Registro histórico de eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en la cuenca del río Mantaro, Perú

USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

CUENCAS climáticamente resilientes
Río Mantaro - Perú
Río Chinchiná - Colombia

CIIFEN

Registro histórico de eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en la cuenca del río Mantaro, Perú

USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

CUENCAS climáticamente resilientes
Río Mantaro - Perú
Río Chinchiná - Colombia

CIIFEN

CRÉDITOS

Sistematización
Felipe Costa

Revisión y Edición
Elba Fiallo-Pantziou
Jessica Díaz

Recopilación de información
Fanny Friend
Felipe Costa
Luisa Cortez
Diana Espinoza

Coordinadora Regional del Proyecto
Elba Fiallo-Pantziou

Coordinadora de Acciones Locales en Perú
Luisa Cortez

Diseño, Diagramación
Publiasesores Cía. Ltda.
2555-140

Sugerencia de Cita: CIIFEN, 2019. Registro histórico de eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en la cuenca del río Mantaro, Perú. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño. Guayaquil, Ecuador.

© **CIIFEN** 2019 todos los derechos reservados.

"Este documento fue preparado por el CIIFEN con el apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional - USAID, bajo el Acuerdo de Cooperación AID-518-A-13-00002. Las opiniones aquí expresadas no reflejan necesariamente la opinión ni de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional ni del Gobierno de los Estados Unidos."

CUENCAS climáticamente resilientes
Río Mantaro - Perú
Río Chinchiná - Colombia

Con el apoyo financiero de

USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Un proyecto ejecutado por

CIIFEN

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 5

RESUMEN 7

INTRODUCCIÓN 9

CONCEPTOS RELEVANTES 10

FACTORES RELEVANTES DEL CLIMA Y DE LA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA 12

- Factores que influencian el clima en la cuenca y su climatología 12
- Temperatura del aire 12
- Precipitación 14
- Tendencias Climáticas 17
- Cambio Climático 17
- Vulnerabilidad socioeconómica y biofísica 20

EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS Y AFECTACIONES 24

- Comunidades locales 25
- Ayacucho 26
- Huancayo 27
- Sistema de inventario de Efectos de Desastres - DESINVENTAR 29
- Aluvión (Huaycos) 30
- Inundación 31
- Deslizamiento 32
- Helada 32
- Granizada 33
- Sequía 34
- Avenida Torrencial 34
- Alud 35
- Resumen 36
- Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI 37

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES 43

RECOMENDACIONES 45

BIBLIOGRAFÍA 47

PRESENTACIÓN

En el marco del Proyecto Cuencas Climáticamente Resilientes, el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN), con el apoyo financiero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), ha trabajado de cerca con las comunidades y los tomadores de decisión locales de las cuencas del Chinchiná (Colombia) y Mantaro (Perú), buscando el fortalecimiento de la resiliencia climática de las comunidades y la disminución de la vulnerabilidad de estos territorios y sus sistemas. Uno de los objetivos fue la generación de conocimiento sobre clima y vulnerabilidad, la cual debía ser transmitida a quienes podrían utilizarla en la gestión de su territorio.

El proyecto, por tanto, recopiló y generó información sobre los territorios de las dos cuencas y sus poblaciones, la misma que se plasmó en documentos que ayudan a mantener el registro y la transferencia del conocimiento. El material generado sirve a la comunidad, a los técnicos y a los tomadores de decisión de la región como apoyo en la gestión de sus actividades. Entre las publicaciones realizadas se cuenta con producciones sobre clima y vulnerabilidad para cada cuenca y diferenciadas de acuerdo al público meta. Así, se cuenta con documentos dirigidos a técnicos con un enfoque más científico e historietas desarrolladas con personajes propios de cada región para las comunidades y público en general que tienen como objetivo la transferencia de conceptos y particularidades de la región sobre clima y vulnerabilidad.

Continuando con los productos generados, se presenta este documento donde se resumen algunos de los principales componentes del análisis de vulnerabilidad y de clima, pero ahora enfocados a los registros de los eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en las cuencas. Este documento, además de incluir algunos conceptos relevantes y una reflexión acerca de la gestión de riesgos, busca reportar los eventos observados en el pasado que generaron efectos negativos a las poblaciones y sus medios de vida en la cuenca del río Mantaro. El contenido no está enfocado a un solo concepto específico, ya que lo que se busca es abordar, de manera amplia y general, los eventos hidroclimáticos más observados y registrados en la región. El objetivo, por lo tanto, es mejorar la comprensión de cómo el clima y sus manifestaciones extremas han afectado a los territorios en el pasado. De esta forma, se puede usar este conocimiento para realizar una gestión de riesgos enfocada en la prevención para ayudar a la construcción de la resiliencia de las comunidades de esta región.

Elba Fiallo – Pantziou
Coordinadora Regional
Cuencas Climáticamente Resilientes

RESUMEN

El clima influye directamente en las actividades humanas y sus alteraciones temporales pueden generar impactos negativos a los sistemas socioeconómicos y ambientales. Sin embargo, para que las amenazas hidroclimáticas lleguen a generar un desastre, es necesario que también haya una condición de exposición y vulnerabilidad del sistema que potencialmente será afectado. Esta no es una relación sencilla de estimar, sobre todo cuando se busca estar preparado con anticipación para el posible impacto futuro.

En la cuenca del río Mantaro, se ha identificado que las principales amenazas hidroclimáticas están relacionadas con las heladas, lluvias intensas y sequías. En cuanto a la vulnerabilidad, los resultados socioeconómicos y biofísicos mostraron que los departamentos de Huancavelica y Junín son los más vulnerables. Los factores socioeconómicos que influenciaron estos resultados fueron la salud, el acceso a los servicios básicos, el material de las viviendas y la educación. En cuanto al componente biofísico, se encontró mayor vulnerabilidad debido a la intervención de los ecosistemas, procesos de erosión del suelo y deterioro de las zonas de vida. Además, la característica montañosa hace que esta región sea más vulnerable a eventos como los deslizamientos, aluviones e inundaciones. Por otro lado, una de las principales actividades económicas de esta región es la agricultura y, por lo tanto, también tiene una alta vulnerabilidad ante eventos de sequías o heladas.

Estas condiciones climáticas, junto a las condiciones de vulnerabilidad, han provocado diferentes eventos hidroclimáticos y afectaciones en la región según los registros históricos. Para conocer mejor esta relación, se consultó diferentes fuentes de información secundarias de registros de desastres. La primera se obtuvo a través de encuestas realizadas con las comunidades y autoridades locales; la segunda fue la base de datos de desastres de DESINVENTAR; y la tercera fue la información solicitada al Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Las tres fuentes de información coincidieron en la indicación de algunos eventos principales como las heladas, deslizamientos, aluviones (huaycos), lluvias intensas, sequías, y otros. De estas, se observó que los eventos más reportados fueron los relacionados a las precipitaciones y descensos de temperatura, con los departamentos de Huancavelica y Junín presentando el mayor número de reportes. Entre las afectaciones más observadas, los mayores valores indican que el sector agropecuario y la infraestructura como vías, viviendas y canales de riego fueron los más contabilizados. A pesar de que solamente parte de la información obtenida permite realizar análisis estadísticos, debido a los vacíos de información de las fuentes no oficiales, estos análisis fueron de gran relevancia para el entendimiento de la relación entre las comunidades y el territorio y para conocer los elementos prioritarios para la toma de decisiones.

Con base en el trabajo realizado, se recomienda que se mejore la gestión de la información de desastres, incrementando la capacidad de registro y difusión de ésta, por lo menos en los momentos de respuesta y de remediación de los desastres y que, además, se continúe el esfuerzo de entender la relación histórica de los desastres en la cuenca del río Mantaro. Esta aproximación ayudará a mejorar la capacidad de prevención, que es uno de los principales objetivos de la Gestión de Riesgo de Desastres.

INTRODUCCIÓN

El clima está presente en la vida cotidiana e influye directa o indirectamente en las actividades humanas. Por definición, el clima de una región se determina por las características biofísicas y geográficas predominantes por un periodo de tiempo relativamente largo. En su forma más simple, es estimado por el promedio de la medida de una variable, como por ejemplo la temperatura del aire o la precipitación. Las alteraciones temporales en estas características predominantes son conocidas como variabilidad climática (OMM, 2017).

Estos cambios temporales afectan las actividades humanas generando impactos negativos a los sistemas socioeconómicos y ambientales, dependiendo en parte, de la intensidad de la variación. Por lo general, se da a partir de valores extremos en la medición de una variable climática, es decir, la ocurrencia que supera umbrales históricos normales observados. Sin embargo, para que un fenómeno hidroclimático extremo genere un desastre, es necesario que también haya un sistema expuesto y vulnerable ante esta amenaza, y mientras mayor la exposición y vulnerabilidad, más grave será la afectación (Montealegre & Pabón, 2000).

Uno de los componentes clave que determina el nivel de afectación es el nivel socioeconómico de la población. Por ejemplo, cuando hay crecimiento poblacional desorganizado, se puede notar también el incremento de la exposición y vulnerabilidad, ya que, en muchas regiones, las poblaciones se instalan en áreas inadecuadas para residir, como áreas susceptibles a inundaciones. Algunos problemas sociales que pueden ser mencionados como generadores de casos de asentamientos humanos en áreas de riesgo son la falta de espacio habitable en centros urbanos, las circunstancias económicas de parte de la población y la falta de percepción del riesgo a que se están exponiendo. Además, hay muchos otros factores que incrementan el riesgo de desastres de forma indirecta, como por ejemplo los cambios en el uso del suelo y la deforestación (Maskrey, 1993; IPCC, 2012).

Sumado a los eventos hidroclimáticos extremos (amenaza) y la exposición y vulnerabilidad de los sistemas, está el cambio climático, que desde 1950 ha mostrado variaciones sin precedentes en el sistema climático. Los principales efectos han sido el calentamiento de la atmósfera y del océano; la disminución de las superficies cubiertas por nieve y hielo; y el incremento del nivel del mar (IPCC, 2013).

Todos estos inconvenientes han ocurrido y siguen ocurriendo a pesar de que los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) y otras instituciones responsables por proveer informaciones confiables han mejorado significativamente el monitoreo y los pronósticos meteorológicos y climáticos. Una posible razón es la falta de conocimiento previo sobre cómo los eventos hidroclimáticos extremos pueden afectar a una determinada región y convertirse en un desastre. Esta falta de conocimiento se da tanto por parte de las autoridades de gestión de riesgo como de la población en general. Además, aunque se conozca el potencial desastre que un evento hidroclimático puede generar, la desconexión entre la información climática y la alerta oportuna también es una dificultad cuando se busca reducir previamente este desastre (OMM, 2015).

Una forma eficiente de entender el posible desastre que puede generar un evento hidroclimático extremo en una determinada región es observar las experiencias de los eventos ocurridos en el pasado. Este es un trabajo multidisciplinario que requiere un alto esfuerzo de investigación, ya que contempla diferentes temas como los análisis meteorológicos y climáticos, la

comprensión de la vulnerabilidad y exposición de los sistemas, la gestión de riesgos de desastres, la gestión ambiental y hasta inclinaciones y decisiones políticas. Los países que han podido lidiar mejor con los desastres han mostrado que hay que considerar la gestión de riesgo de desastres en el desarrollo nacional e incluir medidas de adaptación en los planes de gestión de sectores productivos, sobre todo los que están directamente relacionados con el clima, como son la gestión hídrica, la agricultura, seguridad alimentaria, silvicultura, salud y turismo (IPCC, 2012; OMM, 2015).

En la actualidad, la comunidad técnico-científica internacional está buscando una forma de conocer, de forma anticipada, el potencial impacto futuro de un evento extremo utilizando la información del monitoreo y pronóstico climático para lograr una mitigación efectiva de sus posibles perjuicios. Para esto, se necesita incrementar, significativamente, el conocimiento de las especificidades de los diferentes tipos de eventos y afectaciones. El primer paso, por lo tanto, es mirar profundamente los registros históricos. Con este conocimiento se puede entender mejor cómo trabajar en la reducción de los riesgos de desastres existentes y también estar mejor informados para no incurrir en nuevos.

El presente documento, a través de la descripción y reporte de algunos eventos hidroclimáticos y afectaciones causadas por el clima en la cuenca del río Mantaro, busca generar información relevante para ayudar a construir el conocimiento necesario para incrementar la resiliencia climática en la cuenca. Se espera que su difusión sirva como herramienta para mejorar la capacidad de la gestión de riesgos en el territorio. Además, se recomienda fuertemente que las autoridades, principalmente las locales, utilicen esta iniciativa como ejemplo para dar continuidad a este trabajo, por el aporte que brinda a la gestión de sus territorios.

CONCEPTOS RELEVANTES

En esta sección se presenta, de forma breve, algunos términos y sus definiciones aplicadas al contexto de la temática abordada que van a ayudar a entender mejor los siguientes contenidos del documento:

Clima: Es el promedio (condiciones predominantes) de la medida de un parámetro en un tiempo y lugar determinado. Resulta de la interacción de diversos factores biofísicos y geográficos, donde los dos principales componentes son la atmósfera y el océano. La medida de la temperatura del aire o de las precipitaciones en un período de tiempo definido es un ejemplo del clima de una región (OMM, 2017).

Variabilidad Climática: Es representada por los cambios temporales en la interacción de los factores que componen las condiciones predominantes del clima de una región. Por ejemplo, los fenómenos de El Niño y La Niña presentan cambios en las características predominantes del océano y la atmósfera en períodos relativamente cortos de tiempo y son ejemplos de variabilidad climática (OMM, 2017).

Cambio Climático: Son variaciones graduales y permanentes en las condiciones predominantes del clima y que se mantienen durante varias décadas de forma sostenida. Puede estar relacionado tanto con factores naturales como

asociados a las actividades humanas que llevan a un incremento de los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por ejemplo, el incremento de la temperatura del aire a lo largo de las últimas décadas es una evidencia del cambio climático (OMM, 2017).

Amenaza Hidrometeorológica o Hidroclimática: Es un fenómeno de origen atmosférico, oceánico o hidrológico que puede resultar en impactos negativos a la población, a los medios de vida, a los medios sociales, económicos y ambientales (UNISDR, 2009).

Exposición: Es la presencia de un sistema, sea de personas, medios de subsistencia, servicios, infraestructura, activos económicos, sociales o culturales, ecosistemas, recursos ambientales u otros, en lugares y entornos que podrían verse afectados por alguna amenaza (IPCC, 2014).

Vulnerabilidad: Propensión o predisposición de ser afectado negativamente. Comprende la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014).

Riesgo: Es la probabilidad de que se presente un fenómeno con potencial para producir impactos negativos a un sistema. Matemáticamente puede ser estimado a través de la exposición, la vulnerabilidad y la amenaza de un sistema (UNISDR, 2009; IPCC, 2014).

Desastre: Se da por la interrupción en el funcionamiento de un sistema social que genera importantes pérdidas e impactos económicos, materiales y ambientales. Tiene la característica de exceder la capacidad del sistema social de afrontarlo con sus propios recursos y es dependiente de la exposición, vulnerabilidad y capacidad de este sistema (UNISDR, 2009).

Precipitación

FACTORES RELEVANTES DEL CLIMA Y DE LA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA

A continuación, se describen brevemente las condiciones más importantes relacionadas con el clima, la variabilidad climática y el cambio climático de la cuenca del río Mantaro, obtenidos como resultado del estudio previo realizado en el marco del proyecto Cuencas Climáticamente Resilientes, que se incluye en la publicación titulada "*Entendiendo el clima de la cuenca del río Mantaro, Perú*" (CIIFEN, 2018). Además, en esta sección también se abordarán los principales resultados encontrados en el estudio de vulnerabilidad del territorio que se presentó en la publicación *"Módulo de capacitación sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en la cuenca del río Mantaro, Perú"* (CIIFEN, 2018a).

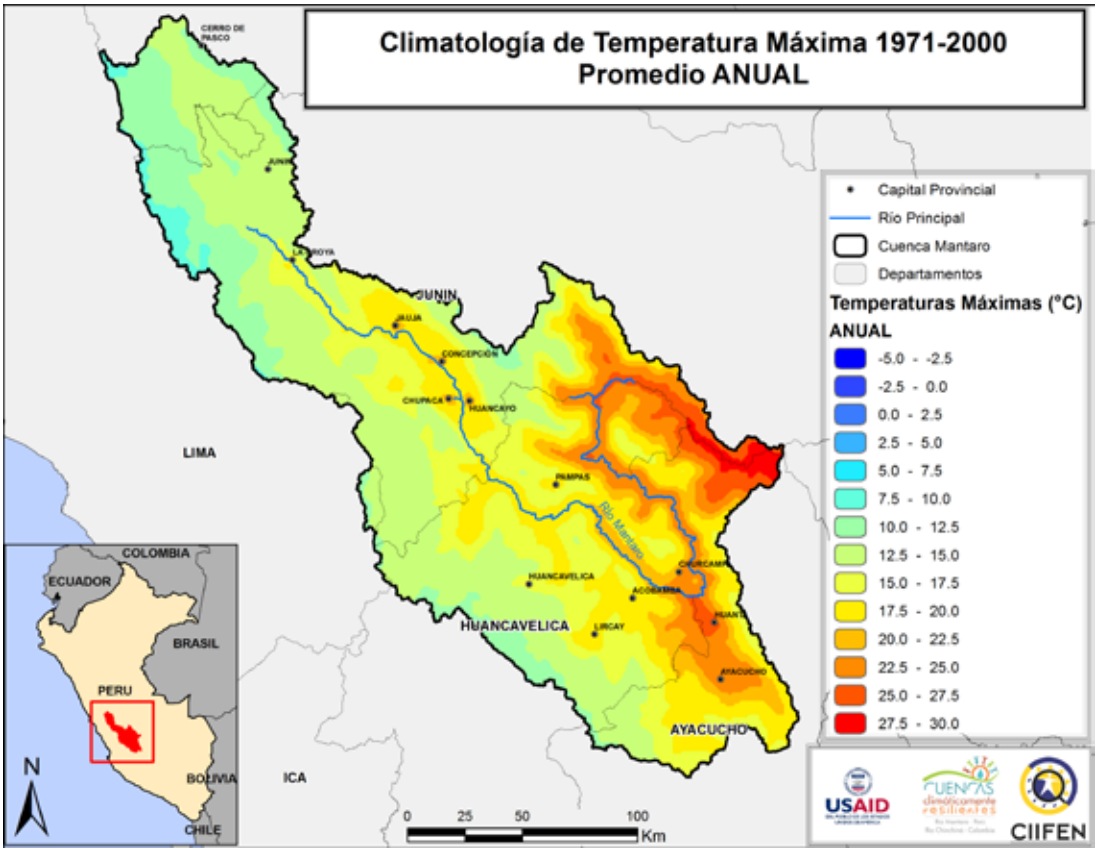
Factores que influencian el clima en la cuenca y su climatología

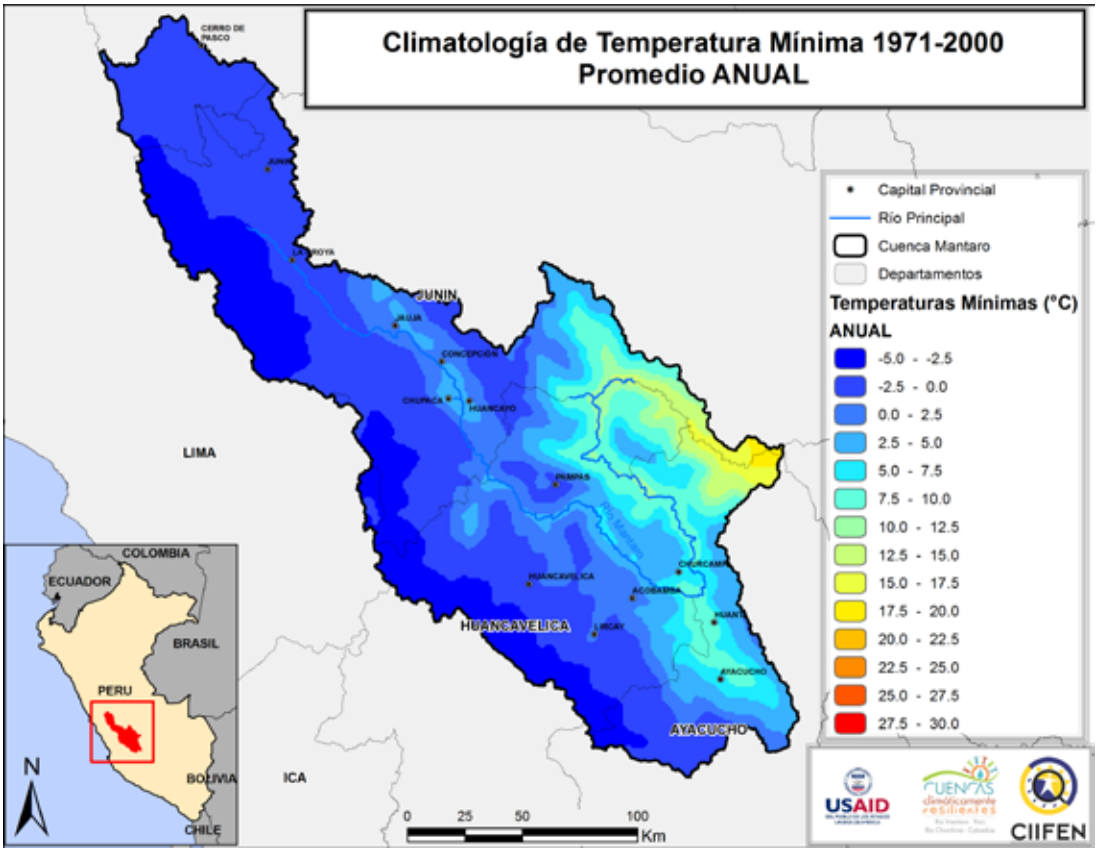
La ubicación, la altitud y la extensión del territorio son los principales factores que influyen en el clima de esta localidad. En la parte norte de la cuenca, el clima es semi-frígido, es decir, propio de la sierra, con veranos lluviosos (entre diciembre y marzo) e inviernos con temperaturas bajas. Al sur, en la región occidental, este patrón se repite, mientras que en la parte más oriental, el clima se caracteriza por ser templado y húmedo. Los demás factores que influyen en el clima en la cuenca son la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la corriente oceánica de Humboldt, el centro de alta presión atmosférica del Pacífico sur y el centro de alta presión de Bolivia (IGP, 2005; SENAMHI, 2011).

Temperatura del aire

La cuenca del río Mantaro está ubicada en la región andina central del Perú y posee una gran variación de altitud que va desde aproximadamente 500 hasta más de 5.500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Esta condición influye en la variación de temperatura que muestra valores desde -7,0°C en las regiones más altas, hasta más de 27,0°C en las más bajas. La altitud, por lo tanto, influye más en la temperatura del territorio inclusive que la latitud, aunque las variaciones estacionales también influyen los valores de temperatura a lo largo del año (Ocampo, 2012).

Figura 1. *Promedio multianual de la temperatura máxima (superior) y temperatura mínima (inferior) (°C) para el período de 1971-2000 en la cuenca del río Mantaro.*





Fuente: SENAMHI, 2011.

Los análisis de los registros históricos indican que en las partes más altas de la cuenca, las temperaturas máximas variaron entre 6,0°C y 10,0°C, mientras que en la parte más baja, los valores se presentaron en un rango entre 25,0°C y 28,0°C. En cuanto a las temperaturas mínimas, la misma lógica fue observada, es decir, en las regiones con mayores altitudes se observaron los menores valores de temperatura con un promedio de -4,0°C, mientras que en las regiones más bajas, los valores alcanzan los 20,0°C. Todos

Tabla 1. *Resumen de promedios y registros históricos para las temperaturas máximas y mínimas en las regiones más altas y más bajas de la cuenca.*

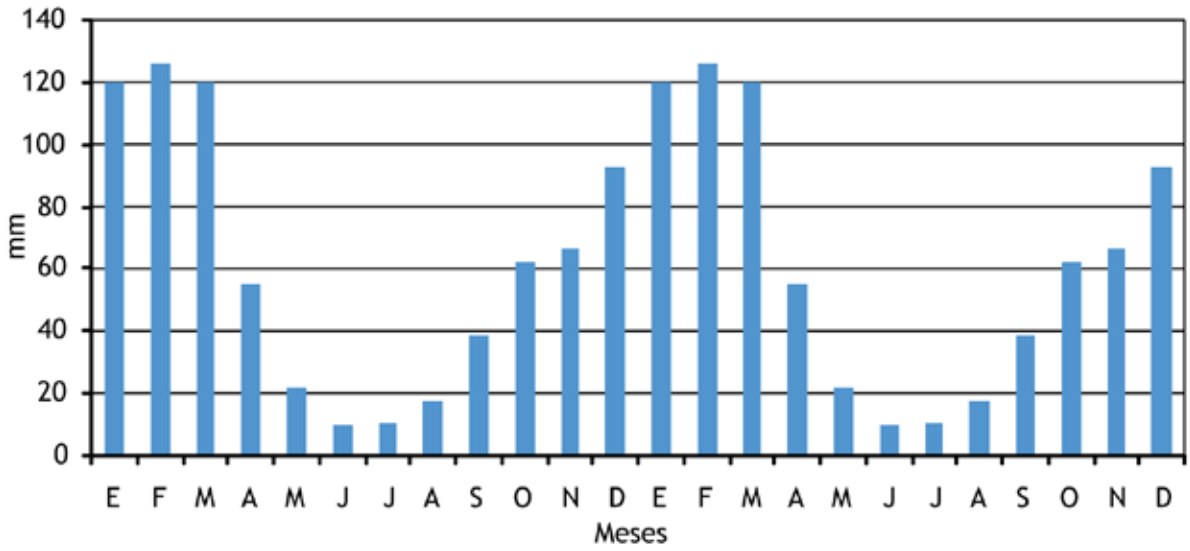
Climatología (°C) 1981-2010	Temperatura Máxima	Temperatura Mínima
Cuenca Alta	6,0 – 10,0	-4,0
Cuenca Baja	25,0 – 28,0	20,0

Fuente: SENAMHI, 2011.

Precipitación

La cuenca del Mantaro presenta una variación estacional bien marcada en cuanto al régimen de precipitación: entre los meses de octubre a abril se presenta un 80% del total anual de lluvias. De esta forma, la época lluviosa coincide con el verano, mientras que la seca coincide con el invierno. Sin embargo, las lluvias de la época de transición de primavera también son importantes, pues el inicio de las primeras lluvias de esta época y su variación son algunos indicadores que definen la temporada de siembra en ciertas regiones.

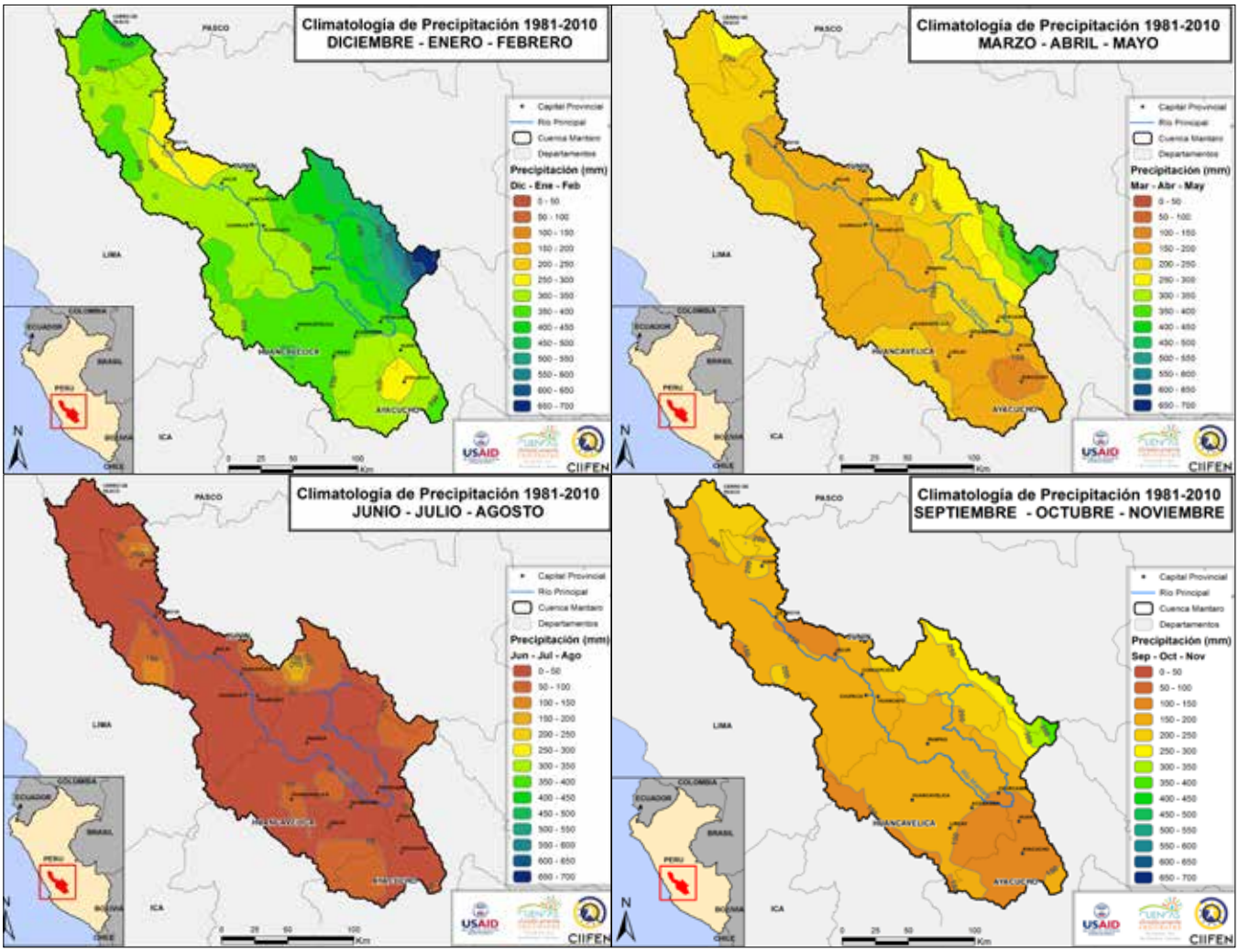
Figura 2. *Gráfico de climatología de precipitación promedio para la cuenca del río Mantaro (mm/mes). En el eje X se representan los meses, repitiendo los valores para dos años; en el eje Y se representan los valores de precipitación en milímetros.*



Fuente: IGP, 2005.

En cuanto a la distribución espacial de las lluvias en la cuenca, se observan mayores promedios en la región oriental (sureste), mientras que, en las regiones norte y sur, los valores son menores. Estas características se deben a que la región oriental, que posee menor altitud, recibe la influencia de los vientos cálidos y húmedos de la Amazonía (IGP, 2005; SENAMHI, 2011).

Figura 3. *Promedio multianual de la precipitación acumulada (mm/trimestre) para los cuatro trimestres del año en la cuenca del río Mantaro, referentes al período 1981 - 2010 (izquierda superior: diciembre-febrero; derecha superior: marzo-mayo; izquierda inferior: junio-agosto; y derecha inferior: septiembre-noviembre).*



Fuente: Funk et al., 2015.

Tendencias Climáticas

Los análisis de las tendencias del clima son utilizados para identificar los posibles incrementos o reducciones en los valores de algunas variables a lo largo de los años. A fin de establecer una tendencia confiable, se debe utilizar por lo menos 30 años de datos diarios para disminuir la posibilidad de analizar solamente un segmento de un ciclo de largo plazo.

En la cuenca del Mantaro, la cobertura espacial y temporal de las estaciones meteorológicas permitieron que se hiciera un análisis satisfactorio de las tendencias, aunque siempre se recomienda tener más registros pluviométricos, sobretodo en territorios irregulares. Los datos utilizados se refieren al período entre 1965 y 2014 y fueron trabajados con el software RClimDex, cuyos índices climáticos posibilitan este resultado de tendencias climáticas (Zhang & Yang, 2004; CIIFEN, 2018).

Todos los índices utilizados se refieren a las variables de temperatura y precipitación e indican que **desde 1965 hasta 2014, la mayoría de las estaciones presentaron una tendencia de reducción en las precipitaciones,** tanto en las temporadas de lluvia, como en las épocas secas y de transición. En relación a la temperatura, se observaron tanto incrementos como reducciones en los valores de tendencias; sin embargo, de manera general, **un número mayor de estaciones presentó incrementos tanto en las temperaturas máximas como en las mínimas** (SENAMHI, 2011; CIIFEN, 2018).

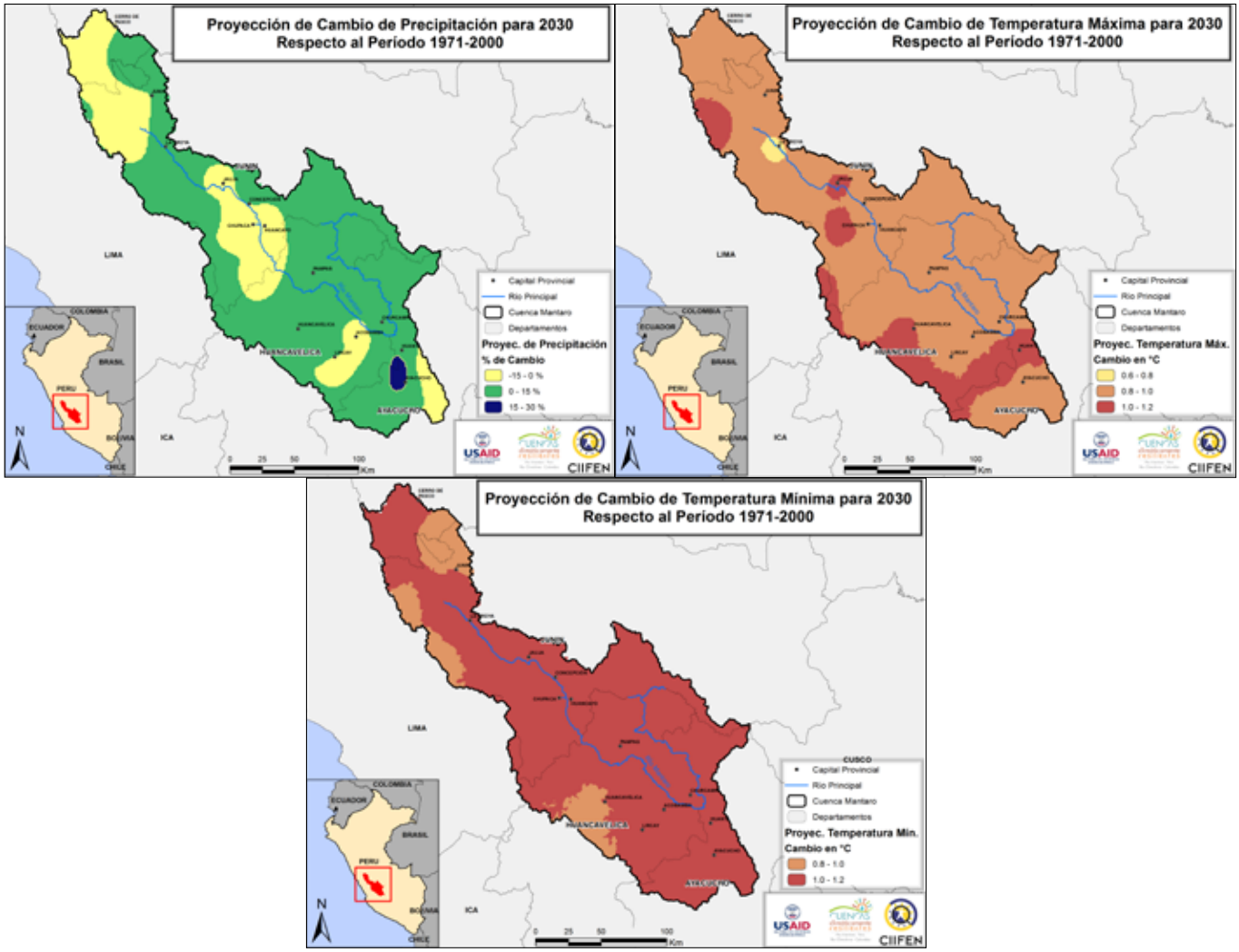
Cambio Climático

Para analizar las posibles condiciones del clima a futuro, se utilizan las proyecciones climáticas que consideran modelos con ecuaciones que simulan características físicas, químicas y biológicas de los ecosistemas, como también las interacciones con la geografía local y los posibles escenarios de desarrollo socioeconómico, tecnológico y ambiental.

Para la región de Mantaro, los resultados indican una probable reducción de un 15% en las precipitaciones en la región noroccidental, central y en partes de la región sur de la cuenca, mientras que, por otro lado, las demás regiones presentarían incrementos de hasta 15%. La excepción es la región de Ayacucho, donde se observaría un incremento más representativo con valores de hasta 30%. Para la temperatura

del aire, los cambios serían más homogéneos, ya que las proyecciones indican un calentamiento entre 0,6 y 1,2°C para las temperaturas máximas, con mayores incrementos en las regiones altas; y por otro lado, entre 0,8 y 1,0°C para las temperaturas mínimas, con menores incrementos en las regiones altas (SENAMHI, 2012).

Figura 4. *Proyección de cambio de precipitación (superior izquierda), temperatura máxima (superior derecha) y mínima (inferior centro) para 2030 en base a la climatología del período 1971-2000.*



Fuente: SENAMHI, 2012.

Vulnerabilidad socioeconómica y biofísica

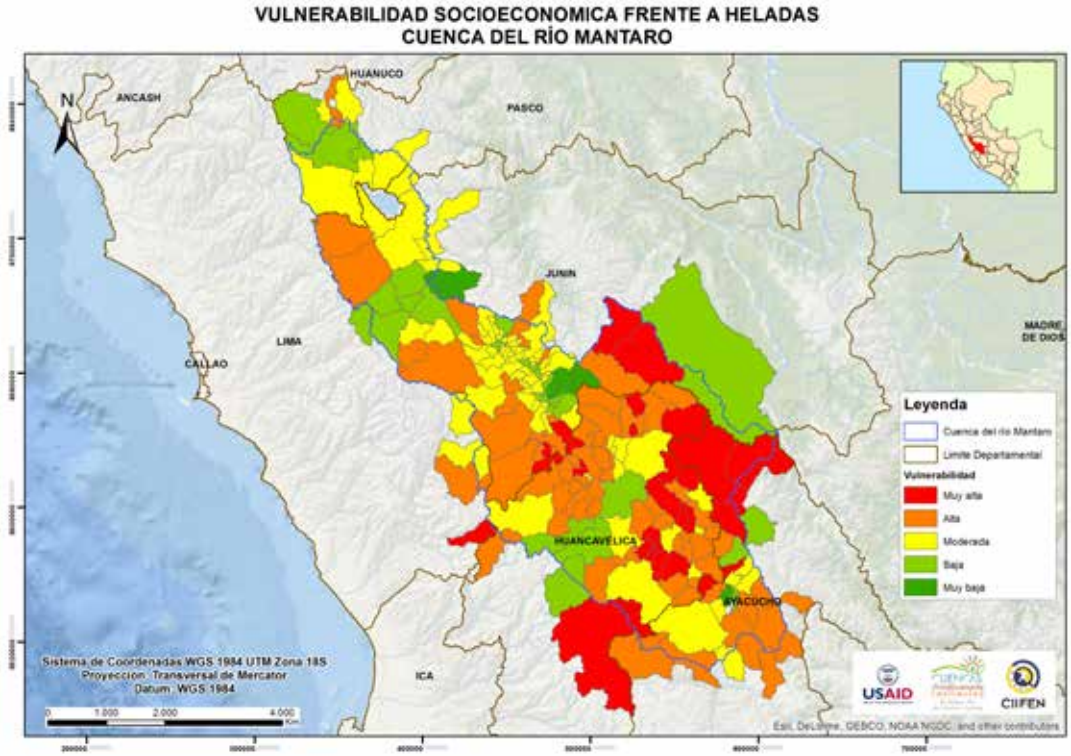
Para el análisis de vulnerabilidad del territorio se contemplaron las dimensiones socioeconómica y biofísica, en donde la primera tiene enfoque en las poblaciones, mientras que la segunda se enfoca en las características del territorio. Ambos análisis toman en cuenta la susceptibilidad o fragilidad de un sistema, así como también la capacidad de recuperarse ante un evento adverso. Estos dos componentes son los elementos de la fórmula de vulnerabilidad.

Los indicadores considerados para medir la vulnerabilidad incluyeron las actividades económicas, salud, vivienda, infraestructura económica y educación. De la misma forma, para el análisis biofísico se analizó la vulnerabilidad de los ecosistemas y la biodiversidad biológica, los recursos hídricos y los recursos naturales. Para el análisis socioeconómico, la unidad de análisis utilizada fueron los distritos de los departamentos de Ayacucho, Huancavelica, Junín, Lima y Pasco. Mientras que para el análisis biofísico se utilizó las microcuencas incluidas en la cuenca del Mantaro, debido a que el ambiente natural no siempre coincide con las fronteras político-administrativas. Además, la vulnerabilidad del sistema se refiere a algún tipo de amenaza y, por lo tanto, el análisis por lo general se hace direccionado a esta. En el estudio realizado por CIIFEN (2018a) se consideraron tres amenazas que afectan principalmente a la cuenca: heladas, lluvias intensas y sequías.

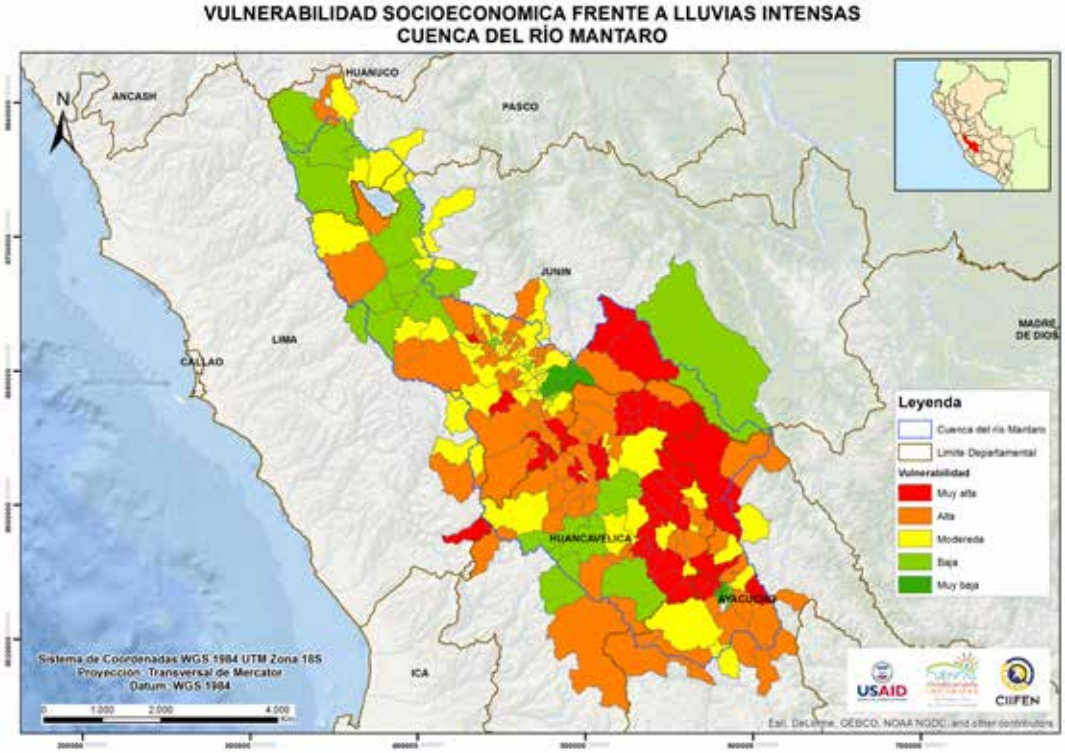
Los resultados indican que, en cuanto a la vulnerabilidad de la población ante heladas, Huancavelica es el departamento con mayor número de municipios con alta vulnerabilidad.

Este resultado es debido, principalmente, a los indicadores de salud e infraestructura económica. Para el caso de lluvias intensas, el departamento que mostró más distritos con el nivel más alto de vulnerabilidad también es Huancavelica. Los indicadores para este caso son varios, sin embargo, entre los principales están las condiciones de acceso a servicios básicos, el material de las viviendas, aspectos de salud, educación, y dependencia de la agricultura como principal actividad económica. El departamento de Huancavelica presenta el mayor número de distritos con alta vulnerabilidad en el análisis de sequías, donde los principales indicadores responsables de este resultado son la susceptibilidad económica, acceso a servicios básicos y temas relacionados con salud y educación (CIIFEN, 2018a).

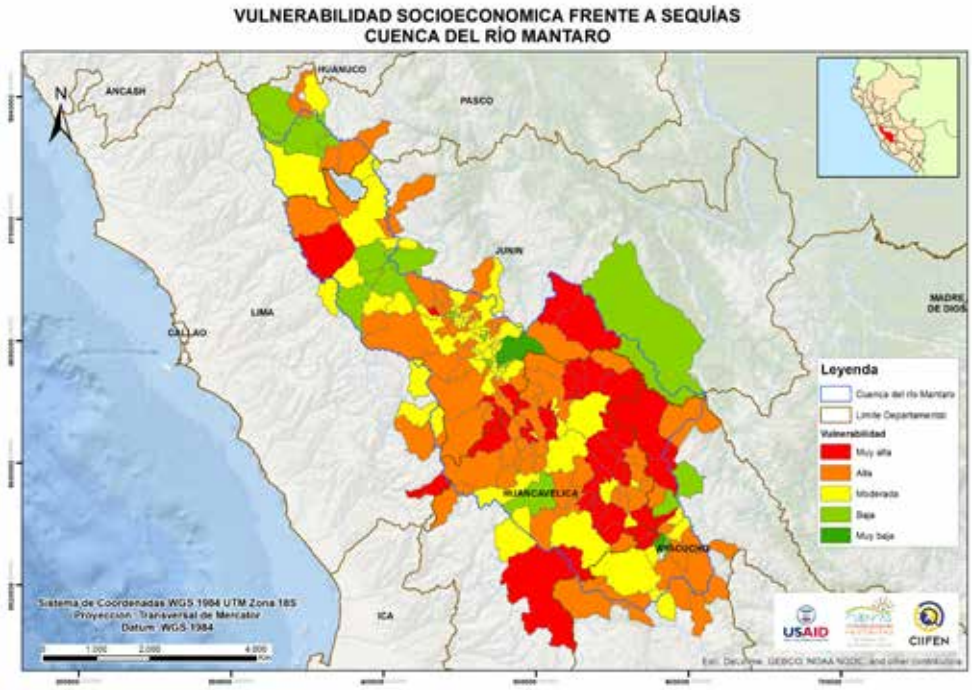
Figura 5. *Mapa del análisis de vulnerabilidad socioeconómica ante heladas (superior), lluvias intensas (inferior) y sequías (superior pag. 22).*



Fuente: CIIFEN, 2018a.



Fuente: CIIFEN, 2018a.

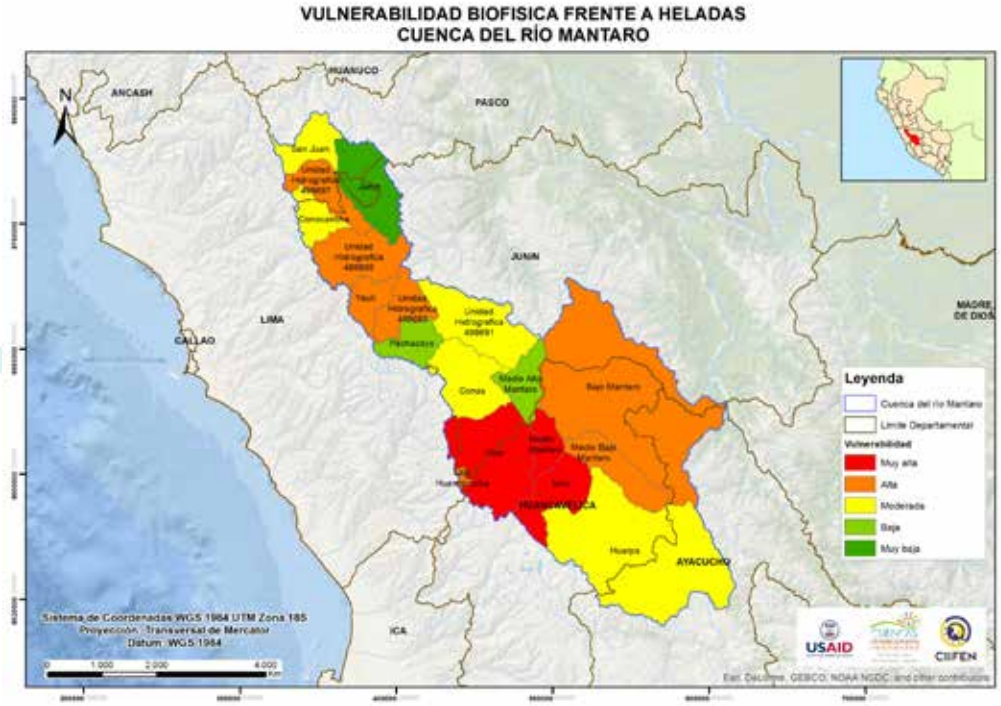


Fuente: CIIFEN, 2018a.

Los resultados obtenidos para el componente biofísico indican que las unidades hidrográficas más vulnerables ante heladas se encuentran en los departamentos de Huancavelica y Junín. En esta región, la alta vulnerabilidad se explicaría por la intervención que se presentan en los ecosistemas de estos territorios, sea por la actividad agrícola u otra. Además, esta región está ubicada en un piso climático más alto, es decir, en una región con grandes altitudes.

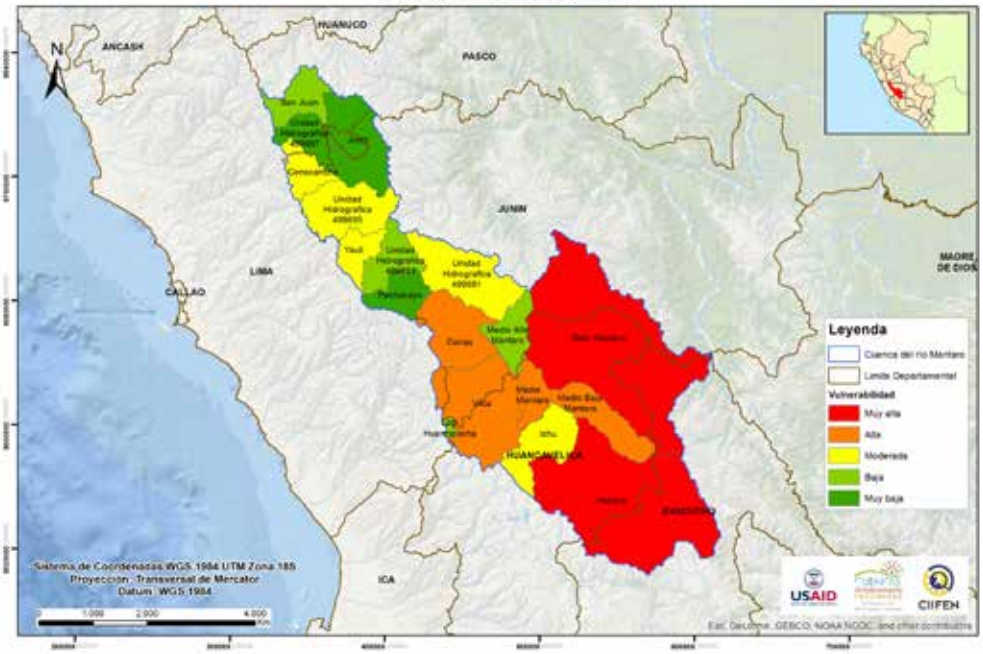
En cuanto a los resultados de lluvias intensas, se identificó que un 40% del territorio ubicado en la región más baja de la cuenca (oriental) y en

Figura 6. *Mapa del análisis de vulnerabilidad biofísica ante heladas (inferior), lluvias intensas (superior pag. 23) y sequías (inferior pag. 23).*

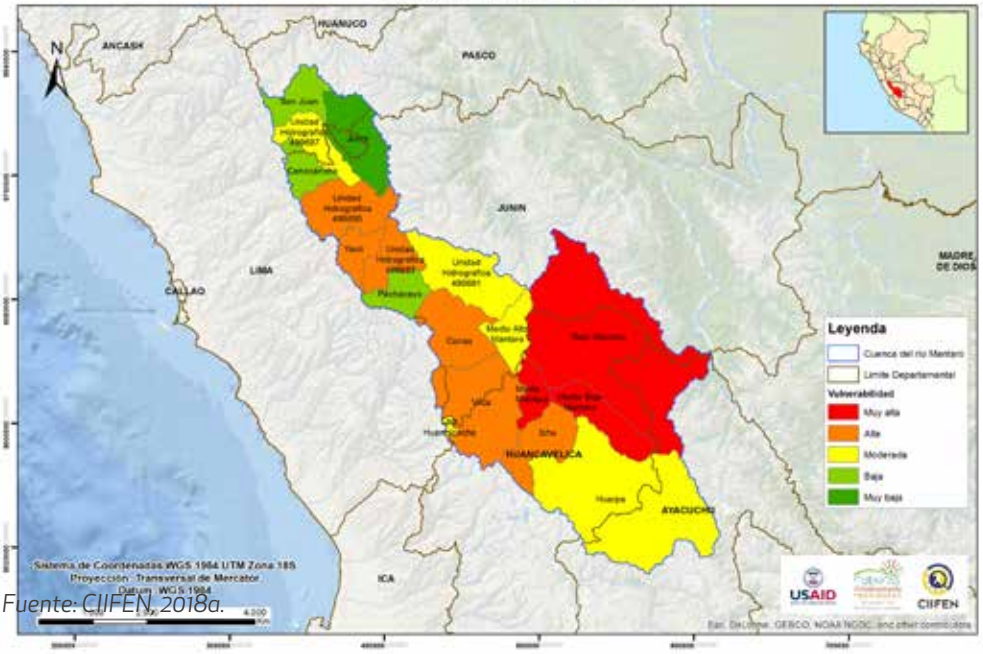


la región centro-sur, tiene alta vulnerabilidad. Ambas están relacionadas con actividades agrícolas, procesos de erosión del suelo y deterioro de las zonas de vida. Por último, la vulnerabilidad ante sequías es más alta en la cuenca baja y en la región central. Esto se debe a la poca presencia de bofedales, pocas áreas protegidas, intervención en los ecosistemas por actividades agrícolas, altos niveles de erosión, grandes pendientes y vegetación, que no permiten acumulación de agua por infiltración (CIIFEN, 2018a).

VULNERABILIDAD BIOFISICA FRENTE A LLUVIAS INTENSAS
CUENCA DEL RÍO MANTARO



VULNERABILIDAD BIOFISICA FRENTE A SEQUÍAS
CUENCA DEL RÍO MANTARO



Fuente: CIIFEN, 2018a.

EVENTOS HIDROCLIMÁTICOS Y AFECTACIONES

Luego de identificar cómo se comporta el clima de la región, cuáles son los elementos más vulnerables y entender que éstos son los más propensos a sufrir los impactos de los eventos hidroclimáticos, es importante también conocer cómo ha sido la relación entre ellos en la historia. Para esto, a continuación, se busca compartir información relevante que fue recopilada durante la ejecución del proyecto Cuencas Climáticamente Resilientes. Esta información se ha tomado tanto de fuentes oficiales de la región, como también de otras fuentes complementarias relevantes que se encontraron. Cabe reiterar que la información de las instituciones oficiales del país debería ser siempre la primera opción como la información más confiable y ajustada a la realidad local. Sin embargo, en algunos casos, debido a la escasez o dificultad en la obtención de los datos, la información complementaria de otras fuentes como las globales o de instituciones no oficiales se presenta como información de apoyo relevante para la construcción del conocimiento y resiliencia, aunque debe ser usada con su debida precaución.

Como ya fue mencionado anteriormente, para que ocurra un desastre es necesario que haya la correlación entre un fenómeno peligroso y condiciones socioeconómicas y físicas que hagan que los sistemas sean más vulnerables. A partir de esta consideración se nota la importancia de estudiar la relación histórica de los fenómenos con la población (Maskrey, 1993).

A continuación, se enlistan algunos eventos de origen hidroclimático, o que por lo menos están relacionados con alguna variable hidroclimática, y que fueron mencionados en los registros de eventos en la cuenca del río Mantaro:

- **Lluvias intensas:** Las lluvias ocurren cuando hay precipitación del agua de forma continua. Su intensidad va a depender de la cantidad en milímetros que cae en un determinado periodo de tiempo. A más volumen de lluvia en menor tiempo, mayor será su intensidad.

- **Aluvión (Huayco):** Son principalmente observados durante la temporada de lluvias. Por lo general las lluvias en exceso aumentan los caudales de los ríos que provocan inundaciones repentinas y que cargan un alto flujo de detritos.

- **Inundaciones:** Son desbordamientos de ríos u otros cuerpos de agua por encima de los niveles normales. Pueden ser fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales o costeras.

- **Deslizamientos:** Se deben a los movimientos en masa en áreas de talud que son o se vuelven inestables debido a algún factor, como por ejemplo, la remoción de la vegetación nativa o por agua de lluvias intensas o constantes que son retenidas en el suelo.

- **Avenida torrencial:** Son movimientos de masas que se desplazan por los cauces de los cuerpos de agua y que transportan una mezcla de grandes flujos de sólidos, por lo general de sedimentos y agua.

- **Alud:** También conocido como avalancha, es un desprendimiento de nieve y hielo que se da de forma abrupta en una región de ladera y que puede agregar parte de la vegetación o del sustrato, transportándolo y depositándolo en regiones adyacentes.

- **Helada:** Fenómeno relacionado a la disminución de la temperatura mínima del aire, por lo general se utiliza el valor de 0°C como referencia para indicativo de helada, aunque puede depender de la región. Suelen estar asociadas con aire seco y cielos despejados.

- **Friaje:** Es un fenómeno climático que se relaciona con el transporte de aire frío proveniente de la Antártida que ingresa por el sur del continente y se direcciona a la región amazónica.

- **Granizada:** Precipitación de partículas de hielo que pueden ser transparentes u opacas y de formas esferoidales, cónicas o irregulares. Por lo general la variación de diámetro se da entre 5 y 50 milímetros, siendo esta una de las principales variables relacionada a los daños potenciales.

- **Sequías:** Es una disminución temporal y significativa de los recursos hídricos durante un período suficientemente prolongado que afecta un área extensa con consecuencias socioeconómicas adversas. Se puede dar a corto plazo, con la reducción únicamente de los valores de precipitación, como también puede ser a largo plazo, afectando la cantidad de agua en los suelos.

- **Calor Intenso:** Puede referirse también a olas de calor. Estas no tienen una definición universal ya que cada país o región adopta un criterio local. Sin embargo, una aproximación general puede ser considerada como un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy caliente sobre una zona extensa y que suele durar días o semanas.

- **Incendio Forestal:** Fuego descontrolado que se extiende sobre un terreno forestal o silvestre y que afecta a la fauna y sobre todo la flora de una región. Se distingue de otros tipos de incendios debido a su amplia extensión, rápida difusión y difícil control.

- **Vendaval:** Vientos intensos que pueden estar asociados a una tempestad.

- **Tormenta Eléctrica:** Son descargas bruscas de electricidad atmosférica, que se manifiestan a través de breves resplandores y un estruendo (trueno). Se asocian a nubes convectivas y precipitaciones.

Comunidades locales

La primera fuente de información utilizada en este estudio fueron los resultados de las encuestas realizadas en los talleres llevados a cabo en territorio con las comunidades y actores locales, en los municipios de Ayacucho y Huancayo, en el marco del proyecto Cuencas Climáticamente Resilientes. En estos encuentros, en primer lugar, se fomentó la discusión sobre la percepción de la población acerca de los cambios en el clima de la región de la cuenca, y posteriormente se pidió que llenaran una encuesta sobre la temática. Las encuestas incluían preguntas como: la región en que viven, los eventos hidroclimáticos extremos que han podido observar, qué elementos o sistemas que hayan sido afectados han podido observar, si tuvieron alguna información o alerta previa, entre otras. La encuesta fue realizada con un total de 47 personas: 19 en Ayacucho y 28 en Huancayo.

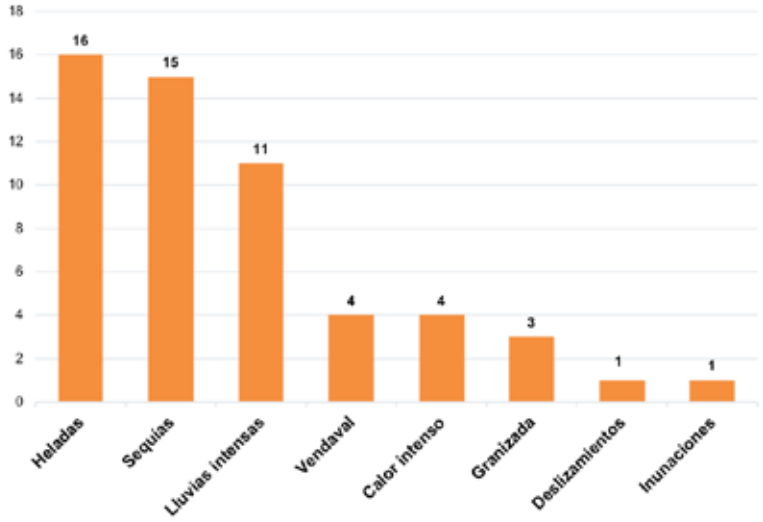
Es importante resaltar que esta aproximación no debe ser considerada como de carácter técnico-científico, ya que puede haber imprecisión en las respuestas, debido a, por ejemplo, distorsiones o influencia emocional en los recuerdos. Sin embargo, esta es una información de gran utilidad para el análisis

histórico de los desastres, debido a que la población local es la que ha experimentado la realidad y los efectos de estos eventos.

Ayacucho

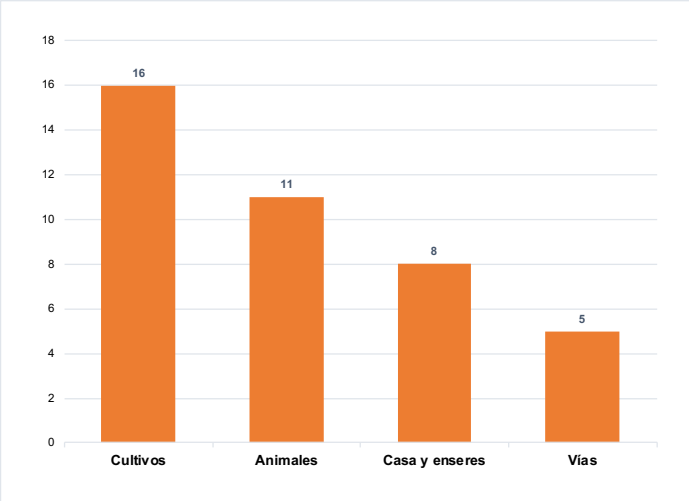
Los resultados de las encuestas indican que en Ayacucho, las heladas, sequías y lluvias intensas fueron los eventos más reportados, respectivamente. Además, la población local también reportó presencia de vendavales, calor intenso, granizada, deslizamientos e inundaciones. Los reportes consideran la memoria de las personas desde 1982, que corresponde al año del evento más antiguo mencionado, hasta el año de 2018, cuando fueron realizados los talleres.

Figura 7. *Número de eventos hidroclimáticos reportados por los miembros de las comunidades locales de Ayacucho en las encuestas realizadas en los talleres.*



Estos eventos han generado afectaciones principalmente a los cultivos, animales, casas y enseres, y vías. Sin embargo, también se mencionaron otras afectaciones como la disminución de la capacidad de las represas, el exceso de insectos, personas fallecidas, pérdida de áreas verdes y daños en canales de riego.

Figura 8. *Afectaciones relacionadas a los principales eventos hidroclimáticos reportados por las comunidades en Ayacucho.*



Estos eventos y afectaciones reportados tienen una amplia relación con la variabilidad climática en la región, toda vez que las comunidades identificaron que los períodos de sequías que generaron pérdidas en los cultivos, retraso de siembra y pérdida de cosecha, disminución de recursos hídricos, entre otros, estuvieron relacionados con déficits de precipitación y con la ocurrencia de fenómenos El Niño, destacándose el evento El Niño 2015-2016. Por otro lado, inundaciones, deslizamientos, obstrucción de las vías, daños a las viviendas y daños a los cultivos fueron observados en épocas húmedas con excesos de precipitaciones. En esta región, las heladas también son eventos que generan afectaciones importantes a los cultivos y a la población de forma general. En cuanto a las personas, los encuestados contestaron que los grupos más vulnerables, y por ende más afectados, fueron los niños y los ancianos.

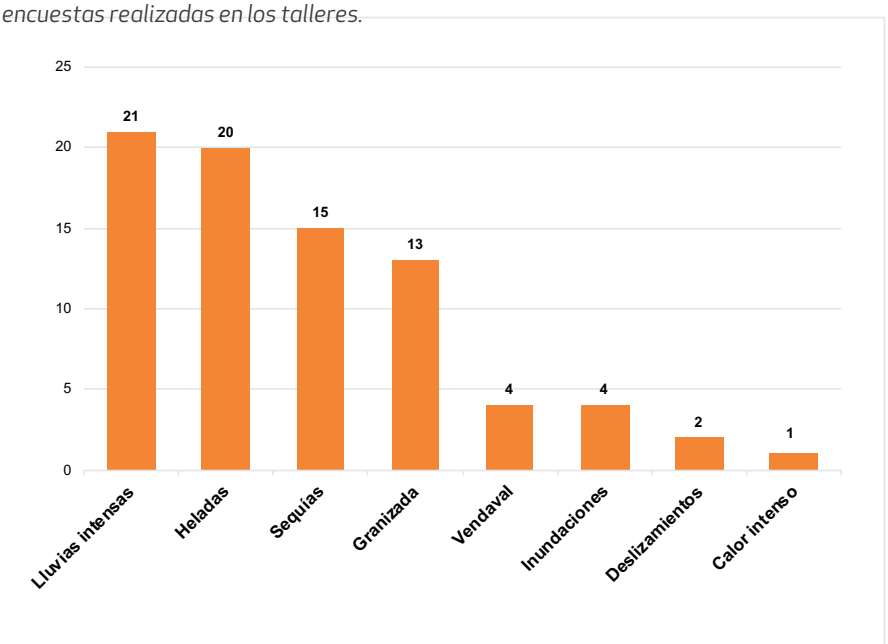
La comunidad a su vez indica que en la mayoría de los casos recibieron alertas anticipadas a través de medios de comunicación, principalmente por la radio, televisión o internet sobre las condiciones meteorológicas o climáticas extremas. La mayoría también dice confiar en los pronósticos y alertas del Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional (SENAMHI), aunque un pequeño número de personas indica que muchas veces el pronóstico no es acertado.

Como respuesta a un evento, la mayoría de las personas contestó que la comunidad por lo general recurre a la ayuda de las autoridades locales, mientras que una pequeña parte solicita crédito para restablecer sus actividades o vende sus animales o propiedades.

Huancayo

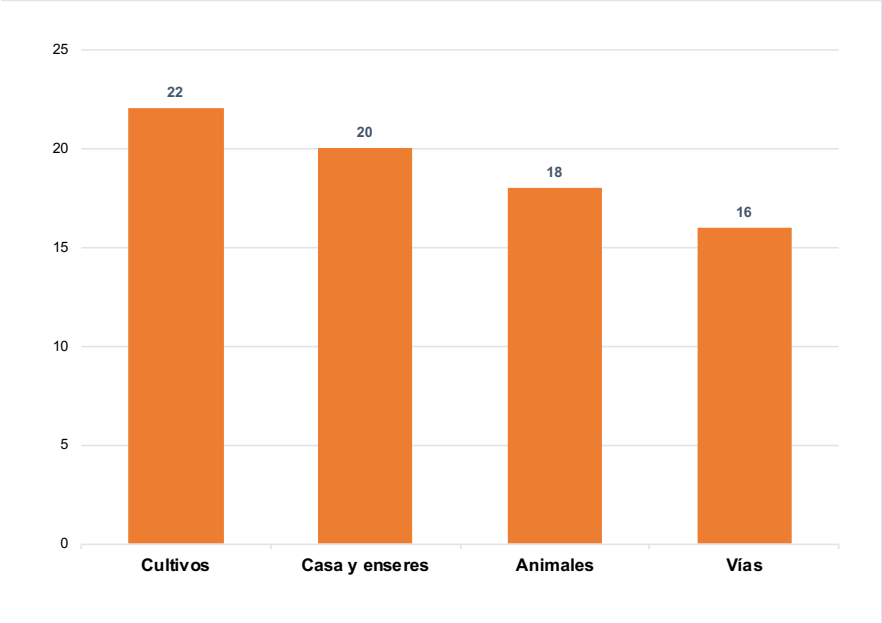
El resultado de las encuestas indica que en Huancayo las lluvias intensas, heladas y sequías fueron los eventos más reportados, en ese orden de frecuencia. Además, la población local también reportó eventos de granizada, vendaval, inundaciones, deslizamientos y calor intenso. Los reportes se basaron en los recuerdos de las personas desde 1994, que corresponde al año del evento más antiguo mencionado, hasta el año de 2018, cuando fueron realizados los talleres.

Figura 9. *Número de eventos hidroclimáticos reportados por las personas de las comunidades locales de Huancayo en las encuestas realizadas en los talleres.*



Estos eventos han generado afectaciones principalmente en los cultivos, en las casas y enseres, en los animales y en las vías. Otras afectaciones como la erosión de suelos, disminución de recursos hídricos, afectación a la salud y pérdida de la biodiversidad, también fueron mencionadas.

Figura 10. *Afectaciones relacionadas a los principales eventos hidroclimáticos reportadas por las comunidades en Huancayo.*



Estas afectaciones reportadas también tienen relación con las variaciones del clima en la región, muchas de ellas están relacionadas con el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), principalmente en su fase cálida, El Niño. Esta condición, por lo general, ha presentado disminución de las precipitaciones y estuvo asociada con la falta de agua para riego, muerte de animales, pérdida de cultivos, sobre todo de papa, maíz y quinua, entre otros. Por otro lado, las inundaciones, desbordes de ríos, deslizamientos, afectación de infraestructura (sobre todo de las vías), afectaciones a la población y a los cultivos estuvieron relacionados con lluvias intensas. En esta región también se observaron eventos de frío intenso, los cuales en algunos casos solo fue reducción de la temperatura del aire, mientras que en otros también se observaron granizadas. Las afectaciones estuvieron relacionadas con los cultivos, animales y con la salud de la población de esta región.

En cuanto a la pregunta relacionada con la alerta anticipada, la comunidad en Huancayo estuvo dividida en sus respuestas: 14 personas indicaron que recibieron alertas anticipadas mientras que otras 14 indicaron que no han recibido ninguna alerta, aunque la mayoría indicó confiar en los pronósticos y alertas del Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional (SENAMHI). Entre quienes afirmaron haber recibido la alerta anticipada, la mayoría indicó que la radio fue el principal medio de transmisión de la información, seguida por la televisión.

La mayoría de los entrevistados contestó que, como respuesta ante un evento, la comunidad busca la ayuda de las autoridades locales y de los vecinos para recuperarse del impacto y que, por último, solicitan créditos para restablecer

sus actividades económicas o venden sus propiedades y animales.

Sistema de Inventario de Efectos de Desastres – DESINVENTAR

Una fuente no oficial de ocurrencia de desastres que sirve de información complementaria al momento de conocer los registros históricos de una región es el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres - DESINVENTAR[1]. Esta iniciativa ha sido creada por diferentes grupos de trabajo de investigadores, académicos e instituciones agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED[2]). El sistema comenzó a partir de 1994 y tuvo como objetivo cubrir la falta de datos de ocurrencia de desastres en la región de forma general, pero sobre todo en la región Andina donde los registros son escasos. Esta sistematización buscaba también reunir la información en una única plataforma en línea que fuera fácilmente accedida desde cualquier región por cualquier tipo de usuario.

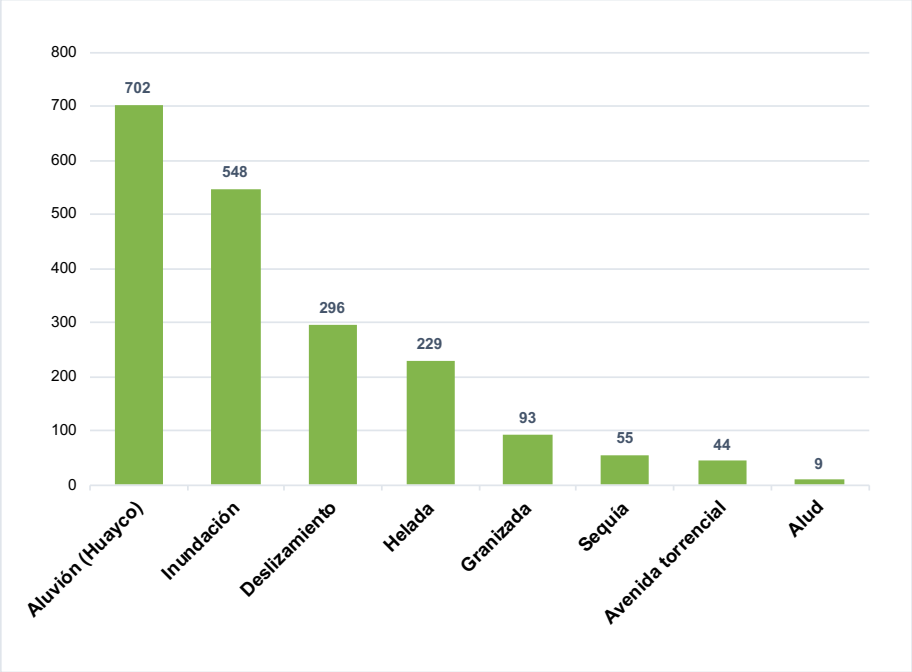
La plataforma actualmente posibilita la consulta, despliegue y adquisición de datos de desastres con pequeños, medios y grandes impactos con base en datos preexistentes de diversas fuentes. Además, a través de esta plataforma se puede conocer más acerca de las definiciones y las ayudas para el manejo de los datos y también permite la presentación de resultados en forma de mapas, gráficos, datos y otros. La información es mostrada por fecha, tipo de evento, causa, región, fuente de datos, observaciones sobre las afectaciones, número de personas afectadas, evacuadas, reubicadas, afectación a las infraestructuras, a sectores de la economía, entre otros.

Para el presente reporte se descargaron los datos en formato de tabla directamente de la plataforma DESINVENTAR, donde posteriormente se hicieron los respectivos resúmenes y análisis. Para esto, se realizó un filtro de los distritos que intervienen en la cuenca y que forman parte de los departamentos de Junín, Pasco, Ayacucho, Huancavelica y Lima. De esta forma, se contabilizó la frecuencia de ocurrencia de eventos de origen hidroclimático y luego se identificaron también las afectaciones generadas en el territorio. La base de datos para esta región presenta información desde el año 1970 hasta el año de 2013.

El resultado principal se muestra en el gráfico abajo, donde se puede observar una gran cantidad de aluviones (huaycos) con 702 reportes, seguidos de inundaciones con 548, deslizamientos con 296, heladas con 229, granizadas con 93, sequías con 55, avenidas torrenciales con 44 y por último alud con 9, totalizando 1.976 registros. Cabe reiterar que para el Departamento de Lima, se seleccionaron solamente los distritos que tienen una intersección con la frontera con la cuenca. Por lo tanto, los resultados para Lima pueden estar sobre valorados en relación al tamaño del territorio que ocupa en la cuenca, que es de aproximadamente 1%.

1. DESINVENTAR - http://www.desinventar.org
2. LA RED - http://www.desenredando.org/

Figura 11. *Recurrencia de eventos extremos reportados en la base de datos de DESINVENTAR.*



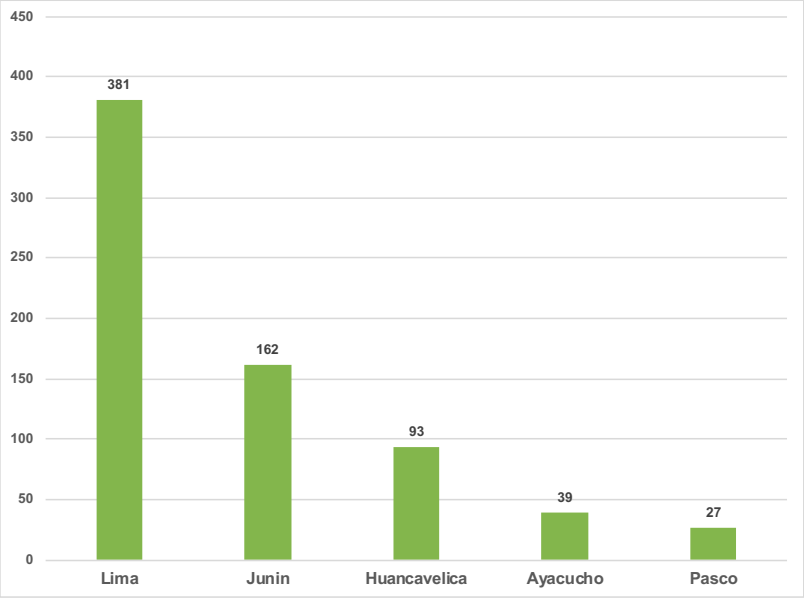
Los tres eventos más reportados: aluvión, inundación y deslizamiento están relacionados con lluvias intensas; luego están los relacionados con temperaturas bajas. Estos coinciden con lo mencionado por las comunidades, donde se pudo observar una mayoría de eventos de heladas y lluvias intensas, sumando los reportes de Ayacucho y Huancayo.

A continuación, se hace una descripción detallada de las afectaciones por evento, donde cabe resaltar que los valores mencionados podrían estar subestimados, ya que pueden haber ocurrido más eventos o afectaciones que no fueron reportados. Además, las afectaciones también pueden estar subvaloradas debido a la falta de conocimiento de la relación de esta con el evento.

Aluvión (Huaycos)

Según los registros de la base de datos del DESINVENTAR, los aluviones o huaycos fueron causados principalmente por las lluvias intensas. Otras causas mencionadas fueron las inundaciones o deslizamientos. De los departamentos de la cuenca, Lima fue el que presentó mayor número de registros, con 381, seguido de Junín con 162, Huancavelica con 93, Ayacucho con 39 y Pasco con 27. Los registros indicaron que un total de 147.638 personas fueron afectadas y 1.566 resultaron muertas. Las viviendas afectadas sumaron un total de 3.388, mientras que las destruidas sumaron 1.894. Estos eventos también generaron afectaciones a 15.274 hectáreas de bosque natural y cultivos en total, en 346 km de vías, y dejaron a 26 centros de educación afectados. Otras afectaciones mencionadas incluyen al sector de comunicaciones, el sector agropecuario, acueductos, alcantarillados, educación, energía, industrias y salud.

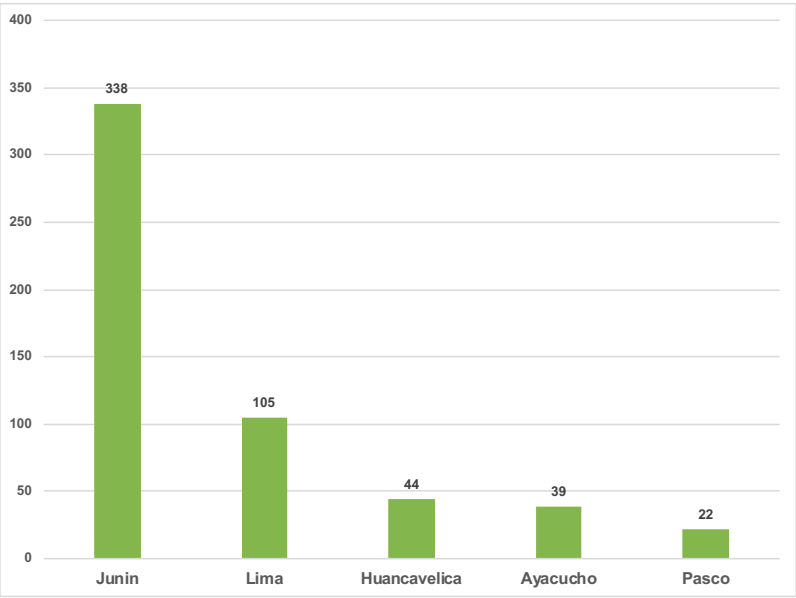
Figura 12. *Número de reportes de aluviones por departamento.*



Inundación

Las inundaciones, según los datos registrados en DESINVENTAR, están más asociadas a los desbordes de ríos, a las lluvias intensas y a los aluviones. A diferencia de los aluviones, el departamento con más inundaciones registradas fue el de Junín, con 338, seguido por Lima con 105, Huancavelica con 44, Ayacucho con 39 y Pasco con 22. Estos eventos han afectado a 153.380 personas y dejado un saldo de 58 muertos. También se ha registrado 6.515 viviendas afectadas y 1.419 destruidas. Entre cultivos y bosques se registró 245.542 hectáreas afectadas, mientras que poco menos de 250 km de vías registraron afectaciones. Para este evento, las otras afectaciones mencionadas, aunque no contabilizadas en esta base de datos, fueron en los sectores transporte, comunicaciones, agropecuario, acueductos, alcantarillados, educación, energía, industrias y salud.

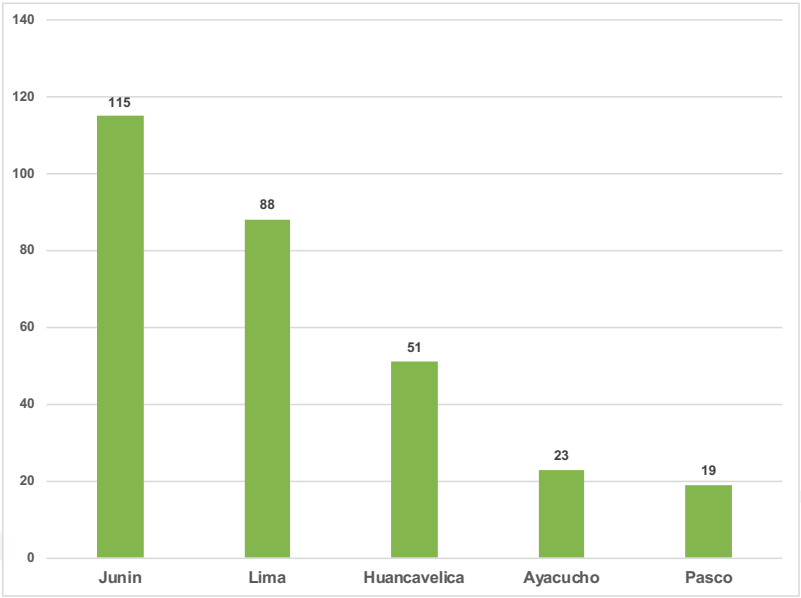
Figura 13. *Número de reportes de inundaciones por departamento.*



Deslizamiento

Los deslizamientos en la cuenca estuvieron, principalmente, asociados con eventos de lluvias extremas y fueron más observados en el departamento de Junín con 115 eventos, seguido por Lima con 88, Huancavelica con 51, Ayacucho con 23 y Pasco con 19. Los registros indican un total de 34.275 personas afectadas y 209 muertes debido a deslizamientos. Además, 507 viviendas fueron afectadas, mientras que 214 fueron destruidas. Un área de 5.233 hectáreas de cultivos y bosques y 188 km de vías también fueron afectadas. También se observaron afectaciones, no contabilizadas en los sistemas de transporte, comunicaciones, sector agropecuario, acueductos, educación, energía, industrias y salud.

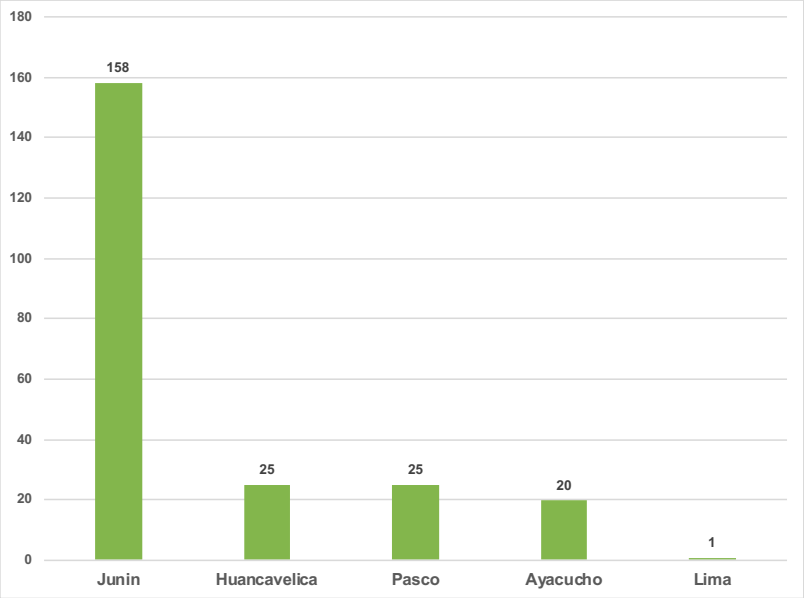
Figura 14. *Número de reportes de deslizamientos por departamento.*



Helada

Las heladas en la cuenca han sido principalmente asociadas a los descensos de temperaturas a menos de 0°C y también a la llegada de olas de frío, aunque también fueron asociadas a ausencia de lluvias. Estos eventos fueron más reportados en el departamento de Junín con 158 registros, seguidos de Huancavelica y Pasco con 25 cada uno, Ayacucho con 20 y Lima con apenas 1. El departamento de Lima tiene poca representatividad en el territorio de la cuenca, además, no posee grandes altitudes en su territorio, por esto los eventos de heladas tuvieron resultados bajos en este departamento. Las afectaciones han alcanzado 12.883 personas en la cuenca y han dejado a 194 muertos. El área de bosque y cultivos sumados alcanzó a 47.834 hectáreas, mientras que otras afectaciones, no valoradas, fueron identificadas en el sector de transportes, comunicaciones, agropecuario, educación y salud.

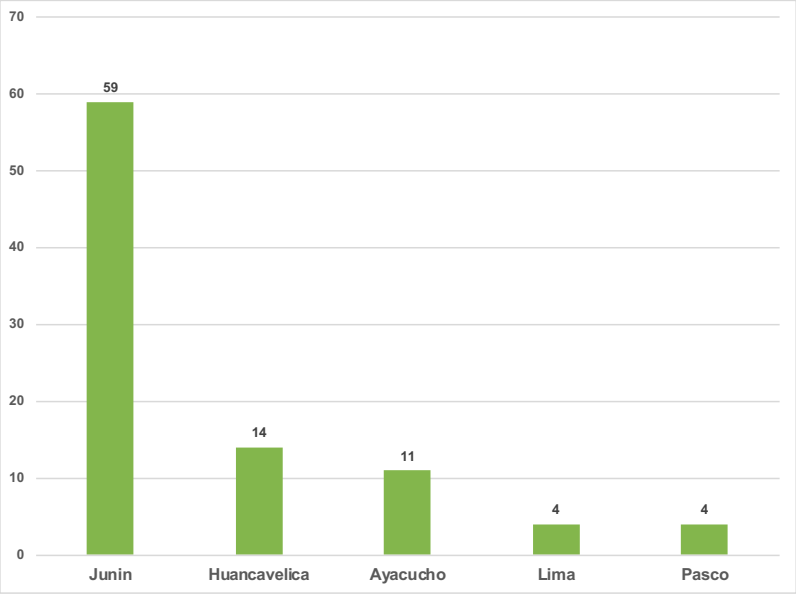
Figura 15. *Número de reportes de heladas por departamento.*



Granizada

Las granizadas, básicamente, estuvieron asociadas a condiciones meteorológicas adversas, principalmente con la presencia de lluvias. Estos eventos fueron más registrados en el departamento de Junín, con 59 eventos, seguidos por Huancavelica con 14, Ayacucho con 11 y Lima y Pasco con 4 cada uno. De manera general, han afectado a 38.090 personas, pero no se han registrado muertes. En estos eventos fueron reportadas 451 viviendas afectadas y 100 destruidas; además, los bosques y cultivos afectados sumaron un total de 35.888 hectáreas y las vías un total de 220 km afectados. Se reportaron, además, afectaciones en el sector de transportes, comunicaciones, agropecuario, educación, energía, industrias y salud.

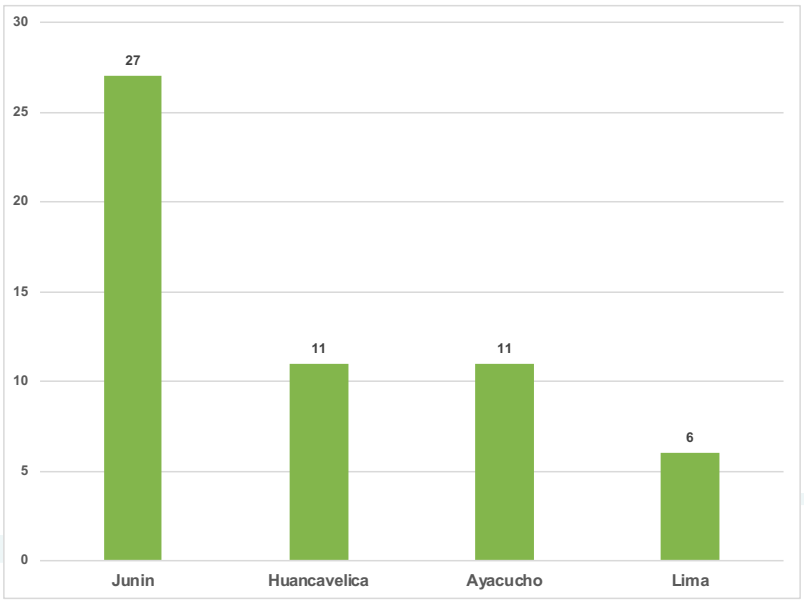
Figura 16. *Número de reportes de granizadas por departamento.*



Sequía

Las sequías, además de estar asociadas a la falta de lluvias, han sido relacionadas con incrementos de temperatura, donde por momentos se presentaron también olas de calor. Este evento ha sido observado, principalmente, en el departamento de Junín con 27 registros, mientras que Huancavelica y Ayacucho registraron 11 cada uno, y por último Lima registró 6. En el departamento de Pasco no fueron registrados eventos de sequía en la base de datos del DESINVENTAR. Estos eventos en total han afectado a 31.500 personas, pero no se han reportado muertos. La única afectación ha sido a los cultivos y bosques, sumando un total de 12.900 hectáreas afectadas.

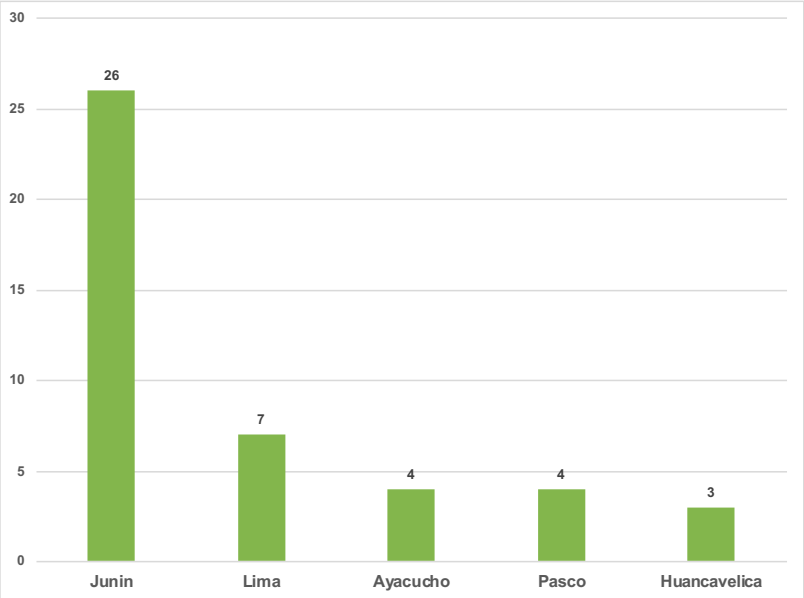
Figura 17. *Número de reportes de eventos sequías por departamento.*



Avenida Torrencial

Estos eventos, básicamente, han estado relacionados con precipitaciones intensas, ya que, además se mencionaron inundaciones, deslizamientos y desbordamientos de ríos como factores causantes. En el departamento de Junín se han registrado 26 ocurrencias, seguidos de Lima con 7, Ayacucho y Pasco con 4 y Huancavelica con 3. Se reportó un total de 33.807 personas afectadas y 19 muertes. Un total de 120 viviendas fueron afectadas y 80 destruidas. Los cultivos y bosques sumaron un total de aproximadamente 30.000 hectáreas afectadas, mientras las vías sumaron poco más de 7 km. Se observaron, además, afectaciones en el sector transporte, agropecuario, educación, energía, industrias y salud.

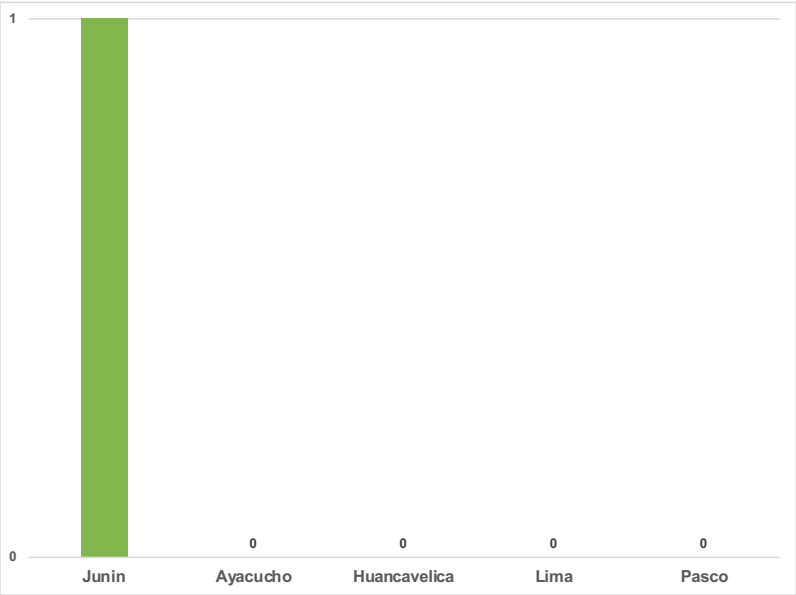
Figura 18. *Número de reportes de avenidas torrenciales por departamento.*



Alud

Estos eventos estuvieron relacionados con las lluvias y condiciones atmosféricas adversas en la cuenca y solamente ocurrieron en el departamento de Junín con 9 registros. Afectó a un total de 1.300 personas y dejó 8 muertos. Además, se reportó afectaciones no valoradas en los sectores de transporte, comunicaciones y educación.

Figura 19. *Número de reportes de aludes por departamento.*



Resumen

De todos los eventos reportados, los aluviones (huaycos) y las inundaciones fueron los que presentaron los mayores números de afectaciones, en las 11 categorías consideradas: transporte y vías, sector agropecuario, bosques, educación, comunicaciones, salud, vivienda, energía, industrias, acueductos y alcantarillado. Los eventos de deslizamientos y granizadas no presentaron afectaciones en las categorías alcantarillado y acueductos. Las avenidas torrenciales también presentaron afectaciones a varias categorías, exceptuando los sectores de comunicación, acueductos y alcantarillado. Las heladas, a su vez, presentaron afectaciones en 6 categorías: transporte y vías, agropecuario, bosques, educación, comunicaciones y salud. Los Aludes presentaron afectaciones en 3 categorías: transporte y vías, educación y comunicaciones. Por último, la sequía solamente registró afectaciones en el sector agropecuario y en los bosques.

Por otro lado, el análisis del número de afectaciones indica que las categorías transporte y vías, y educación no estuvieron presentes, únicamente, en los registros de sequías; mientras que el sector de comunicación no registró afectaciones en las categorías sequías ni avenida torrencial. El sector agropecuario y los bosques también presentaron una presencia elevada entre los distintos eventos a excepción de los aludes. Luego, las categorías de comunicaciones y salud presentan 6 eventos diferentes; viviendas, energía e industrias en 5; acueductos en 3; y por último alcantarillado en apenas 2.

Tabla 2. *Relación y conteo de eventos por afectaciones.*

		Aluvión	Inundación	Deslizamiento	Granizada	Ave. Torrencial	Heladas	Alud	Sequía
	TOTAL	11	11	10	9	8	6	3	2
Transporte y vías	7	x	x	x	x	x	x	x	
Agropecuario	7	x	x	x	x	x	x		x
Bosques	7	x	x	x	x	x	x		x
Educación	7	x	x	x	x	x	x	x	
Comunicaciones	6	x	x	x	x		x	x	
Salud	6	x	x	x	x	x	x		
Viviendas	5	x	x	x	x	x			
Energía	5	x	x	x	x	x			
Industrias	5	x	x	x	x	x			
Acueducto	3	x	x	x					
Alcantarillado	2	x	x						

Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI

Como parte de la recopilación de información, también se contactó al Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú (INDECI) para solicitar información sobre los registros de los eventos hidroclimáticos en la cuenca. Esta es la institución responsable de brindar asesoramiento técnico en los procesos de preparación, respuesta y rehabilitación a las autoridades distritales, provinciales y regionales del país. Además, también está involucrado en actividades de investigación, desarrollo y difusión de información para la aplicación de la gestión. Esta institución compartió su base de datos de emergencia para la cuenca del río Mantaro, que incluye información desde el año 2003 al 2017. A diferencia de las fuentes de información previamente mencionadas, esta es oficial del Gobierno Nacional del Perú y cuenta con un nivel de detalle que permite un análisis técnico más preciso.

La información compartida incluye información de la fecha de ocurrencia de la emergencia, la ubicación, los tipos de eventos y afectaciones, el número de muertos, la cantidad de personas afectadas, infraestructuras y sectores afectados, entre otros. En cuanto a los eventos, para el presente análisis se seleccionaron únicamente los hidroclimáticos, sin considerar, por lo tanto, eventos que se relacionaban con sismos o terrorismo, por ejemplo. Los eventos elegidos fueron: precipitación, descenso de temperatura, vientos fuertes, granizada, inundación, deslizamiento, sequía, aluvión (huayco), incendio forestal, tormenta eléctrica y alud. Para el caso de las temperaturas mínimas, tres categorías fueron agrupadas en "descenso de temperatura", donde se incluyeron, además de la mencionada, los eventos de friajes y heladas. Entre las afectaciones seleccionadas están: número de fallecidos, desaparecidos, heridos, damnificados, afectados, afectación o destrucción de viviendas, centros de salud, centros educativos, cultivos, carreteras, puentes y canal de riego.

La primera información que se puede extraer del reporte de emergencias es que, del total de 5.668 eventos desde 2003 hasta 2017, el año 2013 fue el que contó con más reportes de emergencias, de forma general en la cuenca, con 827 registros, seguido de 2014 con 723 eventos y 2016 con 616 registros. El año 2007, por otro lado, fue el que presentó menos registros, con 156.

Tabla 3. *Relación de años con el número y tipo de evento. Las celdas marcadas con color verde corresponden a los años con mayor número de registros del respectivo evento, mientras que las marcadas con color naranja corresponden a los años con menor número de registros. Para el caso de la precipitación, el año con mayor reporte de emergencias fue 2013, mientras que el menor valor se dio en 2007. Las celdas que no poseen valor indican que no hubo registros de este evento en este año, mientras que los eventos (filas) que no tienen celdas marcadas con ningún color indican que no hubo representatividad en los valores máximos o mínimos para este evento.*

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total
Precipitación	76	54	36	35	16	50	47	168	339	269	405	399	126	83	165	2.268
Descenso de Temperatura	2	32	58	15	58	49	64	97	46	43	226	149	144	177	27	1187
Vientos Fuertes	34	52	85	57	42	107	65	75	42	55	85	79	61	90	18	947
Granizada	10	10	11	4	5	17	7	18	11	75	50	28	23	28	9	306
Inundación	37	25	18	20	21	12	17	19	24	22	17	20	24	9	7	292
Deslizamiento	10	18	20	43	8	5	15	18	31	15	28	37	5	6	13	272
Sequía		47	9	3	2							2	1	192		256
Aluvión (Huayco)	3	4	3	5	4	4	5	13	7	6	10	3	1	5	3	76
Incendio Forestal								3	1	3	3	3	5	26		44
Tormenta Eléctrica	2	3	1			1	2	1			2	3	2		1	18
Alud				1							1					2
Total	**174**	**245**	**241**	**183**	**156**	**245**	**222**	**412**	**501**	**488**	**827**	**723**	**392**	**616**	**243**	**5.668**

Para el análisis de eventos por departamento, además de considerarse la cantidad de registros de cada evento, también se estimó el porcentaje aproximado del área del territorio que la cuenca representa sobre el territorio de cada departamento. De esta forma, se pudo observar que el departamento de Huancavelica es el que cuenta con mayor parte de su territorio dentro la cuenca, con 55% del total, y que coincidentemente este es el departamento que presentó mayor número de emergencias con 3.411 en total. En el caso de Ayacucho, solo el 12% de su territorio corresponde a la cuenca del Mantaro; sin embargo, este departamento es el segundo con mayor número de eventos, con 1.009 en total. En ambos casos, el mayor número de eventos registrados son de precipitación. El departamento de Junín, con 33% del territorio dentro de la cuenca, tuvo un total de 898 eventos, mientras que el departamento de Pasco, con 10% de su territorio dentro de la cuenca, presentó 348 registros. Por último, el departamento de Lima, con solamente 1% del total de su territorio dentro de la cuenca, presentó 2 eventos de descenso de temperatura.

Tabla 4. *Relación de número de eventos por departamentos. Se incluye también información sobre el porcentaje del área del territorio que es representado por la cuenca.*

	Huancavelica (55%)	Ayacucho (12%)	Junín (33%)	Pasco (10%)	Lima (1%)	TOTAL
Precipitación	1.508	382	257	121	0	2.268
Descenso de Temperatura	849	78	140	118	2	1.187
Vientos Fuertes	497	247	153	50	0	947
Granizada	172	58	62	14	0	306
Inundación	93	66	118	15	0	292
Deslizamiento	106	76	63	27	0	272
Sequía	117	60	79	0	0	256
Aluvión (Huayco)	43	19	14	0	0	76
Incendio Forestal	11	23	8	2	0	44
Tormenta Eléctrica	14	0	3	1	0	18
Alud	1	0	1	0	0	2
Total	**3.411**	**1.009**	**898**	**348**	**2**	**5.668**

En cuanto a las afectaciones, se reporta un total de 922.369 personas afectadas y 69 fallecidos en total, considerando todos los eventos hidroclimáticos desde 2003 a 2017. Los registros indican que 748.533 personas y, por lo tanto, el mayor registro está asociado a los eventos de descenso de temperatura, seguidos de 111.143 afectadas por sequía. En relación a los fallecidos, la mayoría de los registros estuvieron asociados a precipitaciones con un total de 28, seguidos de eventos de aluviones (huaycos), con 15 registros.

Las viviendas también han sido afectadas, principalmente por descensos de temperaturas, vientos fuertes, inundaciones, deslizamientos y aluviones. Sin embargo, cuando se contabilizaron las viviendas destruidas, los eventos de vientos fuertes y de precipitaciones fueron los más relacionados. Los centros de salud, a su vez, registraron mayores afectaciones debido a los vientos fuertes y descensos de temperatura.
Un valor importante de afectación registrado fue el de cultivos destruidos. En este caso se reportó un área de 86.490 hectáreas en total de cultivos destruidos y 14.213 hectáreas de cultivos afectados. El evento de sequía estuvo relacionado con la mayor parte de las áreas destruidas, seguido por los descensos de temperatura, granizadas y precipitaciones.

Las demás infraestructuras como carreteras, puentes y canales de riego registraron mayores valores de afectación y de destrucción relacionadas con los eventos de precipitaciones, destacándose los canales de riego, con 1.145 registros.

Tabla 5. *Relación del número de eventos y afectaciones. Las celdas en blanco representan la ausencia de valores.*

	TOTAL	Precipitación	Descenso de Temperatura	Vientos Fuertes	Granizada	Inundación	Deslizamiento	Sequía	Aluvión (Huayco)	Incendio Forestal	Tormenta Eléctrica	Alud
Fallecidos	**69**	28	7	2	2		12		15		3	
Desaparecidos	**9**								9			
Heridos	**149**	48		36	1	4	34		8	5	13	
Damnificados	**78.001**	29.146	38.997	3.953	2.143	626	1.911		1.182	19	23	1
Afectados	**922.369**	29.931	748.533	24.321	4.593	324	1.381	111.143	1.261	827	55	
Viviendas Destruidas	**2.044**	458	161	537	371	122	333		25	2	33	2
Viviendas Afectadas	**22.580**	297	14.633	4.252	37	1.899	864		546	39	7	6
Centros de Salud Afectados	**159**	134	7	3	6	6	1		2			
Centros de Salud Destruidos	**5**	3					2					
Centros Educativos Afectados	**391**	4	61	242	35	21	14		12		2	
Centros Educativos Destruidos	**83**	47		17	1	16	2					
Cultivos Afectados (Has)	**14.213**	5.924	1.392	17	644	45	49	5.759	376	7		
Cultivos Destruidos (Has)	**86.490**	6.364	16.547	168	7.483	97	98	55.194	493	38	8	
Carreteras Afectadas (m)	**283**	281				1	1					
Carreteras Destruidas (m)	**45**	42					3					
Puentes Afectados	**31**	28		1		1	1					
Puentes Destruidos	**10**	8				1			1			
Canal Riego Afectado	**1.150**	1.145					5					
Canal Riego Destruido	**8**	2				6						

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES

El presente estudio buscó hacer un análisis comprensivo de los principales eventos hidroclimáticos y sus afectaciones en la región de la cuenca del río Mantaro, y para esto se utilizaron fuentes de información diversas.

Algunas fuentes utilizadas no son oficiales y, por lo tanto, no son indicativos técnico-científicos de las condiciones del territorio. Debido a esto, solamente se consideró la categoría "eventos" de forma general en cuanto a las variables de amenaza o peligro hidroclimático. Por ejemplo, las lluvias intensas pueden generar inundaciones o deslizamientos y, en este caso, las lluvias intensas se podrían tratar como el fenómeno o evento, mientras que el deslizamiento podría ser considerado el efecto. Sin embargo, la metodología utilizada buscó armonizar la percepción de las comunidades locales sobre los "eventos" y por lo tanto se mantuvieron lluvias intensas, inundaciones y deslizamientos como eventos diferentes. Además, en la mayor parte de los registros no había información suficiente sobre los factores específicos que causaron cada evento. La misma lógica se aplicó para el término "afectaciones," donde se agruparon en esta misma categoría los distintos sectores abordados en la aproximación con las comunidades y en la base de datos del DESINVENTAR y de emergencias del INDECI.

Otra razón para esta aproximación metodológica fue la dificultad de obtener información completa de la relación del evento hidroclimático con sus afectaciones. En algunos casos existe la relación entre estos dos factores, pero no está valorada, y en los casos donde hay la valoración, hay grandes probabilidades de que esta indicación esté subestimada. Por lo tanto, esta metodología presenta una desventaja en el momento de realizarse un análisis técnico, ya que no se puede desarrollar una relación numérica confiable o generar una estadística que ayude a crear información relevante, por ejemplo, para ser usada para predecir los impactos en el futuro.

Sin embargo, los resultados son satisfactorios para entender la relación de las comunidades con el territorio, sobre todo en lo que se refiere a los elementos más afectados y los eventos hidroclimáticos más peligrosos y recurrentes. Además, también sirve de base para conocer los elementos prioritarios para la toma de decisiones.

En cuanto a las consideraciones sobre el clima, se identificó que la lluvia por encima de lo normal en la época húmeda fue responsable de gran parte de las afectaciones registradas. Por otro lado, la disminución en las precipitaciones también ha sido responsable por afectaciones en la cuenca, teniendo en cuenta el alto reporte de personas y cultivos afectados por los eventos de sequía. Además, en esta región de la sierra del Perú, por lo general la variabilidad climática asociada a la fase cálida del ENOS, El Niño, representa disminución de la precipitación.

También, la característica montañosa la hace más susceptible, por ejemplo, a deslizamientos e inundaciones. Asimismo, las regiones con grandes altitudes también son más susceptibles a los eventos de descensos de temperatura.

En el estudio de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018a), en cuanto al análisis socioeconómico se indica que, tanto para el análisis ante la amenaza de heladas, como de lluvias intensas y de sequías, el departamento de Huancavelica es el que posee el mayor número de municipios con vulnerabilidad alta. Además, el análisis del número de registros de emergencias por departamentos con los datos del INDECI indica que este es el departamento que presentó mayor número de emergencias con 3.411 en total, además de ser el que posee la mayor parte de su territorio dentro de la cuenca, con 55% de su área total. Entre los principales elementos que lo hacen más vulnerable están las características de las actividades económicas, salud, vivienda, infraestructura, educación y acceso a servicios básicos.

De forma general, el presente análisis de reporte de eventos y afectaciones coincide con los resultados de vulnerabilidad, sobre todo con respeto a las afectaciones a las viviendas, infraestructuras, centros de salud y de educación, y en el sector agrícola, que presentó grandes valores de destrucción de cultivos y de afectaciones a los canales de riego.

Asimismo, el análisis de vulnerabilidad biofísica indicó que la región más vulnerable ante la amenaza de descenso de temperatura se encuentra en los departamentos de Huancavelica y Junín, lo que se explica por el alto nivel de intervención en que se encuentran los ecosistemas, sea por actividades agrícolas u otro tipo de actividades humanas. En el registro de eventos de la base de datos del INDECI, el descenso de temperatura fue el evento que presentó mayor número de personas y viviendas afectadas, y el segundo con mayor área de cultivos destruidos.

En cuanto a la vulnerabilidad ante lluvias intensas, las regiones más bajas de la cuenca son las más vulnerables, las cuales están asociadas también con las condiciones de las actividades agrícolas, procesos de erosión del suelo y deterioros de las zonas de vida. Por otro lado, las áreas más vulnerables a sequías están concentradas en la región central, sobre todo en la región más baja, debido a la poca presencia de protección natural, al alto nivel de intervención de los ecosistemas por actividades agrícolas, y a los altos niveles de erosión y grandes pendientes.

Estos factores coinciden con los principales eventos y afectaciones registrados en las diferentes fuentes de información. Para el caso de la base del DESINVENTAR, los eventos más registrados fueron los aluviones, inundaciones y deslizamientos, todos relacionados a la intervención de los ecosistemas y al mal manejo de las áreas de ladera. Además, la alta dependencia de la actividad agrícola, que, aunque es la actividad que garantiza el sustento de la población en general y contribuye al abastecimiento de la alta demanda de la región de Lima, muchas veces genera dificultades económicas a las comunidades locales, debido a la alta vulnerabilidad de este sector productivo y de la región, que es constantemente afectada por descensos de temperatura, lluvias intensas y sequías.

Recomendaciones

En la síntesis de los registros históricos obtenidos, se llegó a la conclusión de que es difícil obtener información adecuada que relacione, de forma específica, los eventos hidroclimáticos con sus afectaciones y que pueda generar información cuantitativa para análisis más profundos, como, por ejemplo, los estadísticos, y esta es una aproximación importante para poder anticipar las potenciales afectaciones futuras de un evento extremo. Por lo tanto, es de gran importancia que se registre y se comparta la mayor cantidad de información posible sobre el desastre en el momento de respuesta o remediación. Esta aproximación va a ayudar a mejorar la capacidad de prevención de las comunidades y de las autoridades, que es uno de los principales objetivos de la Gestión de Riesgos de Desastres.

A continuación, se mencionan algunas medidas recomendadas por las comunidades de la cuenca del río Mantaro para reducir el riesgo ante los eventos hidroclimáticos. Estas pueden ser consideradas como posibles medidas prioritarias a analizarse, ya que han sido reportadas por la población directamente afectada:

- Fomentar políticas y trabajos de prevención;
- Fortalecer las capacidades de los equipos técnicos encargados de la prevención de riesgos de los gobiernos locales, regionales y nacionales;
- Elaborar/mejorar y utilizar los Planes de Ordenamiento Territorial y Planes de Desarrollo Urbano, considerando la gestión de riesgos de desastres;
- Implementar o mejorar alertas tempranas a través de los medios de comunicación más utilizados por la población, sobre todo por parte de los entes competentes como el SENAMHI;
- Elaborar estudios de evaluación de riesgo y difundirlos;

- Promover el conocimiento ancestral para disminuir los efectos del clima;
- Capacitar y sensibilizar a las poblaciones sobre los riesgos ante fenómenos naturales;
- Difundir la información de manera sencilla a la población;
- Brindar información para prevenir y mitigar los eventos climáticos;
- Incrementar la participación y el interés de las autoridades locales, regionales y de las juntas vecinales;
- Organizar a las comunidades para afrontar los eventos climáticos;
- Organizar grupos de comunidades voluntarias para la vigilancia del clima;
- Fomentar las investigaciones y las tecnologías agrícolas;
- Realizar estudios a mayor detalle, de acuerdo a la realidad de cada zona;
- Reforestar con especies nativas para la conservación de la cuenca alta;
- Reforestar los cerros utilizando especies nativas para prevenir la erosión y el deslizamiento;
- Incrementar los cercos naturales en las riberas de los ríos y realizar limpiezas periódicas de los cauces;
- Implementar herramientas para la utilización de cultivos sostenibles;
- Construcción de estructuras para el almacenamiento del agua;
- Realizar proyectos para la protección de vías.

BIBLIOGRAFÍA

CIIFEN (2018). Entendiendo el clima de la cuenca del Río Mantaro, Perú. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador.

CIIFEN (2018a). Módulo de capacitación sobre vulnerabilidad frente al cambio climático en la cuenca del río Mantaro, Perú. Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Guayaquil, Ecuador.

Funk, C., P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, G. Husak, L. Rowland, L. Harrison, A. Hoell & J. Michaelsen. (2015). The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. Scientific data, 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015.

IGP (2005). Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro. Volumen 1: Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire de la Cuenca del Río Mantaro. Instituto Geofísico del Perú. ISBN: 9972-824-13-6. CONAM - Consejo Nacional del Ambiente.

IPCC (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B.; Barros, V.; Stocker, T.F.; Qin, D.; Dokken, D.J.; Ebi, K.L.; Mastrandrea, M.D.; Mach, K.J.; Plattner, G.-K.; Allen, S.K.; Tignor, M.; and Midgley, P.M.] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Estados Unidos de América, 582 pp.

IPCC (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2013: Bases físicas. Contribución del grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; Boschung, J.; Nauels, A.; Xia, Y.; Bex, V.; and Midgley, P.M. (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Estados Unidos de América.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Field, C.B.; Barros, V.R.; Dokken, D.J.; Mach, K.L.; Mastrandrea, M.D.; Bilir T.E.; Chatterjee, M.; Ebi, K.L.; Estrada, Y.O.; Genova, R.C.; Girma, B.; Kissel, E.S.; Levy, A.N.; MacCraken, S.; Mastrandrea, P.R.; and White L.L. (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido, y Nueva York, Estados Unidos de América, 1132 pp.

Ocampo, O. L. (2012). Análisis de vulnerabilidad de la cuenca del río Chinchiná para condiciones estacionarias y de cambio climático. Tesis de Maestría. Manizales. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

OMM (2015). WMO Guidelines on Multi-hazard Impact-based Forecast and Warning Services. Organización Meteorológica Mundial, OMM-No. 150. Ginebra, Suiza.

OMM (2017). Commission for climatology – frequently asked questions. Disponible: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/faqs.php. Organización Meteorológica Mundial.

Maskrey, A. (1993). Los Desastres no son naturales. La Red – Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

Montealegre, J., & Pabón, J. (2000). La variabilidad climática interanual asociada al ciclo El Niño-La Niña-Oscilación del Sur y su efecto en el patrón pluviométrico de Colombia. Meteorología Colombiana. 2:7-21. ISSN-0124-6984. Bogotá, D. C. - Colombia.

SENAMHI (2011). Atlas Climático de Precipitación y Temperatura del Aire en la cuenca del río Mantaro. Avalos G., Cubas F., Oria C., Díaz A., Quispe N., Rosas G., Cornejo A., Solís O. y Guerra S. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI. Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales.

SENAMHI (2012). Cambio Climático en la Cuenca del Río Mantaro. Proyecciones para el año 2030. Avalos, G., C. Oria, G. Jácome, D. Acuña, A. Llacza. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA.

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

Zhang, Z., & Yang, F. (2004). RClimDex (1.0) Manual del Usuario. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview, Ontario, Canada. Recuperado de http://etccdi.pacificclimate.org/RClimDex/RClimDex_Manual_Usuario.doc

Construimos resiliencia **generando conocimiento** sobre el clima actual y futuro, **identificando la vulnerabilidad** social, ambiental y económica de los territorios; **fortaleciendo las capacidades** de los actores locales (gobiernos y comunidades) para enfrentar las condiciones cambiantes del clima; y **fortaleciendo los servicios meteorológicos locales** en apoyo a la gestión del riesgo.

USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

CIIFEN

www.cuencasresilientes-ciifen.org
www.ciifen.org

Contacto e.fiallo@ciifen.org
Escobedo 1204 y Av. 9 de Octubre
Telef: + 593 4 251 4770
Guayaquil – Ecuador

Contacto: p.cabrera@ciifen.org
Jr. 20 de Enero N° 136 Plaza Juan Bolívar Crespo - Yauyos,
Telf.: +51 988361518
Jauja - Junín - Perú