



MAREMEX-Mantaro es un proyecto de investigación acción liderado por el Instituto Geofísico del Perú.

Este tercer y último boletín semestral reseña algunos de los resultados finales, así como de algunas actividades y proyectos complementarios en desarrollo.

Este proyecto cuenta con el apoyo de:



Municipalidad Provincial de Concepción



GRUPO YANAPAI



y con financiamiento del International Development Research Centre



PERÚ

Ministerio del Ambiente

Instituto Geofísico del Perú

Manejo de riesgo 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—Mantaro

N r o . 3

E n e r o 2 0 1 2



El proyecto MAREMEX-Mantaro

Este proyecto de investigación—acción ejecutado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP) con el apoyo financiero del IDRC (www.idrc.ca), tiene por principal objetivo fortalecer la capacidad de manejo del riesgo ante eventos meteorológicos extremos (sequías, heladas y lluvias intensas), a fin de disminuir la vulnerabilidad y mejorar 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 como insumo en la preparación de los planes locales de adaptación.

Los objetivos específicos incluyen: i) Identificar los actores clave involucrados y evaluar las actuales capacidades de manejo del riesgo de desastres, ii) Fortalecer y profundizar los estudios sobre los procesos físico que rigen la ocurrencia de eventos meteorológicos extremos en la región, iii) Evaluar la vulnerabilidad actual y elaborar planes participativos de manejo de riesgo local, y finalmente iv) Fortalecer las instituciones locales, sensibilizar a la población y difundir los resultados del proyecto.

Este tercer y último boletín semestral reseña algunos de los resultados preliminares, así como actividades y proyectos complementarios en desarrollo. Los resultados finales del proyecto pueden ser consultados y descargados libremente desde:

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



Vistas de la subcuenca del río Shullcas. ANDESPLUS evaluará 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 por el IGP, con énfasis en esta subcuenca.

Una nueva iniciativa sobre estudios relacionados al cambio climático en zonas de alta montaña: El proyecto ANDESPLUS

Como parte de las actividades a nivel regional planteadas en el marco del proyecto "Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales - PRAA", se ha propuesto el desarrollo de una guía metodológica para formular las bases científicas que puedan servir de base para el diseño y la implementación de medidas de adaptación sostenible en zonas de montaña, que incluye a Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. A esta iniciativa se ha denominado ANDESPLUS y viene siendo ejecutado por un Consorcio Suizo liderado por la Universidad de Zurich, en esta iniciativa participa el IGP con el proyecto ANDESPLUS-PERÚ.

El objetivo de ANDESPLUS-PERU 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 sobre vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del río Mantaro, con énfasis en la subcuenca del río Shullcas, que incluye además las experiencias recientes sobre el manejo de los recursos hídricos en esta subcuenca. La duración de este proyecto es de 9 meses, inició en agosto del 2011 y concluirá en abril del 2012. El financiamiento proviene del Ministerio del Ambiente de Suiza a través del Banco Mundial y la Comunidad Andina (CAN).

Entre los temas a tratarse son: Evaluación de las experiencias relacionadas a la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la cuenca del Mantaro, con énfasis en la subcuenca del Shullcas; incluye revisión de terminologías; utilidad y sostenibilidad de técnicas tradicionales; experiencias en gestión del agua; clima, variabilidad climática y requerimientos en relación a los escenarios climáticos regionalizados ("downscaling"); inclusión del tema de cambio climático en los instrumentos de planificación local y regional; utilidad de considerar eventos meteorológicos extremos como elemento de análisis sobre los potenciales impactos del cambio climático; metodologías utilizadas para evaluar la vulnerabilidad de los diferentes sectores socio-económicos potencialmente afectados por el cambio climático; comparación de los indicadores de vulnerabilidad generados en los diferentes; y evaluación de diversas metodologías para el desarrollo de proyectos de adaptación al cambio climático en zonas de alta montaña.

Para obtener mayor información sobre esta nueva iniciativa, puede escribir al siguiente correo:

yamina.silva@igp.gob.pe

Nuevos estudios para medir la pérdida de masa del glaciar Huaytapallana



Vista del glaciar Huaytapallana.

Motivados por las observaciones del rápido deshielo del glaciar Huaytapallana, el IGP con el apoyo de la Ohio State University, viene promoviendo el desarrollo de nuevos estudios que buscan entender los procesos físicos del derretimiento del glaciar y predecir la disponibilidad del recurso agua en el valle del Mantaro en un contexto de cambios en el clima futuro. Los objetivos específicos incluyen evaluar la velocidad con la que se está perdiendo la superficie del glaciar, estimar los cambios en el volumen de capa glaciar, estimar el porcentaje de contribución del glaciar al caudal del río Shullcas, estimar la futura disponibilidad de los recursos de agua para los próximos 40 años en la subcuenca del río Shullcas, y finalmente proponer medidas de adaptación relacionadas al recurso agua en colaboración con los tomadores de decisión locales.

Una de las variables críticas necesaria para evaluar el potencial hídrico del glaciar, es la determinación de la masa total de hielo. Para ello se utilizará la tecnología

LiDAR (Light Detection And Ranging). El LiDAR es un sistema de radar óptico instalado en un avión que permite obtener la estructura tridimensional del glaciar o del terreno. Se tomarán muestras del agua en puntos críticos de la subcuenca para el análisis hidroquímico e isotópico para calcular el porcentaje de contribución del glaciar al caudal del río Shullcas.

Para obtener mayor información sobre este estudio, puede escribir al siguiente correo:

plagose@gmail.com

Iniciativas regionales: Proyecto "Utilización de la diversidad genética para afrontar la adaptación al cambio climático"

Este proyecto viene siendo ejecutado en la Comunidad de Paltarumi – Pariahuanca, Huancayo, en colaboración con la Fundación PROINPA (Bolivia), Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (Santa Ana) y el Centro Internacional de la Papa - CIP, con el financiamiento del Fondo Regional de Tecnología agropecuaria - FONTAGRO.

Eventos meteorológicos extremos como heladas, granizadas y sequías se han vuelto más recurrentes y severos en los últimos años, ocasionando que los agricultores tengan serios problemas para enfrentarlos, pues estos eventos hacen disminuir drásticamente los rendimientos e incluso perder completamente la producción de cultivos como la papa. Esta situación vulnera no solo la base alimentaria de las comunidades, sino también su sostén económico y social, porque los agricultores optan por migrar en búsqueda de otros medios de subsistencia.

La base genética para la búsqueda de características deseables que determinen tolerancia a estrés abiótico y biótico se encuentra en la gran diversidad de papa presente en los países de Bolivia y Perú, y que es conservada *ex situ* en bancos de germoplasma (PROINPA en Bolivia, INIA y el CIP, en Perú) y por agricultores *in situ*. Estos materiales constituyen uno de los más importantes recursos fitogenéticos de la zona andina, y para su mejor aprovechamiento se requieren realizar evaluaciones sistemáticas de estos materiales dentro de un proceso participativo y combinar esfuerzos para acelerar la obtención de resultados. Con el presente proyecto se pretende encontrar pautas para que los agricultores de la región Andina continúen cultivando papa, implementando medidas para hacer frente a los eventos adversos, y así fortalecer los sistemas de producción basados en papa y a reducir su vulnerabilidad a las condiciones cambiantes del clima. Mayor información en los siguientes correos:

rgiron@inia.gob.pe, carolgi65@yahoo.com.ar

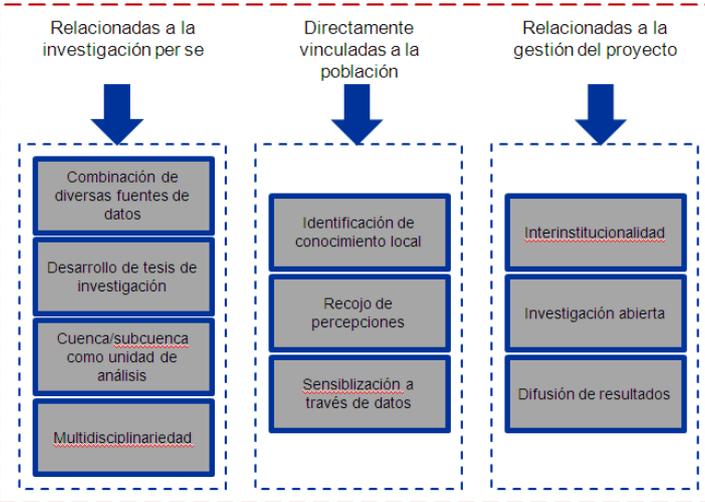


Cosecha de papa nativa en la Comunidad de Paltarumi—Pariahuanca, Huancayo.

MAREMEX tiene por principal objetivo fortalecer la capacidad de manejo del riesgo ante eventos meteorológicos extremos a fin de disminuir la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de adaptación de la población urbana y rural en el valle del Mantaro frente a cambios del clima

Estrategias en el desarrollo de MAREMEX

Estrategias del proyecto



Para el logro de los objetivos propuestos en el marco del proyecto, se emplearon diversas estrategias que permitieron ahondar y/o facilitar el desarrollo de las investigaciones.

Entre las estrategias utilizadas están 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, multidisciplinariedad, etc.; 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: investigación abierta, interinstitucionalidad, y difusión de resultados.

Tipos de estrategias empleadas a lo largo del desarrollo de MAREMEX

Recojo de percepciones

Parte importante de la información básica necesaria para conocer la línea base en el valle del Mantaro era conocer la percepción de la población. Interrogantes sobre los tipos de eventos meteorológicos extremos que la población considera como más dañinos, la identificación de las diferencias en las percepciones entre cada una de las tres subcuencas estudiadas, y las acciones diferenciadas que toma la población, debían ser contestadas para ser incorporadas efectivamente en las políticas locales y regionales tanto de gestión de riesgos como de manejo de recursos naturales.

El conocimiento sobre la percepción de la población es clave para poder plantear e implementar cualquier medida de adaptación (estructural ó no estructural), por lo que dicha información se recogió a través de encuestas, talleres, entrevistas, etc. en las tres subcuencas en estudio, y por zonas urbanas y rurales. La información recolectada se sistematizó en grandes bloques: Datos generales, actividades económicas e ingreso, situación laboral, agricultura, ganadería, recurso hídricos, etc.

Los resultados muestran que a pesar de la cercanía geográfica de las 3 subcuencas, existen diferencias en la percepción de los pobladores, marcadas tanto por la diferencia de entorno rural ó urbano, como por las características socioeconómicas y culturales de cada subcuenca. Por ejemplo, para el caso de Achamayo (la más rural) y Cunas (intermedia), el grado de importancia de las diferentes actividades económicas son agricultura, ganadería y comercio; sin embargo para la de Shullcas, que es la más urbanizada, la agricultura se ubica en cuarto lugar, después del comercio, la artesanía y la minería.

También se recogió información sobre la participación de hombres, mujeres y jóvenes en las actividades culturales de agricultura y ganadería, lo que ha ayudado a comprender mejor la forma de organización del trabajo en el interior de la familia campesina del Mantaro.

Por ejemplo para el caso de las labores relacionadas con ganadería, las mujeres son las encargadas de actividades como la selección de crías, el pastoreo y la preparación de alimentos para el ganado; mientras que los varones se encargan de la compra de animales, la dosificación, vacunación y curación, así como la esquila y el beneficio.

La información sobre percepciones se recolectó a través de a) talleres participativos, b) transectos, y entrevistas puntuales. c) La población manifiesta que ha habido grandes variaciones en el recurso agua, sobre todo en lagos, ríos y manantiales.



Desarrollo de tesis de investigación

Esta estrategia permitió por un lado el fortalecimiento de capacidades al formar jóvenes estudiantes en la investigación en diversos temas vinculados a la variabilidad y el cambio climático, y por otro ahondar en temas específicos de análisis, que de otra manera - por ejemplo a través de la contratación de consultores, no se hubiera podido lograr.

Se desarrollaron 10 tesis de pregrado en las especialidades de Física, Mecánica de Fluidos, Geografía, Ingeniería Geográfica, Ingeniería de Sistemas y Veterinaria. Cada estudiante tomó un tema de investigación específico, y el proyecto cubrió los gastos de investigación (subvenciones, análisis de laboratorio, etc.), el acceso a las facilidades del IGP, además de la asignación de un asesor que guió la investigación.



Varias de las tesis desarrolladas dieron énfasis a la toma de datos en campo, y al trabajo colaborativo entre estudiantes.

Utilización de diversas fuentes de datos

La escasez de datos, tanto meteorológicos como socioeconómicos, fue una constante a lo largo de todo el desarrollo del proyecto. 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, además de los 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.indeci.gob.pe/sinpad/](http://sinpad.indeci.gob.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.

Sensibilización de la población a través de la toma de datos meteorológicos

La implementación de una red meteorológica básica de alta densidad espacial, por un lado permitió mejorar la caracterización espacial de los eventos extremos, pero por otro sirvió como un vehículo de sensibilización a las comunidades campesinas involucradas (Quilcas, Acopalca y San Juan de Jarpa), para lograr conocer mejor su entorno.

Las comunidades—observadores fueron capacitados ten forma teórica y práctica en el uso de los equipos: pluviómetros de bajo costo. Los equipos quedaron en poder de las comunidades beneficiadas, quienes se convirtieron en responsables de la toma de datos.

Al término del proyecto, aproximadamente un 60% de los 40 pluviómetros instalados se encuentran operativos, y se espera que esta experiencia permita detectar errores y potenciar los aciertos, con el fin de garantizar la sostenibilidad de la red meteorológica y promover el uso de este tipo de instrumentos a largo plazo.



Vistas de la capacitación y toma de datos por parte de los observadores de la red meteorológica en las subcuencas de Cunas y Achamayo.

Entre las estrategias utilizadas en el marco del proyecto están aquellas relacionadas a la investigación propiamente dicha, las directamente vinculadas con la población y sus medios de vida, y finalmente aquellas relacionadas con la gestión del proyecto.

Incertidumbre y escenarios climáticos en la cuenca del río Mantaro

Responsable Ken Takahashi

La información base para la implementación de medidas de adaptación al cambio climático futuro es una estimación de cómo podría ser este cambio sobre las siguientes décadas. Además, esta información climática debería ser a una escala espacial local para que sea directamente aplicable. Sin embargo, es muy difícil poder pronosticar con certeza cómo será el cambio climático local debido a diversidad de factores que pueden afectarlo a esta escala, particularmente en la región andina donde la geografía es particularmente compleja.

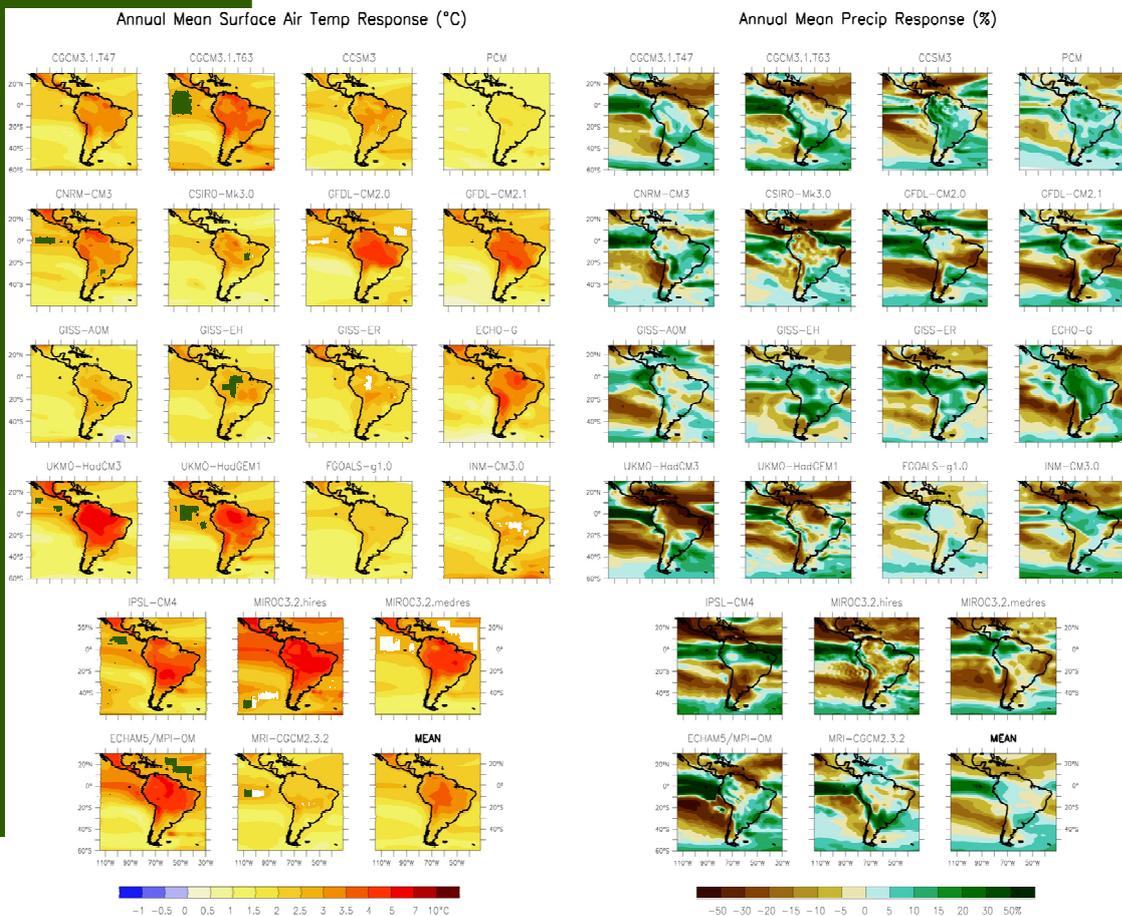
Metodologías para elaborar escenarios climáticos

Existen tres grandes tipos de metodología para realizar proyecciones del cambio climático futuro. La primera se basa en la estimación de tendencias climáticas en datos observacionales (instrumentales u otros) en el pasado relativamente reciente, con registros de al menos 20 años. Estas tendencias luego son extrapoladas hacia el futuro.

Otro enfoque considera las leyes físicas que gobiernan el sistema climático, las que se traducen en complejas ecuaciones matemáticas que pueden ser resueltas en forma aproximada en poderosas computadoras (el sistema se denomina "modelo climático numérico") y, dada una estimación de cómo variarán las emisiones o las concentraciones de gases invernadero, pueden proporcionar una estimación de cómo será el clima futuro. Este método es la base de las proyecciones futuras de clima (IPCC, 2007).

El tercer enfoque combina las ventajas de los dos anteriores y es denominado "regionalización" ("downscaling"), y consiste en corregir los escenarios de los modelos climáticos globales de manera que se incorporen los efectos geográficos locales de pequeña escala. Esto se puede hacer en forma estadística, usando relaciones empíricas entre las variaciones pasadas en las variables climáticas de interés y otras de gran escala, o utilizando modelos climáticos regionales, que funcionan similarmente a los globales, pero que se aplican a un área limitada, por lo que

Figura 1a. Cambio en la temperatura superficial (°C) y Figura 1b. Cambio en la precipitación (%); para ambos casos promedio entre 1980-1999 y 2080-2099 según varios modelos globales bajo el escenario A1B y el promedio de todos ellos ("Mean") (IPCC 2007).



pueden utilizar mayor resolución espacial, para lo cual se debe especificar las condiciones en las fronteras utilizando la información de los modelos globales.

Todas las técnicas tienen sus ventajas y limitaciones. La mejor estrategia es considerar la mayor cantidad de información y metodologías posibles y buscar resultados robustos.

Además, un conocimiento científico a profundidad del clima de la región de interés y de su relación con el resto del planeta es crucial para la correcta interpretación de dicha información.

Escenarios futuros para los Andes peruanos

Los cambios de gran escala previstos por los modelos globales para Sudamérica, si bien no tienen suficiente resolución espacial para resolver adecuadamente los Andes, son la base para los métodos de regionalización. En la Fig. 1a se muestran cambios en temperatura superficial para Sudamérica proyectados para el periodo 2080-2099 por diversos modelos globales y el promedio de todos para el periodo bajo un escenario intermedio de emisión de gases invernadero (A1B). Se aprecia un calentamiento sobre todo el continente, disminuyendo en magnitud hacia las costas, y que, sobre los Andes, sería de 3 a 4 grados centígrados. Si bien hay diferencias entre los modelos, hay consistencia en la tendencia general.

Por otro lado, con respecto a precipitación (Fig. 1b) se aprecia más diversidad entre los modelos, particularmente en los Andes centro-sur del Perú, donde las proyecciones van desde una reducción en 10% hasta un aumento de 20%. Debe considerarse que si bien el detalle del cambio en la precipitación dependerá de cómo exactamente sean representados los Andes en cada modelo, los patrones de gran escala difieren bastante también. En particular, en la Amazonía (de donde proviene la humedad a los Andes) las proyecciones también van de -30% hasta +30% y es importante notar que los modelos UKMO HadCM3 y el GFDL CM2.1, ambos realistas en términos del clima del presente (Gleckler et al., 2008), se encuentran respectivamente en ambos extremos. Hasta determinar cuáles de los modelos están errados y por qué, la regionalización debe considerar modelos en ambos extremos.

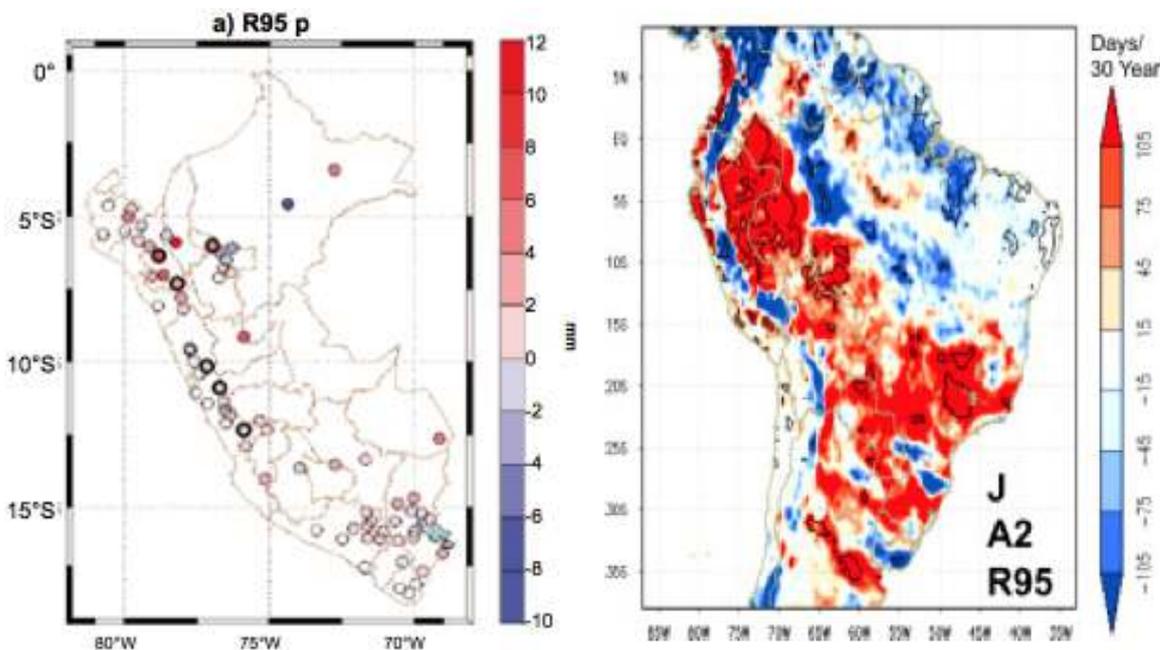


Figura 2. Tendencia en lluvias extremas (R95p) en datos observacionales 1965-2006 (SENAMHI 2009; izquierda) y en la regionalización del modelo HadCM3 bajo el escenario A2 usando el modelo PRECIS entre los periodos 1961-1990 al 2071-2100 (Marengo et al. 2010a).

Dada la alta incertidumbre, se propone que la mejor estrategia para la adaptación será buscar medidas que sean beneficiosas bajo un amplio rango de escenarios, en particular aquellas que reducen el impacto de los eventos extremos, ya que estos de todas maneras continuarán ocurriendo en el futuro.

Con respecto a eventos extremos, Marengo et al.(2010) regionalizaron las proyecciones en eventos extremos del modelo HadCM3 para Sudamérica con el modelo PRECIS y los resultados son a grandes rasgos similares a lo observado. En los Andes peruanos hay también similitud en los eventos de lluvia extremos (R95p) con el análisis hecho por SENAMHI (2009), como por ejemplo en un aumento en los Andes del sur peruano (Fig. 2). En los otros índices de lluvia o los de temperatura, no hay tanta similitud. Se debe considerar, sin embargo, que la concordancia o falta de ella entre lo modelado y lo estimado con observaciones puede estar influida por deficiencias en cualquiera de los estos y se debe complementar el análisis con el estudio de los procesos asociados.

Discusión

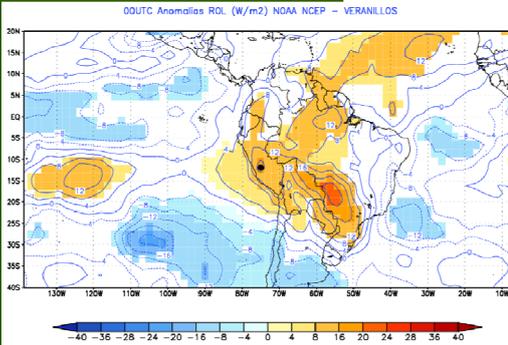
En lugar de pretender proporcionar un estimado cuantitativo del cambio climático futuro en los Andes centrales del Perú, se considera contrastar distintos modelos o metodologías, de manera de poder tener una idea de las incertidumbres asociadas. Estas incertidumbres son muy grandes y es probable que estas no se reducirán sustancialmente en un futuro cercano a menos de que se de mayor importancia al entendimiento de los procesos físicos que operan tanto en la realidad como en los modelos climáticos. Por lo pronto, se propone que la mejor estrategia para la adaptación será buscar medidas que sean beneficiosas bajo un amplio rango de escenarios, particularmente aquellas que reducen el impacto de los eventos extremos, ya que estos de todas maneras continuarán ocurriendo en el futuro.

Algunos resultados de los estudios sobre variabilidad climática

Circulación atmosférica asociada a veranillos en el valle del río Mantaro

Responsables **Juan Sulca, Yamina Silva, Ken Takahashi y Kobi Mosquera**

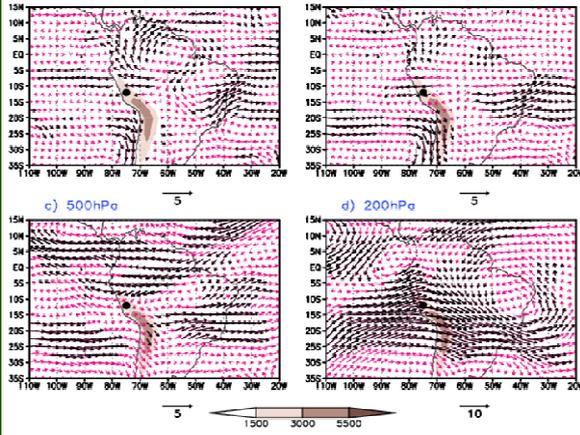
El valle del río Mantaro se caracteriza por presentar un periodo de lluvias muy marcado, en donde el promedio anual alcanza los 700 mm., es importante indicar que, de esta cantidad, el 49 % del total se concentra en los meses de enero, febrero y marzo (periodo pico de lluvias). El trabajo de Silva et al. (2010) indica que este pico máximo estaría relacionado a una mayor actividad convectiva, así como a la nubosidad. Por otro lado, la humedad en el valle tendría su origen en la Amazonía producto de una intensificación de los vientos del Este en los niveles altos de la tropósfera (IGP, 2005a).



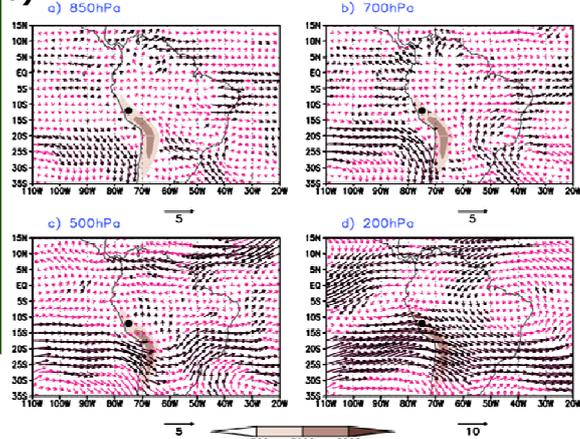
Anomalías de ROL(W/m2) durante un veranillo en el valle del río Mantaro a las 00UTC para el periodo 1958-2002. Las anomalías que pasan la prueba-t de dos colas al 95% de nivel de confianza están sombreadas en colores. La ubicación del valle del río Mantaro es remarcada con un punto negro. Fuente: NOAA-NCAR.

Existen diversos estudios de patrones de circulación atmosférica asociados a los periodos secos en diferentes zonas ubicadas sobre los Andes de América del Sur, entre estas están el Altiplano boliviano y la cuenca del Mantaro. Pero la zona con más estudios es el Altiplano boliviano. Según Garreaud et al. (2003), un evento seco en el Altiplano boliviano se caracteriza por la presencia de anomalías de vientos del Oeste a 200 hPa (~ 12 km), estas anomalías evidencian un mayor ingreso de vientos del Oeste (aire seco y frío del Pacifico Sur) sobre el Altiplano que inhiben el ingreso de humedad de la Amazonía. Estas anomalías del Oeste estarían asociadas a un debilitamiento de la intensidad del Alta de Bolivia (Garreaud, 1999). En el caso de la cuenca del Mantaro, un periodo seco se caracteriza por presentar anomalías de vientos del Oeste sobre todo el Perú a 200 hPa (~12 km). Estas anomalías estarían asociadas a un desplazamiento más al Noreste del centro del Alta de Bolivia lo que generaría un debilitamiento de los vientos del Este sobre Perú. Esto favorecería un mayor ingreso de los vientos del Oeste (aire seco y frío del Pacifico Sur) sobre los Andes centrales peruanos (IGP, 2005C). Pero, los mecanismos físicos asociados a estos patrones de anomalías de vientos del Oeste a 200 hPa en estas regiones no necesariamente son los mismos; por lo que se debería realizar más estudios de este tipo.

a) 00UTC Anomalias de vientos (m/s) NCEP-NCAR - VERANILLOS 1958-2002



b) 00UTC Anomalias de vientos (m/s) ERA40 - VERANILLOS 1958-2002



Este estudio consistió en identificar veranillos en el valle del río Mantaro (intervalo cortos de días sin lluvias dentro del periodo pico de lluvias) y mostrar que están asociados a patrones de circulación atmosférica de escala regional. Para la identificación de los eventos de veranillos en el valle del río Mantaro se utilizaron los datos de la estación climatológica de Huayao para los meses de enero a marzo para el periodo 1950-2010. Para este fin, se definió un veranillo en el valle del río Mantaro cuando la estación de Huayao registró lluvias menores a 1 mm/día (el percentil 30) por un intervalo de 7 a 15 días consecutivos.

Para la identificación de los patrones de circulación atmosférica se consideró al periodo 1958-2002 debido a que es el periodo común con los datos de Reanálisis. Para caracterizar el patrón de anomalías de convección profunda se utilizaron datos satelitales de radiación de onda larga (ROL), proporcionados por NOAA-NCEP (Gruber and Krueger, 1984), mientras que para la caracterización de los patrones de anomalías de vientos se utilizaron los datos del Reanálisis del NCEP-NCAR y ERA40 para diferentes niveles de presión (1000 hPa a 100hPa), estos datos son descritos por Kalnay et al., 1996 y Upalla et al., 2005, respectivamente. Los datos usados son los de las 00 UTC, esto es debido a que esta hora es representativa de las horas de lluvias (3 pm a 7 pm) en el valle del río Mantaro. Por último, a estos patrones de anomalías se les aplica la prueba-t de Student de dos colas al 95% de nivel de confianza.

a) Anomalías de vientos (m/s) durante un veranillo en el valle del río Mantaro a las 00UTC para el periodo 1958-2002. Las anomalías que pasan la prueba-t de dos colas al 95% de nivel de confianza son remarcadas con negrita. La elevación topográfica de los Andes esta en sombras grises. La ubicación del valle del río Mantaro es remarcada con un punto negro. Fuente: NCEP-NCAR.

b) Anomalías de vientos (m/s) durante un veranillo en el valle del río Mantaro a las 00UTC para el periodo 1958-2002. Las anomalías que pasan la prueba-t de dos colas al 95% de nivel de confianza son remarcadas con negrita. La elevación topográfica de los Andes está en sombras grises. La ubicación del valle del río Mantaro es remarcada con un punto negro. Fuente: NCEP-NCAR.

Caracterización de tormentas mediante sensoramiento remoto

Responsable Steven Chávez

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.

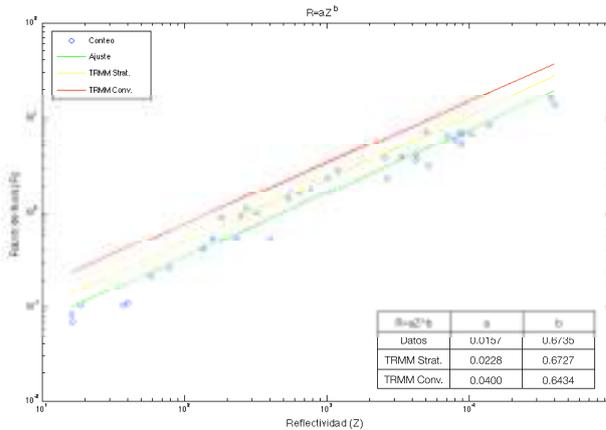
Más aún, técnicas de estimación por sensoramiento remoto basadas en observaciones satelitales de nubosidad no han sido exitosas en esta región. Por eso se planteó utilizar información de mediciones más directas que las hechas por observaciones satelitales de nubosidad, las mediciones más precisas son las hechas por radares meteorológicos en tierra pero en el Perú no se cuenta con estos radares, no obstante, desde 1998 se tienen mediciones de lluvia hechas por el radar de precipitación (PR) a bordo del satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) que es un esfuerzo en conjunto entre la NASA y la JAXA para estudiar las lluvias en los trópicos.

Por otro lado existen modelos atmosféricos numéricos de alta resolución como el MM5 y el WRF con los cuales se puede estimar la lluvia, pero estos, por necesidad, emplean una variedad de aproximaciones que pueden no ser apropiadas para algún fenómeno de interés y son, por lo tanto, fuentes de error, tal es el caso de las parametrizaciones de los modelos que se basan en observaciones hechas en condiciones particulares y podrían no ser apropiadas en otras.

En este estudio se caracterizan las tormentas en el valle del Mantaro combinando información de distintas fuentes. En particular, se utilizan datos del radar de precipitación (PR) a bordo del satélite TRMM, específicamente los productos 2A23 y 2A25, los cuales nos permiten obtener la distribución tridimensional de la lluvia y un estimado en la superficie. Entre otras cosas nos permiten conocer el tipo de lluvia (convectiva vs. estratiforme) y la altura del tope de la tormenta. Imágenes del satélite geostacionario GOES proveen información de nubes y su temperatura de brillo.

Mediciones de campo de la Distribución del Tamaño de Gotas (DSD) usando la técnica del papel de filtro fueron usadas para validar el algoritmo del PR 2A25 en la zona de estudio, particularmente los parámetros a y b en la relación entre la razón de lluvia (R) y la reflectividad (Z), i.e. $R=aZ^b$, encontrándose una excelente concordancia para b , pero una sobrestimación de a en el algoritmo 2A25.

Se encontró que aunque la mayoría de pixeles de lluvia son del tipo estratiforme y solo algunos son convectivos, la lluvia total asociada a los pixeles convectivos es casi igual a la de los estratiformes, este es un resultado importante porque las lluvias convectivas al ser las más intensas son las más peligrosas para la población. Se ha determinado que las técnicas que asumen una relación entre la altura de las tormentas y la lluvia no funcionan. Fue verificado que inclusive para los eventos convectivos, la temperatura de brillo de las imágenes GOES IR4, que proveen una medida de la altura del tope de las nubes, no presentan una relación con la lluvia.

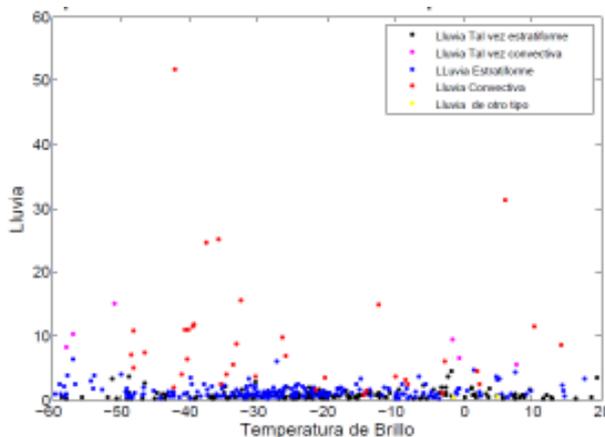


Relación entre la reflectividad y la razón de lluvia para la zona de estudio. Elaboración S. Chávez.



Porcentaje de pixeles de cada tipo de lluvia b) Lluvia asociada a los pixeles de a). Elaboración S. Chávez.

El valle del río Mantaro se caracteriza por presentar un periodo de lluvias muy marcado, en donde el promedio anual alcanza los 700 mm., y el 49% del total se concentra en los meses de enero, febrero y marzo. Además, este pico máximo estaría relacionado a una mayor actividad convectiva, así como a la nubosidad.



Temperatura de brillo GOES vs. Lluvia en la superficie TRMM PR 2A25. Elaboración S. Chávez.

Algunos resultados de los estudios sobre Geodinámica Superficial

Vulnerabilidad física de centros poblados

Responsable Luis Céspedes

El objetivo principal del estudio fue determinar el nivel de vulnerabilidad de los centros poblados pilotos del proyecto MAREMEX-Mantaro, considerando las condiciones físicas y sociales que actualmente presenta la población (medios de vida e infraestructura) frente a eventos naturales peligrosos, la cual se asocia directamente a la ocupación, crecimiento y desarrollo desordenado de las mismas comunidades y urbanizaciones sobre zonas altamente peligrosas (susceptibles a deslizamientos, flujo de lodos, inundaciones, etc.) que incrementan el nivel de riesgo de la población ante potenciales desastres por eventos potencialmente desastrosos.

El desarrollo de esta investigación consistió en la recopilación de información necesaria de diferentes fuentes sobre el área de estudio tanto a nivel local como regional, salidas de campo para conocer el área de estudio e identificación de los peligros latentes de cada centro poblado. Posteriormente se realizó el diagnóstico y caracterización de cada centro poblado y se evaluaron en campo las variables que determinan la vulnerabilidad física, y en gabinete se estandarizó la información en una base de datos.

Finalmente se realizó un análisis, síntesis y clasificación de la información recopilada y procesada para culminar con la presentación de los resultados obtenidos. Para el análisis del estudio se trabajó básicamente con 4 variables: Condición física del centro poblado, infraestructura física de viviendas, características geotécnicas del suelo, y normatividad existente, las que son brevemente descritas a continuación.

1) Condición física del centro poblado: evaluar donde la población se encuentra asentada físicamente, en las laderas de los cerros, en las terrazas del cauce del río, sobre suelos con malas características geotécnicas, etc.

Caso: CC. Acopalca, en la Figura a) se muestra que la condición física de esta comunidad está referida a la localización de un número determinado de viviendas asentadas a escasos metros del cauce natural del río Shullcas. Estas viviendas presentan una vulnerabilidad alta ante la probabilidad de ocurrencia de un aluvión en la subcuenca del río Shullcas como los registrados en el año 1969 y 1990.

2) Infraestructura física de viviendas: material de estructura predominante, altura de edificación, estado de construcción, estado de conservación y uso actual, las cuales se realizaron a través de fichas de campo.

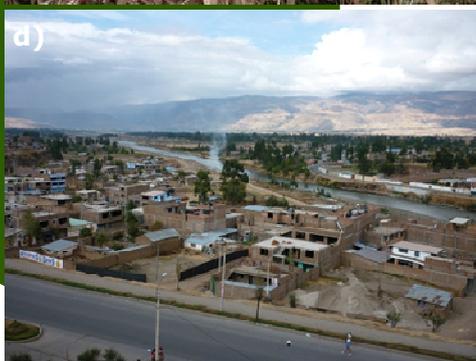
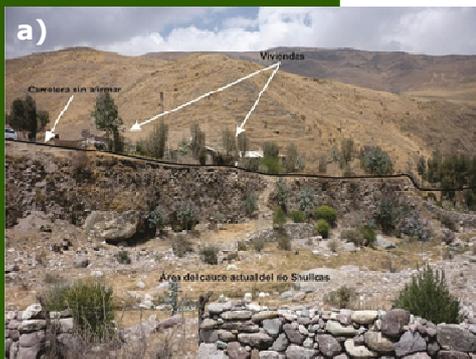
Caso: CC. San Juan de Jarpa, en la Figura b) se aprecia claramente una infraestructura un mal estado de conservación, sobre la cual se observan grietas en las paredes y que están a punto de colapsar, pero a pesar de ello aún siguen siendo habitada (colegio: I.E. Indoamericano de Jarpa).

3) Características geotécnicas del suelo: identificar los diferentes tipos del suelo y medir la capacidad portante del suelo sobre el cual se asienta el centro poblado, obtenidas por medio de ensayos de muestras de suelo.

Caso: CC. Rangra, en la Figura c) se observa un escarpe, el cual evidencia que es una zona potencial a generar deslizamiento, ello contribuido al suelo arcilloso que tiene en algunas zonas y a la alta pendiente que presenta en la mayor parte del territorio donde se distribuye la comunidad.

4) Normatividad existente: conocer la existencia o carencia de reglamentos y leyes referentes a la construcción de edificaciones y ocupación/uso del suelo para asentamiento.

Caso: Distrito de El Tambo, en la Figura d) se muestra como la población se asentó en las terrazas del río Mantaro, zona vulnerable a inundaciones, aumentando la vulnerabilidad de la población mientras más cerca se encuentre al cauce del río.

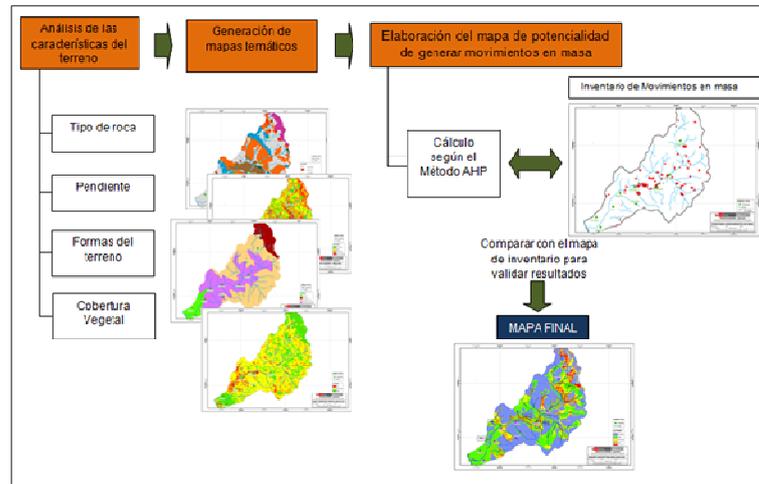


Vistas de los centros poblados de a) CC. Acopalca b) CC. San Juan de Jarpa c) CC. Rangra d) Distrito de El Tambo.

Responsable Franklin Blanco

Las distintas características intrínsecas del terreno influyen directamente para la generación de los diferentes tipos de movimientos en masa. Los principales a considerar son: la litología, pendiente, geomorfología y cobertura vegetal; cada uno actúa en distinta medida para la generación de inestabilidad, al cuantificar el nivel de acción de cada una de las variables es posible conocer el potencial del terreno a generar movimientos en masa.

Utilizando el método Proceso Analítico Jerárquico Saaty (2008), el cual trata de inferir el valor de influencia en base a comparaciones entre las variables confrontando sus características intrínsecas, se obtiene que la litología influye en un 49 % en la generación de inestabilidad, la pendiente en 31 %, geomorfología en 12 % y cobertura vegetal en 8 %. En base a los resultados se indica que cualquier modificación en la



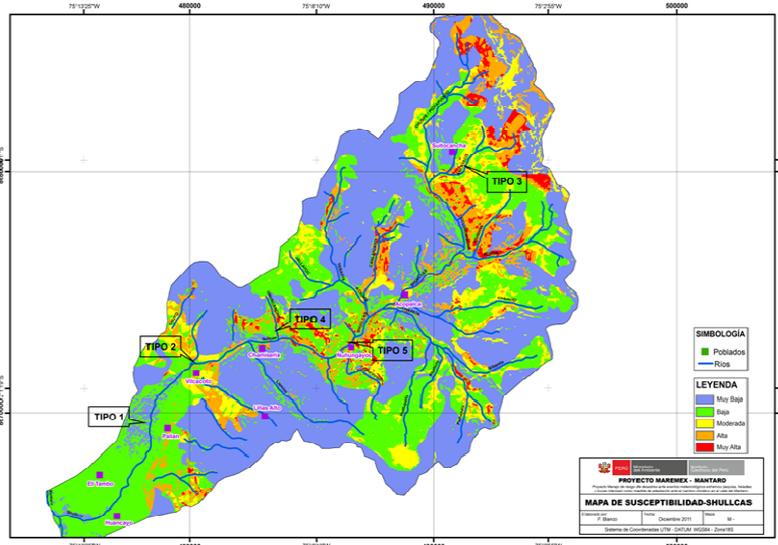
Metodología propuesta para obtener el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa. Elaboración F. Blanco.

calidad del material del terreno o en la pendiente puede causar

Se determinó el nivel de vulnerabilidad de los centros poblados pilotos del proyecto, considerando las condiciones físicas y sociales que actualmente presenta la población frente a eventos naturales peligrosos.

Los niveles de susceptibilidad resultantes son cinco: Muy Baja (Tipo 1), Baja (Tipo 2), Moderada (Tipo 3), Alta (Tipo 4) y Muy Alta (Tipo 5). Cada uno evidencia características distintas del terreno, como puede apreciarse en el mapa elaborado para la subcuenca del río Shullcas.

Por ejemplo, en la vista se muestra el paraje denominado Ñuñungayoc a 4 km. aguas arriba del poblado de Chamisería, que presenta un nivel de susceptibilidad Muy Alta, dado que estas áreas reflejan el máximo potencial de generar deslizamientos, es recomendable no hacer uso de estas zonas, evitando cualquier cambio que modifique la estabilidad.



Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa para la subcuenca del río Shullcas, clasificado en cinco niveles. Elaboración F. Blanco.

El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa sirve para identificar las zonas que presenten Alta o Muy Alta potencial de generar inestabilidad del talud. Luego de identificar las zonas de mayor potencial es importante no realizar modificaciones de las condiciones del terreno como: deforestación, canales, excavaciones, etc., para evitar inestabilidad del talud o en todo caso realizar obras con asesoría profesional. El siguiente paso para continuar con la investigación, es evaluar el peligro geológico, para lo cual se necesitan realizar estudios tanto de la actividad sísmica como los regímenes de lluvias.



Paraje Nunungayoc, a 4 km. Agua arriba del poblado de Chamisería, que presenta un nivel de susceptibilidad muy alta.

La Red INCA y estudios forestales en el valle del Mantaro



International Network on Climate Change (INCA)

Layers

Communication networks



Land and water transactions



Land use



Farm holdings



Ownership



Soil properties



Water flow



Capas de información para el modelado de las estrategias de adaptación al cambio climático. Programa: Mathematical Programming-based Multi-Agent Systems (Version 2.0). Desarrollado por: Berger, T. and P. Schreinemachers (2009), University of Hohenheim, www.mp-mas.uni-hohenheim.de.

La Red INCA

La International Network on Climate Change (INCA), tiene por objetivo principal organizar e integrar una red de Investigación y Desarrollo de instituciones claves que trabajen en el tema de adaptación y mitigación al cambio climático en zonas rurales pilotos en los Andes Tropicales, y es una iniciativa de la Faculty of Forest, Geo and Hydro Sciences de la Technische Universität Dresden (TUD), financiada por el Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD). En el Perú, son miembros de INCA el IGP, la Universidad Nacional Agraria La Molina y AgroRural.

Entre los objetivos específicos de INCA están:

- Conducir un análisis de los factores biofísicos y socioeconómicos que influyen las estrategias de vida de agricultores tradicionales, y cómo esos sistemas son afectados por el cambio climático.
- Comparar resultados de casos de estudio con el fin de generar y tipificar indicadores clave para las estrategias de medios de vida en la región de los Andes tropicales, y para evaluar comparativamente los trade-offs entre las opciones que mejoren y destaquen las funciones de alimentación e ingreso (estrategias de adaptación) y aquellas opciones que mejoren las funciones del ecosistema (estrategias de mitigación).
 - Elaborar modelos para la simulación y planificación de intervenciones exitosas en sistemas de Agricultura y Forestería, a fin de mejorar las estrategias de adaptación y mitigación.
 - Intercambio científico de estrategias de adaptación y mitigación en cambio climático entre los usuarios locales, comunidad científica, autoridades estatales, ONG, así como otros actores relevantes en la región de los Andes Tropicales.
 - Contribuir con el debate internacional con la UNFCC desde un enfoque a nivel de bases (bottom up) para considerar las necesidades y experiencias de los actores locales en el uso de los recursos naturales.

Mayor información sobre INCA:

www.forst.tu-dresden.de/INCA

Modelado de las estrategias de adaptación al cambio climático de agricultores en zonas rurales del valle del Mantaro

Responsable Mariana Vidal Merino

Hoy en día, la vulnerabilidad de los pequeños agricultores de la zona Andina se ve multiplicada debido a la creciente variabilidad producto del cambio climático. En las últimas décadas, fenómenos meteorológicos extremos - como tormentas, inundaciones y sequías -, están afectando directamente a los cultivos, la ganadería, la biodiversidad y por último, pero no menos importante, a los crecientes niveles de pobreza.

Para hacer frente a estos cambios, estos agricultores están tratando de adaptar sus prácticas tradicionales, e incorporando nuevas prácticas y tecnologías productivas. En este marco surge la duda de si estas prácticas - muchas de ellas eficaces en el pasado - representan también una alternativa viable para los desafíos venideros. Para responder a esta interrogante, la presente investigación analiza las estrategias de adaptación al cambio climático de agricultores de zonas rurales de los Andes Peruanos y la influencia de éstas en el estatus socioeconómico de los agricultores.

El estudio desarrolla un modelo para simular la dinámica de uso del suelo en función a las respuestas locales a factores externos (cambios en los patrones del clima), dentro del contexto de cambio climático y con ciclos de retroalimentación distintos. Complementariamente evalúa las consecuencias en términos socioeconómicos de los mosaicos de uso de la tierra resultantes a un nivel de cuenca, y se espera que este modelo este disponible en el 2014, en el marco de INCA.

Monitoreo y análisis de la cobertura/uso del suelo y sus cambios por herramientas de teledetección y SIG en las subcuencas de los ríos Achamayo y Shullcas

Responsable Fernando Jakitsch Medina

El desarrollo de tecnologías de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite un análisis avanzado del uso del suelo y de la vegetación. Examinando imágenes de satélite actuales y pasadas, es posible determinar tendencias y, por lo tanto, estimar futuros cambios en el uso del suelo.



Vistas de a) Áreas comunales de la zona intermedia y b) bosque de eucaliptos en la comunidad de Quichuay.

De esa manera, la evaluación de los cambios en el uso y cobertura del suelo es una herramienta importante para evaluar el paisaje y especular posibles escenarios futuros, contribuyendo con el desarrollo de planes de manejo, de ordenamiento territorial y políticas para optimizar el uso de la tierra e impedir una posible degradación futura de los recursos naturales.

El objetivo general del trabajo fue clasificar el uso del suelo y la vegetación en la región de los ríos Achamayo y Shullcas, para evaluar los cambios de uso e identificar los factores que determinan la distribución del uso del suelo en el paisaje, con énfasis en el componente arbóreo.

El objetivo fue alcanzado en tres etapas. Primeramente, fue realizado el análisis de cambios en el uso y en la cobertura del suelo a través de mapas producidos con imágenes LANDSAT TM 5 (de los años de 2010 y 1985). Seguidamente, fue investigada la existencia de patrones en la distribución de los usos de la tierra, como por ejemplo pendiente y altitud. Finalmente, las discusiones de grupo con los agricultores y las entrevistas estructuradas con informantes clave fueron también importantes para caracterizar el área de estudios.

Análisis comparativo de sistemas agroforestales utilizados por los pobladores locales en las subcuencas de los ríos Achamayo y Palcazu

Responsable Claudia Zuleta del Solar

Este estudio tiene el objetivo de contribuir a un mayor entendimiento de las relaciones entre las poblaciones locales y los árboles, considerando la influencia de los factores físicos, biológicos, socio-culturales, socio-económicos, institucionales y las políticas externas, los cuales determinan en gran medida los sistemas agroforestales a utilizar. Asimismo, busca conocer las percepciones positivas y/o negativas respecto a determinadas especies forestales, con el fin de explicar la toma de decisiones respecto a dónde y cómo plantarlas.

Si bien es cierto que la agricultura y ganadería son las principales actividades económicas que dan sustento a las familias en el ámbito rural, los árboles a su vez cumplen funciones importantes dentro de los sistemas de producción campesinos. En muchos casos, son fuente de ingresos adicionales, leña, material de construcción, demarcación de linderos, protección de cultivos, entre otros.

La reforestación a gran escala es considerada una de las principales actividades para mitigar posibles impactos negativos del cambio climático, sin embargo, los árboles plantados por los campesinos en sus parcelas también cumplen funciones importantes que necesitan ser investigadas.



Parcela cultivada con papa y *Eucalyptus globulus* en los linderos.



Las tierras no aptas para agricultura son aprovechadas para instalar macizos de eucalipto.

La International Network on Climate Change (INCA), tiene por objetivo principal organizar e integrar una red de Investigación y Desarrollo de instituciones claves que trabajen en el tema de adaptación y mitigación al cambio climático en zonas rurales piloto en los Andes Tropicales

Algunos datos y metodologías utilizados en los estudios sobre vulnerabilidad

Datos y metodologías utilizados para el análisis del impacto de las bajas temperaturas en la salud de la población infantil en la subcuenca del río Achamayo

Responsables Lidia Enciso Condorcuya y Grace Trasmonte

El presente estudio se realizó con metodología establecida por el INDECI (2006) en el manual básico para la estimación del riesgo, donde se considera identificar y analizar los peligros, sean naturales y/o tecnológicos, como las vulnerabilidades de las poblaciones o grupos humanos que sufren los impactos de dicho peligro dentro de un ámbito geográfico, para luego cuantificar el riesgo.



a) Encuesta dirigida a una madre de familia en el centro poblado de Maravilca, distrito de Matahuasi. b) Técnica en enfermería de la posta de salud de Quilcas registra a un niño de pocos meses de nacido con ayuda de una partera.

En este caso, el análisis se realizó para los cinco distritos ubicados en la subcuenca del río Achamayo (Matahuasi, Quilcas, Quichuay, Ingenio y Nueve de Julio), el peligro a evaluar fueron las bajas temperaturas, y las vulnerabilidades se analizaron para uno de los grupos humanos más vulnerables al frío, que son los niños menores a 5 años. La información de temperaturas utilizadas fueron datos diarios de las mínimas (°C) y los rangos térmicos (°C, diferencia entre la temperatura máxima y mínima), de las estaciones meteorológicas de Huayao, Santa Ana e Ingenio, ubicadas dentro del valle del Mantaro.

Se calcularon promedios semanales de las temperaturas, agrupados según la definición de semana epidemiológica, dada por la OPS (2011), lo que sirvió para poder compararlos con los datos de salud que están totalizados de esa forma. Al ser sólo tres puntos de información meteorológica, se decidió que esto era insuficiente, motivo por el cual, se consideró utilizar además, mapas de peligros de heladas con una mayor resolución espacial (a escala de poblados), presentados por Trasmonte (2009), los cuales fueron elaborados en procesos participativos por las poblaciones de la zona baja de la subcuenca (Matahuasi, Nueve de Julio), y sectores de la parte media (Ingenio) y alta (Quilcas).

Adicionalmente, para completar las áreas faltantes de definición de zonas de impacto de frío, o zonas heladizas como las llaman en la zona, se utilizó también el mapa agrostológico realizado para toda la subcuenca por Yaranga (2011, comunicación personal), en el cual, mediante la distribución espacial de indicadores biológicos, es decir, tipos de cultivos que normalmente se siembran y/o crecen en la región, y cuya distribución dependen de las características térmicas de la zona, se pudo completar toda la información sobre el peligro.

En cuanto a la vulnerabilidad evaluada, los índices de vulnerabilidad considerados fueron: tasa de desnutrición en niños, porcentaje de analfabetismo en mujeres, porcentaje de población sin acceso a servicios básicos (agua, luz, desagüe), morbilidad por neumonías e infecciones respiratorias agudas (IRAs) en niños menores de cinco años, la distancia promedio de los establecimientos de salud a los centros poblados y la capacidad resolutoria de los mismos, etc.

Los datos de casos de enfermedades fueron obtenidos tanto de la Dirección Regional de Salud (DIRESA-JUNIN), como de los establecimientos de salud de la zona, para el periodo del 2001 al 2010, registrados por semana epidemiológica. Además, otro factor considerado, fue la altitud promedio del poblado. La información socio-económica fue obtenida de distintas fuentes como: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Programa Mundial de Alimentos (PMA). Esta información se complementó con visitas de campo, donde se desarrollaron entrevistas, encuestas, visitas a instituciones, etc., los cuales sirvieron para verificar in situ, las diferentes condiciones de vida de la comunidad evaluada.

Los resultados finales de la investigación incluyeron la preparación de los mapas de vulnerabilidad y peligros, así como el mapa de riesgos en la salud de la población infantil ante la ocurrencia de heladas en la subcuenca del río Achamayo.

Otras investigaciones del IGP: Radioastronomía en el valle del Mantaro

La Astronomía es la base de todo el conocimiento, pues fue la primera disciplina científica que abordaron los pueblos cuando trataron de explicar las regularidades que observaban en el cielo y los primeros grandes grupos de investigación de la antigüedad partieron de ella.

La Radioastronomía es la rama de la Astronomía que estudia los objetos celestes y los fenómenos astrofísicos, midiendo su emisión de radiación electromagnética en la región de radio del espectro, y es una disciplina en la cual el IGP viene incursionando, a través de la implementación del Radio Observatorio Astronómico de Sicaya (ROAS). La Radioastronomía además de aplicar los conocimientos de física a los diferentes cuerpos celestes, implica el desarrollo tecnológico de varias áreas como son la electrónica, computación y procesamiento de imágenes o señales.

El Radio Observatorio Astronómico de Sicaya

En 1984 se instaló la mayor estación satelital de Sud América en el Cerro Calpish, ubicada en el distrito de Sicaya, equipada con una antena parabólica de 32 metros de diámetro. Luego de cumplir la importante función de interconectar al Perú con el mundo, en el año 2000 deja de operar dando paso a las comunicaciones vía fibra óptica.

A través de coordinaciones entre el IGP y el Observatorio Astronómico Nacional del Japón realizadas en el 2002, éste último envió expertos en Radio Astronomía, determinando la viabilidad de convertir la antena de 32 metros en un radio telescopio, lo que queda confirmado con la visita de varios grupos de radio astrónomos durante ese y el siguiente año. El IGP inicia conversaciones con Telefónica del Perú, - propietaria de la estación satelital -, y el 2008 se consigue que la estación satelital con la parabólica de 32 metros sea donada al IGP.

Mientras se gestionaba la donación, en el Radio Observatorio de Nobeyama se diseñaba y construía un receptor de 6.7 Ghz y en el Laboratorio de Radio Astronomía del Instituto Nacional de Investigaciones de las Telecomunicaciones del Japón un técnico del Observatorio de Huncayo diseñaba y construía una interfase para que el futuro radio telescopio pueda ser controlado desde una PC. Ya con el receptor instalado, el 25 de febrero del 2011 se logra recibir claramente la señal de una estrella quedando demostrada la funcionalidad del receptor y parte del sistema de apuntamiento del nuevo radio telescopio.

La Astrofísica en el Perú podrá dar un salto significativo y permitirá que estudiantes de ciencias de las universidades públicas y privadas del país, utilicen el radio telescopio de 32 metros en sus trabajos de investigación.

Además, las áreas técnicas involucradas (cómputo, electrónica, procesamiento de imágenes, etc.) podrán usar el radio telescopio como un laboratorio para aplicar y conocer la tecnología de alto nivel que exige la investigación científica, contando con instrumentos de primer nivel, que definitivamente contribuirá con el desarrollo científico y tecnológico del país en general, y de la región Junín en particular.

Para mayor información, contactar:

jose.ishitsuka@igp.gob.pe



a) Vista panorámica del Radio Observatorio Astronómico de Sicaya; b) y c) Las visitas de estudiantes de colegio promueve el interés por la ciencia en niños y jóvenes de la región Junín.

Para el análisis del impacto de las bajas temperaturas en la salud de la población infantil, algunos de los índices de vulnerabilidad considerados fueron: tasa de desnutrición en niños, porcentaje de analfabetismo en mujeres, etc.

Manuel Pulgar Vidal
Ministro del Ambiente

Ronald Woodman
Presidente Ejecutivo
IGP

Jorge Chau
Director Técnico IGP

Ken Takahashi
Director Investigación
en Variabilidad y
Cambio Climático IGP

Alejandra Martínez
Directora Proyecto
MAREMEX-Mantaro

Créditos de fotografías: Carátu-
la: E. Núñez; Pág. 2: A. Martínez;
Pág. 3: A. Martínez, C. Girón;
Pág. 4: L. Giráldez, L. Enciso, R.
Yaranga; Pág. 5: R. Orozco; Pág.
6: L. Céspedes; Pág 10: F. Medi-
na, C. Zuleta; Pág. 14: L. Enciso;
Pág. 15: J. Ishitsuka.

Los resultados finales del proyecto MAREMEX-Mantaro pueden ser consultados y descargados libremente desde:

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



Este proyecto tiene el apoyo financiero del
International Development Research Centre



Referencias

- INDECI, 2006. Manual Básico para la Estimación del Riesgo.
- INEI, Censos Nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda (Sistema de Consulta de la base de datos del censo de población y vivienda a nivel de centro poblado).
- Instituto Geofísico del Perú (2005a) Atlas climático de precipitaciones y temperatura en la cuenca del río Mantaro. Ed. CONAM. pp. 108
- Instituto Geofísico del Perú (2005b) Vulnerabilidad actual y cambio climático, ante el cambio climático y medidas de adaptación en la Cuenca del río Mantaro. Ed. CONAM. pp.104.
- Kalnay et al., (1996) The NCEP/NCAR 40 Years Reanalysis Projects. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, pp. 437-472.
- Garreaud, R., (1999) Multiscale Analysis of the Summertime Precipitation over the Central Andes. Mon. Wea. Rev., 127, pp. 901-921.
- Garreaud, R., Vuille, M., Clement, A. (2003) The climate of the Altiplano: Observed current conditions and mechanisms of past changes. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, 194, pp. 5-22.
- Gruber, A. and Krueger, A. (1984) The status of the NOAA outgoing longwave radiation data set. Bull. Amer. Meteor. Soc., 65, 958-962.
- Organización Panamericana de Salud ,2011.E:\OPS Colombia - Año Epidemiológico.
- Programa Mundial de Alimentos, 2007. Resultado de Estudio " Mapa de Vulnerabilidad a la Desnutrición Crónica Infantil" Lima-Perú.
- Satyamurty, P., Nobre, C. and P. L. Silva, P. (1998) South America, in *Meteorology of the Southern Hemisphere*, Am. Meteorol. Soc. Meteorol. Monogr., 49, pp. 119-139
- Silva, Y., Trasmonte, G. and Giráldez, L. (2010) Variabilidad de las precipitaciones en el valle del río Mantaro, Memoria del Subproyecto 'Pronóstico estacional de lluvias y temperaturas en la cuenca del río Mantaro para su aplicación en la agricultura 2007-2010', Instituto Geofísico del Perú, pp. 52-56.
- Trasmonte G. 2009. Propuesta de Gestión de Riesgo de Heladas, que afectan a la agricultura del Valle del Mantaro (Andes centrales del Perú). Tesis para optar el grado de Maestría en Ecología y Gestión Ambiental, URP, Lima. 208p.
- Uppala et al., (2005) The ERA-40 Reanalysis. Quart. J. R. Meteorology. Soc., 131, pp. 2961-3012.