

“Risk management associated with extreme meteorological events (droughts, frosts and intense rain) as an adaptation measure to climate change in the Mantaro valley”

ABSTRACT

Key words: Extreme meteorological events, climate change, Tropical Andes, Mantaro

The Mantaro River valley, in the Central Andes of Peru, has been previously identified as a region of high vulnerability in to extreme meteorological events related to natural climate variability, and where such vulnerability is expected to increase in the following years. Furthermore, it was found that the local population were more concerned about the shorter term meteorological events that could have strong impact on their livelihood, than in the longer term climate change, yet were still unable to cope with these recurrent phenomena.

The rationale for the project “Risk management associated with extreme meteorological events (droughts, frosts and intense rain) as an adaptation measure to climate change in the Mantaro valley” (MAREMEX-Mantaro) was that effective adaptation to long-term climate change would benefit from improving risk management capabilities associated with the extreme short-term events. The project lasted 36 months, starting in February 2009, and was focused on three sub-basins (Shullcas, Cunas and Achamayo), which were selected according to several factors: representativeness of ecosystems, vulnerability to the occurrence of identified meteorological events, accessibility, existence of urban areas of importance, interest and intent to participate, etc

The main objective of the project was to strengthen the capacity in risk management associated with extreme meteorological events in both the population and the institutions in charge of the management of natural resources, in order to reduce the vulnerability of urban and rural population in the Mantaro valley.

Specific objectives were i) to strengthen and deepen the studies on causes, occurrence and impacts of frosts, droughts and intense rainfall events in the region, ii) identify the key players involved and assess the current capabilities of the Mantaro Valley residents in the disaster risk management, iii) develop an integrated risk management plan and adaptation strategies with the participation of local authorities, regional governments, communities, NGOs and other stakeholders; and iv) promote institutional strengthening and dissemination of project results to the public, media and scientific institutions, through the creation or strengthening of research capacities of local institutions and researchers in the different areas of climate change adaptation.

Each of the specific objectives became a component of the project, with activities and tasks. The research strategies included a multidisciplinary and multi-institutional approach, use of different data sources, development of thesis research, openness to new partners and research topics, use of the basin/sub-basin as the unit of analysis, identification of local knowledge, perceptions, and public awareness through meteorological data collection.

Among the physical aspects, a biophysical characterization of Mantaro Valley was done, including a description of soil and water resources and climate trends. In this regard, it is worth noting that for the first time data from the meteorological station of Huayao in the period 1922-present was used, one of the most complete data series in the country. A critical analysis of future climate scenarios and their

use was also performed, and a spatiotemporal study of the Huaytapallana glacier ice cover; this glacier has great importance since supplies potable water to the city of Huancayo - the main town in the Peruvian Central Andes, and distant only 35 miles from the glacier. Also significant progress on the characterization of extreme events: frost, drought and heavy rains were developed, including modeling and atmospheric circulation analysis associated with these events, and the use of remote sensing methodologies.

Furthermore, in order to generate information about rainfall for several of the studies in the project, a high density rainfall network was implemented to allow a better spatial and temporal representation of extreme rainfall events in the three sub-basins under study. In addition, the rain gauges were installed in rural communities and a group was trained as observers. The rain gauges were donated to the communities with the agreement that they would take responsibility of the observations, so this network was also a vehicle for training and sensibilization to the rural communities involved, which allowed them to quantify their perception about the amount of rain that falls in their communities, and to compare both temporally and spatially.

On the side of the socio-economic research, information on the perception of the population and the local knowledge of weather and climate were collected, including the changes that have occurred in recent years on natural resources (including water resources) and extreme meteorological events. For urban and rural scopes in the three sub-basins, the frosts were identified as the most damaging events in all cases, due to their impacts on agriculture, livestock and health.

The project also developed information related to the determination of extreme rainfall thresholds and their presence in the media, considering that the news published can be a useful tool to identify when and where specific extreme events of rainfall had occurred. For this analysis, meteorological data and information from news reports of extreme events from the database DesInventar (www.desinventar.net) were used.

The data collection of local knowledge focused on aspects of weather and climate, mainly (a) forecast and (b) reduction of meteorological events effects. For the first case, differentiated information was obtained on climate forecast and the forecast of extreme meteorological events. For the second case, the information collected revolved around the issue of preventing the occurrence of extreme meteorological events and reducing/avoiding negative effects. In most cases, there is no scientific assessment of the usefulness of the local knowledge on weather and climate, with the exception of frost prediction by observing cloudless skies the night before, which was validated through a thesis project that used data from Huayao meteorological station, cloud cover observations, and specialized data collected in an observational campaign.

The analysis of socioeconomic vulnerability was performed both from an integrated perspective, as well as by sectors (forestry, agriculture, aquaculture, livestock and health). For the former, the socioeconomic characterization included information on housing, health, education, etc., whereas for each sector, the general background of the sector and the impacts of extreme meteorological events were assessed.

In the case of forestry, the research suggests that agroforestry activities by rural communities could contribute to resilience. For the agricultural sector, the impact of frosts, dry spells and intense rainfall were analyzed in depth for the three main crops of the valley (potato, corn and carrots).

In the aquaculture sector, given the importance of trout for the region, a case study related to diseases that are usually presented in this specie, was conducted; while for the livestock sector, the impact on the production of wool and milk of cattle and sheep were analyzed. Finally for the health sector, the vulnerability index used by the Ministry of Health was analyzed, as well as a case study on the impact of low temperatures on the health of children in the Achamayo sub-basin.

Finally, the physical vulnerability was also analyzed, mainly with respect to extreme rain, floods, mudslides, etc. This included the assessment of the location of the population centers, taking into account factors such as proximity to seismological faults, hill slopes, building materials, etc.

The project results have been condensed in two volumes, which is available in hard and digital copy (in CD). Additionally there is a book with a summary of the studies developed in the Mantaro river basin between the years 2003-2010, three newsletters, and two posters on health issues and glacier melting. All these products can be freely downloaded from the project website:

www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex

INFORME TÉCNICO FINAL DEL PROYECTO 105567-003

“Manejo de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro - MAREMEX”



Junio 2012

Preparado por: Alejandra G. Martínez

País/Región: Perú - Sudamérica

Nombre la institución a cargo: Instituto Geofísico del Perú

Dirección de la institución: Calle Badajoz 169 – Urb. Mayorazgo IV Etapa Ate – Lima 03 – Perú

Informe técnico final del Proyecto MAREMEX

CONTENIDO

Resumen	3
Funcionarios IGP / Equipo de investigación / Soporte gerencial / Soporte técnico	5
1. Problemática de la investigación	7
2. Objetivos del proyecto	11
3. Metodologías empleadas	13
4. Implementación y manejo de las actividades del proyecto: Estrategias utilizadas	19
5. Principales resultados obtenidos	23
6. Productos del proyecto y difusión de resultados	
7. Logros específicos y efectos directos del proyecto	
8. Temas de investigación futuros y recomendaciones	
9. Limitaciones	

RESUMEN

Palabras clave: Eventos meteorológicos extremos, Cambio Climático, Andes Tropicales

El proyecto “Manejo de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro” - también conocido como MAREMEX-Mantaro -, se inició en febrero del año 2009, y con una duración de 36 meses tuvo por objetivo principal el de fortalecer la capacidad en el manejo del riesgo ante eventos meteorológicos extremos por parte tanto de la población como de las instituciones que tienen el manejo de los recursos naturales a su cargo, a fin de disminuir la vulnerabilidad de la población urbana y rural en el valle del Mantaro.

El desarrollo del proyecto consideró la alta vulnerabilidad del valle del río Mantaro, - localizado en los Andes Centrales Peruanos -, a eventos meteorológicos extremos relacionados con la variabilidad climática, así como los estimados de que dicha vulnerabilidad se incrementaría en los siguientes años debido al cambio climático (IGP, 2005). Debido a la amplitud de la zona de estudio se priorizaron 3 subcuencas de estudio (Shullcas, Cunas y Achamayo), las que se escogieron tomando en cuenta varios factores: representatividad de ecosistemas, vulnerabilidad a la ocurrencia de los eventos meteorológicos identificados, accesibilidad, existencia de zonas urbanas de importancia, interés e intención de participar, etc.

Entre los objetivos específicos se buscó fortalecer y profundizar los estudios sobre causas, ocurrencia e impactos de heladas, sequías y fenómenos de lluvias intensas en la región; identificar los actores claves involucrados y evaluar las actuales capacidades de los pobladores del valle del Mantaro en el manejo del riesgo de desastres ante la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos; elaborar un plan integrado de manejo de riesgo y estrategias de adaptación frente a heladas, sequías y lluvias intensas en el valle del Mantaro (con la participación de autoridades locales, gobiernos regionales, comunidades, ONG y otros actores relevantes); y promover el fortalecimiento institucional y difusión de los resultados del proyecto a la población, instituciones y medios científicos, a través de la creación o fortalecimiento de capacidades de investigación de entidades e investigadores locales en temas de adaptación al cambio climático.

Cada uno de los objetivos específicos se constituyó en un componente del proyecto, con actividades y tareas; y se utilizaron y en algunos casos se desarrollaron estrategias que permitieron ahondar y/o facilitar el desarrollo de dichas actividades. Entre las estrategias utilizadas se tuvieron aquellas relacionadas a la investigación en sí misma: uso de diversas fuentes de datos, desarrollo de tesis de investigación; uso de la cuenca/subcuenca como unidad de análisis, y multidisciplinariedad; las directamente vinculadas con la población y sus medios de vida: identificación de conocimiento local, y sensibilización de la población a través de la toma de datos meteorológicos. Finalmente aquellas estrategias relacionadas con la gestión del proyecto: temas de investigación abierta, interinstitucionalidad, y difusión de resultados.

Entre los aspectos físicos, se trabajó la caracterización biofísica del valle del Mantaro, con la descripción de los recursos agua y suelo, así como del clima y sus tendencias. A este respecto vale la pena resaltar que por primera vez se trabajó con los datos de la estación meteorológica de Huayao del periodo 1922-presente, una de las más completas del país. También se realizó un análisis crítico sobre los escenarios climáticos futuros y su uso, así como un estudio espacio-

temporal de la cobertura glaciar de la cordillera Huaytapallana, de gran importancia por que surte de agua potable a la ciudad de Huancayo – la principal ciudad de los Andes Centrales Peruanos, y distante solo 35 kilómetros del glaciar. También se realizaron importantes avances sobre la caracterización de los eventos extremos: heladas, sequías y lluvias intensas, que incluyeron el modelado y análisis de la circulación atmosférica asociados a estos eventos, y la utilización de metodologías de sensoramiento remoto.

Además, debido a la necesidad de contar con información puntual sobre precipitación para varios de los estudios, se implementó una red pluviométrica de alta densidad espacial que permitiera una mejor representación de los eventos extremos de lluvia en las tres subcuencas en estudio. Esta información permitió realizar un análisis preliminar de las características espaciales y temporales de estos eventos, y además fue un vehículo de capacitación y sensibilización a las comunidades involucradas, ya que les permitió cuantificar la percepción que tenían sobre la cantidad de lluvias que cae en sus comunidades, y compararla tanto temporal como espacialmente.

Por el lado de las investigaciones en los aspectos socioeconómicos, se recogió información sobre la percepción de la población y el conocimiento local del tiempo y clima, y los cambios notados en los últimos años sobre los recursos naturales (incluyendo el recurso agua) y los eventos meteorológicos extremos. La percepción de los pobladores de los entornos urbano y rural de las tres subcuencas mostró que las heladas son identificadas como los eventos más perjudiciales, por sus impactos en la agricultura, ganadería y salud.

También se trabajó en la determinación de umbrales de lluvias intensas y su presencia en los medios de comunicación, considerando que las noticias publicadas pueden ser una herramienta útil para identificar cuándo y dónde han ocurrido ciertos sucesos concretos de precipitación. Para el análisis se trabajó con datos meteorológicos e información de la base de datos DesInventar (www.desinventar.net), y los resultados mostraron que el acumulado de varios días de lluvia es más perjudicial, sobre todo por su impacto en las construcciones.

Por el lado del conocimiento local, la recolección de información se centró sobre los aspectos de tiempo y clima, principalmente (a) pronóstico y (b) mitigación ó disminución de los efectos. Para el primer caso se obtuvo información diferenciada sobre pronóstico del clima y pronóstico de eventos meteorológicos extremos. Para el segundo caso, la información recolectada giraba en torno al tema de evitar la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos y aminorar/evitar sus efectos negativos, mediante diversos métodos y costumbres. Adicionalmente, surgió la interrogante de si el conocimiento local sobre tiempo y clima tiene bases científicas que prueben su utilidad; como un ejemplo se tomó el conocimiento local que indica que las heladas pueden predecirse observando la cobertura nubosa el día anterior a la ocurrencia de una helada, y para comprobar la validez de este conocimiento se utilizaron datos de la estación meteorológica de Huayao, observaciones de cobertura nubosa y datos recopilados en una campaña observacional.

Se realizó una caracterización socioeconómica de la zona de estudio que incluyó los aspectos básicos de vivienda, salud, educación, etc., que sirvió como línea base para posteriormente analizar la vulnerabilidad de los sectores forestal, agricultura, acuícola, ganadería y salud. En cada sector se identificaron los impactos causados por los eventos meteorológicos extremos; y se utilizaron diversas metodologías para los análisis de vulnerabilidad. Para el caso del sector forestal, se monitorearon los cambios en los usos y cobertura del suelo utilizando teledetección, y se analizó en

profundidad la actividad agroforestal desde el punto de vista de las comunidades. Para el sector agricultura, se trabajó con los impactos de heladas, veranillos y lluvias intensas para tres de los principales cultivos del valle: papa, maíz y zanahoria.

El sector acuícola, sobre todo la crianza de truchas, es de gran importancia para la región, y se sabe que los eventos meteorológicos extremos tienen impactos negativos sobre todo vinculados con afectaciones a las pozas de crianza por inundaciones; sin embargo era poca la información sobre afectación directa de los peces, por lo que se trabajó un estudio de caso sobre enfermedades vinculadas a los EME. Mientras tanto, para el sector ganadero se trabajó en el impacto de estos eventos en la producción de lana y leche de vacunos y ovinos de la zona. Finalmente para el sector salud se analizó el índice de vulnerabilidad utilizado por el Ministerio de Salud, y se trabajó un estudio de caso sobre las bajas temperaturas del aire y su impacto en la salud infantil en la subcuenca del río Achamayo.

Los aspectos de vulnerabilidad física también fueron tocados, incluyendo el análisis y evaluación de los lugares donde se asientan los centros poblados, teniendo en cuenta factores como su cercanía a fallas geológicas, ladera de los cerros y riberas de los ríos, etc. material utilizado en la construcción de las viviendas, etc.. También se realizaron investigaciones sobre la geología de los aluviones, impactos de las inundaciones, etc.

Esta información viene sirviendo para la preparación de planes integrados de manejo de riesgo frente a eventos extremos, donde el Gobierno Regional de Junín (www.regionjunin.gob.pe), socio del proyecto desde sus inicios, viene jugando un papel vital. El reto final, es que todas estas investigaciones no queden en ejercicios académicos, sino que por el contrario puedan ser comprendidos y utilizados tanto por las autoridades competentes como por la población en general. Con este fin, entre las estrategias institucionales están lograr la aplicación de la información generada en los documentos de gestión locales y regionales.

Los resultados del proyecto han sido plasmados en tomos de resultados, los mismos que se encuentran en versión escrita, y digital (en cd). Adicionalmente se cuenta con un libro balance de los estudios realizados en la cuenca del río Mantaro entre los años 2003-2010, tres boletines, y dos posters sobre los temas de salud y desglaciación. Todos estos productos pueden ser descargados libremente de la página web del proyecto:

www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex

Funcionarios Instituto Geofísico del Perú

Ronald Woodman	Presidente Ejecutivo
César Morales	Director Técnico
Ken Takahashi	Área de Investigación en variabilidad y cambio climático
Alejandra Martínez	Área de Geofísica y Sociedad
Edmundo Norabuena	Área de Geodesia Espacial y Peligros Geofísicos

Equipo de investigación

Nombre	Correo electrónico	Tema de investigación
Jahir Anicama	jahir.anicama@gmail.com	Impactos de los EME en el sector acuícola
Franklin Blanco	kfran1@hotmail.com	Susceptibilidad a deslizamientos // Hidrogeología
Luis Céspedes	luis.cespedes@igp.gob.pe	Integración socioeconómico
Steven Chávez	steven.chavez@pucp.edu.pe	Caracterización de tormentas severas y lluvias intensas en el valle del Mantaro
Lidia Enciso	lidia.enciso@igp.gob.pe; geografia_lidia@yahoo.es	Integración información socioeconómica y salud
Jhan-Carlo Espinoza	jhan-carlo.espinoza@igp.gob.pe	Hidrología
Luis Flores	lflores@jro.igp.gob.pe	Instrumentación
Lucy Giraldez	luzymarisol7@hotmail.com	Impactos de los eventos extremos en el sector agricultura
Juan Carlos Gómez	juan.gomez@igp.gob.pe	Vulnerabilidad física – Geología
Susana Huaccachi	susana.huaccachi@igp.gob.pe	Soporte técnico
Dalma Mamani	dasha_2005@hotmail.com	Caracterización de la circulación atmosférica en el valle del Mantaro
Alejandra Martínez	alejandra.martinez@igp.gob.pe	Caracterización socioeconómica // Organización para la gestión del riesgo
Yonel Mendoza	yonel.mendoza@gmail.com	Impactos del clima en la agricultura
Marco Moreno	marco.moreno@igp.gob.pe; geomant@gmail.com	Umbrales climáticos
Enma Núñez	enmanunez@yahoo.com	Percepción de la población // Impactos del clima en el sector ganadería
Luis Ocampo	locampo@geo.igp.gob.pe	Desbordes por desprendimiento de glaciares // Vulnerabilidad física
Raquel Orozco	rakela7@hotmail.com	Implementación de mini red meteorológica
Marco Poma	wiracocha2000@gmail.com	Recolección y análisis de información histórica
Miguel Saavedra	msaavedra17@gmail.com	Caracterización física de heladas
Yamina Silva	yamina.silva@igp.gob.pe	Análisis de tendencias // Climatología
Juan Sulca	sulcaf5@gmail.com	Modelado de circulación atmosférica

Ken Takahashi	ken.takahashi@igp.gob.pe	Escenarios climáticos // Mini-red de estaciones meteorológicas
Grace Trasmonte	grace.trasmonte@igp.gob.pe	Climatología // Investigación en heladas
Fidel Villena	medicointegral@hotmail.com	Epidemiología e impactos en el sector salud
Raúl Yaranga	ryaranga@yahoo.es	Investigación en Agrostología
Ricardo Zubieta	ricardo.zubieta@igp.gob.pe	Variaciones en la cordillera Huaytapallana // Evaluación de zonas de inundación en el valle

Soporte gerencial

Nombre	Correo electrónico	Rol
Edson Delgado	edson.delgado@igp.gob.pe	Director de la Oficina de Desarrollo Institucional
Mario Flores	mario.flores@igp.gob.pe	Director de Administración
Teodoro Llallihuamán	teodoro.llallihuaman@igp.gob.pe	Director de Logística

Soporte técnico

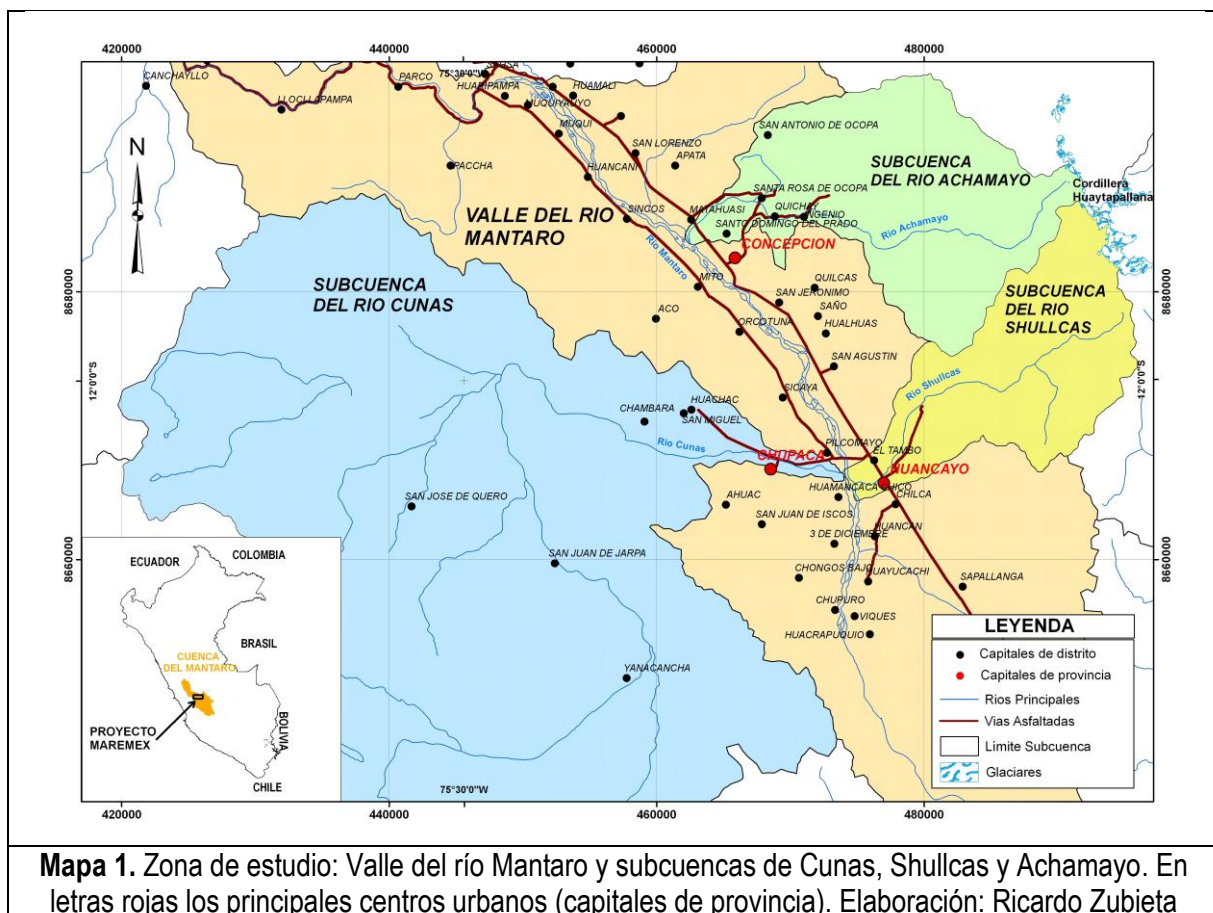
Nombre	Correo electrónico	Rol
Jacinto Arroyo	jacinto.arroyo@igp.gob.pe	Soporte técnico Huancayo
Susana Huaccachi	susana.huaccachi@igp.gob.pe	Soporte administrativo
Danny Pereyra	danny.pereyra@igp.gob.pe	Soporte administrativo
Rosana Ramírez	rosana.ramirez@igp.gob.pe	Soporte en comunicaciones
María Villaverde	maria.villaverde@igp.gob.pe	Soporte en comunicaciones

INFORME TÉCNICO FINAL DEL PROYECTO

“Manejo de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro - MAREMEX”

1. Problemática de la investigación

El desarrollo del proyecto MAREMEX consideró la alta vulnerabilidad del valle del río Mantaro a eventos meteorológicos extremos relacionados con la variabilidad climática, así como los estimados de que dicha vulnerabilidad se incrementaría en los siguientes años debido al cambio climático (IGP, 2005c). El valle del Mantaro está localizado en los Andes Centrales (ver Mapa 1), y es una dinámica zona de comercio y de servicios. La agricultura de la zona provee con importantes productos (papa, haba, maíz, kiwicha, etc.) a las principales ciudades de la costa, como la capital del país, Lima. Además, es zona de tránsito obligada entre la selva y la costa.



Por otro lado, entre el 70-75% de la agricultura se hace bajo el sistema de secano, es decir, dependiente de las lluvias. Existe además una enorme parcelación de la tierra, con cerca de un 80% de parcelas pertenecientes a muy pequeños, pequeños y medianos productores, que tienen como

característica la diversificación de cultivos, lo que impide su inserción en mercados muy grandes (por ejemplo para exportación). Por otro lado, esta diversificación es un mecanismo de protección ante eventos climáticos y meteorológicos extremos (Torres, 2008) y variaciones en el mercado.

La población del valle es de aproximadamente 500,000 habitantes, los cuales están principalmente localizados en tres principales ciudades: Huancayo, Jauja y Concepción, donde se localiza cerca de un 70% del total de la población, mientras que en las zonas rurales se localiza el 30%. Sin embargo, estos porcentajes son relativos, dado que existe un continuo proceso de migración hacia las ciudades. El proceso de migración tuvo un gran impulso durante las décadas de los 70s y 80s, como consecuencia del terrorismo que movilizó a la población de zonas como Ayacucho y Huancavelica a las principales ciudades del valle del Mantaro. Actualmente, dado que ciudades como Huancayo se han convertido en zonas de desarrollo, los procesos de migración continúan, esta vez en busca de oportunidades. Además, existe una población flotante que se moviliza entre los entornos rural y urbano, gracias a la estacionalidad de la agricultura. Por ejemplo, no es inusual que las familias que residen en las ciudades del valle, paralelamente cultiven tierras agrícolas en zonas rurales no necesariamente localizadas en el valle.

A lo largo de los estudios vinculados a la variabilidad climática y el cambio climático que el Instituto Geofísico del Perú ha venido desarrollando en los últimos años en la zona, se determinó la importancia de realizar estudios mucho más profundos sobre la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos (EME), dados que son estos eventos los que vienen afectando a la población del valle en sus diferentes medios de vida. Los eventos meteorológicos extremos más perjudiciales fueron identificados: lluvias intensas, sequías y heladas, con impactos diferenciados para los entornos rural y urbano (Tabla 1), para esta identificación se utilizaron diferentes fuentes de información, como datos meteorológicos, información de periódicos locales, entrevistas y encuestas.

Tabla 1 Eventos meteorológicos identificados en el valle del Mantaro, y sus impactos negativos. Adaptado de Martínez (2007).

Ámbito	Eventos meteorológicos identificados y sus impactos negativos		
	Lluvias intensas	Sequías	Heladas
Urbano	Pérdidas en infraestructura de transporte (puentes, caminos, etc.), vivienda y agua potable; pérdidas en vidas humanas	Cortes en el servicio de agua potable; reducción en la generación de energía hidroeléctrica	Enfermedades bronco pulmonares, especialmente en niños y ancianos
Rural	Pérdidas de tierras agrícolas, semillas, infraestructura agrícola (canales, caminos rurales, etc.), erosión	Conflictos de agua; descenso en el rendimiento de los cultivos; incremento de plagas y enfermedades de las plantas	Enfermedades bronco pulmonares, especialmente en niños y ancianos; impactos agropecuarios como descenso en el rendimiento de los cultivos, bajo rendimiento de leche y carne vacuno y ovino (*)

(*) Testimonios de vida de los agricultores valle del Mantaro (Conveagro, 2007)

El principal interés del proyecto se orientó al conocimiento sobre los procesos físicos que rigen la ocurrencia de estos EME en el valle, información que se esperaba pudiera ser útil para el análisis de vulnerabilidad en los sectores de salud y agricultura, considerando además dos temas transversales de estudio: el recurso agua y la temática de género (Ver Tabla 2).

Tabla 2 Sectores priorizados y temas transversales del estudio inicialmente en el proyecto MAREMEX

Sector	Tema transversal 1	Tema transversal 2
Salud	Recurso agua	Género
Agricultura		

Sin embargo, conforme el proyecto fue evolucionando este esquema fue insuficiente, dado que se fueron sumando aspectos no considerados originalmente. La caracterización física de los EME seleccionados continuó siendo el ancla de los estudios, pero se agregó el análisis a través de imágenes de satélite del derretimiento que ha venido sufriendo el glaciar Huaytapallana en las últimas décadas, como consecuencia – entre otros factores - del cambio climático¹. Este aspecto es crítico, puesto que la desglaciación del glaciar Huaytapallana, afectaría el abastecimiento de agua potable y agua para la agricultura, incrementando los conflictos por agua que han empezado a surgir en los últimos años.

A este análisis se sumó la necesidad de determinar además cuales eran los impactos asociados a cada uno de los EME, cuáles habían sido las respuestas de la población y las autoridades ante esos impactos, así como determinar si se habían dado algún tipo de estrategia de adaptación espontánea. En la Figura 1, la organización final de los temas de investigación del proyecto MAREMEX. Como parte de este análisis se consideraron además los siguientes aspectos: Percepción de la población, conocimiento local y sistemas de organización comunitaria; sobre los que se profundizará en la sección de resultados.

Al sector productivo de Agricultura se sumaron los de Ganadería y Forestales, con lo cual los sistemas agrosilvopastoriles que los pobladores del valle desarrollan se vio mejor reflejado. Asimismo, la Piscicultura (Acuicultura de truchas), que es un sector sumamente importante – y de alta potencialidad – en la zona, se incorporó como un sector de análisis complementario.

¹ El desarrollo de escenarios climáticos futuros desarrollados para la zona de estudio, presentaron resultados coherentes con las tendencias de los datos meteorológicos observados, y con la percepción de la población (IGP, 2005c). Los resultados para la zona central de la cuenca del río Mantaro, donde se encuentra localizado el valle del río Mantaro nos dan los siguientes resultados esperados para el año 2050 (IGP, 2005b):

- Aumento de la temperatura en 1,3°C
- Disminución de un 19% de la precipitación durante los meses de diciembre a febrero.
- Disminución de 6% en la humedad relativa

Concordantes con los resultados obtenidos por SENAMHI (2009).

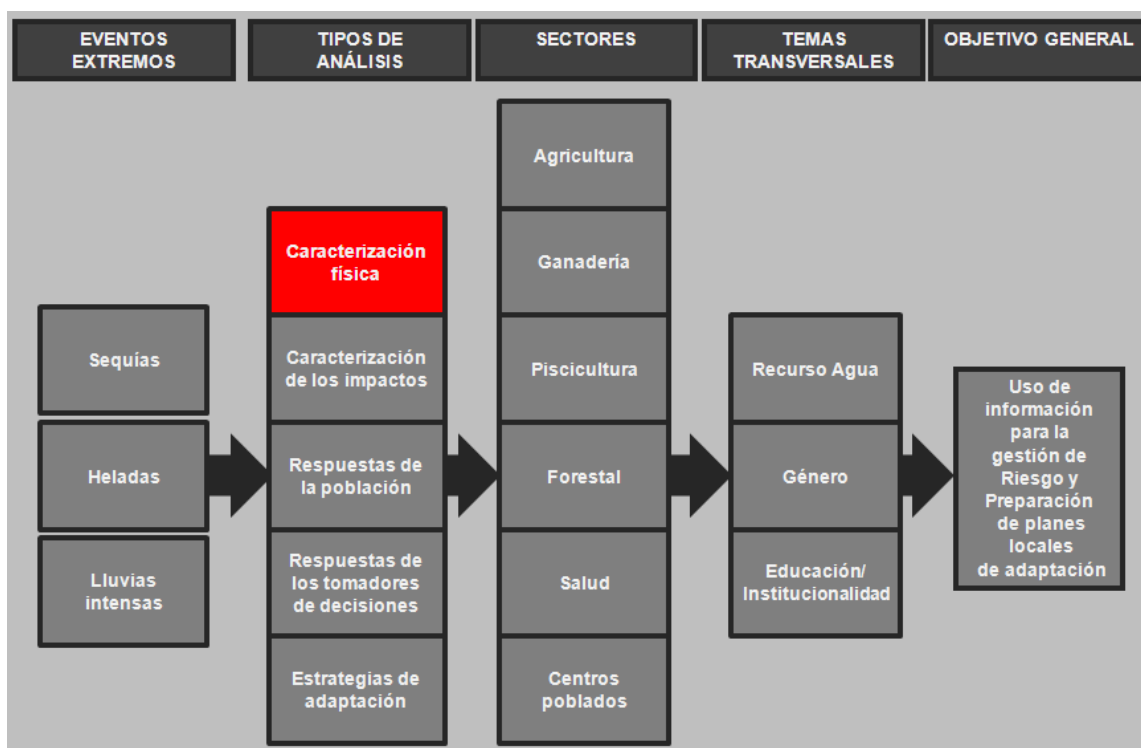


Figura 1. Organización final de los aspectos de investigación del proyecto MAREMEX

La vulnerabilidad física de los centros poblados rurales y urbanos del valle fue otro tema de investigación no considerado originalmente, pero las evidencias encontradas durante el desarrollo del proyecto mostraron que las lluvias intensas eran un factor desencadenante de eventos de geodinámica externa² tales como deslizamientos e inundaciones, y que además afectaban grandemente viviendas y edificios públicos y privados al remojar las bases de adobe de las construcciones, ocasionando muy frecuentemente su derrumbe. También la falta de cumplimiento en la normatividad de las construcción (existe un alto nivel de autoconstrucción) fue un tema que se evaluó en el marco del análisis de la vulnerabilidad física.

Como temas transversales, además del agua se consideró la temática de género, ya que las mujeres son más vulnerables ante cambios en el clima, al estar menos preparadas e informadas, y con menor acceso a recursos económicos, sociales y financieros; debido a las relaciones de inequidad existente, como diferencias en el acceso a la educación, propiedad de la tierra y la vivienda, acceso a recursos naturales como el agua, y la disparidad en la toma de decisiones en materia de gestión local. Por ello, se sumaron los temas de educación e institucionalidad como factores transversales que debían ser considerados a lo largo de la investigación.

² Deslizamientos son desplazamiento de pequeñas o grandes masas de suelos, rocas, rellenos artificiales o combinaciones de éstos, ocasionados por una ruptura en un talud natural o artificial, y se caracteriza por presentar un plano de deslizamiento o falla, a lo largo del cual se produce el movimiento que puede ser lento o violento, y por la presencia de filtraciones; inundaciones son desbordes laterales de las aguas de los ríos que cubren temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables. Tomado del Atlas de Peligros Naturales del Perú, INDECI (2005).

2. Objetivos

Los objetivos del proyecto se mantuvieron sin mayores modificaciones, siendo el principal el de fortalecer la capacidad de manejo del riesgo ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas), a fin de disminuir la vulnerabilidad y mejora la capacidad de adaptación de la población urbana y rural en el valle del Mantaro frente a cambios del clima, y se espera que los conocimientos generados sirvan para la preparación de los planes locales de adaptación. Por su parte, los objetivos fueron:

- a) Fortalecer y profundizar los estudios sobre causas, ocurrencia e impactos de heladas, sequías y fenómenos de lluvias intensas en la región
- b) Identificar los actores claves involucrados y evaluar las actuales capacidades de los pobladores del valle del Mantaro en el manejo del riesgo de desastres, por eventos meteorológicos extremos
- c) Elaborar un plan integrado de manejo de riesgo y estrategias de adaptación frente a heladas, sequías y lluvias intensas en el valle del Mantaro, con la participación de autoridades locales, gobiernos regionales, comunidades, ONG y otros actores relevantes
- d) Promover el fortalecimiento institucional y difusión de los resultados del proyecto a la población, instituciones y medios científicos, a través de la creación o fortalecimiento de capacidades de investigación de entidades e investigadores locales en temas de adaptación al cambio climático.

Cada uno de los objetivos se constituyó un componente del proyecto. El primer componente se centró en la búsqueda del entendimiento de los procesos físicos que gobiernan la ocurrencia de los eventos meteorológicos priorizados, por lo que este componente es el que fijó la base climática, ancla de los otros componentes. Con el segundo componente, además de identificar a los actores, se buscó evaluar su accionar ante la ocurrencia de desastres, tanto a nivel de instituciones como de población civil.

El tercer componente comprendió acciones tanto de investigación: evaluación de la vulnerabilidad actual, evaluación de las respuestas ante la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, etc.; como de acción: elaboración participativa de planes de manejo de riesgo, por lo que este componente fue claramente mixto. Finalmente el cuarto componente trabajó directamente en las actividades de acción: fortalecimiento institucional, sensibilización y difusión, a niveles de gobierno, nivel institucional y población.

Logro de objetivos

Para el caso del primer componente, se puede concluir que el objetivo se alcanzó, pues se logró ampliar en mucho el conocimiento y caracterización física de los EME, sobre los que habían grandes vacíos. Esta información se podrá utilizar como base científica para el desarrollo de alertas tempranas, así como para la fundamentación científica de proyectos de inversión regionales y documentos de gestión.

Por su parte, la identificación de actores clave, así como la evaluación de sus capacidades fue otro objetivo cumplido. Debe mencionarse que la acción de ONG en la zona de estudio fue un elemento que se subestimó inicialmente, sin embargo su organización y experiencia en trabajo con la población rural fue de gran utilidad para varias de las actividades y tareas específicas desarrolladas, y varias de estas ONG³ se convirtieron en aliados valiosos del proyecto.

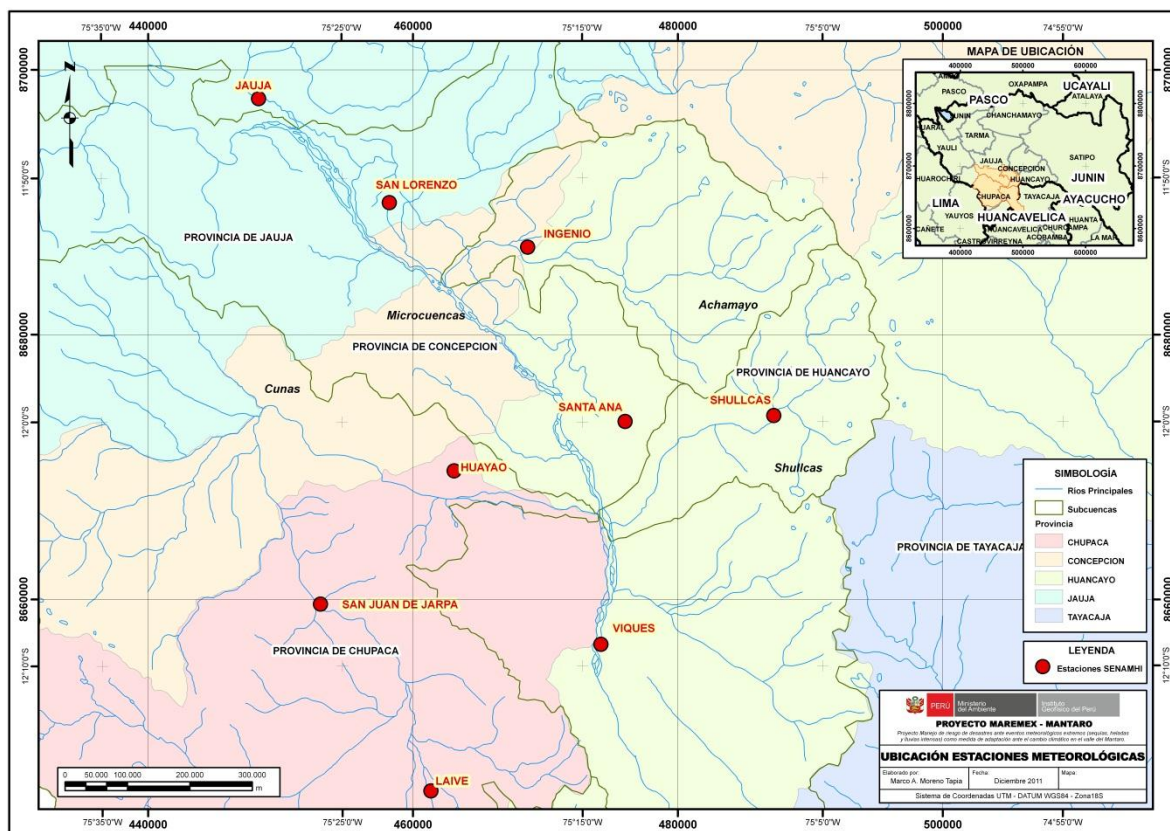
El tercer objetivo/componente: “elaborar un plan integrado de manejo de riesgo y estrategias de adaptación frente a heladas, sequías y lluvias intensas en el valle del Mantaro, con la participación de autoridades locales, gobiernos regionales, comunidades, ONG y otros actores relevantes”, resultó ser demasiado amplio, pues las muy diferentes características de cada uno de los EME analizados, obligan a elaborar planes diferenciados de manejo de riesgo, que además involucran distintos actores, situación que no se consideró al inicio del proyecto. Así, la información generada ha empezado a alimentar documentos de gestión regional/local, así como acciones muy locales de prevención, pero en forma diferenciada para cada tipo de EME, situación que depende de la magnitud e impactos negativos que genere cada tipo de evento; lo que evidencia la aún escasa cultura de prevención entre autoridades y población.

Finalmente el fortalecimiento institucional y difusión de los resultados del proyecto, han sido objetivos cumplidos. En el primer caso, además del fortalecimiento interinstitucional a través del trabajo conjunto entre entidades públicas y privadas, se ha logrado la creación de capacidades de investigación a través de estudiantes que desarrollaron sus tesis de investigación en el marco del proyecto, que han sumado una masa crítica de investigadores jóvenes en temas de variabilidad y cambio climático, en los aspectos físicos y sociales. Por otro lado, se espera que en los próximos meses, - y aprovechando algunas plataformas de información nacional y regional en formación -, la difusión de los resultados del proyecto sea aún mayor.

³ Específicamente las ONG Redes, Grupo Yanapai y CARE.

3. Metodologías empleadas

Para cada uno de los temas puntuales de investigación desarrollados se utilizaron metodologías específicas de trabajo (ver productos del proyecto en www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex). Para el caso de las investigaciones relacionadas a los aspectos físicos, se trabajó con métodos estadísticos que utilizaron la información disponible de la estación de Huayao (1922-actualidad), posiblemente una de las series de datos más extensas del país, así como de los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI⁴. En el Mapa 2 se aprecia la distribución de las estaciones meteorológicas disponibles en la zona de estudio.



Mapa 2 Ubicación de las estaciones meteorológicas ubicadas en la zona de estudio del proyecto MAREMEX

Además, destacaron algunas técnicas muy simples de recolección de datos – ó adaptaciones de éstas – que se utilizaron por primera vez en el país: la medición de la distribución de tamaño de gotas de lluvias, y un método alternativo para la medición de temperaturas del subsuelo.

Para el caso de la medición de la distribución del tamaño de gotas de lluvia, se utilizó la técnica de papel de filtro para obtener una distribución del tamaño de gotas (DSD), - en este caso para los Andes Centrales Peruanos -, con el fin de utilizar la DSD en los algoritmos que determinan la lluvia a

⁴ www.senamhi.gob.pe

partir de mediciones de radar y validarlas. Esta técnica permitió además calcular directamente la razón de lluvia y la reflectividad, que son función del radio de las gotas.

La técnica es relativamente simple: un papel de filtro teñido con azul de metileno y expuesto al agua cambiará a un color azul oscuro (Ver Figura 2). Al recibir las gotas de lluvia sobre el papel de filtro previamente teñido se pudo determinar la relación entre el tamaño de las manchas oscuras y los diámetros de las gotas de agua incidentes, donde el tamaño de la mancha azul oscura se relacionó con el volumen de agua de una gota dada. Para las mediciones utilizó papel Watman Nro. 1, el cual ha sido calibrado y usado en estudios previos (Rinehart, 1998). Las mediciones se llevaron a cabo durante la temporada de lluvias 2010-2011 en las tres subcuencas de estudio: Shullcas, Achamayo y Cunas.

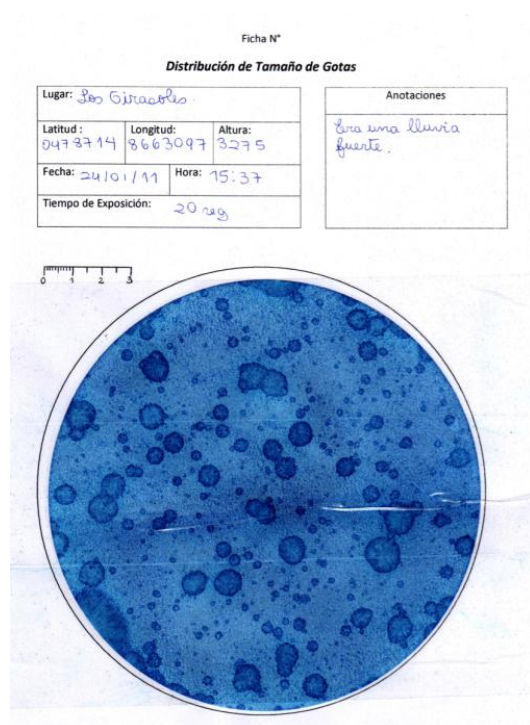


Figura 2 Muestra de papel de filtro con las marcas de las gotas de lluvias tomadas durante 20 segundos en una lluvia fuerte el 24/01/2011 en la ciudad de Huancayo.

El método alternativo para la medición de temperaturas del subsuelo, se utilizó como complemento de la investigación relacionada a heladas, pues se necesitaba hacer mediciones de temperaturas sub superficiales. Ante la falta de suficientes termómetros especializados para realizar esta tarea, se utilizaron termómetros caseros de muy bajo costo. Estos estaban compuestos de una pantalla, un termistor incorporado en la parte posterior de este y de otro que se ubicaba al extremo de un cable de 3 m. La pantalla mostraba los valores de temperatura registrados por los termistores, los cuales fueron enterrados a siete diferentes profundidades del subsuelo (Ver Figura 3). El método constó principalmente en medir, en intervalos de una hora, las temperaturas instantáneas de los termistores ubicados al extremo de los cables. Esta información se utilizó para determinar la relación entre la temperatura sub superficial (heladas) y la cobertura de nubes.

Esquema del arreglo para medir temperaturas del subsuelo

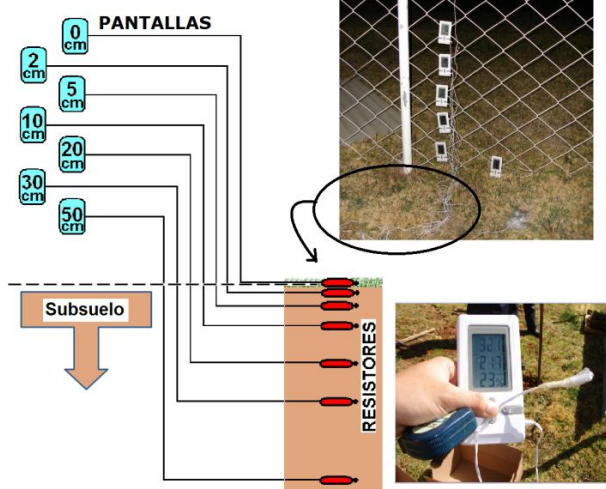


Figura 3 Esquema del método utilizado para la medición de temperaturas del subsuelo.

Adicionalmente, gracias al proyecto se pudo trasladar al Observatorio de Huancayo un radar BLTR (Boundary Layer-Troposphere Radar), siendo el primer radar de este tipo en ser instalado en la zona de los Andes centrales peruanos (Figura 4). Este radar mide continuamente el perfil de los vientos hasta una altitud de cerca de 8 km sobre el nivel del mar, y estas micro mediciones se analizaron con el propósito entender los mecanismos físicos responsables de los eventos extremos en el valle, además de ser utilizados para la validación de los modelos numéricos atmosféricos de alta resolución.



Figura 4 Vista del radar BLTR (Boundary Layer-Troposphere Radar) instalado en el Observatorio de Huancayo.

Para las investigaciones relacionadas a los aspectos de vulnerabilidad (aspectos socioeconómicos), se trabajó tanto con información secundaria, principalmente obtenida del Instituto Nacional de Estadística e Informática⁵, sobre todo información sobre nivel educativo, acceso a servicios básicos,

⁵ www.inei.gob.pe

etc. Asimismo se trabajó con la base de datos DesInventar⁶ que incluye registros de noticias de medios de prensa escrita entre los años 1970 y 2009 sobre la ocurrencia de desastres, obteniéndose la fecha de publicación de la noticia, la ubicación geográfica, el tipo de evento registrado y la información de los efectos generados. Debido a que DesInventar contenía información útil pero muy general (recoge información de diarios nacionales), se creó una base de datos complementaria teniendo como fuente de información principal el periódico local El Correo de Huancayo⁷ entre los años 1965 y 2010. Esta base de datos del proyecto se trabajó en MS Access, y es de libre disponibilidad; además tiene la particularidad de tener cada noticia completa en versión pdf y jpg. Las instrucciones de uso pueden obtenerse en:

<http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex/BasedeDatos/Instrucciones.txt>

y los archivos completos en:

<http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex/BasedeDatos/Archivos/>

Otra base de datos utilizada fue la del SINPAD⁸, que es la base de datos de atención de emergencias del Sistema Nacional de Información para la Prevención y Atención de Desastres, que incluye información desde 1995 hasta la fecha a nivel de distrito, provincia y región. Estas tres bases de datos – DesInventar, la del diario El Correo generada por el proyecto y la del SINPAD –, permitieron corroborar información meteorológica de las estaciones existentes en la zona, así como tener un registro de los impactos ocasionados por eventos meteorológicos extremos, que además no se limitaron a sequías, heladas y lluvias intensas.

Con el fin de cubrir una serie de interrogantes: ¿cuáles son los eventos extremos que la población considera como más dañinos?, ¿cuáles son los impactos negativos de tales eventos?, ¿existen diferencias entre las percepciones en cada una de las tres subcuencas estudiadas?, ¿cuáles son las acciones que toma la población ante tales eventos?, etc., se trabajó en talleres participativos tanto a nivel rural como urbano. Durante los talleres participativos se trabajó con papelógrafos (calendarios de eventos e impactos) y mapas parlantes, etc., así como con encuestas semi-estructuras desarrolladas en entrevistas grupales. Posteriormente la información se complementó con entrevistas y testimonios a personajes claves de las comunidades.

Los resultados permitieron conocer mejor la forma en que la población ve y entiende la ocurrencia de estos eventos y sus impactos, así como rescatar las semejanzas y diferencias que efectivamente existen en cada una de las tres subcuencas estudiadas. Por ejemplo, es común a las tres zonas de estudio la asociación entre festividades y la ocurrencia de eventos extremos (carnavales, Compadre y Comadre, etc., San Juan, etc.), que las heladas sean consideradas como los eventos extremos más temidos por la población; y que existe una marcada disminución del recurso agua.

⁶ www.desinventar.org

⁷ <http://diariocorreo.pe/ciudad/huancayo/>

⁸ <http://sinpad.indec.gov.pe/PortalSINPAD/>



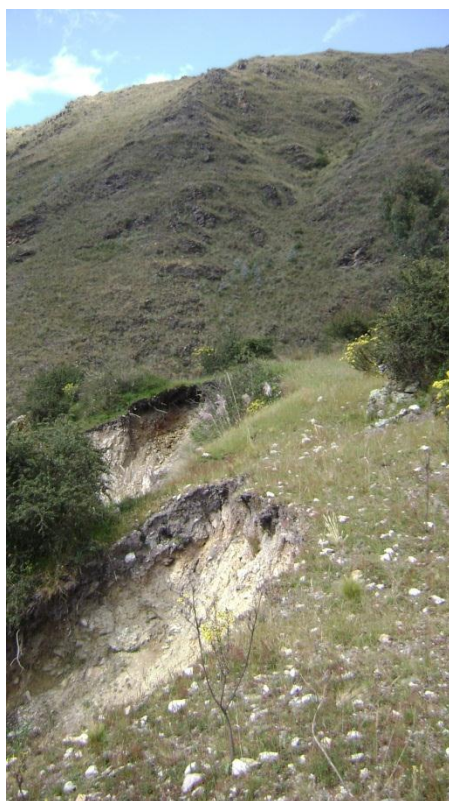
Fotos 1, 2 y 3 Talleres participativos de toma de información sobre percepciones de la población realizados en Acopalca (arriba izquierda), San Juan de Jarpa (arriba derecha) y Quilcas (abajo), que corresponden a las subcuencas de Shullcas, Cunas y Achamayo respectivamente.

Adicionalmente, en el año 2010 se realizó un transecto agrostológico en cada una de las subcuencas en estudio. Esta técnica de observación permitió obtener información sobre los tipos de pastos y su calidad y cantidad para cada una de las subcuencas en estudio. Adicionalmente permitió obtener información sobre la ganadería y conocimiento local, pues se aprovechó de cada punto de medición para realizar entrevistas puntuales a agricultores y ganaderos.



Fotos 4 y 5 Vistas tomadas durante el transecto agrostológico realizado en el año 2009

Para el caso de los estudios sobre geodinámica superficial y vulnerabilidad física, fueron varias las técnicas y métodos utilizados, que incluyeron trabajo de campo para la toma de datos in situ, así como análisis con herramientas de sistemas de información geográfica. Por ejemplo, para el estudio geológico de aluviones se realizaron búsquedas de evidencias de flujos; para la determinación de la potencialidad de generación de movimientos en masa se evaluaron las características del terreno, tales como tipos de roca, pendientes, cobertura vegetal, etc.; en el caso de la determinación de umbrales de precipitación que generan deslizamientos y flujos de escombros se obtuvieron parámetros geotécnicos (a través de muestras de suelo y análisis de laboratorio) e hidrometeorológicos (por medio de registros de estaciones meteorológicas). Además, para la evaluación de las zonas de peligro frente a inundaciones por máximas avenidas se utilizó el modelo hidráulico HECRAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System)⁹, que incluyó el análisis de frecuencias de descargas y la construcción de un modelo de elevación digital detallado (DEM) por métodos de estereoscopia.



Fotos 6 y 7 Los análisis de geodinámica superficial y vulnerabilidad física incluyeron el reconocimiento de peligros y toma de muestras de suelos, entre otras metodologías.

⁹ <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

4. Implementación y manejo de las actividades del proyecto: Estrategias utilizadas

Para la implementación y manejo de las actividades del proyecto se utilizaron estrategias que permitieron ahondar y/o facilitar el desarrollo de dichas actividades. Entre las estrategias utilizadas están aquellas relacionadas a la investigación en si misma: uso de diversas fuentes de datos, desarrollo de tesis de investigación; uso de la cuenca/subcuenca como unidad de análisis, y multidisciplinariedad; las directamente vinculadas con la población y sus medios de vida: identificación de conocimiento local, recojo de percepciones, y sensibilización de la población a través de la toma de datos meteorológicos. Finalmente aquellas estrategias relacionadas con la gestión del proyecto: temas de investigación abierta, interinstitucionalidad, y difusión de resultados, tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 2. Estrategias del proyecto

Para el caso de las estrategias relacionadas a la investigación per se, la combinación de diversas fuentes de datos fue necesaria, debido a la escasez de datos, tanto meteorológicos como socioeconómicos. Con el fin de tener mayores fuentes de referencia para el análisis de vulnerabilidad, se utilizaron variadas fuentes de datos, entre las que se pueden contar:

- Datos meteorológicos disponibles
- Noticias sobre la ocurrencia de eventos meteorológicos y sus impactos en el valle del Mantaro publicados en periódicos locales en los últimos 40 años.
- Base de datos de DesInventar (www.desinventar.org).
- Base de datos del Sistema de Información Nacional para la Respuesta y Rehabilitación - SINPAD ([www.http://sinpad.indecigob.pe/sinpad/](http://sinpad.indecigob.pe/sinpad/)).

- Información obtenida a través de encuestas y talleres participativos.
- Entrevistas puntuales, etc.

El uso de diversas fuentes permitió complementar, contrastar, y en algunos casos validar la información disponible, añadiendo consistencia a las conclusiones.

Por otra lado, varios de los temas puntuales de investigación del proyecto se realizaron a través del desarrollo de tesis de pregrado en las especialidades de Física, Mecánica de Fluidos, Geografía, Ingeniería Geográfica, Ingeniería de Sistemas y Veterinaria. A cada estudiante se le dio un tema de investigación, y el apoyo del proyecto incluyó subvención mensual, el costo de los gastos de investigación (análisis de laboratorio, trabajos de campo, etc.) y el acceso a las facilidades de la institución. Además a los estudiantes se les asignó un asesor, que guió la investigación; además de contar con su propio asesor en sus respectivas universidades. Se contó con diez estudiantes, de los cuales solo uno abandonó la investigación; los restantes nueve culminaron satisfactoriamente sus tesis. Esta estrategia permitió el fortalecimiento de capacidades en la investigación en diversos temas vinculados a la variabilidad y el cambio climático, además de ahondar en temas específicos de análisis, que de otra manera - por ejemplo a través de la contratación de consultores -, no se hubiera podido lograr.

El uso de cuencas y subcuencas como unidad de análisis permitió considerar las diferencias altitudinales de cuenca baja, media y alta; al trabajar tres diferentes subcuencas (Shullcas, Cunas y Achamayo), que a pesar de su relativa cercanía geográfica presentan diferencias socioeconómicas bastante grandes, se pudieron realizar comparaciones entre ellas. Por otro lado, la multidisciplinariedad del equipo de trabajo enriqueció el trabajo en cada uno de los temas de investigación trabajados. Las lógicas diferencias entre los profesionales y estudiantes de las diversas ramas sociales y físicas se trabajaron a través de reuniones bimensuales, donde se presentaban los avances y problemas encontrados, y que ayudaron a conformar un grupo cohesionado bajo objetivos comunes.

Las estrategias vinculadas a la población: conocimiento local, percepciones y sensibilización a través de instalación de equipos (mini red meteorológica) son presentados en la sección siguiente. Entre las estrategias vinculadas a la gestión del proyecto merece mencionarse la inter institucionalidad que se buscó con la formación de una alianza estratégica, buscando el trabajo colaborativo y complementario entre instituciones de alcance local y nacional, y de naturaleza tanto estatal como privada. Sin embargo, la consolidación de dicha alianza a través de convenios firmados, no siempre fue posible, debido a trabas burocráticas, cambio de funcionarios, etc.

A pesar de ello se trabajó coordinadamente con el Gobierno Regional de Junín y el Gobierno Provincial de Concepción, además de las comunidades campesinas de Quilcas, San Juan de Jarpa y Acopalca. Las ONG Grupo Yanapai, REDES y CARE dieron un apoyo decisivo sobre todo en los temas de sensibilización. Por su parte el Instituto Nacional de Defensa Civil, apoyó con las metodologías de estimación del riesgo, así como su experiencia en la gestión de desastres. Finalmente, por parte de universidades, se contó con la participación del Instituto de Forestería Internacional y Productos Forestales de la Facultad de Forst-, Geo und Hydrowissenschaften, de la Technische Universität Dresden (TUD) de Alemania.

Contribuyó a esta situación que el proyecto se trabajara de forma abierta, es decir, que se permitiera que a lo largo de su desarrollo se integraran nuevos socios en investigación. Si bien esta estrategia en varios casos significó un desgaste en el sentido de tener que poner al día con los avances del proyecto a los potenciales nuevos socios, a la larga permitió incorporar nuevos elementos que enriquecieron la investigación.

5. Principales resultados obtenidos

En esta sección se presentan algunos de los principales resultados obtenidos en el transcurso de la investigación, y que han sido plasmados en forma extensa en los dos volúmenes de resultados del proyecto.

Tendencias en las lluvias y temperaturas del valle del Mantaro

Se contó con información de la estación meteorológica de Huayao, y se hicieron los cálculos de tendencias utilizando la propuesta de Yue et al (2002), basado en el test de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendal, 1975).

En lo referido a la temperatura del aire, para la periodo 1922-2010 las tendencias de la temperatura máxima anual es de 0,12 C/década. Esta tasa de calentamiento es similar a la reportada por Vuille y Bradley (2000) para la temperatura media en los Andes tropicales con datos desde 1939 a 1998.

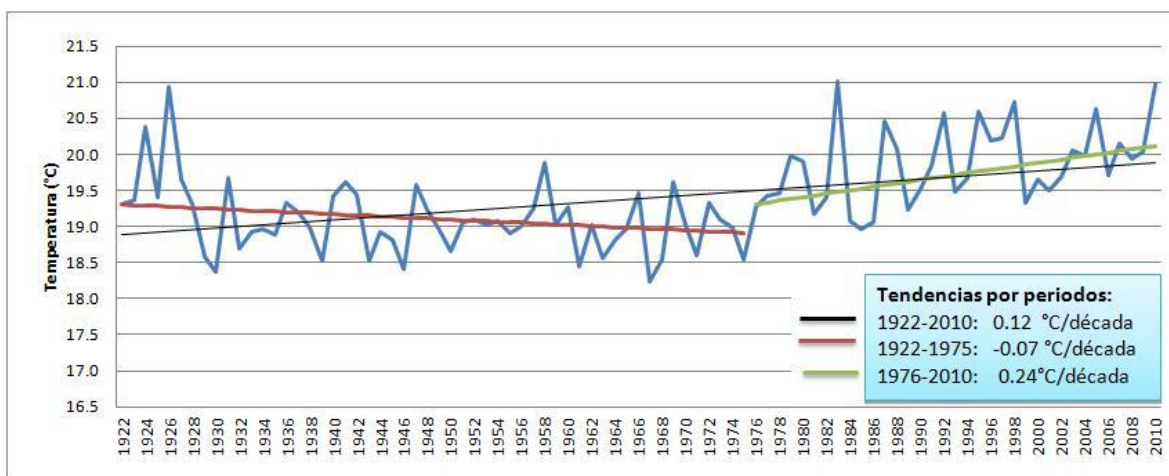


Figura 3 Promedio anual de la temperatura máxima en Huayao. La línea negra indica tendencia para el periodo 1922-2010, la roja para 1922-1975 y la verde para 1976-2010.

Por su parte, la temperatura mínima en general no presenta una marcada tendencia, pero si una gran variabilidad (Trasmonte et al., 2010). A nivel anual, la temperatura mínima presenta una ligera tendencia negativa en el periodo 1922-2010. Para el periodo 1922-1975, la tendencia es negativa con valores alrededor de 0,1 C/década; y para el periodo 1976-2010 se observan tendencias positivas de hasta +0,3 C/década en otoño, sin embargo éstas no son estadísticamente significativas.

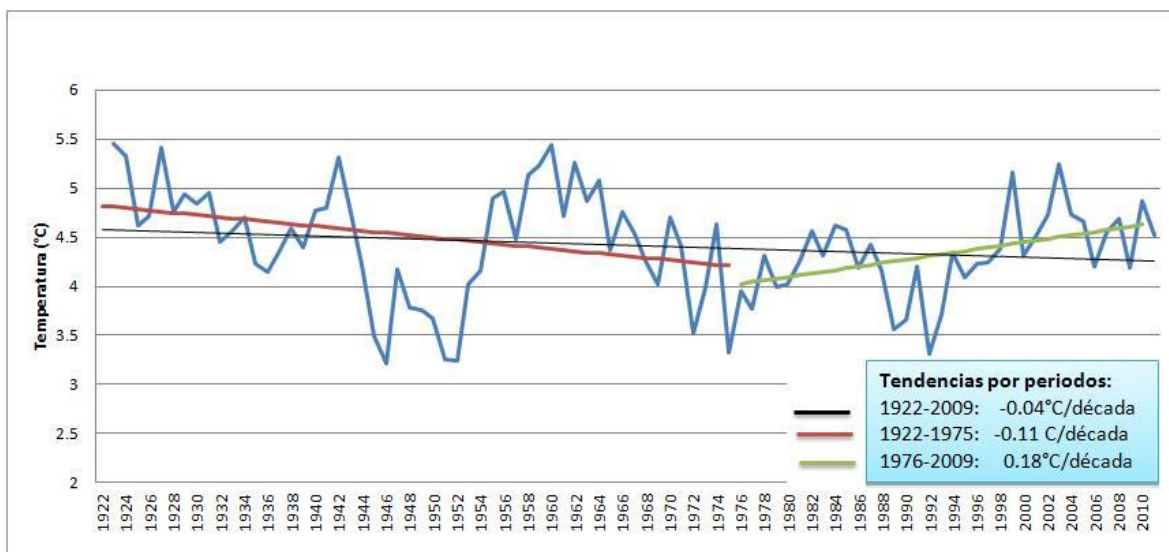


Figura 4 Promedio anual de la temperatura mínima en Huayao. La línea negra indica tendencia para el periodo 1922-2010, la roja para 1922-1975, y la verde para 1976-2010.

Por su parte, para la precipitación durante el periodo 1922-2010, las precipitaciones presentan tendencia negativas en la lluvias de hasta 4,33 mm/década (-2.3% /década) en otoño, seguido por $-2.82\text{ mm}/\text{década}$; durante este periodo las tendencias no son estadísticamente significativas, excepto para el otoño que indica una reducción de la precipitación del 2.3% /década.

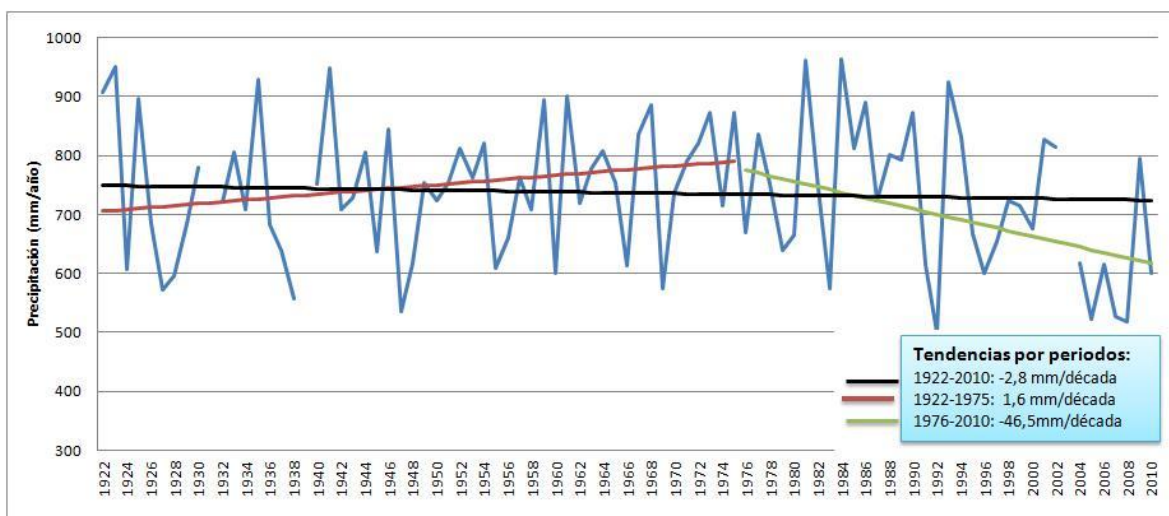


Figura 5 Acumulado anual de precipitación en Huayao. La línea negra indica tendencia para el periodo 1922-2010, la roja para 1922-1975 y la verde para 1976-2010.

Estudio espacio-temporal de cobertura glaciar de la cordillera Huaytapallana mediante percepción remota

La cordillera de Huaytapallana tiene una gran importancia para la subcuenca del río Shullcas por el aporte de recurso hídrico al valle del Mantaro, donde este aporte de agua limpia es aprovechado para uso agrícola y urbano de manera compartida. Por ello se realizó un estudio espacio-temporal de cobertura glaciar de la cordillera Huaytapallana mediante percepción remota, donde se utilizaron herramientas de sistemas de información geográfica SIG en entorno raster, en el software ArcGis y Erdas; la escala a trabajar fue de 1:50.000 con resolución espacial a 30 metros. Para el procesamiento de las imágenes se empleó la metodología utilizada por Zubieta et. Al en 2010.

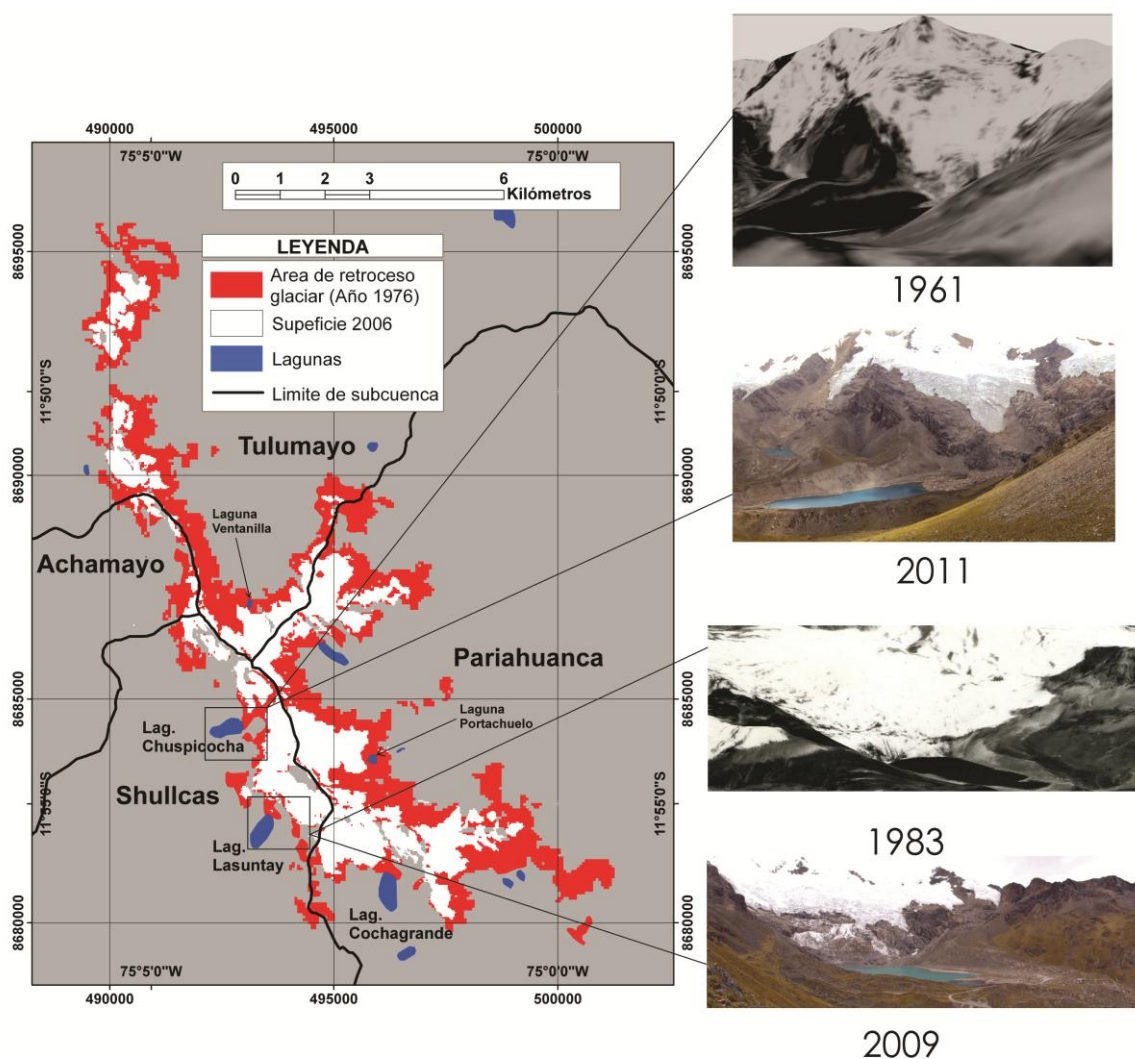


Figura 2.6 Retroceso glaciar en las lagunas Chuspicocha y Lasuntay

La mayoría de los cambios observados en la cordillera Huayapallana están relacionados con la separación de glaciares y afloramientos rocoso, lo que acelerará aún más la desintegración de algunos glaciares en un futuro cercano – junto con su posible desaparición en los próximos años –

así también la presencia de lagunas proglaciares. El análisis espacial cuantitativo y cualitativo de imágenes de satélite multiespectral permite apreciar una clara evidencia de retiro glaciar principalmente desde 1976. Estos retrocesos pueden ser detectados y medidos paulatinamente mediante análisis multitemporal de imágenes basadas en reflectividad, requiriendo comparación visual.

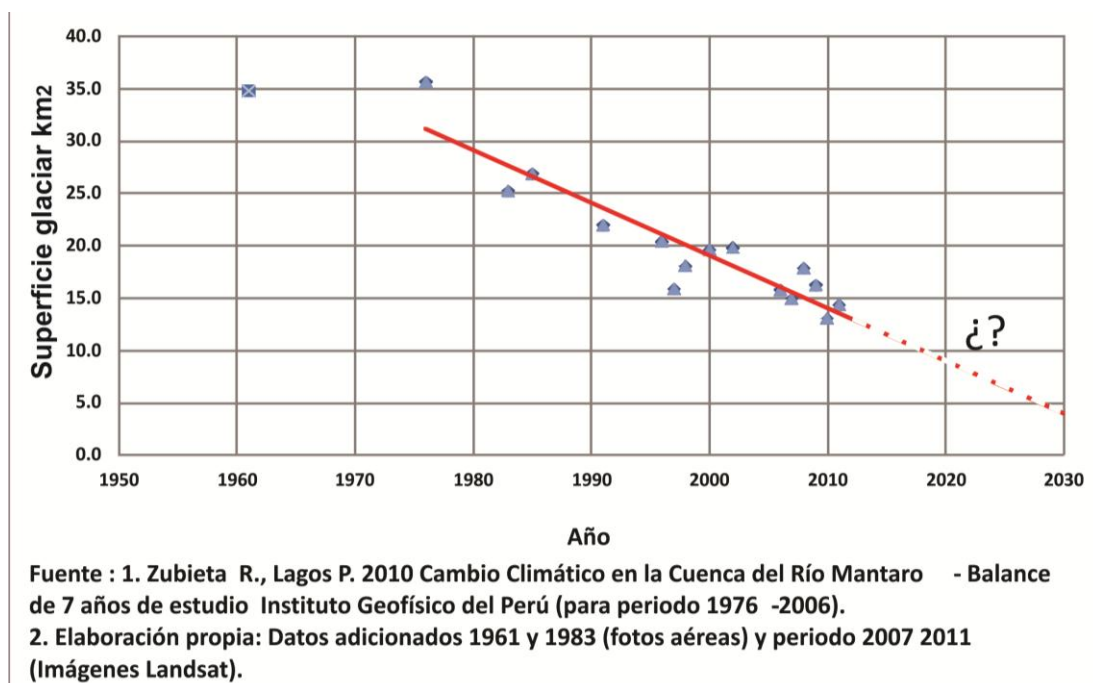


Figura 7. Tendencia de la superficie glaciar de la cordillera Huaytapallana 1961-2011

Caracterización de tormentas intensas mediante sensoramiento remoto

La medición precisa de la variación espacial y temporal de las lluvias tropicales de todo el mundo sigue siendo uno de los graves problemas no resueltos de la meteorología. En particular, en los Andes peruanos la gran heterogeneidad geográfica y la escasez de estaciones meteorológicas impiden una adecuada caracterización de la precipitación.

Más aún, técnicas de estimación por sensoramiento remoto basadas en observaciones satelitales de nubosidad no han sido exitosas en esta región (Segura, 2010). Por tal motivo en este estudio se planteó utilizar información de mediciones más directas que las hechas por observaciones satelitales de nubosidad¹⁰, por lo que se utilizaron los datos del radar de precipitación (PR) a bordo del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) que es un esfuerzo conjunto de la NASA y la JAXA para estudiar las lluvias tropicales, y que están disponibles desde 1998.

¹⁰ Las mediciones más precisas son las hechas por radares meteorológicos en tierra, pero en el Perú no se cuenta con estos radares.

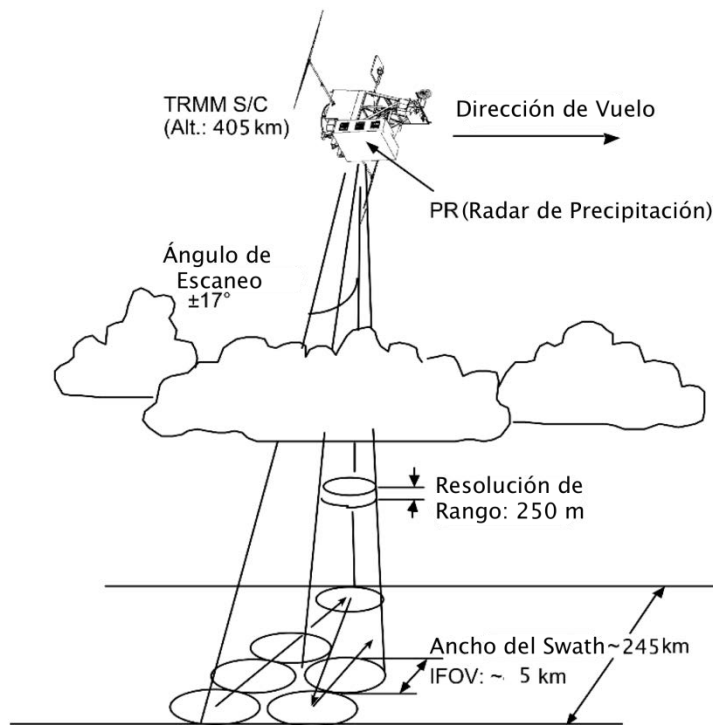


Figura 8 Geometría de escaneo del radar de precipitación a bordo del satélite TRMM, modificado del Manual de Instrucción versión 6, que muestra la altura actual del satélite y su actual swath width.

Los datos utilizados incluyeron los productos 2A25 y 2A23 del radar de precipitación (PR), que son proporcionados por la NASA en formato HDF4 (Hierarchical Data Format) y se pueden descargar a partir de su página web. Asimismo se utilizaron imágenes GOES procesadas (2007-2011) que coincidían con el paso del satélite TRMM por la zona de estudio dentro de un intervalo de ± 1 hora, para determinar si existían alguna relación entre la temperatura de brillo y la lluvias, y finalmente las mediciones de la distribución del tamaño de gotas de lluvia.

Entre las principales conclusiones del estudio:

- Debido a que no se ha logrado hallar una relación entre la temperatura de brillo o la altura de las tormentas y la lluvia en la superficie, se refuerza la necesidad de validar en el área de estudio las técnicas de estimación de lluvia basadas en mediciones de radiación infrarroja con satélites geoestacionarios como el GOES, en principio estas técnicas no son adecuadas para el área de estudio.
- Se ha determinado que la mayoría de las ocurrencias de lluvia en la zona son del tipo estratiforme de intensidad baja o media. Aunque los eventos convectivos ocurren con mucha menor frecuencia, producen lluvias muy intensas y localizadas que contribuyen con un 39% del total de lluvia en la zona y serían los más peligrosos para la población.

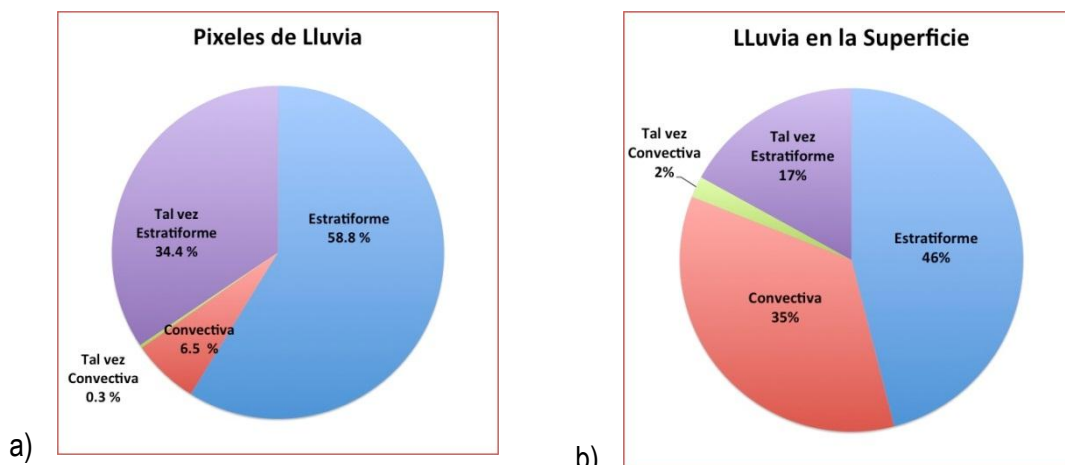


Figura 9 En la figura se muestran los tipos de lluvia en distintos colores para los eventos de lluvia registrados por el PR TRMM según la clasificación del algoritmo 2A23 (a) muestra el porcentaje de píxeles de cada tipo de lluvia y (b) la lluvia asociada a dichos píxeles.

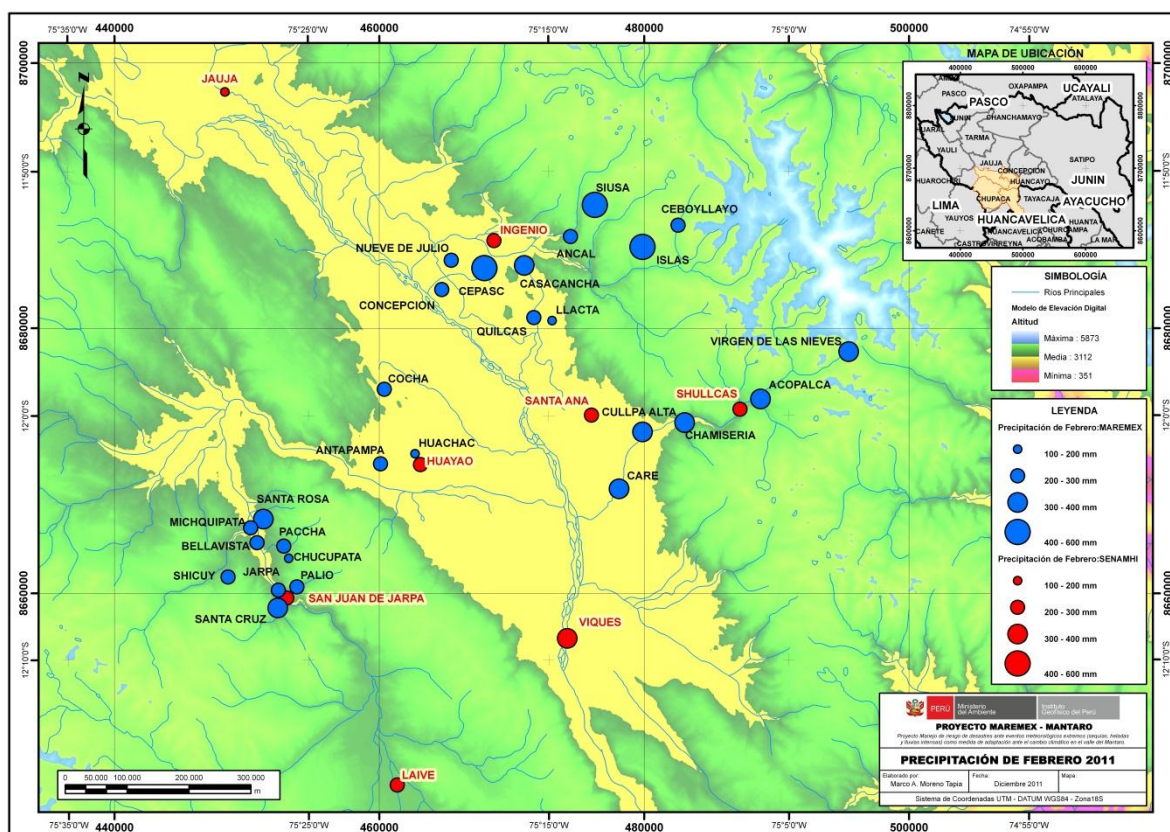
Redes pluviométricas y eventos extremos de precipitación

Una de las grandes limitaciones para el estudio de lluvias intensas en los Andes es la baja densidad espacial de las mediciones debido a la fuerte heterogeneidad de la orografía que puede causar diferencias sustanciales en las lluvias entre localidades cercanas. La red pluviométrica implementada por el proyecto MAREMEX Mantaro es complementaria a la operada por SENAMHI y resulta en una mayor densidad espacial de mediciones que permite una representación más adecuada de los eventos de lluvia extremos.

Con los datos de la mini red se trabajó un análisis preliminar de las características espaciales y temporales de estos eventos basados en estos y otros datos, como los datos. Por ejemplo en el Mapa 3 se muestra la precipitación de febrero 2011; este tipo de información permitió recabar datos sobre la lluvia y el efecto orográfico, la distribución espacial de eventos extremos de lluvia y sus aspectos temporales.

La red pluviométrica de MAREMEX Mantaro ha proporcionado una oportunidad única para explorar los aspectos espaciales de las lluvias promedio y extremas en el valle del Mantaro. Se encontró un aumento aproximado de la lluvia mensual con la altitud, pero esta es insuficiente para el mapeo de las lluvias. A escala diaria, se encuentra bastante variabilidad espacial en las lluvias, con sustanciales diferencias incluso a pocos kilómetros de distancia. Esto es particularmente importante para la implementación de sistemas de alerta temprana y para el modelado hidrológico de crecidas, que requieren datos incluso a mayor frecuencia.

Si bien no es viable tener una red pluviométrica suficientemente densa para este tipo de aplicaciones, se puede incorporar las incertidumbres para producir escenarios posibles. Por otro lado, la implementación de un radar meteorológico podría ser una solución eficiente si se cuenta con personal altamente calificado para su operación e investigación científica asociada.



Mapa 3 Precipitación de febrero 2011

Con respecto a la predictabilidad, se observan fuertes variaciones en la lluvia de día a día, por lo que será difícil en general pronosticar eventos intensos puntuales. Por otro lado, en la estación de Huayao, el año 2011 presentó el segundo febrero más lluvioso en la historia (en el periodo 1921-2011), el cual tuvo además eventos extremos particularmente intensos, lo cual produjo fuertes impactos en la región. Es de notar que la variabilidad en la lluvia promedio y en la extrema (percentil 90) muestra una proporcionalidad de aproximadamente 2.5 que sobre toda la región y sobre un largo periodo de tiempo. Esto podría ser útil para el entendimiento de los procesos de lluvia en la región y para el modelado de eventos de lluvia extremos.

Percepciones de la población rural y urbana

Parte importante del proyecto fue recoger las percepciones de la población en lo referido a la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, tanto en los ámbitos rural como urbano de las tres subcuencas en estudio, a través de encuestas semi estructuradas y entrevistas puntuales.

En las tres subcuencas las heladas constituyeron el evento meteorológico extremo que causa mayores daños, según los entrevistados, por sus impactos en la agricultura, ganadería y salud; de hecho, las IRAs¹¹ son las enfermedades mayoritariamente mencionadas como recurrentes para

¹¹ Infecciones respiratorias agudas

todas las subcuencas, seguidos de las EDAs¹² y afecciones a la piel. En la Tabla 3 se presentan los eventos meteorológicos extremos identificados por ámbito rural y urbano, y por subcuenca.

Tabla 3 Eventos meteorológicos extremos identificados por ámbito rural y urbano, y por subcuenca

Subcuenca	Ámbito rural	Ámbito urbano
Achamayo	1. Heladas 2. Sequías de larga duración 3. Lluvias intensas 4. Veranillos 5. Granizadas 6. Deslizamientos	1. Heladas 2. Sequías de larga duración 3. Granizadas 4. Lluvias intensas 5. Veranillos 6. Deslizamientos
Cunas	1. Heladas 2. Granizadas 3. Lluvias intensas 4. Sequías de larga duración 5. Veranillos 6. Deslizamientos	1. Heladas 2. Sequías de larga duración 3. Lluvias intensas 4. Granizadas 5. Veranillos 6. Deslizamientos
Shullcas	1. Heladas 2. Deslizamientos 3. Sequías de larga duración 4. Lluvias intensas 5. Veranillos 6. Granizadas	1. Heladas 2. Sequías de larga duración 3. Lluvias intensas 4. Veranillos 5. Granizadas 6. Deslizamientos

Determinación de umbrales de lluvias intensas y su presencia en los medios de comunicación

Las noticias publicadas por los medios de comunicación son una herramienta útil para identificar cuándo y dónde han ocurrido ciertos sucesos concretos, por lo que en este estudio se planteó la siguiente interrogante ¿qué determina que un evento meteorológico genere una noticia en los diarios?.

Debido a la inmediatez y extensión de sus impactos, son los eventos de lluvias intensas los que tienen mayor presencia en los medios de comunicación, por lo que se decidió determinar el umbral (valor crítico) para este tipo de eventos que fuera determinante para la aparición de noticias en los diarios locales. Se utilizó la base de datos DesInventar (www.desinventar.org), limitándose la información a las provincias de Huancayo, Chupaca, Concepción y Jauja, y datos de precipitación de 8 estaciones meteorológicas de SENAMHI, así como de la estación de Huayao del IGP. Esta información fue utilizada para identificar la fecha de ocurrencia de la noticia y evaluar los registros de precipitación que se obtuvieron de las estaciones meteorológicas. La evaluación de la precipitación fue del día del evento y de los 5,10 y 15 días de precipitación acumulada desde el día en que se publicó la noticia.

¹² Enfermedades diarreicas agudas

Los resultados consistieron en establecer umbrales de precipitación que generan reportes de noticias a nivel local en las provincias evaluadas sin considerar la cantidad de registros evaluados, mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4 Estación meteorológica, umbral sugerido y ámbito de influencia

Estación meteorológica	Umbral sugerido	Ámbito de influencia (distritos donde se generaría la noticia)
Huayao	15 mm	Distritos de Huamancaca Chico y Chupaca, provincia de Chupaca
Ingenio	9,9 mm	Distrito de Heroínas Toledo, provincia de Concepción
Viques y Shullcas	10 mm	Distrito de Huancayo, provincia de Huancayo
Santa Ana	9,4 mm	Distritos de Chilca y El Tambo, provincia de Huancayo
San Lorenzo	10,8 mm	Distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja
Jauja	7,1 mm	Distrito de Sincos, provincia de Jauja
	7,5 mm	Distrito de Jauja, provincia de Jauca

Los resultados de este análisis representan un primer intento por determinar umbrales de precipitación en el valle del Mantaro y son preliminares, pero son un primer paso que permite hacer un seguimiento y ajuste de resultados para que la información pueda ser de utilidad para la prevención, así como la acción ante emergencias. También debe quedar en claro que los umbrales no serán de utilidad a menos que se fortalezca la comunicación en forma oportuna y directa entre las autoridades, Defensa Civil, pobladores y las instituciones que brindan el servicio de proveer datos meteorológicos en tiempo real.

Conocimiento local sobre tiempo y clima

A pesar de que existe abundante bibliografía que recoge información sobre conocimiento local, ésta se vincula principalmente a tecnología y buenos usos en agricultura, ganadería y forestería, y aun son pocos los esfuerzos en identificar, recolectar, sistematizar y sobre todo, validar los conocimientos locales directamente relacionados con el tiempo y clima. Una de las actividades del proyecto consistió en el recojo de información sobre conocimiento local en tiempo y clima, información que se obtuvo en talleres participativos y complementadas con los resultados de un transecto agrostológico realizado en el año 2010.

Los conocimientos locales recolectados se centraron en los temas de tiempo y clima, sobre todo (a) pronóstico y (b) mitigación o disminución de los efectos. Para el primer caso se obtuvo información diferenciada sobre pronóstico del clima y pronóstico de eventos meteorológicos extremos. Para el segundo caso, la información recolectada giraba en el tema de evitar la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos, y la de aminorar/evitar sus efectos negativos.

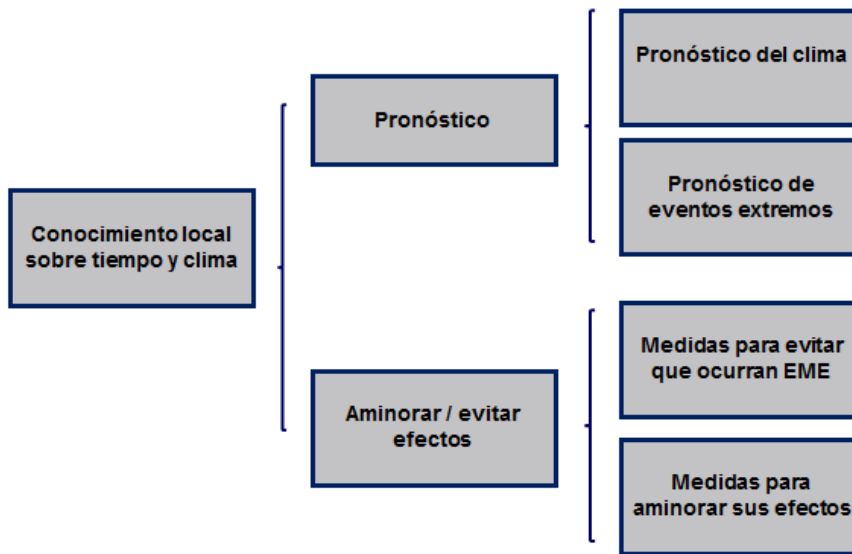


Figura 10
Clasificación del conocimiento local sobre tiempo y clima en el valle del Mantaro

El pronóstico del clima se refiere en términos agropecuarios, a que si el año será “bueno” o malo, es decir si habrá lluvia suficiente para sustentar la agricultura y ganadería o no. La forma en que se pronostica el clima está vinculado en tres grupos: astronómicos, biológicos e hidrometeorológicos.

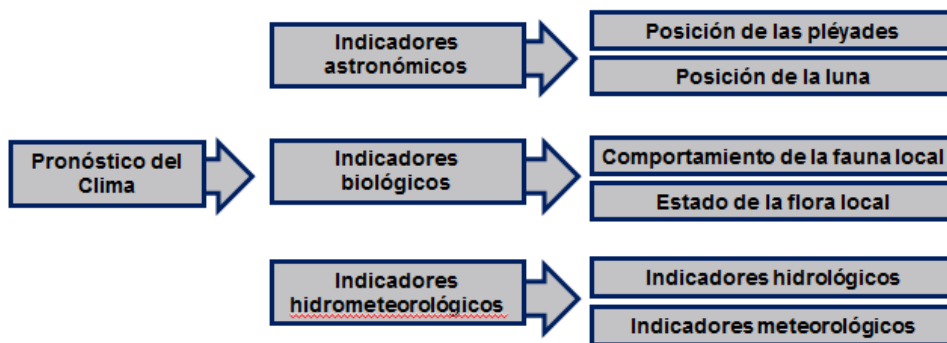


Figura 11
Pronóstico del clima según el conocimiento local en el valle del Mantaro

Para el caso de los indicadores astronómicos existen tres bien diferenciados, la posición de las pléyades (llamadas 7 cabrillas), la posición de la luna, y características particulares del Sol o la Luna como es el halo y peculiaridades que pudieran tener el arco iris. Los indicadores biológicos pueden dividirse en dos grandes grupos: el comportamiento de la fauna local y el estado de la flora local. Entre los indicadores biológicos relacionados a la fauna se indican aullido del zorro, y la migración de aves. Para los indicadores relacionados a la floración de una variedad de especies, en algunos casos, indicando un buen año agrario y con otros justamente lo opuesto. Por su parte, los indicadores hidrometeorológicos están vinculados a la aparición y características de las primeras lluvias, y al comportamiento de las fuentes de agua, tales como pozos, manantiales y ríos.

Determinación de la potencialidad de generar movimientos en masa

Los movimientos en masa son eventos que se producen en laderas de terreno, principalmente por acción de las lluvias intensas, movimientos sísmicos y/o modificaciones realizadas por el hombre como construcción de carreteras, etc. Para conocer el nivel de inestabilidad que presenta este terreno se debe evaluar un principio: la potencialidad de generar movimientos en masa (el cual se inicia con el análisis de las características más importantes del terreno), luego empleando una metodología de cálculo se obtiene el mapa que reflejará las zonas más probables y menos probables para movimientos en masa.

El mapa final puede considerarse como una herramienta que servirá para cuantificar la peligrosidad geológica, considerando además que el presente estudio (sumado a un conjunto de investigaciones de distintas disciplinas) servirá para mejorar la capacidad de adaptación ante los eventos extremos, disminuyendo su vulnerabilidad y contribuyendo así en la planificación y desarrollo de la región. La metodología utilizada en este estudio se presenta en la Figura 11.

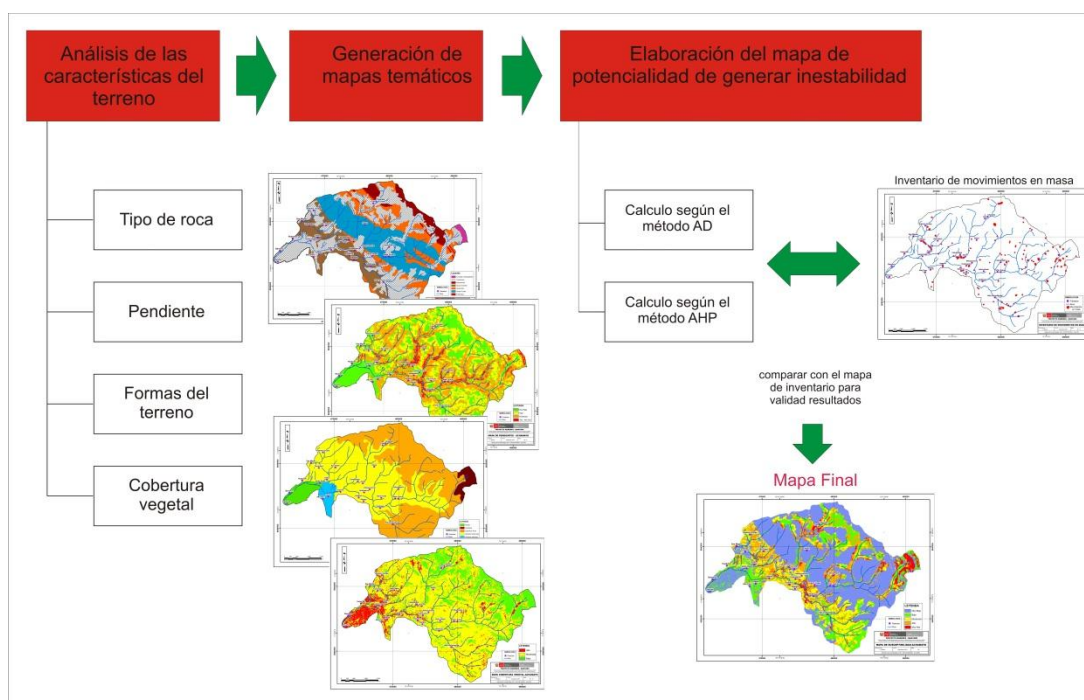
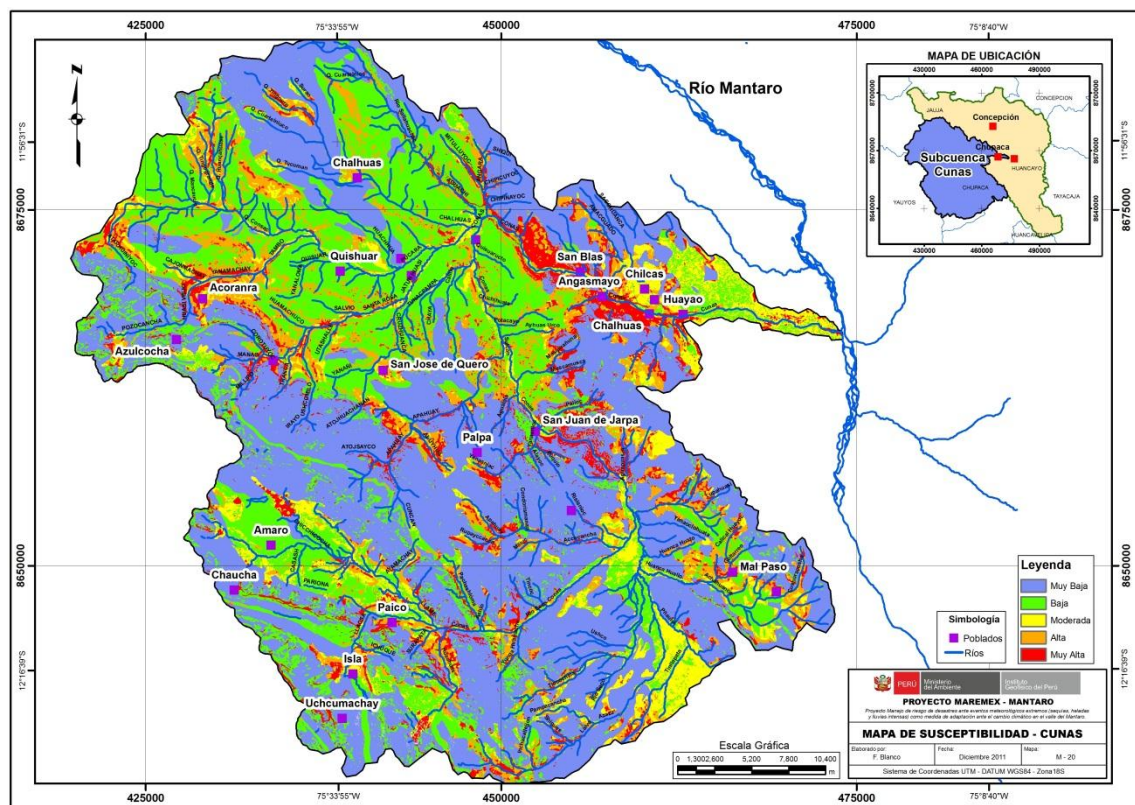


Figura 11 Metodología para determinar la potencialidad de genera movimientos en masa

Los resultados finales fueron tres mapas (uno por subcuenca), que reflejan el potencial de cada área de generar inestabilidad, agrupados en 5 tipos: zonas de potencialidad muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. En el Mapa 4 se presenta un ejemplo de los mapas elaborados.



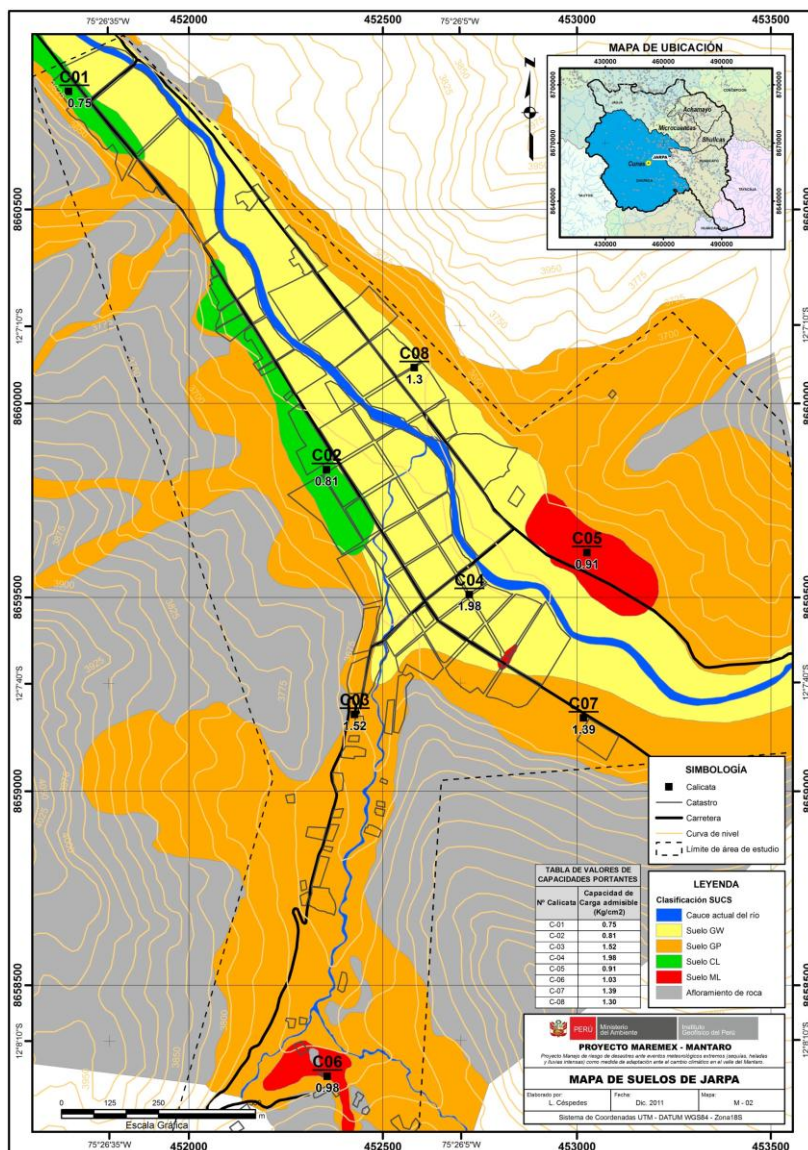
Mapa 4 Susceptibilidad de la subcuenca del río Cunas

Vulnerabilidad física de los principales centros poblados piloto del proyecto

La vulnerabilidad física está referida especialmente a la localización de los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y a las deficiencias de sus estructuras físicas para "absorber" los efectos de esos riesgos. Este estudio consideró como factores de la vulnerabilidad física las características de la infraestructura física (material de construcción predominante, etc.), condición física (asentamiento o localización geográfica de la población, etc.) características geotécnicas y geomorfológicas, y la normatividad existente.

Se trabajó en los centros poblados de Acopalca, San Juan de Jarpa y Concepción; así como con las Asociaciones de viviendas del distrito de El Tambo y la comunidad campesina de Rangra. La primera etapa consistió en recopilar y revisar bibliografía sobre las diferentes metodologías, enfoques, criterios de estimación de vulnerabilidad física aplicados a centros poblados, considerando que la metodología a usar se adopte fácilmente a las condiciones de cada centro poblado en estudio. Finalmente, en la última etapa se sistematizó, clasificó y procesó la información en una base de datos para concluir con la presentación de los resultados obtenidos, conclusiones y recomendaciones para cada centro poblado.

Los resultados finales del estudio fueron mapas de suelos que permiten conocer la calidad y tipo de suelo sobre el cual se encuentra asentada la población. A continuación se presenta un ejemplo de los productos generados.



Mapa 5 Suelos de San Juan de Jarpa

Estudio de caso: análisis de sistemas agroforestales desde la perspectiva de los pobladores locales en la subcuenca del Achamayo

De acuerdo a De Shutter y Valnloqueren (2011), los efectos combinados del cambio climático y la escasez de energía y agua requieren que los sistemas agrícolas sean reorientados hacia modelos de producción que sean no sólo altamente productivos, sino altamente sostenibles. En este sentido, este estudio buscó contribuir a la generación de mayor entendimiento sobre la situación de los sistemas agroforestales y su contribución para los medios de vida de los campesinos.

Las comunidades seleccionadas para el estudio se localizan en el distrito de Heroínas Toledo, provincia de Concepción. Heroínas Toledo presenta altitudes que varían de 3000 a 4500 msnm, precipitación anual entre los 800 y 1500 mm y una temperatura media entre -6 C a 18 C (Vilcapoma, 2008), y se realizaron 15 entrevistas en profundidad con familias de las comunidades de San Antonio, San Pedro y La Florida.

Los resultados mostraron que la La conexión entre el componente forestal y otros subsistemas está demostrado por el flujo de productos que abastecen a los hogares campesinos: leña, material de construcción, material para elaborar herramientas, muebles, materia orgánica usada como fertilizante, entre otros. La dependencia de los agricultores en los sistemas agroforestales para su supervivencia es directa.

Asimismo, los efectos negativos del cambio climático son percibidos con intensidad y reconocidos como una amenaza para sus medios de vida, en la Tabla 5 se presentan las percepciones de la población sobre las principales especies forestales. La actividad forestal no es muy demandante en términos de mano de obra o tiempo y puede ser llevada a cabo por personas de la tercera edad. Los campesinos ven los ingresos generados por la venta de árboles como una manera de contribuir y apoyar a sus hijos y nietos.

Tabla 5 Percepciones de la población sobre las principales especies forestales

Especies forestales	Ventajas	Desventajas
Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)	Rápido crecimiento Rebrote Valor comercial Raíces profundas Durabilidad natural	Exigente en agua y nutrientes Compite con cultivos Ramifica en exceso Descomposición lenta
Pino (<i>Pinus radiata</i>)	Valor comercial Buena calidad de madera	Compite con cultivos Raíces superficiales Crecimiento más lento
Quinual (<i>Polylepis sp.</i>)	Rebrote Durabilidad natural Madera dura Rápida descomposición	Compite con cultivos Crecimiento lento Raíces interfieren con cultivos Poco valor comercial Seca y endurece el suelo
Aliso (<i>Alnus jorullensis</i>)	Rápida descomposición No compite con cultivos Buena calidad de madera	Preferido por animales como alimento Muy delicado, necesita cuidados Crecimiento lento

Los sistemas agroforestales mostraron cierto grado de flexibilidad. Los agricultores son capaces de encontrar soluciones a los problemas asociados con los árboles dentro de sus campos de cultivo. La falta de tierras puede ser superada compartiendo el recurso con vecinos y/o parientes y dividiendo los ingresos generados por la venta de productos. Los sistemas agroforestales desarrollados en la zona tienen el potencial de contribuir a reducir los niveles de pobreza y manejar los riesgos ocasionados por eventos climáticos extremos u otros factores. Futuros estudios podrían evaluar la factibilidad técnica, viabilidad económica, aceptabilidad social y sostenibilidad ecológica de las soluciones que los campesinos han identificado. El rol de las mujeres es determinante para la sostenibilidad de los sistemas agroforestales. Ellas se encargan de las tareas domésticas y a su vez participan activamente en labores de campo como cuidado de animales, preparación del terreno, siembra y cosecha de cultivos casi al mismo nivel que los hombres.

Impactos de las heladas en la agricultura del valle del Mantaro

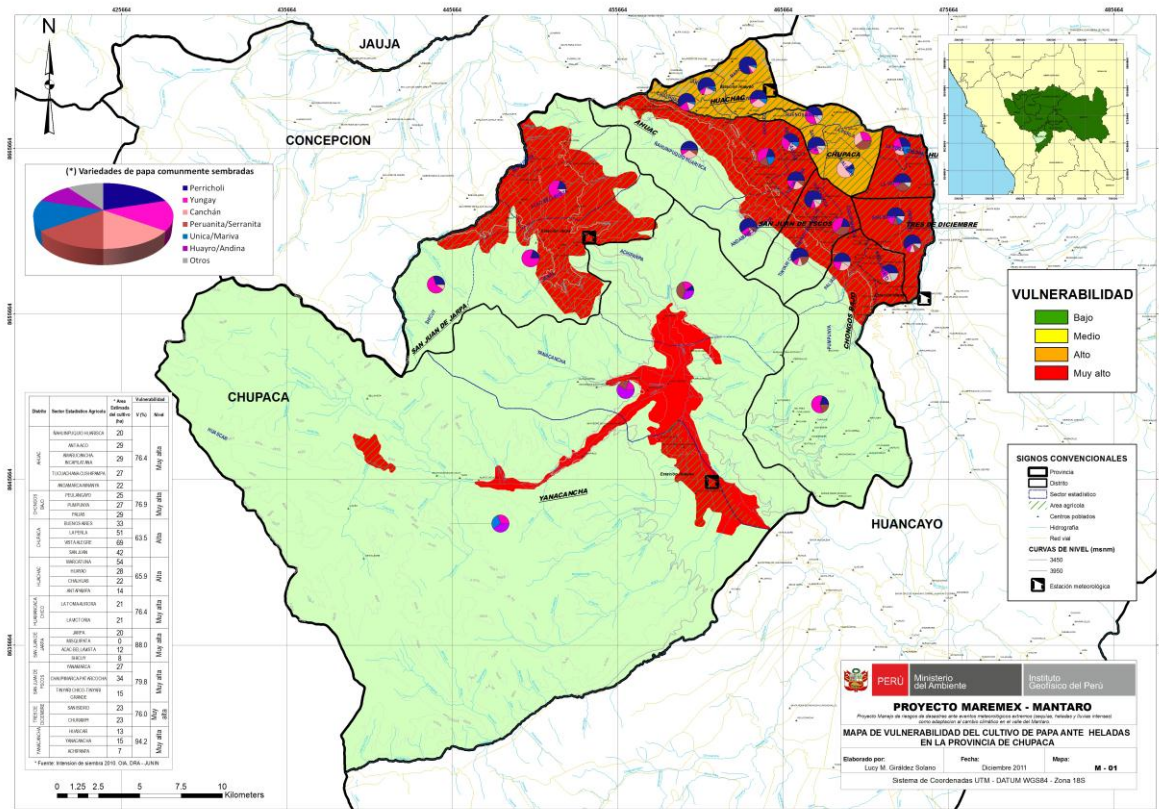
El grado de daño de las heladas a los cultivos depende de varios factores, tanto de amenaza como de vulnerabilidad, así como la intensidad de las bajas temperaturas (que no necesariamente tiene que ser 0°C). También influyen otros factores, como el tiempo de duración de las bajas temperaturas, y la etapa fenológica en la cual se encuentra el cultivo.

Según Jacobsen y Sherwoog (2002), los daños que ocasionan las bajas temperaturas en las plantas debido a heladas, varía de acuerdo a la susceptibilidad que presentan las especies vegetales en los diferentes ciclos vegetativos. En experimentos agrícolas realizados en condiciones de secano durante los años 2007 y 2008 en el valle del Mantaro (Silva et. al, 2010), se obtuvo un bajo rendimiento del maíz en la variedad Blanco Urubamba, asociado principalmente al déficit hídrico, altas temperaturas en el día y noches frías presentadas durante la etapa de espiga. La temperatura, junto con las precipitaciones y el fotoperiodo explicaron el 78,4% de lo que ocurre con el peso de la papa, siendo las temperaturas el principal factor (Giráldez, 2009).

También en el estudio de Trasmonte (2009), se analizó una serie de heladas agronómicas ocurridas entre setiembre y abril, verificándose que han ocasionado daño parcial y/o total a los cultivos más importantes de la región, medidos en la disminución de la producción y rendimiento agrícola e importantes pérdidas económicas a los agricultores, en parte o todo el valle, siendo la época de mayor impacto a los cultivos los periodos de floración y/o inicio de llenado de granos ó tuberización, los cuales se dan entre enero y marzo.

Para este estudio se recopiló información de reportes periodísticos, tesis y los formatos “F5” que utilizan las Agencias Agrarias de la zona para levantar información de los impactos de los evento climáticos adversos. Con ellos se identificaron las fechas en las que ocurrieron heladas en la campaña agrícola grande (Setiembre – Abril), y que tuvieron impacto en la agricultura del valle. Esas fechas fueron comparadas con datos de temperatura mínima de la estación de Huayao; observándose que son necesarias temperaturas mínimas por debajo de los 0°C para causar daños a los cultivos.

Se analizaron los cultivos de papa, maíz y zanahoria, y los resultados se plasmaron en mapas de vulnerabilidad ante las heladas, en niveles de vulnerabilidad muy alto, alto, medio y bajo, y cada factor fue valorado con una puntuación dependiendo si una zona evaluada ese factor es más vulnerable (4) o menos vulnerable (1) ante la posible ocurrencia de una helada. El Mapa 6 es un ejemplo de los mapas elaborados.



Mapa 6 Vulnerabilidad del cultivo de papa ante heladas en la provincia de Chupaca

Estudio de caso: Frecuencia de Lesiones Histopatológicas en Truchas Arcoíris sugerentes a una infección de *Yersinia ruckeri* en una Piscigranja de la Microcuenca del río Achamayo en el Contexto de su Variabilidad Climática Estacional

No es difícil determinar el comportamiento de las enfermedades bacterianas en la acuicultura por que en la mayoría de los casos, la incidencia y la persistencia están relacionadas al estrés del pez. El mayor problema actualmente para la acuicultura es la diseminación de enfermedades (Harvell *et al.*; 1999, Harvell *et al.*, 2002). Uno de los eventos registrados en relación a lo mencionado en el párrafo anterior, se considera a la diseminación de la mancha blanca en camarones en el Ecuador y el más reciente caso de ISA (Anemia infecciosa del Salmon) (Harvell *et al.*; 1999, Harvell *et al.*, 2002).

Dentro de los organismos bacterianos que afectan a los peces como la trucha arcoíris esta la *Yersinia ruckeri*, bacteria gram (-) que pertenece a la familia de las Enterobacteriaceae. Esta bacteria fue determinada por primera vez en Ingenio y se extendió a varias piscigranjas del valle del Mantaro, causando altas mortalidades y pérdidas económicas importantes (Bravo y Gokajura, 1998).

La diseminación de *Y. ruckeri* ocurre por contacto directo con un animal infectado o portador. Se ha determinado que dentro de una población de truchas arcoíris más del 25% posee al agente en la parte posterior del intestino delgado (Romalde y Toranzo, 1993; Ryckaert *et al.*, 2010). La eliminación intestinal de *Yersinia ruckeri* permite la recurrencia de la infección y mortalidad en la

población afectada. La infección mediante individuos portadores presenta un papel importante bajo condiciones de estrés (Capkin y Altinok, 2009).



Foto 8 Vista de una piscigranja típica en el valle del Mantaro, ubicada aprovechando las aguas de los principales ríos de la zona

Se colectaron peces trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en tres etapas climatológicas del valle del Mantaro: época de estiaje, época de lluvias y entre las dos estaciones. La zona de estudio fue la piscigranja “El Edén” (13°31'33" Sur; 71°58'53" Oeste y a una altitud 3806.77 msnm), ubicada en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, distrito de Ingenio. El río Rangras proporciona el recurso hídrico a la unidad productiva el cual, conjuntamente con el río Chía forma la subcuenca del río Achamayo. Para el estudio se tomó un total 180 animales divididos equitativamente para cada uno de los tres días de muestreo correspondiente a la etapa climatológica. Se realizó un muestreo aleatorio simple de una muestra de 60 animales por día de muestreo.

Las conclusiones del estudio indicaron que el intestino delgado es lugar en donde *Yersinia ruckeri* se aloja en los individuos portadores. En el tejido de intestino se ha encontrado una leve a moderada presencia de las células granulo eosinofílicas, esta presencia reforzaría la idea de un estímulo de injuria constante sobre el tejido intestinal. Ante esta situación, *Yersinia ruckeri* también tiene la capacidad de adherirse a la superficie intestinal después de un proceso de infección (Tobback *et al.*, 2010b).

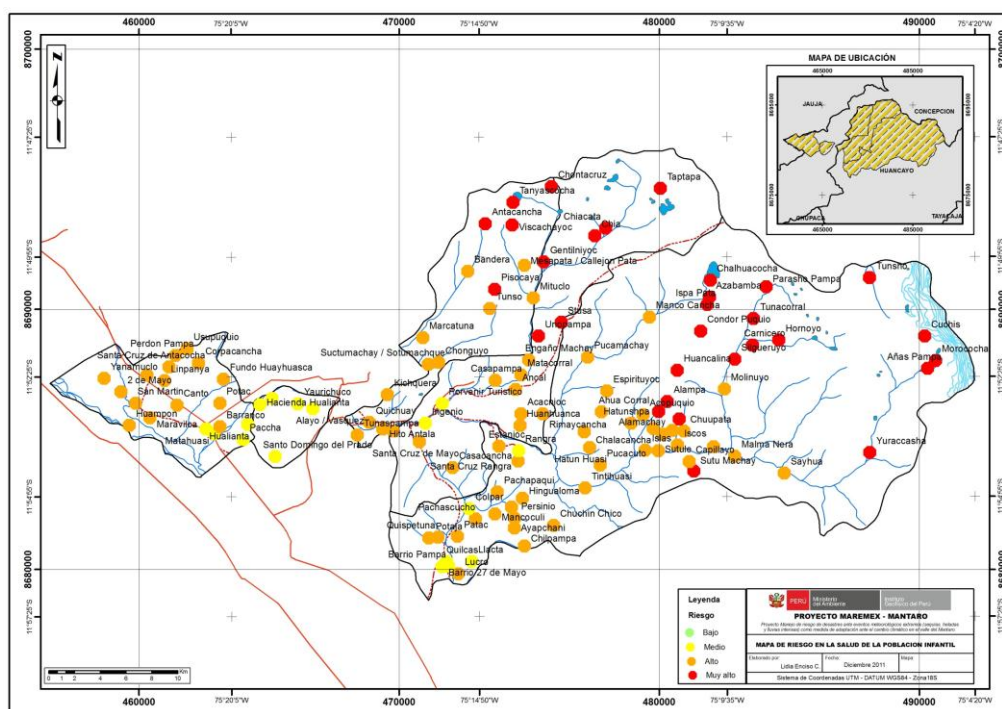
La eliminación intestinal de *Yersinia ruckeri* permite la recurrencia de la infección. Luego de realizado el muestreo, para los meses de lluvias del año 2011 (Febrero y Marzo), se presentó un brote de “Boca Roja”, según informaron el dueño y los técnicos de la piscigranja de estudio. La infección mediante individuos portadores presenta un papel importante bajo condiciones de estrés (Capkin y Altinok, 2009), el cual sumado a los factores de mala calidad del agua, mayores precipitaciones y estrés severo por las condiciones medioambientales, habría ocasionado este brote; pero no así, en los meses de la investigación desarrollada. Para el caso de las lesiones a nivel del ciego pilórico y del bazo no se han manifestado lesiones notorias. En el caso de infección de *Yersinia ruckeri* en truchas arcoíris la principal lesión a nivel esplénico es una necrosis focal. En nuestro estudio no se

ha encontrado este tipo de lesión probablemente el proceso que se manifestaba era un proceso crónico y no agudo.

El mayor número de lesiones se encontraron en el mes de Noviembre, época de mayor precipitación pluvial, lo cual sería explicado por el stress causado por la mala calidad de agua generada por la presencia de lluvias en ese mes. Sin embargo, en las tres etapas de estudio ha sido muy escasa la presencia de animales con lesiones que sugieran una infección de *Yersinia ruckeri*. Esto se podría explicar debido a que el nivel de precipitaciones fue mucho menor a la que se esperaba, en la temporada muestreada, sobre todo en Noviembre, lo cual generó un menor estrés en los peces, no siendo lo suficiente para una mayor carga bacteriana de *Yersinia ruckeri*, su mayor infección de peces susceptibles y manifestación de lesiones. La infección por esta bacteria podría haber sucedido, sin embargo las lesiones no necesariamente se observarían debido a posibles portadores subclínicos de la enfermedad.

Bajas temperaturas y su impacto en la salud infantil en la subcuenca del río Achamayo

En el departamento de Junín, según la percepción de la población, estudios realizados por el IGP (IGP, 2005), así como estadísticas del Ministerio de Salud (Diresa-Junín, 2004), las temperaturas bajas, inciden en la presencia de infecciones respiratorias agudas (IRAs), siendo los grupos vulnerables los niños y ancianos, y la época de mayor riesgo la temporada de frío, entre los meses de mayo hasta agosto. Asimismo en la subcuenca del río Achamayo, tanto las temperaturas mínimas así como los rangos térmicos afectan a la salud de los niños menores de cinco años a lo largo de todo el año, sin embargo presenta una estacionalidad marcada entre los meses de abril a septiembre reportándose casos de IRAs, entre 19 a 1445 casos en promedio por semana epidemiológica (DIRESA-JUNIN).



Mapa 7
Riesgo en la salud de la población infantil de la subcuenca de Achamayo

El estudio analizó las bajas temperaturas y su impacto en la salud infantil en la subcuenca del río Achamayo, donde se consideraron los promedios semanales de las temperaturas, agrupados según la definición de semana epidemiológica dada por la OPS, lo que sirvió para poder compararlos con los datos de salud que están totalizados de esa forma. En cuanto a la vulnerabilidad evaluada, los índices de vulnerabilidad sanitaria considerados fueron: morbilidad por neumonías e IRAs en niños menores de cinco años, la distancia promedio de los establecimientos de salud a los centros poblados y la capacidad resolutive de los mismos. El producto final fue un mapa de riesgo en la salud de la población infantil de Achamayo, que se espera pueda ser utilizado para mejorar las políticas y estrategias de salud de la zona.

6. Productos del proyecto y difusión de resultados

Los resultados del proyecto han sido plasmados en tomos de resultados, la misma que se encuentra en versión escrita, y digital (en cd). Adicionalmente se cuenta con un libro balance de los estudios realizados en la cuenca del río Mantaro entre los años 2003-2010, tres boletines, y dos posters sobre los temas de salud y desglaciación. Todos estos productos pueden ser descargados libremente de la página web del proyecto: www.met.igp.gob.pe/proyectos/maremex

- Instituto Geofísico del Perú (2012): Eventos meteorológicos extremos (heladas, sequías y lluvias intensas) en el valle del Mantaro. Tomo I de resultados finales del proyecto “Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro – MAREMEX), 168 pp. ([También disponible en cd](#))
- Instituto Geofísico del Perú (2012): Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos en el valle del Mantaro. Tomo II de resultados finales del proyecto “Manejo de riesgos de desastres ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas) como medida de adaptación ante el cambio climático en el valle del Mantaro – MAREMEX), 195 pp. ([También disponible en cd](#))
- Instituto Geofísico del Perú (2010): Cambio climático en la cuenca del río Mantaro: Balance de 7 años de estudio en la cuenca del Mantaro. 260 pp.
- Boletín Nro. 1 del proyecto MAREMEX-Mantaro. Enero 2011, 16pp.
- Boletín Nro. 2 del proyecto MAREMEX-Mantaro. Julio 2011, 16pp.
- Boletín Nro. 3 del proyecto MAREMEX-Mantaro. Enero 2012, 16pp.
- Poster Mapa de riesgos en la salud de la población infantil en la subcuenca del río Achamayo. 2012.
- Poster Retroceso glaciar de la cordillera Huaytapallana Junín-Perú. 2012.

Adicionalmente, la Dirección de Asuntos Académicos del IGP anualmente edita y publica un compendio de trabajos de investigación realizados por estudiantes. En ellos, los estudiantes del proyecto publicaron los avances de sus investigaciones en forma de artículos científicos durante los años 2010 y 2011. Estas publicaciones pueden ser descargadas libremente de la página web: www.igp.gob.pe/index **Compendio de estudiantes**. A continuación el listado de dichos artículos:

- Anicama, J. (2011): Caracterización del efecto del incremento de las precipitaciones pluviales sobre la presencia de *Yersinia ruckeri* en una piscigranja del valle del Mantaro.

101-106 pp. En Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.

- Céspedes, L. (2011): Primer análisis de vulnerabilidad física de los principales centros poblados del área del Proyecto MAREMEX-Mantaro, Región Junín. 92-100 pp. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Chávez, S. (2011): Caracterización de tormentas severas en el valle del Mantaro mediante sensoramiento remoto. 25-30pp. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Enciso, L. (2011): Peligro de bajas temperaturas y su impacto en la salud infantil en la subcuenca del río Achamayo. 107-113 pp. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Mamani, D. (2010): Circulación atmosférica local en el valle del Mantaro. 43-50. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Gigandet, S. (2010): Analysis of the disaster database Desinventar used for the quantification of extreme meteorological events in the Manaro valley, central Peruvian Andes. 77-82. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Mamani, D. (2011): Implementación de la morfología del suelo de la cuenca del río Mantaro al modelo MM5 en alta resolución. 44-53 pp. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Moreno, M. (2011): Estudio preliminar de la determinación de umbrales de precipitación como detonantes de deslizamientos y flujos torrenciales. 86-91 pp. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2010”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Ocampo, L. (2010): Estudio preliminar sobre la geodinámica superficial asociada al nevado Huayapallana en la subcuenca del río Shullcas, cuenca del Mantaro – región Junín. 29-36. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.
- Saavedra, M. (2010): Temperaturas en el proceso de difusión en suelos y sensibilidad del modelo SBDART. 37-42. En “Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009”, Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.

- Sulca, J. (2010): Identificación de los eventos de veranillos en el valle del Mantaro. 51-54. En "Compendio de trabajo de investigación realizados por estudiantes durante el año 2009", Dirección de Asuntos Académicos. Instituto Geofísico del Perú.

Asimismo, se ha visto por conveniente la preparación de artículos científicos con los principales resultados del proyecto, que se espera puedan publicarse en revistas indexadas internacionales en el transcurso de los próximos doce meses. En la Tabla 6 se presenta la tabla de artículos en preparación.

Tabla 6 Artículos científicos en preparación

Tema/título tentativo	Autores tentativo	Revista identificada	Estado
Climate variability and trends in the Mantaro valley (Central Peruvian Andes) and its relation with the Pacific Ocean variability	Yamina Silva, Grace Trasmonte	Advances in Science and Research	En revisión para su publicación. Fecha estimada 2do semestre 2012
Acuicultura, variabilidad y cambio climático en los Andes Peruanos	Jahir Anicama, Nieves Sandoval, Yamina Silva	International Journal of Biometeorology	En revisión para su publicación. Fecha estimada 2do semestre 2012
Sistematización sobre conocimiento local en tiempo y clima en el valle del Mantaro	Alejandra Martínez, Raquel Orozco, Ken Takahashi, Lidia Enciso, Luis Céspedes	Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics	En preparación. Fecha estimada noviembre 2012
Caracterización de heladas radiativas en los Andes Centrales Peruanos	Miguel Saavedra, Ken Takahashi	Por determinar	En preparación. Fecha estimada 2013.
Experiencia de Implementación de una red mini red meteorológica como forma de sensibilizar a comunidades campesinas en tiempo y clima	Raquel Orozco, Ken Takahashi, Alejandra Martínez, Miguel Saavedra	Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics	En preparación. Fecha estimada noviembre 2012
Salud y heladas en la población infantil en los Andes Centrales Peruanos	Lidia Enciso, Grace Trasmonte	Por determinar	En preparación. Fecha estimada 2013.
Network on climate change: Global conventions from a local perspective	Andre Lindner, Jorgen Preszth, Alejandra Martínez, etc.	Mountain Research and Development	En preparación. Fecha estimada noviembre 2012
Vulnerabilidad física en los principales centros poblados del	Marco Moreno, Luis Céspedes y	Journal of Agriculture and	En preparación. Fecha estimada

valle del Mantaro	Franklin Blanco	Rural Development in the Tropics and Subtropics	noviembre 2012
-------------------	-----------------	---	----------------

Asimismo se preparará un reporte técnico resumido (aproximadamente 12 páginas) con los resultados más resaltantes del proyecto, el cual deberá estar listo para su distribución para diciembre 2012.

Además, los resultados del proyecto vienen siendo difundidos a través de presentaciones en conferencias, seminarios, etc. Un ejemplo fue la participación en el ECI¹³ de verano, llevado a cabo a inicios del año en una sesión especial (Tabla 7).

Tabla 7: Sesión especial ECI 2012-v: Resultados del proyecto MAREMEX. Llevado a cabo en el Auditorio de la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial – CONIDA.

Coordinador de local: Juan Carlos Ruesta (CONIDA)	
Sesión especial sobre el Proyecto MAREMEX-Mantaro	
Presidente de sesión: Alejandra Martínez Grimaldo (IGP)	
9:00	Avances en el análisis de tendencias del clima en el valle del Mantaro <i>Grace Trasmonte Soto y Yamina Silva - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
9:20	Circulación atmosférica asociada a veranillos <i>Juan Sulca Jota - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
9:40	Caracterización física de heladas radiativas <i>Miguel Saavedra Huanca - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
10:00	Caracterización de tormentas severas y lluvias intensas <i>Steven Chávez Jara - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
10:20	Vulnerabilidad física de los poblados piloto del proyecto <i>Luis Alberto Céspedes Reyes - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
10:40	Evaluación geológica de los aluviones en el valle del río Shullcas <i>Luis Ocampo Quito - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
11:00	Intermedio
11:10	Detección de lluvias extremas asociadas a deslizamientos <i>Marco Moreno Tapia - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
11:30	Evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos en la zona central de la cuenca del río Mantaro - Región Junín <i>Franklin Blanco Rivera - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
11:50	Estudio de caso: Frecuencia de lesiones hispatológicas en truchas arcoíris en la subcuenca de Achamayo <i>Jahir Anicama Díaz - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
12:10	Vulnerabilidad de la agricultura ante EME

¹³ Encuentro Científico Internacional de Verano 2012 –
http://www.encuentrocientificointernacional.org/eci2012v/eci2011vprogramapreliminar.htm#sesion_especial_proyecto_Maremex

	<i>Lucy Giráldez Solano - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>
12:30	Impactos de las heladas en la salud de la población infantil <i>Lidia Enciso Condorcuya - Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú</i>

Asimismo se ha coordinado con el Ministerio del Ambiente la distribución de la información a través del GeoServidor¹⁴, y con el Gobierno Regional de Junín a través del SIAR ó Sistema de Información Ambiental de Junín¹⁵. En un futuro próximo, y en cuanto se implemente el Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres, la información también se canalizará a través del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres CENEPRED¹⁶.

¹⁴ <http://geoservidor.minam.gob.pe/intro/>

¹⁵ <http://webserver.regionjunin.gob.pe:8080/siarjunin/>

¹⁶ <http://www.cenepred.gob.pe/es/>

7. Logros específicos y efectos directos del proyecto

Logros en políticas

MAREMEX ha sido un impulso crucial para que el Gobierno Regional de Junín venga trabajando en el expediente técnico del proyecto SNIP¹⁷ “Fortalecimiento de capacidades para la adaptación al cambio climático en la Región Junín”, el cual será el primer proyecto relacionado con la temática del cambio climático íntegramente financiado por un gobierno regional. Esto sin duda marca un hito en la forma en que los gobiernos regionales del país vienen invirtiendo recursos económicos en temáticas ambientales en general, y sobre el cambio climático en particular. Este proyecto tendrá como ejecutores tanto al mismo Gobierno Regional de Junín como al IGP¹⁸ y al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI. El proyecto empezará este año 2012 (fecha por determinar), y contará con los siguientes componentes:

Componente 1: Conocimiento y Educación

Implementar una estrategia comunicacional regional para el ámbito urbano y rural. Este componente prevé la implementación de una estrategia comunicacional para el ámbito rural y el ámbito urbano así como sus canales de difusión y sensibilización en temas de cambio climático por medios de comunicación alternativa, masiva y de participación directa de una muestra representativa de la población para posicionar el tema en el pensamiento comunitario que coadyuve la mejor forma de adaptación ante este fenómeno global.

Componente 2: Dimensión política e institucional

Fortalecimiento de espacios de gestión a nivel regional en materia de cambio climático.

Componente 3: Vulnerabilidad y adaptación

Generación de información de vulnerabilidad y adaptación en las cuencas del Perené, Ene, Tambo y Mantaro. Esta intervención busca generar y sistematizar información sobre cambio climático en el ámbito de estudio mencionado y evaluar los aspectos climáticos, físicos y sociales de su vulnerabilidad y proponer opciones de adaptación del mismo.

Además, el Gobierno Regional de Junín ha incluido en su último Plan Estratégico Institucional¹⁹ 2011-2014 tanto las temáticas de cambio climático como de gestión de riesgo, y en su Plan Operativo Institucional²⁰ 2011 precisa que su mandato es “Promover, ejecutar, evaluar, supervisar y administrar los planes, programas y proyectos en materia ambiental y de recursos naturales en el ámbito regional, en concordancia con la política ambiental”; mientras que sus objetivos específicos son incluyen la reducción de la vulnerabilidad al cambio climático, fortaleciendo y articulando

¹⁷ Sistema Nacional Inversión Pública del Ministerio de Economía y Finanzas MEF del Gobierno Peruano, es un sistema administrativo del Estado que a través de un conjunto de principios, métodos, procedimientos y normas técnicas certifica la calidad de los Proyectos de Inversión Pública (PIP). Mayor información en www.mef.gob.pe.

¹⁸ Responsable en el IGP: Dra. Yamina Silva – yamina.silva@igp.gob.pe

¹⁹ El Plan Estratégico Institucional ó PEI es el documento donde las entidades nacionales (instituciones, gobiernos locales y regionales, etc.) reflejan la estrategia a seguir en el mediano y largo plazo.

²⁰ Documento de gestión anual, donde se incluyen las actividades programadas para un periodo de trabajo.

capacidades para la adaptación al cambio climático. Al aparecer estos temas tanto en el PEI como en el POI, se establece el compromiso formal del GORE Junín de destinar fondos regionales para las diversas acciones consideradas (generación de capacidades, generación de conocimiento sobre clima, implementación de red de estaciones meteorológicas, etc.), lo cual es un avance significativo y pone al Gobierno Regional de Junín como uno de los mas avances muestran al respecto en el país.

Además el nuevo Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD)²¹ indica en sus lineamientos técnicos generales para la implementación del proceso de estimación del riesgo que las responsabilidades para los Gobiernos Regionales y Locales incluyen entre sus obligaciones:

- Identificar el nivel de riesgo existente en su jurisdicción.
- Disponer de la participación de profesionales especializados según el tipo de peligro a analizar, procurando la conformación de equipos multidisciplinarios, generar los mecanismos necesarios para la identificación de las condiciones de riesgo en la infraestructura privada en su jurisdicción.
- Considerar los estudios de estimación del riesgo como insumo para la toma de decisiones de la inversión regional y local.

Los resultados del proyecto sin duda cubren muchos de los aspectos indicados en los lineamientos técnicos del SINAGERD, dando una base sólida sobre el conocimiento de la gestión del riesgo, por lo que se espera que los documentos de gestión regionales sigan enriqueciéndose al incorporar esta temática.

Logros en capacidad individual y organizacional

El desarrollo del proyecto MAREMEX significó además un cambio en la forma de trabajo en la institución, ya que siguiendo el ejemplo de este proyecto y sus actividades vinculadas a la investigación-acción multidisciplinaria e interinstitucional, en el IGP y como un spin-off del proyecto se ha creado una nueva área llamada “Geofísica & Sociedad”. Esta nueva área empezó sus actividades en enero del presente año, y el objetivo principal de su creación es el de facilitar el diálogo entre la investigación en las diferentes ramas de la geofísica que se desarrollan en el IGP y la sociedad, incluyendo a los tomadores de decisiones de todo tipo, para asegurar que los resultados de las investigaciones institucionales alimenten acciones y elecciones informadas. Los objetivos específicos del área son:

1. Incluir la temática de dimensión humana a los proyectos y áreas del IGP que así lo requieran, incluyendo los aspectos de impactos de los fenómenos geofísicos.
2. Diseñar e implementar estrategias de difusión de las investigaciones que se realizan en el IGP a todo nivel (institucional, autoridades, y público en general).

²¹ Creado por la Ley 29664 de la Presidencia del Consejo de Ministros

Asimismo, el proyecto permitió mejorar los enfoques de diseño para efectuar investigaciones y desarrollar otros proyectos. Por ejemplo, aún antes de finalizar MAREMEX, el IGP inició el desarrollo del proyecto AndesPlus Perú. Este proyecto tiene como antecedentes la realización del proyecto PRAA²² en los Andes Tropicales. El objetivo principal de AndesPlus es evaluar metodologías para el desarrollo de proyectos de adaptación al cambio climático en zonas de alta montaña, a través del análisis riguroso de la experiencia desarrollada durante los últimos años de trabajo sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del río Mantaro. Se incluirá las experiencias recientes sobre el manejo de los recursos hídricos en la subcuenca del río Shullcas, y el producto final será una publicación técnica²³ que incluirá las experiencias metodológicas ganadas con MAREMEX.

Logros en la participación de usuarios en la investigación

La implementación de una red meteorológica básica (temperatura y lluvia)²⁴ de alta densidad espacial en la zona de interés fue una estrategia que permitió mejorar la caracterización espacial de los eventos extremos y logró que los miembros de las comunidades tener un mejor conocimiento de su ambiente, mejorando a su vez la mejorará su capacidad de gestión. El énfasis de esta estrategia se dio a los aspectos de apropiación de los instrumentos, sensibilización y capacitación de las comunidades locales.

El bajo costo y simplicidad del instrumental (pluviómetro y termómetro) permitió hacer instalaciones sin mayor reparo y la multiplicidad de estas aumentó la probabilidad de tener información útil. Se instalaron 40 pluviómetros montados en postes de tornillo de 170 cm de largo, los cuales se enterraron en el suelo de manera que 130 cm sobresalieran, y el pluviómetro quedara aproximadamente a la altura de los ojos. Por su operación, necesitan ser desmontados diariamente, por ello se sujetan a dos alcayates clavados a menos de 1 cm del tope del poste. Se determinó que las mediciones se realizarían una vez al día, a las 7:00 am., utilizando planillas especialmente preparadas para facilitar la toma de datos y minimizar los errores, y los equipos quedaron en poder de las comunidades beneficiadas, las que se convirtieron en responsables de la toma de datos.

²² El Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA tiene como objetivo reforzar la resiliencia de los ecosistemas y economías locales ante los impactos del retroceso glaciar en los Andes Tropicales a través de la implementación de actividades piloto que muestren los costos y beneficios de la adaptación al cambio climático en cuencas seleccionadas en Bolivia, Ecuador y Perú.

²³ Mayor información en www.met.igp.gob.pe/proyectos/andesplus

²⁴ La estrategia utilizada fue similar a la utilizada en el proyecto PACS-SONET de la NOAA, el cual ha instalado pluviómetros de bajo costo en redes operadas localmente en experimentos de campo en Piura, Puno, Bolivia y México

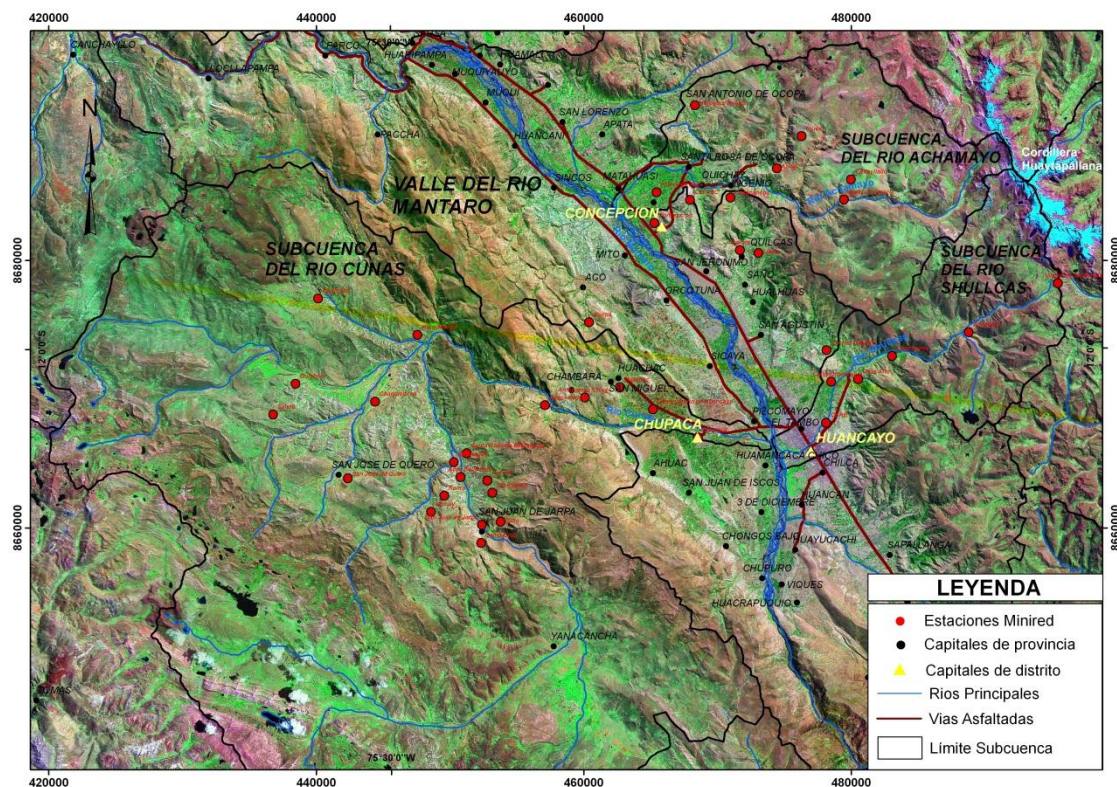


Figura 12 Localización de las estaciones pluviométricas de la mini red meteorológica del proyecto MAREMEX

A las comunidades/observadores se les capacitó tanto en forma teórica – explicando la importancia de las mediciones-, como en forma práctica con casos reales y utilizando el instrumental instalado. Además se les entregó un juego de manual+planillas tanto para los pluviómetros como para los termómetros. Las condiciones de cada instalación fue bastante diferente con respecto a los lugares y a las personas con las que se trabajó, lo cual le da riqueza a la experiencia desde la perspectiva sensibilización y estudio de la gestión de riesgo.

En términos generales, el procedimiento de implementación consistió en la aproximación a las comunidades para realizar una sensibilización sobre la importancia de la observación de variables meteorológicas y de acuerdo con el interés de los pobladores se procedió a la instalación y capacitación de las personas que se encontraran presentes. Se capacitó en la toma de datos a hombres, mujeres y niños; pero inicialmente fueron mayoritariamente varones los que asumieron el rol de observadores meteorológicos. Posteriormente, y debido a la continuidad necesaria para la toma de datos, muchos de los observadores empezaron a encargar la función a sus hijos, esposas y otros familiares, por lo que en vez de contar con observadores, se cuenta en muchos casos con “familias observadoras”.



Fotos 9 y 10 Capacitación en la Casa comunal de REDES (izquierda) y seguimiento de las observaciones en la subcuenca del río Cunas por parte del equipo técnico del proyecto.

La implementación de la mini red permitió complementar los estudios sobre variabilidad y cambio climático, pero además permitió vincular los estudios sobre aspectos físicos con la población, al involucrar a las comunidades en la medición de precipitación, lo que sin duda brindó una faceta no prevista y altamente positiva a la experiencia.

8. Temas de investigación futuros y recomendaciones

En esta sección se presentan algunos de los temas de investigación futuros identificados a lo largo del proyecto²⁵.

Conocimiento local

Se tiende a considerar al conocimiento local como “tradicional” o “ancestral”, sin embargo a menudo se desconoce tanto su origen como validez científica, muchas veces dando por sentada su utilidad práctica. Al mismo tiempo, es un riesgo presente que los conocimientos locales que aún son conservados por los más ancianos de las comunidades campesinas altoandinas se estén perdiendo al no ser transmitidos a los jóvenes, dado que no existen registros escritos sobre dicho conocimiento.

Por ello es necesario continuar investigando, con el fin de identificar y rescatar aquellos conocimientos locales potencialmente útiles, y que podrían estar perdiéndose por desconocimiento o falta de interés. Uno de los temas pendientes de análisis es el uso de técnicas de humeado como medida de mitigación ante la ocurrencia de heladas, aparentemente también utilizado como método de mitigación ante granizadas. En este sentido, es necesario ahondar en las características del tipo, cantidad, distribución y forma de arreglo del material de quemado, así como los efectos físicos reales que tendría el humo generado en la temperatura del aire cerca al suelo.

Por otro lado, aún son escasos los ejemplos en los que el conocimiento local ha servido como vehículo de adaptación al cambio climático, y al respecto quedan varias interrogantes sobre las cuales las siguientes investigaciones deberían intentar responder, y que son necesarias si se considera que el conocimiento local debería integrarse con el conocimiento científico y técnico actual, en un rol compartido de incremento de la resiliencia de las poblaciones: ¿puede el conocimiento local servir para diferenciar los cambios producidos por la variabilidad y el cambio climático?, ¿es posible rescatar el conocimiento local que se viene perdiendo o deteriorando en un contexto de cambios sociales, económicos y culturales?, ¿cuáles deben ser las estrategias de difusión de conocimientos locales probadamente útiles? y ¿realmente el conocimiento local puede “integrarse” con el conocimiento científico?, y ¿cómo?.

Medidas de adaptación estructurales y no estructurales

En general, las medidas de adaptación priorizadas por los proyectos sobre cambio climático son principalmente estructurales, tales como: el mejoramiento de la capacidad de almacenamiento de agua; la construcción y mejoramiento de sistemas de riego; el reforzamiento, ampliación y modernización de los sistemas de observación hidrometeorológica; mejoramiento de redes de agua y desagüe; etc.; es indudable que

²⁵ Estos temas se vienen desarrollando con mayor profundidad en el marco del nuevo proyecto AndesPlus Perú.

estas medidas de adaptación estructurales son más llamativas tanto para los beneficiarios directos como indirectos, tomadores de decisiones, y las entidades financiadoras.

Por su parte, las medidas de adaptación no estructurales no son priorizadas, y deberían incluir aquellas de carácter científico y tecnológico, las socioeconómicas y culturales, y finalmente las institucionales y legales. Los tres tipos de medidas están sumamente relacionados entre sí, y todos tienen puntos comunes, sobre todo aquellos vinculados a sectores como capacitación y educación, un ejemplo claro de su utilidad es el caso de la mini red de estaciones pluviométricas de MAREMEX, y consideramos que esta es una experiencia sobre la que debería ahondarse e investigarse más, para además identificar estrategias similares que permitan acercar la investigación en los aspectos físicos con la realidad social y económica de las poblaciones.

Vínculos entre la Gestión de Riesgo de Desastres y la Adaptación al Cambio Climático

La Gestión de Riesgo de Desastres (GRD) y la Adaptación al Cambio Climático (ACC) tienen como punto en común los temas de desarrollo, principalmente orientados a la reducción de la vulnerabilidad y el incremento de la resiliencia de las poblaciones, donde los eventos meteorológicos extremos son factores desencadenantes de los desastres, ya que se considera que el cambio climático “exacerbará”, “empeorará” ó “hará más críticos” los EME; pero el grueso de los proyectos y programas que viene trabajando la temática de cambio climático no incluyen estudios sobre la naturaleza física de dichos cambios en los EME.

Si bien se vienen desarrollando esfuerzos por consolidar y homogenizar las terminologías de ambas temáticas, los resultados vienen siendo variables, y los investigadores que vienen trabajando en ACC solo vienen adoptando aquellos conceptos útiles y fácilmente adaptables a sus propios estudios; así la utilización de un “lenguaje común” es solo parcial. Por el contrario, investigadores e instituciones que durante muchos años han venido trabajando en GRD, se vienen volcando en nuevos proyectos e iniciativas sobre ACC, por lo que es lógico que lo hagan utilizando aquellos conceptos que les son conocidos y que pueden ser comprendidos por investigadores del CC. Así, un tema sobre el que debería profundizarse es sobre las metodologías que permitan enfocar ambas temáticas.

Estudios sobre aspectos físicos del clima

La experiencia en el Mantaro indica que la variabilidad, sobre todo en precipitación, es tan grande – incluso con solo un par de kilómetros de distancia entre dos puntos de una misma subcuenca –, que el uso de escenarios climáticos actuales no proporciona las diferencias finas de los cambios que podrían suceder en el futuro. En forma similar, para el caso de los EME, las autoridades buscan el establecimiento de “sistemas de alerta temprana”, sin embargo no se cuenta con los estudios que expliquen los procesos físicos que los rigen; es decir, se supone poder alertar de la ocurrencia de estos eventos, aun desconociendo su origen.

En un país de tan diversa geografía como Perú, es necesario continuar con estudios que ayuden a comprender mejor la forma en que la variabilidad climática y el clima se comportan, así como identificar los factores que los modulan.

Cantidad y calidad de agua

Un tema muy importante es la cantidad y calidad de agua. Si bien se conoce un poco más sobre los temas de gestión del recurso, aún son muy escasos los trabajos sobre balance hídrico en las subcuencas, el nivel de pérdida de glaciares, y sobre todo la calidad del recurso. Esto es crítico para una ciudad como Huancayo que depende del glaciar y las lluvias para abastecerse de agua potable, y que en los últimos años ha presentado indicadores de calidad de agua muy bajos, situación que parece se viene exacerbando debido a la contaminación tanto por residuos urbanos como por actividades extractivas como la minería y productivas como la curtiembre.

Una recomendación para futuros proyectos, es la de facilitar la interrelación entre los investigadores de los proyectos con temáticas similares desde el inicio de los proyectos, y no solo cuando ya se cuenten con resultados. Esto podría facilitar el intercambio de información, bibliografía, experiencias, etc. no solo en los planos de investigación, también los de gestión y manejo de recursos, sean financieros o humanos. La realización de talleres de trabajo conjunto entre proyectos que recién se inician, y en donde se pueden formar los contactos futuros serían sumamente deseables.

9. Limitaciones

Cada una de las etapas del proyecto supuso diferentes retos y limitaciones tanto metodológicas como de gestión. Entre las limitaciones metodológicas se pueden mencionar aquellas que se presentaron a lo largo de toda la investigación, y que pueden resumirse en:

- Falta de datos, tanto hidrometeorológicos como socioeconómicos y biológicos. Por ejemplo, el último censo agropecuario se realizó en el año 1994²⁶.
- Dificultades en el intercambio de información entre instituciones estatales ó privadas, problema que se solucionó parcialmente mediante la firma de convenios para estudios y apoyo conjunto con varias instituciones.
- La diferencia existente entre la demarcación geográfica de subcuenca y/o valle y la demarcación política, fue otra limitación que se arrastró a lo largo de todo el proyecto, ya que dificultó enormemente la obtención de información sobre todo socioeconómica que se puede conseguir a nivel de distritos y provincias, los que a menudo cruzan y/o comparten distintas subcuencas ó microcuencas.

Las limitaciones de gestión del proyecto fueron también compleja, e incluyen factores que tienen que ver con falencias en algunos aspectos de educación superior, así como con la idiosincrasia propia tanto de los pobladores de la zona de trabajo, como de los propios investigadores y funcionarios locales y regionales. Las principales limitaciones en los aspectos de gestión pueden resumirse en:

- Dificultades para la programación de actividades, puesto que muchos de los temas de investigación desarrollados incluían trabajos de campo, talleres, etc., que debía ajustarse tanto a las agendas oficiales protocolares, como a las actividades cotidianas de la población, que a menudo incluían migraciones estacionales vinculadas a la ganadería y la agricultura, así como una cargada agenda festiva local y regional.
- Un factor adicional fue el cambio de mando en el gobierno central, debido a que las diferencias (al menos eso pareció en un primer momento) entre los gobiernos saliente y entrante, generaron expectativas de grandes cambios entre los funcionarios locales y regionales, que en gran medida demoraron y/o paralizaron algunas actividades a la espera de indicaciones entre el gobierno central (que finalmente no se dieron, gracias a un giro hacia políticas socioeconómicas ya establecidas por el gobierno anterior).
- Dificultades para la redacción. Este es un problema identificado y que afectó a los estudiantes del proyecto. Sin embargo, vale la pena mencionar que la estrategia de contar con tesisas ha sido muy buena, pues se han logrado cubrir temas de investigación que de otro modo no se hubieran podido desarrollar a tanta profundidad (por ejemplo a través de la contratación de consultores), con la ventaja adicional de estar fortaleciendo capacidades locales, e involucrar a los estudiantes en temas de investigación, lo cual es clave para crear una masa crítica de jóvenes investigadores en el país.

²⁶ El próximo censo agropecuario se realizará en el último trimestre del presente año (www.inei.gob.pe).

- Falta de experiencia en la preparación de artículos científicos, situación que ha demorado la preparación de los resultados del proyecto para su presentación en revistas internacionales indexadas, falencia que además es generalizada en la región. Existe sin embargo un fuerte interés por romper esa brecha, sobre todo considerando que los resultados obtenidos ameritan la publicación, y se está haciendo un esfuerzo extra por terminar y enviar los resultados a revistas internacionales indexadas.