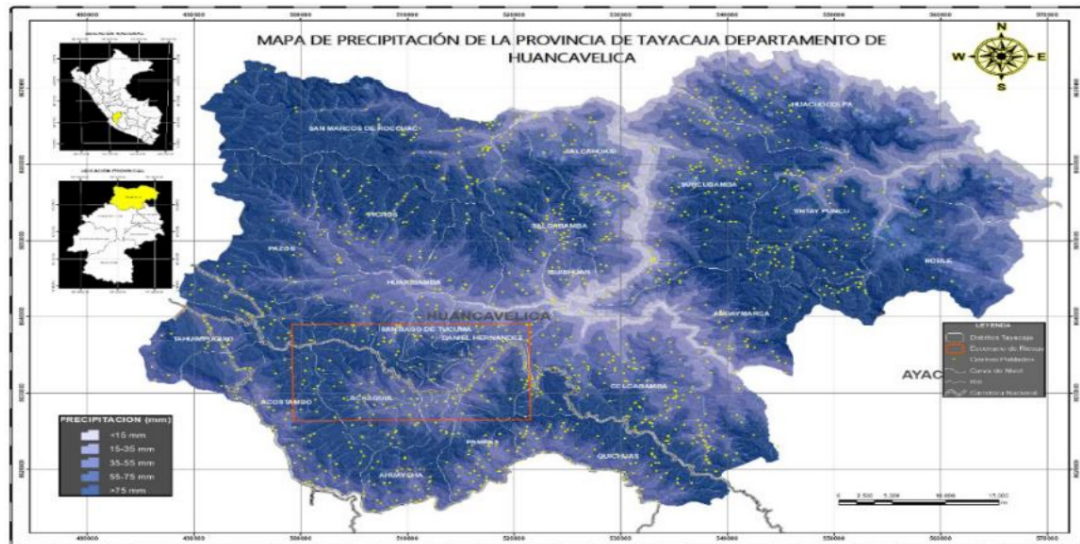


Figura 4. Mapa de precipitaciones de la provincia de Tayacaja
Fuente: (<http://www.geoidep.gob.pe>)

Los resultados del análisis del factor precipitación mostraron como escenario más alto al Percentil 99 (Extremadamente lluvioso) y un umbral de precipitación en RR/día $> 55\text{mm}$.

Para el análisis del factor condicionante "Pendiente", se establecieron cinco criterios correspondientes a rangos de grados: mayor a 45° ; $25^\circ - 45^\circ$; $15^\circ - 25^\circ$; $5^\circ - 15^\circ$, menor a 5° .

Similar análisis se desarrolló para el factor condicionante "Textura del suelo". En este caso se determinaron como criterios cinco tipos de erosiones del suelo que muestra la zona: muy alta, alta, moderada, ligera y baja.

Para el factor "Geología" se definieron cinco descriptores: a.- lagunas; depósito glacio fluvial, depósito aluvial, depósito coluvial, depósito glacial y depósito bofedales; b.- depósito coluvioaluvial, conglomerado Llacato, grupo Excelsior; c.- intrusivo Huanta, diorita, grupo Cabanillas, áreas urbanas; d.- grupo Ambo,

granodiorita, granito, grupo Goyllarisquisga, grupo Mitu; e.- grupo Cabanillas, formación Jumasha, grupo Copacabana, formación Aramachay, formación Condorsinga, formación Chambará, formación Chúlec Pariatambo.

• **Resultados del análisis de los elementos expuestos**

Se definieron como elementos susceptibles en la zona potencial de peligro por deslizamiento: población, viviendas, instituciones educativas, centro de salud, caminos rurales, servicios públicos básicos, entre otros. Como elementos expuestos más significativos se identificaron:

- La población expuesta fue de 81 423 habitantes, de ellos 39 992 hombres y 41 421 mujeres.
- Las viviendas expuestas alcanzan las 6 276, según datos del censo de población registrados por el sistema de información del INEI (2015).
- Las instituciones públicas y privadas expuestas, 409, ubicadas en los distritos que forman

parte de la zona de intervención directa y de influencia de la zona de intervención directa y de influencia del Valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM). Los distritos con mayor porcentaje de instituciones expuestas fueron: Colcabamba con 32,5 %, Huaribamba con 12,2 % y Daniel Hernández con 10,5 %.

- Según Plan de desarrollo de Redes de Salud: Infraestructura, equipamiento, personal de salud de Tayacaja (Gobierno Provincial de Tayacaja s.a) a) Plan de desarrollo concertado de la provincia de Tayacaja – Redes de Salud: Infraestructura, equipamiento, personal

de salud. s. a) Plan de desarrollo concertado de la provincia de Tayacaja, Perú Dirección de Salud, se identificaron 31 centros y puestos de salud expuestos que forman parte del escenario de riesgo, concentrándose en los distritos: Colcabamba (25,8 %), Huaribamba (19,3 %) y Pazos (16,3 %).

En la Figura 5 se expone el mapa de Elementos expuestos en la provincia, obtenido a través del servicio WMS.

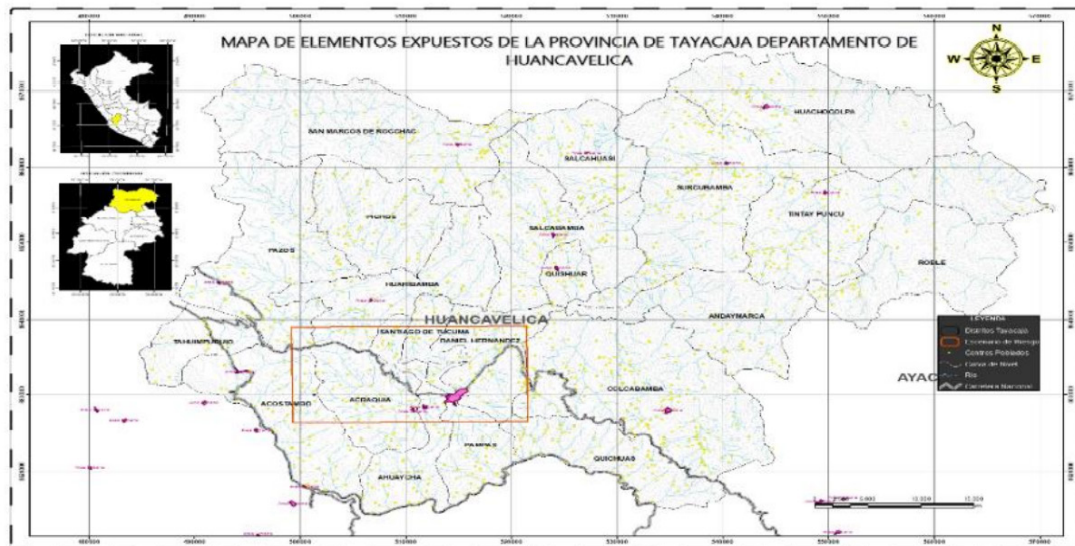


Figura 5. Mapa de Elementos expuestos en la provincia de Tayacaja, Huancavelica
Fuente: (<http://www.geoidep.gob.pe>)

Definición del escenario

Respecto a la Precipitación, se consideró el escenario más alto al percentil 99 y RR/día>55mm, encontrándose afectada por la exposición a procesos de movimientos en masa. Las causas principales fueron: factores hídricos, la textura del suelo, la topografía abrupta y factores antrópicos. El área de estudio por sus características geológicas resultó el Depósito coluvioaluvial (Qh-coal), Conglomerado Llacato (Qpl-II) y grupo Excelsior (Pali-e), cuyas montañas presentan pendientes mayores a 45°; por tanto, el área

de influencia es considerada como una zona altamente susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa con un promedio mayor a tres eventos asociados a precipitaciones por año y/o por lo menos una vez al año.

Estratificación de los niveles de peligro

De acuerdo a los resultados de los parámetros y factores se calcularon los valores máximos, intermedios y mínimos de peligro. Se establecieron los niveles de peligro según Tabla 2.

Tabla 2
Niveles de peligros

NIVEL DE PELIGRO	RANGO		
MUY ALTO	0.291	$< P \leq$	0.324
ALTO	0.255	$< P \leq$	0.291
MEDIO	0.232	$< P \leq$	0.255
BAJO	0.215	$\leq P \leq$	0.232

Fuente: Equipo técnico

De acuerdo al análisis de los factores condicionantes y desencadenantes; así como, el parámetro de evaluación se obtuvo como

resultado la estratificación de los niveles de peligro que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Estratificación de los niveles de peligros

DESCRIPCIÓN
<p>En esta zona predomina: Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: Terreno con pendiente mayor a 25° Textura del suelo: Muy alta y alta erosión del suelo. Geología: Lag Laguna, Qpl-gf Depósito Glacio fluvial, Qh-al Depósito Aluvial, Qh-co Depósito Coluvial, Qh-gl Depósito Glacial, Qh-bo Depósito Bofedales, (Q-cl) Deposito Coluvial Qh-coal Depósito coluvioAluvial, Qpl-ll Conglomerado Llacato, Pali-e Grupo Excelsior Frecuencia: Mayor a cuatro eventos por año.</p>
<p>En esta zona predomina: Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día >55mm). Pendiente: entre 15° a 25°. Textura del suelo: Presenta una moderada erosión de suelo. Geología: Kti-ih Intrusivo Huanta, Po-di Diorita, D-ca Grupo Cabanillas, Au Áreas Urbana. Frecuencia: De 2 a 3 eventos por año.</p>
<p>En esta zona predomina: Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: Entre 5° a 15° Textura del suelo: Presenta una ligera erosión de suelo. Geología: Ci-a Grupo Ambo, Ks-gd-i Granodiorita, Kti-gr Granito, Ki-go Grupo Goyllarisquisga, Ps-mi Grupo Mitu. Frecuencia: De 1 a 2 eventos por año.</p>
<p>En esta zona predomina: Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: Menor a 5°. Textura del suelo: Presenta una baja Erosión de Suelo. Geología: D-ca Grupo Cabanillas, Ks-ju Formación Jumasha, Pi-c Grupo Copacabana, Ji-a Formación Aramachay, Ji-c Formación Condorsinga, TrsJi-ch Formación Chambará, Ki-ch-p Formación Chúlec Pariatambo. Frecuencia: De hasta un evento por año.</p>

Leyenda: Niveles de vulnerabilidad y rangos

MUY ALTA 0.291 < P ≤ 0.324	ALTA 0.255 < P ≤ 0.291	MEDIA 0.232 < P ≤ 0.255	BAJO 0.215 ≤ P ≤ 0.232
--------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------

Fuente: Equipo técnico

Se obtuvo además el mapa de peligros según aparece en la Figura 6.

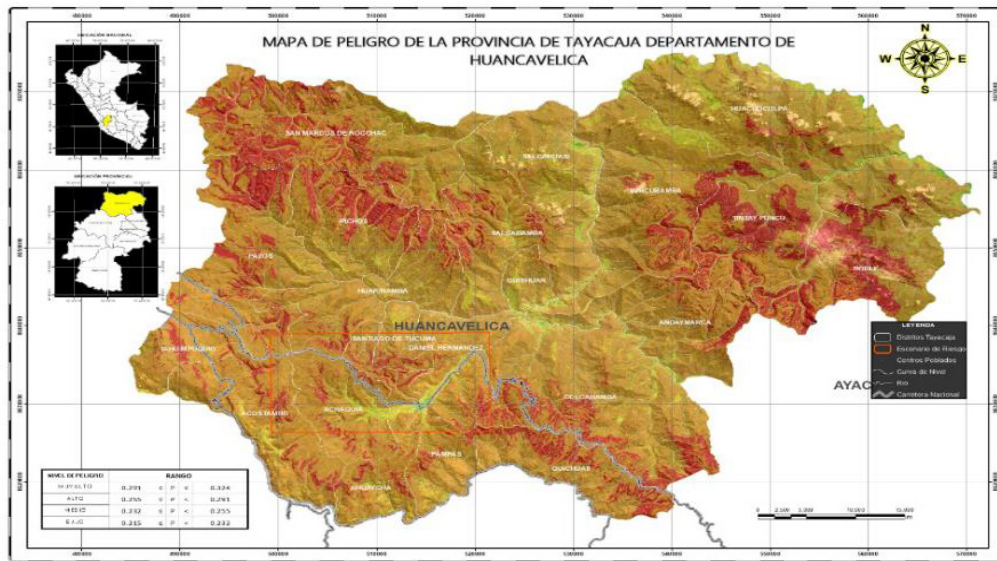


Figura 6. Mapa de peligros de la provincia de Tayacaja
Fuente: (<http://www.geoidep.gob.pe>)

Análisis de la Vulnerabilidad

Como resultado de la aplicación de la Metodología del análisis de vulnerabilidad establecida por CENEPRED (2014), se realizó el análisis de los factores de la vulnerabilidad en las dimensiones: social, económica y ambiental.

- **Análisis de la dimensión social**

Se analizó la población expuesta dentro del área de influencia del fenómeno de origen natural. Se identificó la población vulnerable y no vulnerable, determinándose parámetros representativos de Exposición social, Fragilidad social y Resiliencia social de la población vulnerable.

El análisis de la Exposición social se evaluó a través del parámetro número de población por distrito. Para ello, se establecieron como alternativas cinco rangos de pobladores: < 300 personas; de 300 a 800 personas; de 800 a 2000 personas; de 2000 a 5000 personas; > de 5 000 personas.

El análisis de Fragilidad social se realizó con el estudio de los siguientes tres parámetros:

- Parámetro "grupos etarios". Se realizó en cinco intervalos de edades: 0 a 16 años; de 17 a 24 años; de 25 a 39 años; de 40 a 59 años y de 60 años o más.

- Parámetro "Abastecimiento de agua". Se realizó tomando en consideración cinco tipos de abastecimientos: red pública dentro de la vivienda; red pública fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación; pilón o pileta de uso público y camión - cisterna u otro similar; pozo (agua subterránea), manantial, puquio ó río, acequia, lago o laguna y vecino u otro tipo de abastecimiento de agua.

- Parámetro "Disponibilidad de servicios higiénicos". Se realizó a partir de cinco tipos de servicios higiénicos: 1. Red pública de desagüe dentro de la vivienda; 2. Red pública de desagüe fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; 3. Pozo séptico, tanque séptico o biodigestor; 4. Letrina (con tratamiento) y 5. Pozo ciego o negro, río, acequia, canal o similar y campo abierto u otro servicio higiénico.

Entretanto el estudio de Resiliencia social se realizó con el análisis de cuatro parámetros:

- Parámetro "Actitud frente al riesgo". Se estudió a partir de cinco tipos de actitudes de las personas para enfrentar el riesgo: fatalista, desidia, indiferente, interesado y positivo.
- Parámetro "Percepción del peligro". Se realizó analizando cinco criterios: la totalidad de la población desconoce los peligros y no percibe el riesgo; la mayoría de la población conoce los peligros, pero no percibe el riesgo existente; la población conoce los peligros de su localidad y percibe el riesgo existente; la población conoce los peligros de su localidad y se siente segura ante el impacto de los riesgos existentes; la población está protegida y responde al impacto de los peligros que se presentan en su localidad.
- Parámetro "Estado de las rutas de evacuación". Se realizó considerando cinco posibles estados: 1. No existen; 2. Existen, pero, mal diseñadas y mal ubicadas; 3. Existe, pero, se encuentran obstruidas; 4. Señalética sin mantenimiento; 5. Existen en buen estado y con señalización.
- Parámetro "Conocimiento de la gestión del riesgo de desastre (GRD)". Se estudió considerando cinco posibilidades: No le interesa; no conoce; escaso conocimiento; con conocimiento básico en GRD y con muy buen nivel en GRD.

• **Análisis de la dimensión económica**

Se realizó el análisis de la dimensión económica considerando características de las viviendas de cada uno de los distritos que forman parte del escenario de riesgo. Se identificaron y seleccionaron parámetros de evaluación agrupados en los componentes de fragilidad y resiliencia resultando: exposición económica, fragilidad económica y resiliencia económica. Cada uno de ellos se estudió a partir de los parámetros que se citan:

El análisis de la Exposición económica se realizó tomando en cuenta el parámetro "Ubicación del distrito respecto al área por movimientos en masa". En tal sentido se consideraron como criterios: distritos ubicados en la zona afectada por movimientos en

masa; de 0 a 200 m de la zona afectada por movimientos en masa; de 200 a 500 m de la zona afectada por movimientos en masa; de 500 a 1 000 m de la zona afectada por movimientos en masa; mayores a 1 Km de la zona afectada por movimientos en masa.

Para realizar el análisis de Fragilidad económica se estudiaron tres parámetros:

- Parámetro "Material predominante en paredes exteriores". Se estudió tomando como criterios los siguientes tipos de materiales: ladrillo o bloque de cemento; adobe o madera (pona, tornillo, etc); quincha (caña con barro) o Triplay / calamina/estera; piedra con barro, piedra o sillar con cal o cemento ó tapia; otro material.
- Parámetro "Material predominante en pisos". Se analizó a partir de cinco criterios sobre los tipos de materiales de piso: láminas asfálticas, vinílicos o similares; parquet o madera pulida y madera (pona, tornillo, etc); losetas, terrazos, cerámicos o similares; cemento; tierra u otro material predominante en pisos.
- Parámetro "Material predominante en los techos": Se consideraron como criterios cinco tipos de materiales empleados en los techos: concreto armado, tejas o maderas; planchas de calamina, fibra de cemento o similares ó caña o estera con torta de barro o cemento ó Triplay / estera / carrizo; paja, hoja de palmera y similares u otro material predominante en los techos.

Se ponderaron dos parámetros en la Resiliencia económica: Tipo de vivienda y tenencia de vivienda. En correspondencia se analizaron para:

- Parámetro "Tipo de vivienda" se establecieron los siguientes criterios sobre condiciones de habitabilidad: inhabitable, hacinado, multifamiliar, unifamiliar e independiente.
- Parámetro "Tenencia de vivienda" se estudiaron las condiciones de propiedad siguientes: invasor, posesionario, propia pagándola, propia en minuta y con título de propiedad.

• **Estratificación de los niveles de vulnerabilidad**

A partir de los resultados de los análisis rea-

lizados se establecieron los niveles de vulnerabilidad con sus respectivos estándares, tal y como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4
Niveles de vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD	RANGO		
MUY ALTA	0.276	< V ≤	0.333
ALTA	0.151	< V ≤	0.276
MEDIA	0.081	< V ≤	0.151
BAJA	0.043	≤ V ≤	0.081

Fuente: Elaboración propia

Se estratificaron las vulnerabilidades en correspondencia con los niveles definidos quedando establecidos como aparece en la Tabla 5.

Tabla 5
Estratificación de los niveles de vulnerabilidad

DESCRIPCIÓN
<p>En la zona predomina</p> <p>Dimensión Social</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro.</p> <p>Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas mayores de 60 años, personas que presentan discapacidad mental y auditiva, viviendas cuya red pública de agua dentro de la vivienda y fuera de la vivienda pero que se encuentre dentro de la edificación y que cuenten con una red pública de desagüe dentro de la vivienda o fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación.</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud fatalista y de desidia, donde la totalidad de la población desconoce los peligros o que la mayoría conozcan los peligros, pero no percibe el riesgo existente y que no existe rutas de evacuación o que existan, pero mal diseñadas y mal ubicadas, así como a la población no le interesa o no conoce sobre conocimientos de GRD.</p> <p>Dimensión Económica</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra afectada directamente o de 0 a 2000 m del área de influencia afectada por movimientos en masa.</p> <p>Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son de ladrillo o bloque de cemento o de adobe o madera (pona, tornillo, etc), dónde los materiales predominantes en los pisos son laminas asfálticas, vinílicos o similares o de parquet o madera pulida y madera (pona, tornillo, etc), así como el material predominante en los techos son de concreto armado o tejas o maderas.</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas que son inhabitable o hacinado y esté invadida o posesionada.</p>
<p>En la zona predomina</p> <p>Dimensión Social</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro.</p> <p>Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 25 a 39 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través de pilón o pileta de uso público y camión - cisterna u otro similar y cuya disponibilidad de servicios higiénicos es a través de pozos séptico, tanque séptico o biodigestor.</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud indiferente, donde la totalidad de la población conoce los peligros de su localidad y percibe el riesgo existente, que existe rutas de evacuación, pero se encuentran obstruidas y es escaso el conocimiento que la población tienes acerca de la GRD.</p> <p>Dimensión Económica</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra De 200 a 500 m de la zona afectada por movimientos en masas.</p> <p>Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son quincha (caña con barro) o Triplay / calamina/estera, dónde los materiales predominantes en los pisos son losetas, terrazos, cerámicos o similares, así como el material predominante en los techos son planchas de calamina, fibra de cemento o similares ó caña o estera con torta de barro o cemento.</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas que son multifamiliares, cuenta con una tenencia propia que cuente con constancia de posesión.</p>

<p>En la zona predomina</p> <p>Dimensión Social</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro.</p> <p>Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 17 a 24 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través de pozo (agua subterránea), manantial o puquio ó río, acequia, lago o laguna y cuya disponibilidad de servicios higiénicos es a través de letrina (con tratamiento).</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene interés frente al riesgo existente, donde la mayoría de la población conoce los peligros de su localidad y se siente segura ante el impacto de los riesgos existentes y que exista señalética sin mantenimiento para acceder a las rutas de evacuación.</p> <p>Dimensión Económica</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra De 500 a 1000 m de la zona afectada por movimientos en masa.</p> <p>Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son piedra con barro, piedra o sillar con cal o cemento ó Tapia, dónde los materiales predominantes en los pisos son de cemento, así como el material predominante en los techos Caña o estera con torta de barro o cemento ó Triplay / estera / carrizo.</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas es unifamiliar y esté propia en minuta.</p>
<p>En la zona predomina</p> <p>Dimensión Social</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro.</p> <p>Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 0 a 17 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través del préstamo de un vecino u otro tipo de abastecimiento de agua y cuya disponibilidad de servicios higiénicos es a través de pozo ciego o negro, río, acequia, canal o similar y campo abierto u otro servicio higiénico</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud positiva frente al riesgo existente, donde la mayoría de la población está protegida y responde al impacto de los peligros que se presentan en su localidad y que existe un buen estado de las rutas de evacuación y con señalización.</p> <p>Dimensión Económica</p> <p>Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra a 1 km de la zona afectada por movimientos en masa.</p> <p>Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son de otro material predominante, dónde los materiales predominantes en los pisos son de tierra u otro material predominante, así como el material predominante en los techos son de paja, hoja de palmera y similares u Otro material predominante en los techos</p> <p>Resiliencia: Son vulnerables las viviendas independientes que cuente con título de propiedad – SUNARP.</p>

Legenda: Niveles de vulnerabilidad y rangos

MUY ALTA 0.276 < V ≤ 0.333	ALTA 0.151 < V ≤ 0.276	MEDIA 0.081 < V ≤ 0.151	BAJO 0.043 ≤ V ≤ 0.081
-------------------------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------

Fuente: Equipo técnico

Determinación de Riesgos

Como resultado de la aplicación del Flujograma para estimar los niveles de riesgo referido en la sección de materiales y métodos se obtuvieron los resultados que se exponen.

- **Estratificación de los niveles riesgos**
Se establecieron los niveles de riesgos por deslizamiento que se muestran en la tabla 6 que aparece a continuación.

Tabla 6
Niveles de riesgos

NIVEL DE RIESGO	RANGO		
MUY ALTA	0.039	< R ≤	0.136
ALTA	0.019	< R ≤	0.039
MEDIA	0.009	< R ≤	0.019
BAJA	0.001	≤ R ≤	0.009

Se estratificaron estos niveles de riesgos quedando según muestra la Tabla 7.

Tabla 7
Estratificación del nivel de riesgo

DESCRIPCIÓN
<p>En la zona predomina: Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: Terreno con pendiente mayor a 25° Textura del suelo: Muy alta y alta erosión del suelo. Geología: Lag Laguna, Qpl-gf Depósito Glacio fluvial, Qh-al Depósito Aluvial, Qh-co Depósito Coluvial, Qh-gl Depósito Glacial, Qh-bo Depósito Bofedales, (Q-cl) Deposito Coluvial Qh-coal Depósito coluvioAluvial, Qpl-ll Conglomerado Llacato, Pali-e Grupo Excelsior Frecuencia: Mayor a cuatro eventos por año. Dimensión Social Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro. Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas mayores de 60 años, personas que presentan discapacidad mental y auditiva, viviendas cuya red pública de agua dentro de la vivienda y fuera de la vivienda pero que se encuentre dentro de la edificación y que cuenten con una red pública de desagüe dentro de la vivienda o fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación. Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud fatalista y de desidia, donde la totalidad de la población desconoce los peligros o que la mayoría conozcan los peligros, pero no percibe el riesgo existente y que no existe rutas de evacuación o que existan, pero mal diseñadas y mal ubicadas, así como a la población no le interesa o no conoce sobre conocimientos de GRD. Dimensión Económica Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra afectada directamente o de 0 a 2000 m del área de influencia afectada por movimientos en masa. Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son de ladrillo o bloque de cemento o de adobe o madera (pona, tornillo, etc), dónde los materiales predominantes en los pisos son laminas asfálticas, vinílicos o similares o de parquet o madera pulida y madera (pona, tornillo, etc), así como el material predominante en los techos son de concreto armado o tejas o maderas. Resiliencia: Son vulnerables las viviendas que son inhabitable o hacinado y esté invadida o posesionada.</p>
<p>En la zona predomina Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: entre 15° a 25°. Textura del suelo: Presenta una moderada Erosión de Suelo). Geología: Kti-ih Intrusivo Huanta, Po-di Diorita, D-ca Grupo Cabanillas, Au Áreas Urbana. Frecuencia: De 2 a 3 eventos por año. Dimensión Social Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro. Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 25 a 39 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través de pilón o pileta de uso público y camión - cisterna u otro similar y cuya disponibilidad de servicios higiénicos es a través de pozos séptico, tanque séptico o biodigestor. Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud indiferente, donde la totalidad de la población conoce los peligros de su localidad y percibe el riesgo existente, que existe rutas de evacuación, pero se encuentran obstruidas y es escaso el conocimiento que la población tienes acerca de la GRD. Dimensión Económica Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra De 200 a 500 m de la zona afectada por movimientos en masas. Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son quincha (caña con barro) o Triplay / calamina/estera, dónde los materiales predominantes en los pisos son losetas, terrazos, cerámicos o similares, así como el material predominante en los techos son planchas de calamina, fibra de cemento o similares ó caña o estera con torta de barro o cemento. Resiliencia: Son vulnerables las viviendas que son multifamiliares, cuenta con una tenencia propia que cuente con constancia de posesión.</p>
<p>En la zona predomina Precipitación: Anomalía de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm). Pendiente: Entre 5° a 15° Textura del suelo: Presenta una Ligera Erosión de Suelo. Geología: Ci-a Grupo Ambo, Ks-gd-i Granodiorita, Kti-gr Granito, Ki-go Grupo Goyllarisquisga, Ps-mi Grupo Mitu. Frecuencia: De 1 a 2 eventos por año. Dimensión Social Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro. Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 17 a 24 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través de pozo (agua subterránea), manantial o puquio ó río, acequia, lago o laguna y cuya disponibilidad de</p>

servicios higiénicos es a través de letrina (con tratamiento).

Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene interés frente al riesgo existente, donde la mayoría de la población conoce los peligros de su localidad y se siente segura ante el impacto de los riesgos existentes y que exista señalética sin mantenimiento para acceder a las rutas de evacuación.

Dimensión Económica

Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra De 500 a 1000 m de la zona afectada por movimientos en masa.

Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son piedra con barro, piedra o sillar con cal o cemento ó Tapia, dónde los materiales predominantes en los pisos son de cemento, así como el material predominante en los techos Caña o estera con torta de barro o cemento ó Triplay / estera / carrizo.

Resiliencia: Son vulnerables las viviendas es unifamiliar y esté propia en minuta.

En la zona predomina

Precipitación: Anomalia de precipitaciones extremadamente lluvioso (RR/día>55mm).

Pendiente: Menor a 5°.

Textura del suelo: Presenta una baja Erosión de Suelo.

Geología: D-ca Grupo Cabanillas, Ks-ju Formación Jumasha, Pi-c Grupo Copacabana, Ji-a Formación Aramachay, Ji-c Formación Condorsinga, TrsJi-ch Formación Chambará, Ki-ch-p Formación Chúlec Pariatambo.

Frecuencia: De hasta 1 evento por año.

Dimensión Social

Exposición: Son predominantemente vulnerable todas las personas que habitan las viviendas expuestas al peligro.

Fragilidad: Equipo vulnerable conformada por personas con edades entre 0 a 17 años, viviendas cuyo abastecimiento de agua es a través del préstamo de un vecino u otro tipo de abastecimiento de agua y cuya disponibilidad de servicios higiénicos es a través de pozo ciego o negro, río, acequia, canal o similar y campo abierto u otro servicio higiénico

Resiliencia: Son vulnerables las viviendas cuya población tiene una actitud positiva frente al riesgo existente, donde la mayoría de la población está protegida y responde al impacto de los peligros que se presentan en su localidad y que existe un buen estado de las rutas de evacuación y con señalización.

Dimensión Económica

Exposición: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuya ubicación se encuentra a 1 km de la zona afectada por movimientos en masa.

Fragilidad: Son predominantemente vulnerables las viviendas cuyo material predominante en las paredes exteriores son de otro material predominante, dónde los materiales predominantes en los pisos son de tierra u otro material predominante, así como el material predominante en los techos son de paja, hoja de palmera y similares u Otro material predominante en los techos

Resiliencia: Son vulnerables las viviendas independientes que cuente con título de propiedad – SUNARP.

MUY ALTA 0.039<R ≤ 0.136	ALTA 0.019<R ≤ 0.039	MEDIA 0.009<R ≤ 0.019	BAJO 0.001≤R ≤ 0.009
------------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Fuente: Elaboración propia

A través del servicio WMS se obtuvo el mapa de riesgos de la provincia de Tayacaja (Figura 7)

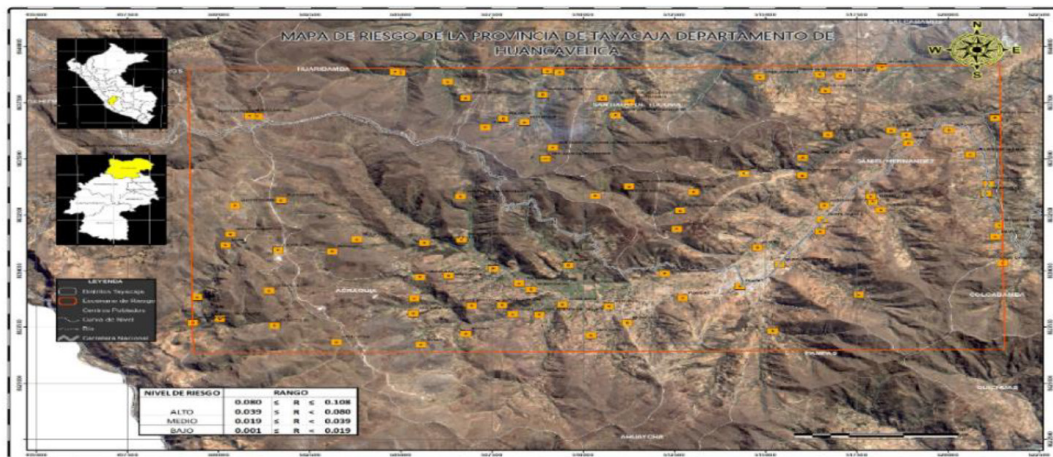


Figura 7. Mapa de Riesgo de la provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica Fuente: (<http://www.geoidep.gob.pe>)

• **Estimación y zonificación de los riesgos**

Como parte de la evaluación realizada, se estimaron efectos probables que podrían generarse en la provincia de Tayacaja, a consecuencia de los movimientos en masa durante la precipitación de lluvias planteada como escenario de este estudio. En total se identificaron:

- 6 276 viviendas los cuales se encuentran en riesgo entre Muy alto y Alto, debido a que se encuentran dentro del área de incidencia directa de influencia del deslizamiento.

- 409 instituciones educativas (inicial, primaria y secundarias) altamente vulnerables.
- Seis centros de salud y 25 puestos de salud.
- Carretera del tipo afirmado y asfaltado (vecinal, departamental y nacional) que se encuentra dentro del escenario de riesgo.
- También se zonificaron los riesgos a partir de las pérdidas y daños previsibles para asentamiento humano y sus implicaciones para el ordenamiento territorial, quedando como aparece en la Tabla 8.

Tabla 8
Zonificación de los riesgos

PÉRDIDAS Y DAÑOS PREVISIBLES EN CASO DE USO POR ASENTAMIENTOS HUMANOS	IMPLICANCIAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL
Las personas están en peligro tanto dentro como fuera de sus viviendas, donde existe la posibilidad de que, por el porcentaje mayor de incidencia del peligro sobre los materiales predominantes de las paredes, pisos y techos, estos puedan colapsar. La frecuencia es elevada (mayores a 4 eventos por año).	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación para la construcción de viviendas. Las áreas ya construídas deberán ser reubicadas o protegidas con importantes obras de protección, sistemas de alerta temprana e evacuación temporal.
Las personas están en peligro fuera de sus viviendas al producirse un evento cuya frecuencia es de 2-3 eventos por año lo que producirá daños a las casas, pero no la destrucción repentina de la misma, siempre y cuando su modo de construcción se haya adaptado a las condiciones del lugar.	Zonas de reglamentación, en la cual se puede permitir de manera restringida, la expansión y densificación para la construcción de viviendas, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplen con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.
El peligro para las personas es regular, los edificios pueden sufrir daños moderados o leves, pero el interior de estos pueden verse afectados.	Zona de sensibilización para la construcción de viviendas, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la ocurrencia de este tipo de peligro, a nivel moderado y poco probable, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.
El peligro para las personas y sus intereses económicos son de baja magnitud con probabilidades de ocurrencia mínima.	Zona de sensibilización, apta para la construcción de viviendas, en la cual los usuarios del suelo deben ser sensibilizados ante la existencia de peligros muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante la ocurrencia del peligro.
Los indicadores del peligro son inexistentes.	Zonas construcción de viviendas e inversiones sociales, económicas entre otros.

Leyenda:

RIESGO MUY ALTO	RIESGO ALTO	RIESGO MEDIO	RIESGO BAJO	Riesgo inexistente
-----------------	-------------	--------------	-------------	--------------------

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

La provincia de Tayacaja presenta un nivel de consecuencias **Alto** de ocurrir el fenómeno por movimientos en masa activados, debido a la anomalía de precipitación y la filtración al subsuelo del agua proveniente de los afluentes existentes. En correspondencia es necesario contar con apoyo externo distinto al gobierno provincial, a fin de poder mitigar y prevenir posibles daños.

Las viviendas evaluadas en la provincia de Tayacaja del departamento de Huancavelica se encuentran en zonas de RIESGO MUY ALTO Y ALTO, ante movimientos en masa – desplazamiento de rocas, originados por lluvias intensas; se estiman 6276 viviendas con construcción de muros de ladrillo, adobe y tapial.

Si bien es cierto el peligro por movimientos en masa en la provincia de Tayacaja, es un fenómeno que se presenta cada cierto tiempo (no necesariamente con la presencia del fenómeno El Niño), la frecuencia de un fenómeno de carácter perjudicial dependerá mucho de la intensidad de las precipitaciones máximas, este podría ocurrir en periodos de tiempos largos según las circunstancias, pero, de impacto importante, por lo que el nivel de frecuencia de ocurrencias es **Medio**.

Analizando la matriz de consecuencia y daños (Tabla 9), se obtiene en la provincia de Tayacaja presenta un nivel de consecuencia y daño de nivel 3: **Alta**.

Tabla 9
Nivel de consecuencias y daños

Consecuencias	Nivel	Zona de Consecuencias y daños			
Muy Alta	4	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
Alta	3	Media	Alta	Alta	Muy Alta
Media	2	Media	Media	Alta	Muy Alta
Baja	1	Baja	Media	Media	Alta
	Nivel	1	2	3	4
	Frecuencia	Baja	Media	Alta	Muy Alta

Fuente: Equipo técnico adaptado de CENEPRED

A partir del análisis de las consecuencias y determinándose un nivel Alto, así como la determinación de la Frecuencia es Alto, se determina que el nivel de aceptabilidad

y/o tolerancia es 3: **inaceptable**, donde se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos (Tabla 10).

Tabla 10
Nivel de consecuencias y daños

Valor	Descriptor	Descripción
4	Inadmisible	Se debe aplicar inmediatamente medida de control físico y de ser posible transferir inmediatamente los riesgos.
3	Inaceptable	Se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias para el manejo de riesgos
2	Tolerable	Se deben desarrollar actividades para el manejo de riesgos
1	Aceptable	El riesgo no presenta un peligro significativo

Fuente: Equipo técnico adaptado de CENEPRED

El nivel de aceptabilidad y tolerancia del riesgo identificado en la provincia de Tayacaja es **inaceptable**, el cual indica que se deben desarrollar actividades inmediatas y prioritarias, para el manejo de los riesgos.

CONCLUSIONES

- La provincia de Tayacaja se encuentra dentro de una zona de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimiento en masa por lluvias intensas o extraordinarias, los trabajos de campo permitieron identificar erosión de laderas, deslizamientos eventuales, deslizamientos recientes y reactivaciones, lo cual la convierte en vulnerable.
- La causa principal para la ocurrencia del fenómeno por movimientos en masas son los factores Hídricos (precipitaciones intensas cuya estación abarca los meses de diciembre-abril), topografía accidentada y factores antrópicos (mal sistema de drenaje pluvial y residual).
- El nivel de aceptabilidad y tolerancia de la zona es de "riesgo inaceptable", el cual indica que se deben desarrollar actividades inmediatas de mitigación y prioritarias para el manejo de los riesgos identificados.
- El estudio del peligro se realizó de acuerdo a la Metodología general para determinar el nivel de peligrosidad establecida por el CENEPRED (2014) según Método AHP (Analytic Hierarchy Process) o procedimiento de análisis jerárquico de Saaty (1980), obteniéndose resultados adecuados para la prevención de los riesgos identificados.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios geotécnicos y estudio de mecánica de suelos a detalle que permita conocer las características del suelo, que servirá para determinar los tipos de estructura y Dimensionamiento de Taludes que se van a realizar o cualquier otro tipo de exploración.
- No permitir la construcción de Viviendas en las zonas de Nivel de Peligro Muy alto o zonas con Pendientes pronunciadas.

- La Municipalidad Provincial de Tayacaja debe realizar trabajos de capacitaciones para la sensibilización con los pobladores de la zona en temas de peligro geológicos en movimiento en masa y gestión del riesgo de desastre, para que estén preparados y sepan cómo actuar ante la ocurrencia de este tipo de eventos
- Implementar el área de Sistema de Alerta Temprana para informar y prevenir a la población en general sobre todo en época de lluvias

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial. (2020). Gestión de riesgos de desastres. BIRF - AIF, Washington, D.C., EUA. <https://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/overview>.

Casti, J.L. . (2012). "Eventi X: eventi estremi e il futuro della civiltà. ." Milán, Italia.

CENEPRED. (2014). Manual para Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales. Edited by 2da. Lima, Perú: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED

Da Cruz, J., P. Próspero, F. Francia, y G. Cob. (2003). Ecología social de los desastres. In. Montevideo: Coscoroba.

Fell, Robin, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, L. Cascini, Eric Leroi, y William Z. Savage. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. *Engineering Geology* 102:85-98.

INEI. (2015). Boletín de Análisis Demográfico Lima, Perú: SIGRID.

Ministerio de Justicia. (2011). Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Lima, Perú.

Ministerio de Justicia. (2013). Lineamientos Técnicos del Proceso de Prevención del Riesgo de Desastres. In Resolución ministerial. Lima, Perú.

Ortecho, R. (2018). Desarrollo de un sistema para la aplicación de modelos de análisis territorial y adaptación al cambio climático con tecnología "Smart Environment". Tayacaja, Perú: Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo".

Pérez, A. (2019). La gestión de riesgos en el desarrollo del turismo. *Retos de la Dirección* 13 (2).

PNUD. (2012). Conceptos Generales sobre Gestión del Riesgo de Desastres y Contexto del País. Experiencias y Herramientas de aplicación a nivel regional y local. Chile: Área de Desarrollo Local y Objetivos de Desarrollo del Milenio.

PNUMA. (2007). Informe Anual de Evaluación 2006. Ginebra, Suiza: Dependencia de Evaluación y Supervisión.

Presidencia del Consejo de Ministros. (2012). Política nacional de gestión del riesgo de desastres. Lima, Perú.

Saaty, T. L. . (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Book Co., N.Y. New York, Estados Unidos de América: McGraw-Hill Book Co.

Tribunal Supremo. (2011). Decreto Supremo No 048.2011-PCM Lima, Perú.

UNISDR. (2009). Terminología sobre reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.

CORRESPONDENCIA

Mag. Ronald Ortecho Llanos
ronaldortecho@unat.edu.pe

ANEXOS

Tabla 1
Escala para ponderación de parámetros y descriptores

ESCALA NUMÉRICA	ESCALA VERBAL	EXPLICACIÓN
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

Fuente: Saaty (1980)

Tabla 2
Datos Históricos de la estación más cercana a la provincia de Tayacaja (CO PAMPAS)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1989	S/D	20.5	20.5	S/D	S/D	S/D	4.5	2.0	4.0	4.0	8.0	7.5	20.5
1990	S/D	9.5	9.9	4.0	7.6	17.1	4.0	9.7	7.2	11.0	12.8	11.6	17.1
1991	12.6	8.9	9.8	8.2	7.2	7.8	6.6	0.0	14.1	6.3	6.8	6.2	14.1
1992	8.7	9.8	9.1	8.7	0.0	8.2	3.4	19.1	10.5	12.1	9.4	11.4	19.1
1993	14.0	16.8	11.4	2.9	8.6	5.9	3.9	9.4	8.4	8.6	14.9	18.5	18.5
1994	13.5	8.3	12.5	21.2	1.5	0.9	0.0	8.0	6.7	14.9	7.0	18.8	21.2
1995	32.8	25.1	13.4	8.3	6.3	6.6	10.3	9.5	10.8	7.1	11.2	18.7	32.8
1996	10.1	33.7	28.2	11.5	4.3	3.1	2.9	3.4	12.5	8.8	16.9	6.4	33.7
1997	24.6	15.8	18.9	8.4	13.2	2.0	4.3	12.3	16.5	5.7	12.6	25.3	25.3
1998	23.2	21.5	10.1	3.1	3.4	6.1	0.0	13.1	1.6	27.1	5.7	15.7	27.1
1999	12.9	23.8	22.8	10.4	2.3	0.0	11.7	0.0	9.5	10.4	8.1	15.8	23.8
2000	30.3	27.2	10.0	16.4	28.2	6.3	7.9	4.3	4.2	5.6	20.3	16.4	30.3
2001	14.0	7.8	6.8	2.8	13.0	0.0	17.7	4.6	2.2	14.5	27.2	22.1	27.2
2002	7.8	12.7	9.9	8.9	9.7	1.5	8.6	6.6	17.6	10.6	17.4	20.5	20.5
2003	11.6	14.7	17.2	15.3	6.2	0.0	0.0	16.6	8.4	6.3	10.9	13.6	17.2
2004	9.0	25.9	19.6	7.5	6.3	9.5	14.0	5.6	13.5	7.7	14.2	22.4	25.9
2005	12.3	12.1	22.1	9.4	1.1	0.0	6.4	4.4	10.1	13.4	9.6	18.9	22.1
2006	32.6	11.3	18.3	9.8	6.7	4.8	0.0	6.0	7.1	19.4	8.6	9.5	32.6
2007	16.5	16.7	22.1	12.8	14.5	0.0	16.6	1.4	4.8	11.5	8.1	22.2	22.2
2008	19.8	18.0	8.5	4.8	7.0	10.5	0.0	4.4	6.7	17.0	12.2	11.7	19.8
2009	16.0	19.0	11.1	12.6	6.3	2.4	12.6	11.2	13.7	6.8	14.0	13.6	19.0
2010	24.4	18.0	12.8	14.4	2.2	4.8	1.0	8.2	10.4	12.8	3.1	21.0	24.4
2011	29.2	20.0	24.0	21.0	6.8	4.6	4.4	5.9	10.6	15.0	19.8	9.6	29.2
2012	19.8	47.4	12.6	13.6	5.8	18.2	6.4	5.2	8.0	28.5	15.2	12.4	47.4
2013	21.0	16.0	13.0	4.9	7.2	5.4	5.4	21.4	4.3	11.2	10.4	19.6	21.4
2014	8.8	23.7	19.1	12.8	4.0	1.8	9.8	6.2	15.2	16.4	15.7	21.6	23.7
2015	31.6	18.6	17.0	12.2	8.6	10.5	8.6	15.1	8.8	18.6	7.4	15.0	31.6
2016	9.6	24.6	11.2	9.7	4.7	1.6	12.2	4.6	2.6	11.7	7.3	15.2	24.6

Fuente: Datos históricos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)