

PACC - Serie de investigación regional 20

Análisis espacio-temporal de desastres en las regiones Cusco y Apurímac



"Luz en los Andes"



Liderando el Cambio

Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC - Perú

Informe final de investigación del estudio bi-regional disciplinario realizado, en el marco del PACC, por la **Universidad de Zürich (UZH)** y el **Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES)**, titulado “Análisis espacio-temporal de desastres en las regiones Cusco y Apurímac, Perú”.

www.paccperu.org.pe

www.noticias.paccperu.org.pe

Mayo 2012

PACC Cusco, Perú

Jirón José Santos Chocano H-10, Urbanización Santa Mónica, Wanchaq.

Telefax: (51)(84)235229

PACC Apurímac, Perú

Jirón Puno 107, Gobierno Regional de Apurímac

Teléfono: (51)(83) 322595

PACC Lima, Perú

Avenida Ricardo Palma 857, Miraflores, Lima 18.

Teléfono: (51)(1)4440493

Elaborado por:

Annik Raissig, Christian Huggel (Universidad de Zürich, Suiza); Gilberto Romero Zeballos, Alfonso Díaz Calero (PREDES).

Corrección de estilos y diseño gráfico:

Yadira Hermoza Ricalde

Primera Edición.

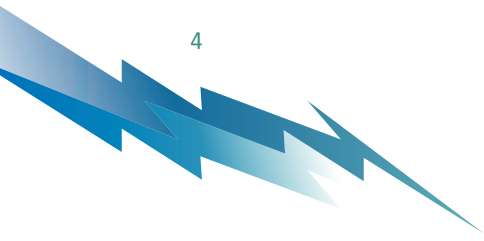
Reproducción autorizada si se cita la fuente. Este libro deberá ser citado de la siguiente manera: Raissig, A.; Huggel, Ch.; Romero, G.; Díaz, A. 2012. “Análisis espacio-temporal de desastres en las regiones Cusco y Apurímac”. Serie de investigación regional # 19. Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC - Perú.

Análisis espacio-temporal de desastres en las regiones Cusco y Apurímac

PACC - Serie de investigación regional 20

2012





PRESENTACIÓN

El Programa de Adaptación al Cambio Climático - PACC, con el objetivo de desarrollar conocimiento sobre las manifestaciones locales y regionales del cambio climático en Apurímac y Cusco, y sus impactos en los medios de vida de las poblaciones rurales de estos territorios, para dar soporte técnico-científico al establecimiento de políticas públicas, programas, proyectos y medidas específicas de adaptación, por parte de actores regionales y locales; impulsó un proceso de investigación a dos niveles: regional, con alcance en las dos regiones antes citadas, y local, circunscrito a dos microcuencas, Huacrahuacho en la provincia de Canas-Cusco y Mollebamba en la provincia de Antabamba-Apurímac.

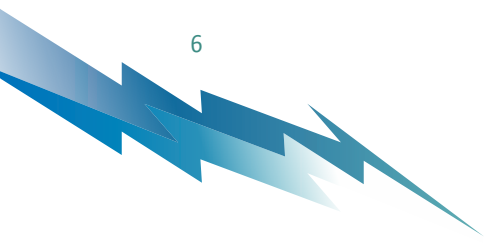
Este documento es el informe final de investigación del *Estudio de Análisis espacio-temporal de desastres en las regiones Cusco y Apurímac*, elaborado el 2011 por la universidad de Zürich-UZH y el Centro de Estudios y Prevención de Desastres-PREDES, y forma parte de la serie de publicaciones digitales sobre las investigaciones realizadas en las regiones Apurímac y Cusco, ubicadas en los andes sur del Perú. Si bien, esta investigación fue llevada a cabo por la cooperación conjunta entre UZ-PREDES y PACC, los resultados, las conclusiones e interpretaciones presentes en este documento, son de estricta responsabilidad de UZH y PREDES.

Este estudio constituye una primera aproximación a una recopilación de los datos de eventos de desastres asociados al clima en las regiones Apurímac y Cusco, a través de la revisión de los DesInventar y SINPAD, desde una perspectiva espacio-temporal, con el objetivo de identificar tendencias en la ocurrencia de los eventos, asociar o no la ocurrencia de los mismos en relación al cambio climático. El estudio presenta algunas conclusiones pertinentes respecto al buen uso, potencial y limitaciones de inventarios de desastres como DesInventar y el SINPAD.

El Programa de Adaptación al Cambio Climático a través de esta publicación, pone a disposición de las autoridades, funcionarios y profesionales de las instituciones públicas y privadas, centros de investigación y universidades, los resultados de esta investigación, que pueden ser representativos respecto a la problemática del análisis espacio-temporal de los desastres asociados al clima a nivel regional en relación al cambio climático, en otras regiones del sur del país.

Esta publicación busca compartir el conocimiento desarrollado y coadyuvar a un proceso de adaptación basado en un entendimiento de esta realidad y de sus proyecciones.

Lenkiza Angulo Villarreal
Coordinadora Nacional
Programa de Adaptación al Cambio Climático-PACC





CONTENIDO

1	Objetivos y antecedentes del informe	2
2	Regiones de estudio	3
2.1	La región Apurímac	3
2.2	La región Cusco	4
3	Datos	6
3.1	DesInventar	6
3.2	INDECI (SINPAD)	7
3.3	Estaciones climáticas	7
3.4	Datos de la población	10
3.5	Datos topográficos y cartográficos	10
4	Metodología	11
4.1	La inventarización	12
5	Resultados	14
5.1	Cambios espacio-temporales en Apurímac	14
5.2	Cambios espacio-temporales en Cusco	20
6	Conclusiones	24
7	Recomendaciones	26
8	Referencias	27



1 OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DEL INFORME

Este estudio se ha realizado dentro del Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC, el cual es una iniciativa de cooperación bilateral entre el Ministerio del Ambiente del Perú y la Agencia Suiza para la Cooperación y el Desarrollo COSUDE, que tiene como objetivo específico, lograr que poblaciones e instituciones públicas y privadas de las regiones Cusco y Apurímac (Perú), implementen medidas de adaptación al cambio climático y capitalicen aprendizajes e incidan en las políticas públicas a nivel nacional.

Dentro del PACC se viene realizando varios estudios en diferentes campos y disciplinas científicas que deberían aportar a conocer mejor las vulnerabilidades de las regiones Apurímac y Cusco frente al cambio climático, así como contribuir a la evaluación e implementación de medidas de adaptación específicas.

PACC tiene tres grandes líneas de áreas temáticas que son: recursos hídricos, seguridad alimentaria Gestión del Riesgo de Desastres. El presente estudio se ubica en el marco de esta última área. (RRD). En las diferentes áreas temáticas se ha trabajado tanto a un nivel local de microcuencas como al nivel regional en las dos regiones. Este estudio se enmarca dentro de un contexto regional.

Como antecedentes y estudios complementarios tenemos los siguientes documentos que fueron elaborados por PREDES con el apoyo de la Universidad de Zurich (UZH), que lidera las Entidades Científicas Suizas (ECS):

- Cronología y análisis histórico de eventos climáticos extremos en la región Apurímac
- Cronología y análisis histórico de eventos climáticos extremos en la región Cusco
- Estudio de amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Cusco
- Estudio de amenazas ante eventos de movimientos en masa e inundaciones, áreas críticas y medidas de mitigación en la región Cusco

Gran parte del presente estudio se basa en la tesis de maestría de Annik Raissig, la cual fue aceptada por UZH en Febrero del 2011.

Los objetivos de este estudio son los siguientes:

- Recopilar los datos de eventos de desastres asociados al clima, documentados en DesInventar y SINPAD con una perspectiva espacio-temporal, es decir analizar cuándo y dónde han ocurrido los desastres en los últimos 40 años.
- Analizar si existen ciertas tendencias en la ocurrencia de los eventos.
- Evaluar si se puede detectar alguna señal del cambio climático en la ocurrencia de los eventos, o no.
- En base de las experiencias de estos trabajos y otros complementarios sacar las conclusiones más pertinentes con respecto al buen uso, el potencial y limitaciones de los inventarios de desastres como DesInventar y SINPAD.



2 REGIONES DE ESTUDIO

El área de investigación se ubica en el sur de Perú, específicamente en el territorio de las regiones Apurímac y Cusco. Característica de esta área es la variada topografía y las altitudes varían desde 300 msnm hasta 6300 msnm. El área es marcada por geografía, climas y microclimas distintos.

La gente que habita en estas zonas predominantemente altoandinas forma parte de la población más pobre de Perú. En muchos casos las condiciones de vida son adversas; la infraestructura disponible a la población está en la mayoría de los casos por debajo del promedio y la población está luchando por la supervivencia.



3 LA REGIÓN APURÍMAC

La región Apurímac (figura 1) tiene un área de 21'000km² y está caracterizada por su topografía variada, por los contrafuertes de la cordillera de los Andes y sus valles interandinos pronunciados (alturas entre 1000 y 5000 msnm). Una gran parte del territorio se ubica por encima de los 3000 msnm. En consecuencia, la zona altoandina tiene la mayor extensión en la región. Los pisos ecológicos Suni, Puna y Janca predominan. Comprende el piso ecológico quechua, entre los 2000 y 4000 msnm con presencia de vertientes pronunciadas y el drenaje de los ríos en su recorrido de sur a norte. Suelos y climas son favorables para una mayor diversidad de cultivos y crianzas y la concentración urbana de la población. La zona inferior andina es la franja del territorio con un clima tropical, ubicada entre los 1000 y 2000 msnm pero de menor extensión en la región. Es la zona conocida como Yunga, que cuenta con importantes ventajas para una mayor diversidad de cultivos. La red hidrológica es dominada por el río Apurímac y sus afluentes principales (Vilcabamba, Chalhuanca, Chumbao y Pampas) (Bretscher, 2009).

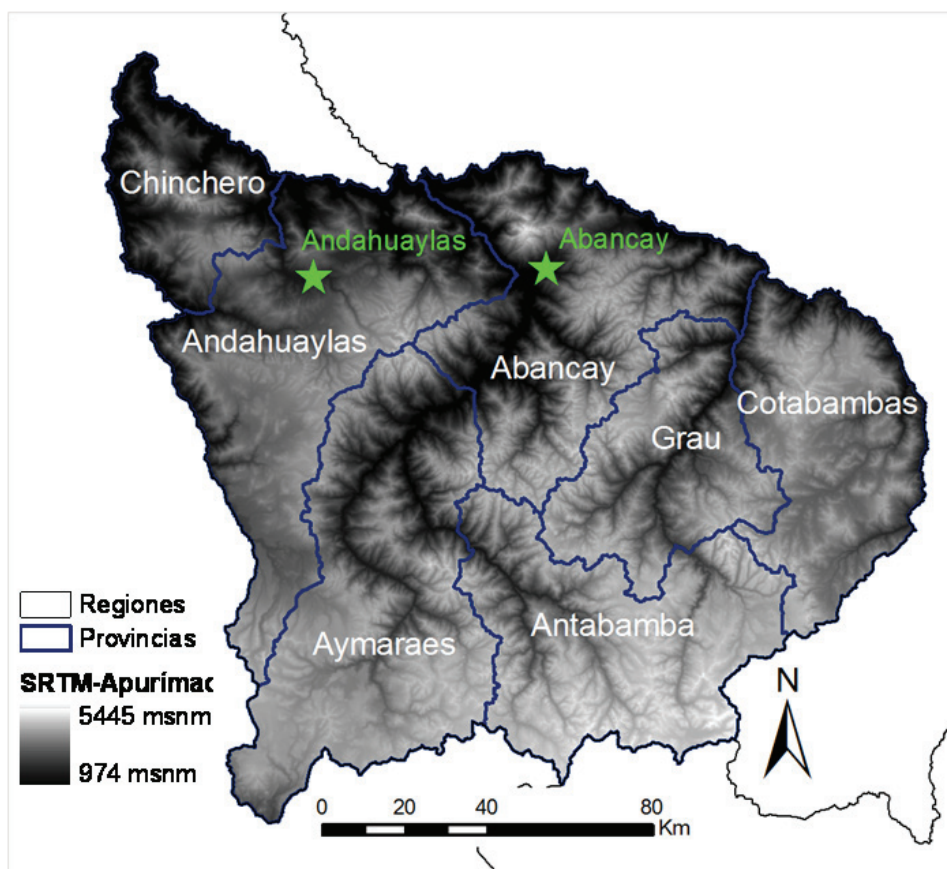


Figura 1: La región Apurímac dividida en sus provincias. Las dos ciudades más importantes son Abancay y Andahuaylas y están indicadas con estrellas verdes en el mapa.

4 LA REGIÓN CUSCO

El territorio de la región Cusco abarca 71'987 km² (INEI, 2007), posee un paisaje de marcados contrastes donde se combinan elevados alineamientos de montañas, con dilatados altiplanos y mesetas de relieve suave, así como profundos valles y cañones (figura 2). Debido a la gran diversidad de pisos altitudinales, la región tiene una gran variedad de climas y paisajes fitogeográficos, lo que influye de manera importante en la agricultura y la distribución de la población.

La heterogeneidad de la región se expresa en diferentes ámbitos, como geográfico, ambiental, biológico, productivo, tecnológico y socio cultural.

El potencial hídrico de la región de Cusco es importante, debido al gran volumen de aguas que discurren a lo largo y ancho de su territorio. Se distinguen tres grandes unidades hidrográficas, conocidas como cuencas: la cuenca del Vilcanota- Urubamba, Apurímac y Madre de Dios. En general, el régimen de los ríos está

fuertemente ajustado a la distribución estacional de las precipitaciones, y los deshielos provenientes de los principales glaciares (Bretscher, 2009).

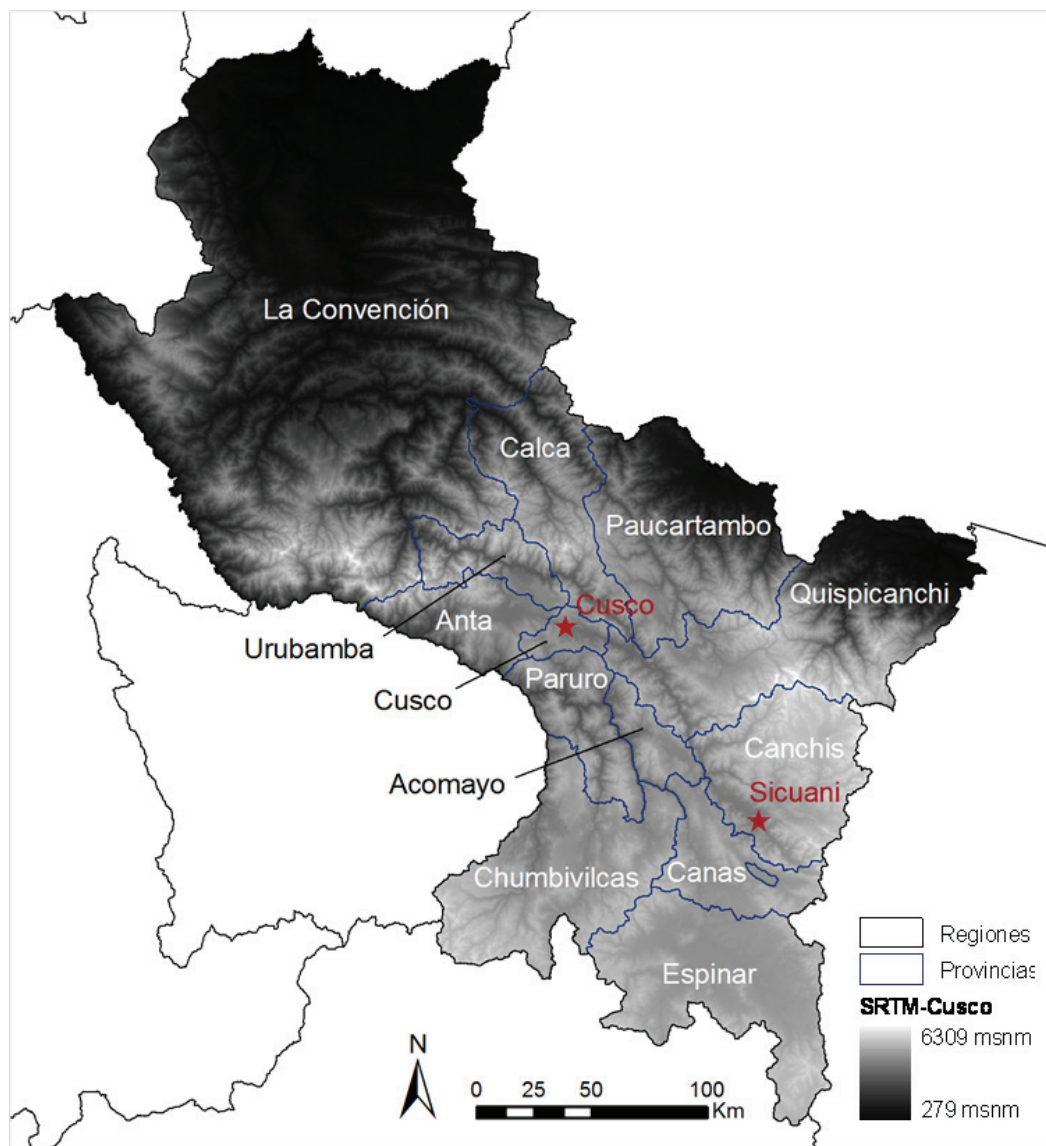


Figura 2: La región Cusco dividida en sus provincias. Las dos ciudades más importantes son Cusco y Sicuani.



5 DATOS

Este informe se basa principalmente en dos fuentes de datos de eventos y un portal de datos climatológicos. Entonces para la complementación de la impresión general se usará tres fuentes de datos.



6 DESINVENTAR

Hasta mediados de la década de 1990 no se disponía en América Latina, ni en la Subregión Andina, de información sistemática sobre la ocurrencia de desastres cotidianos de pequeño y mediano impacto. A partir de 1994 se empezó a construir un marco conceptual y metodológico común por parte de grupos de investigadores, académicos y actores institucionales, agrupados en la Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED), que concibieron un sistema de adquisición, consulta y despliegue de información sobre desastres de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. Esta concepción, metodología y herramienta de software desarrolladas se denominan Sistema de Inventario de Desastres - DesInventar (DesInventar, 2010).

El desarrollo de DesInventar, con una concepción que permite ver a los desastres desde una escala espacial local (municipio o equivalente), facilita diálogos para la gestión del riesgo entre actores e instituciones y sectores, y con gobiernos provinciales y nacionales (DesInventar, 2010).

DesInventar es un desarrollo conceptual y metodológico sobre los desastres de todas las magnitudes y sobre diversidad de entornos: locales, nacionales y regionales. Es Conceptual, porque no parte de los eventos de alto impacto sobre regiones o países, sino de los efectos esparcidos de este tipo de eventos sobre comunidades vulnerables a escala de sus localidades, por un lado y, por el otro, porque también considera como desastres todas aquellas pérdidas por impactos de fenómenos de origen natural, tecnológico o antrópico, de frecuente ocurrencia en esas mismas comunidades (DesInventar, 2009).

Es un sistema de inventarios de desastres; una metodología de registro de información sobre características y efectos de diversos tipos de desastres, con especial interés en los desastres que son desde escalas regionales o nacionales y que a su vez permite mirar acumulados de este tipo de desastres locales desde perspectivas nacionales y regionales (DesInventar, 2009).

En el caso de Perú la base de datos del DesInventar abarca datos de eventos desde 1970 hasta 2009. Tanto las informaciones históricas como las informaciones recientes de los datos de los eventos provienen del diario nacional peruano “El Comercio”.

El contenido de información de las distintas documentaciones de eventos varía de manera bastante fuerte. En muchos casos de los eventos registrados faltan informaciones espaciales precisas. Por lo que una localización

exacta no es posible. Además no es raro, que la base de datos solo informe que hubo un evento, pero las informaciones detalladas de las consecuencias y los impactos a la población o su ambiente son difusas.

Debido a que es una serie temporal relativamente larga, esta base de datos constituyó una base importante para el análisis de la incidencia.



7 INDECI (SINPAD)

El Instituto Nacional de Defensa Civil, organismo central, rector y conductor del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI)¹, hace público los principios fundamentales que inspiran el ejercicio de la Defensa Civil en el Perú (Casaverde Río et al., 2009).

Una tarea importante del INDECI ha sido la gestión de una estadística de emergencia. La base de datos que está actualizada constantemente (SINPAD – Sistema Nacional de Información para la Prevención de Desastres) permite una introducción a los eventos registrados entre los años 2001 y 2010. Es posible elegir los eventos según sus regiones, provincias y distritos, o según el lugar o el período del evento. Por cada evento está guardada la información del número de afectados, heridos, fallecidos y daños de infraestructura. Además INDECI publicó resúmenes anuales de todos los eventos registrados en el Perú entre el año 1995 y 2008.

La serie temporal de esta base de datos es más corta que la de DesInventar. Sin embargo la localización de los eventos registrados aquí es mejor. Las informaciones de las consecuencias de los eventos y de la consternación de la población también son mucho más detalladas. Esta base de datos fue usada especialmente para el análisis de la incidencia de los eventos de la última década.



8 ESTACIONES CLIMÁTICAS

El SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) conduce las actividades meteorológicas y ambientales del país. Desde 1969 el SENAMHI brinda servicios públicos, asesoría, estudios e investigaciones científicas en las áreas de Meteorología, Hidrología, Agrometeorología y asuntos ambientales en beneficio del país. Se inició como un Organismo Público Descentralizado del Sector de Defensa. Desde 2008 el SENAMHI es una institución pública que es parte del Ministerio de Ambiente (MINAM). El SENAMHI dispone de una red nacional de estaciones de observación de 836 estaciones de la cuales 756 son meteorológicas y 80 hidrológicas (SENAMHI, s.a).

1 A partir de febrero del 2011, se ha creado en Perú el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), que ha modificado el enfoque para abordar el riesgo y ha modificado la institucionalidad y las responsabilidades en esta materia.

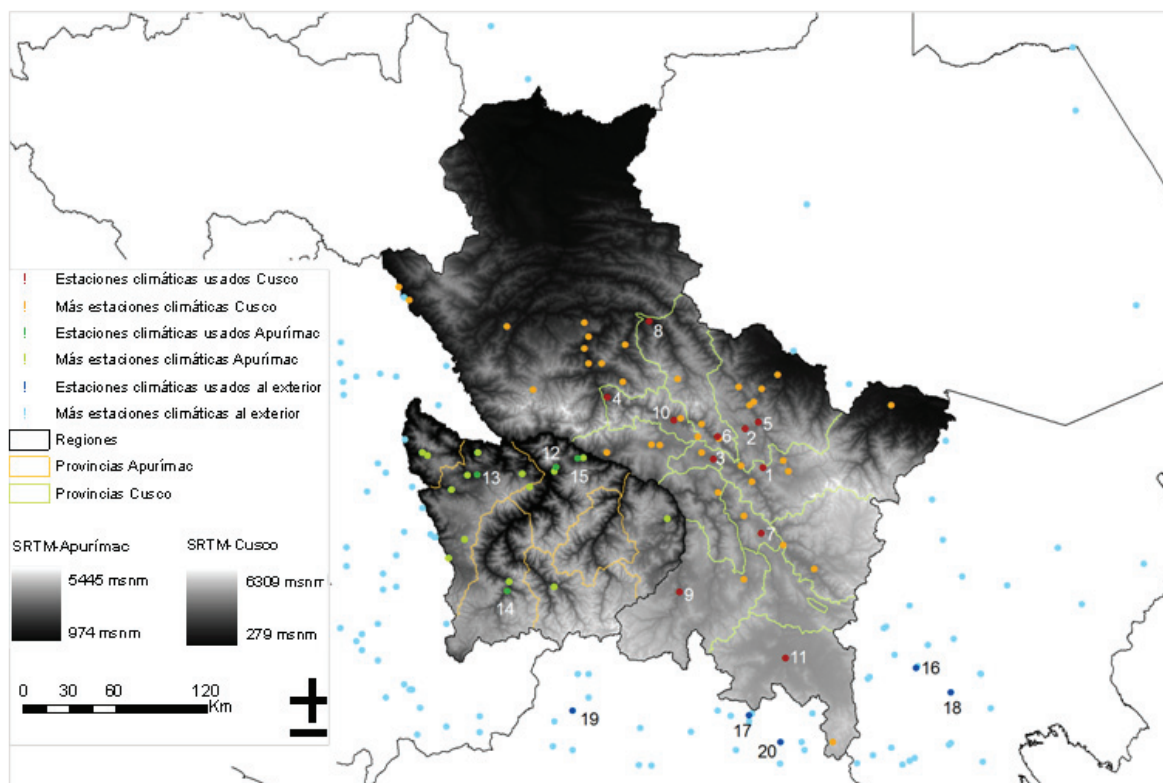


Figura 3: Ubicación de las estaciones climáticas del SENAMHI en las regiones Apurímac y Cusco, y en las regiones vecinas. (Informaciones adicionales a las estaciones climáticas usados (numerados) se encuentran en la tabla 1).

En el marco del proyecto PACC Meteodat GmbH de Zurich se hizo una asesoría importante en la parte de comprobación de calidad de los datos básicos. Meteodat construyó un portal de datos que ahora está a disposición de todos los participantes del proyecto PACC (Meteodat, 2009, Schwarb et al., 2011). Los datos climáticos usados en este reporte también provienen de este portal de datos (figura 3 y tabla 1). La base del portal de datos son 176 estaciones en las dos regiones Apurímac y Cusco, como también en sus regiones vecinas.

En Apurímac se había instalado 20 estaciones, mientras que en Cusco existen datos en total de 49 estaciones. Todas las estaciones tienen un nombre, coordenadas geográficas, así como la altura sobre el nivel del mar correspondiente. Además es conocido en cuál período funcionó la estación. A causa de la topografía, las estaciones se encuentran en muchos casos cerca de urbanizaciones y en el fondo de los valles. Esto también explica la irregularidad espacial de la distribución de las estaciones climáticas. La densidad de las estaciones generalmente es mayor en la región Cusco que en la región Apurímac. Además en muchos casos no existen estaciones en áreas muy remotas respectivamente en lugares con un acceso muy difícil. Las estaciones se encuentran en altitudes entre 540 y 4680 msnm. Generalmente los datos son recolectados por personas de las comunidades locales, que viven cerca de las estaciones y los transmiten al SENAMHI en Lima.

Tabla 1: Todas las estaciones climáticas en las regiones Cusco y Apurímac, así como algunas estaciones de las regiones vecinas Arequipa y Puno. (El No. estación en esta tabla corresponde al número de la correspondiente estación en el mapa en la figura 3).

Estaciones climáticas - Región Cusco										
No. estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Estación climática	Año (inic.)	Mes (inic.)	Año (fin)	Mes (fin)	Provincia	Distrito
1	-13.6100	-71.5603	3729	CCATCOCA	1965	1	2010	2	QUISPICANCHI	CCATCA
2	-13.3633	-71.6733	3729	COLQUEPATA	1965	1	2010	2	PAUCARTAMBO	COLQUEPATA
3	-13.5569	-71.8753	3219	GRANJA_KCAYRA	1965	1	2010	2	CUSCO	SAN JERONIMO
4	-13.1669	-72.5458	2563	MACHU_PICCHU	1965	1	2010	2	URUBAMBA	MACHU_PICCHU
5	-13.3244	-71.5906	3042	PAUCARTAMBO	1965	1	2010	2	PAUCARTAMBO	PAUCARTAMBO
6	-13.4161	-71.8497	2950	PISAC	1965	1	2010	2	CALCA	PISAC
7	-14.0281	-71.5728	3200	POMACANCHI	1985	1	2010	2	ACOMAYO	POMACANCHI
8	-12.6836	-72.2836	1200	QUEBRADA_YANATILE	1999	4	2010	2	CALCA	YANATILE
9	-14.3994	-72.0886	3253	SANTO_TOMAS	1965	1	2010	2	CHUMBIVILCAS	LLUSCO
10	-13.3106	-72.1239	2863	URUBAMBA	1965	1	2010	2	URUBAMBA	MARAS
11	-14.8169	-71.4169	3927	YAURI	1965	1	2010	2	ESPINAR	ESPINAR

Klimastationen - Region Apurímac										
No. estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Estación climática	Año (inic.)	Mes (inic.)	Año (fin)	Mes (fin)	Provincia	Distrito
12	-13.6083	-72.8706	2750	ABANCAY	1965	1	2009	11	ABANCAY	TAMBURO
13	-13.6569	-73.3708	2866	ANDAHUAYLAS	1965	1	2010	2	ANDAHUAYLAS	ANDAHUAYLAS
14	-14.3928	-73.1792	3358	CHALHUANCA	1999	11	2009	12	AYMARAE	COTARUSE
15	-13.5525	-72.7350	2763	CURAHUASI	1965	1	2010	2	ABANCAY	CURAHUASI

Klimastationen - in den Nachbarregionen von Cusco und Apurímac										
No. estación	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Estación climática	Año (inic.)	Mes (inic.)	Año (fin)	Mes (fin)	Región	
16	-14.8811	-70.5928	3920	AYAVIRI	1965	1	2010	2	Puno	
17	-15.1797	-71.6494	4150	LA_ANGOSTURA	1965	1	2010	2	Arequipa	
18	-15.0336	-70.3728	3910	PUCARA_1	1965	1	2010	2	Puno	
19	-15.1503	-72.7669	3455	PULLHUAY	1965	1	2010	2	Arequipa	
20	-15.3503	-71.4503	4175	TISCO	1965	1	2010	2	Arequipa	

El portal de datos dispone de parámetros climáticos distintos, como por ejemplo las temperaturas mínima y máxima del día, los valores del punto de rocío y de la humedad relativa a diferentes horas, además los valores de la precipitación, el medio de la temperatura y de la humedad, como también la presión atmosférica, velocidad y dirección del viento. Pero no todas las estaciones están equipadas con los instrumentos necesarios que faciliten todas las medidas mencionadas.

Las estaciones climáticas fueron instaladas por el SENAMHI en el transcurso del tiempo. De vez en cuando se añadió nuevas estaciones climáticas en la red, mientras que otras en cambio dejaron de funcionar (figura 4). Las causas para eso son parcialmente desconocidas. Colaboradores del SENAMHI reportaron sobre las estaciones fuera de servicio o sobre casos en los cuales se había robado partes de las estaciones. La población local muestra una y otra vez desconfianza frente a las instalaciones como aquellas (información oral de Irene Trebejo, SENAMHI, Lima, 2.8.2010). Si muchas estaciones muestran vacíos en las series de datos en la década entre 1981 y 1990, podría estar relacionado a las inestabilidades políticas a causa del Sendero Luminoso (información oral del SENAMHI, verano 2010).

Los primeros datos provienen del año 1965. Sin embargo en la región Apurímac solo existen dos estaciones climáticas que disponen de datos regulares entre 1965 y 2010. Son las dos estaciones "Andahuaylas" y "Curahuasi". En la región Cusco por lo menos son 15 estaciones. Sin embargo tampoco estas estaciones disponen de series temporales completas. Los huecos en los datos pueden ser explicados con valores de días faltantes o valores defectuosos que ya se hubo eliminado.

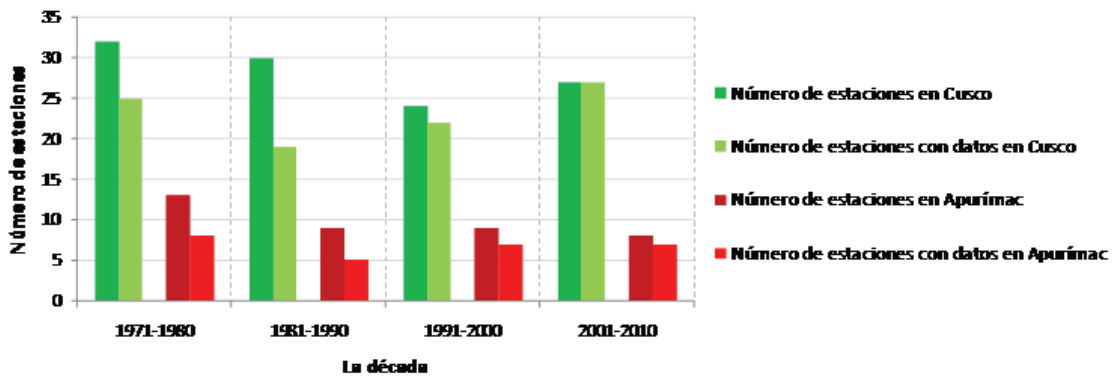


Figura 4: La comparación del número de estaciones disponibles con las que proporcionan datos en las regiones Cusco y Apurímac (1971-2010).

9 DATOS DE LA POBLACIÓN

El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) ha sido el órgano rector del Sistema Estadístico Nacional en el Perú. Norma, planea, dirige, coordina, evalúa y supervisa las actividades estadísticas oficiales del país. El censo, la coordinación y producción de las estadísticas referidas a los sistemas de cuentas nacionales y regionales, esquemas macroestadísticos: así como estadísticas demográficas e indicadores económicos y sociales son sólo algunas funciones del INEI (INEI, 2010).

10 DATOS TOPOGRÁFICOS Y CARTOGRÁFICOS

En relación con el proyecto PACC se había compuesto distintos registros con datos topográficos y cartográficos. Estos fueron utilizados como datos de base por los análisis espaciales en este reporte.

Se trata de datos del SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) con una resolución del suelo de 90m. La misión se realizó en el febrero del año 2000. El objetivo fue elaborar un modelo digital del terreno (de 60° norte hasta 56° sur). Los datos están disponibles gratis y se formaron dentro de un proyecto común de la NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) y de las agencias espaciales de Italia y Alemania (Farr et al., 2007). Para este reporte se utilizó partes del modelo digital del terreno. Además fue posible usar shapefiles georeferenciadas con líneas fronterizas de los distritos

y provincias de las dos regiones investigadas. Se usó los shapefiles en el sistema georeferenciado de WGS 84 (World Geodetic System 1984).

11 METODOLOGÍA

La extensión espacial y la frecuencia de la ocurrencia de los eventos fueron determinadas mediante los eventos registrados en las dos bases de datos del DesInventar y del INDECI. Ambas fueron representadas, basadas en datos topográficos y cartográficos en el ArcSIG en forma de un inventario de eventos. Cambios temporales durante las cuatro décadas se ha ilustrado también mediante el ArcSIG así como en forma de tablas. Estos resultados se compararon adicionalmente con los datos de la población de ambas regiones (figura 5).

En una segunda fase se hizo un análisis de eventos extremos seleccionados. Estos resultados son presentados en un reporte distinto.

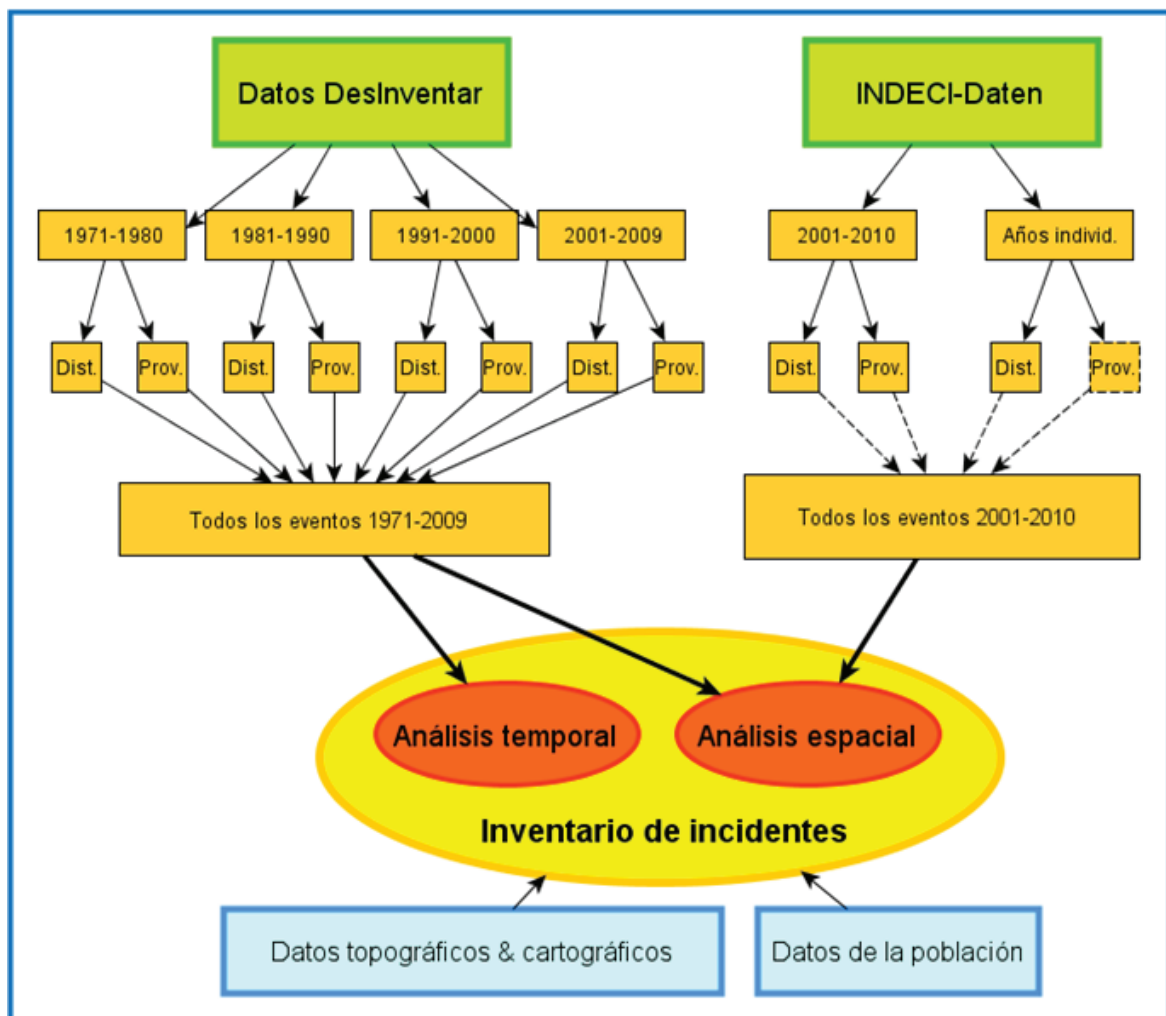


Figura 5: Visión general del procedimiento metodológico en base de los datos.

12 LA INVENTARIZACIÓN

De las dos bases de datos DesInventar y INDECI se extrajo los datos de los eventos de los fenómenos individuales de los siguientes procesos:

- Helada, sequía y vendavales (vientos fuertes)
- Precipitaciones (precipitación granizo, precipitación lluvia, precipitación nevada) e inundaciones
- Movimientos en masas (alud, aluvión, derrumbe, deslizamiento y huayco)

El análisis de los eventos se elaboró dentro de los Sistemas de Información Geográfica –ArcSIG versión 9 de ESRI (Environmental Systems Research Institute). Se realizó todos los análisis para las dos regiones, uno por uno. Para crear un área de investigación adecuada para cada región se utilizó un modelo digital del terreno (SRTM), así como dos shapefiles georeferenciados con las líneas fronterizas de los distritos y provincias que fueron puestos a disposición por el proyecto PACC (figura 6).

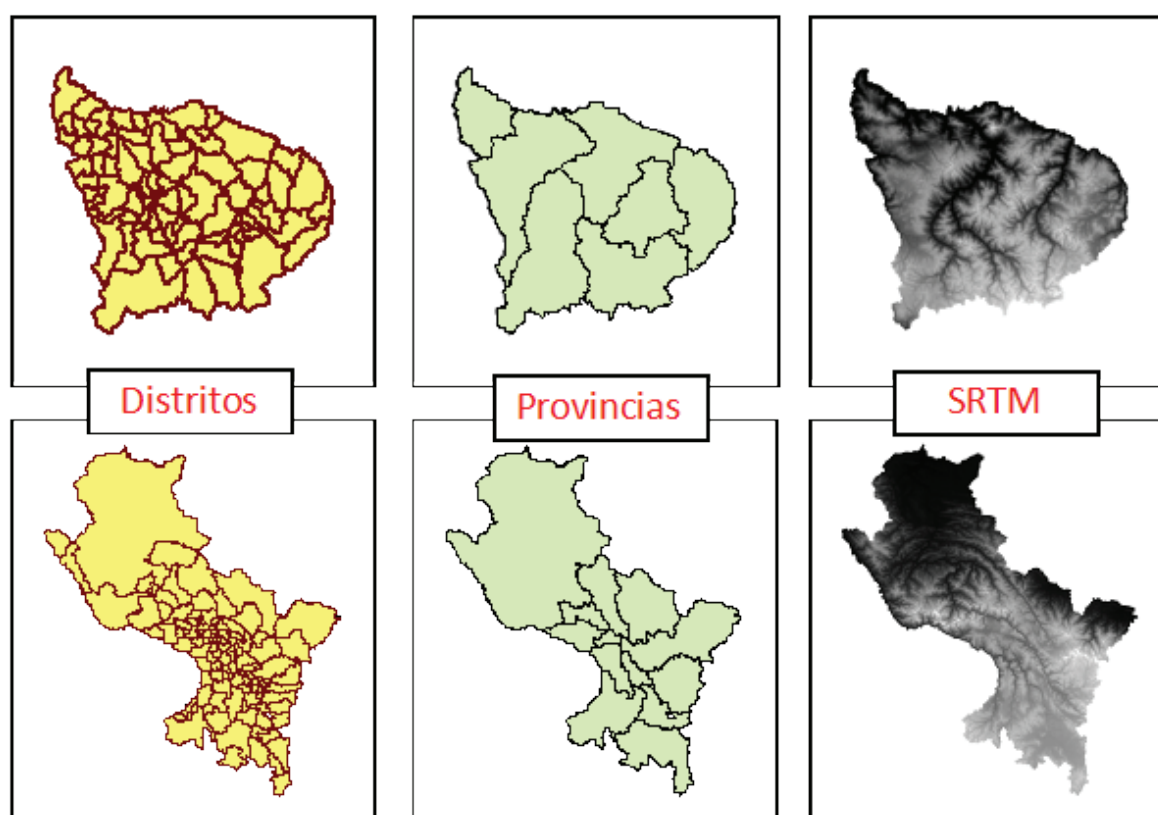


Figura 6: Los distintos niveles de investigación (distritos y provincias), así como el SRTM de las dos regiones Apurímac (arriba) y Cusco (abajo).

Se ha ordenado los datos de los eventos registrados por los fenómenos y décadas distintas. Seguidamente se los georeferenció en el ArcSIG.

- Tomando a las dos bases de datos DesInventar y INDECI se ha desarrollado un inventario de eventos con todos los datos de los fenómenos seleccionados en el ArcSIG. Esto permite la posibilidad de consultar la distribución espacio-temporal y los cambios de cada fenómeno durante las cuatro décadas.

En base de este proceso se pudo crear por cada década una recopilación gráfica con la frecuencia y la distribución de los eventos de los fenómenos individuales que ocurrieron en el período. Los distritos y provincias formaron los niveles de referencia espacial (figura 6). No todos los eventos que son registrados en las bases de datos disponen de indicaciones de lugar - distrito y provincia. En parte, los eventos fueron descritos exclusivamente con el nivel de provincia. A veces sólo fue mencionado el nombre de la región donde sucedió el evento. En los análisis de este informe no fue posible considerar estos eventos porque la imprecisión espacial fue demasiado grande.

- Para realizar *el análisis de la incidencia espacial* se utilizó los datos de DesInventar como también los datos del INDECI. Para recibir resultados consistentes se trató los datos de las dos fuentes por separado y no se los mezcló. Las series temporales relativamente largas de los eventos registrados de DesInventar sirvieron especialmente para la investigación de cambios espaciales a largo plazo y pudieron crear una vista general del desarrollo durante las cuatro décadas. Los datos de los eventos del INDECI se utilizaron en paralelo con los eventos singulares en la última década.
- *El análisis de la incidencia temporal* se basa únicamente en la serie temporal relativamente larga de los datos de la base de datos del DesInventar. Esto facilita construir una vista general temporal del cambio del número de los procesos seleccionados dentro de las provincias individuales. Además se quería observar el desarrollo total de todos los eventos durante los 40 años. La serie temporal corta del INDECI no sirvió para este análisis.

13 RESULTADOS

Basado en los datos de los eventos que están registrados en las dos bases de datos DesInventar e INDECI, se ha desarrollado un inventario de eventos de carácter espacio-temporal en el ArcSIG de ESRI. De esta manera es posible obtener una vista general de la distribución de todos los fenómenos investigados. Este inventario permite al usuario la consulta de cualquier información como el lugar (con los niveles de análisis de distritos y provincias), respectivamente el tiempo (DesInventar: décadas: 1971-2009, INDECI: años individuales entre 2001-2010) de un evento específico.

Es de interés descubrir las áreas que son las más afectadas por los eventos seleccionados. Además es pertinente saber si hay áreas que están afectadas más frecuentemente por los eventos climáticos extremos durante el tiempo de la investigación que otras. Otra pregunta es, sí es posible ver un cambio en la distribución espacial de los eventos registrados dentro de las últimas cuatro décadas.

Además del análisis espacial también es posible realizar un análisis temporal de los datos que están documentados en el inventario de eventos. Esto es importante para analizar cómo cambió la frecuencia de los eventos registrados durante las últimas cuatro décadas.

14 CAMBIOS ESPACIO-TEMPORALES EN APURÍMAC

Cada uno de los eventos registrados de los distintos fenómenos está georeferenciado. Las siguientes ilustraciones muestran una recopilación de todos los eventos registrados que han acaecido durante las cuatro décadas pasadas (figura 7). Por un lado se aplicó el nivel de análisis por distritos y el otro nivel de análisis por provincias. Los diferentes colores indican con qué frecuencia se han registrado eventos en los distritos y en las provincias, respectivamente, en la base de datos de DesInventar. Para hacer una comparación de las cuatro décadas se ha usado siempre la misma clasificación de eventos.

Durante las cuatro décadas dos diferentes desarrollos son visibles. Por un lado es posible ver que hay un aumento en el número de los distritos afectados con el tiempo. Por otro lado también se muestra un cambio de la coloración verde a una coloración rojo con el tiempo.

Este permite la impresión que no hay solo un aumento en el número de los distritos afectados, sino un aumento en el número de los eventos registrados en los distritos distintos. En cuanto a las dos primeras décadas no se muestra una tendencia clara en la frecuencia y número de los eventos, sin embargo tal tendencia es reconocible en los últimos veinte años.

En algunos distritos es posible ver una tendencia. En los distritos Abancay (1), Andahuaylas (2) y Curahuasi (3) por ejemplo se manifiesta un aumento en el número de los eventos registrados. Pero esta tendencia no es universal a través de todos los distritos. También existen distritos de los cuales el DesInventar no tiene eventos registrados durante el período de la investigación.

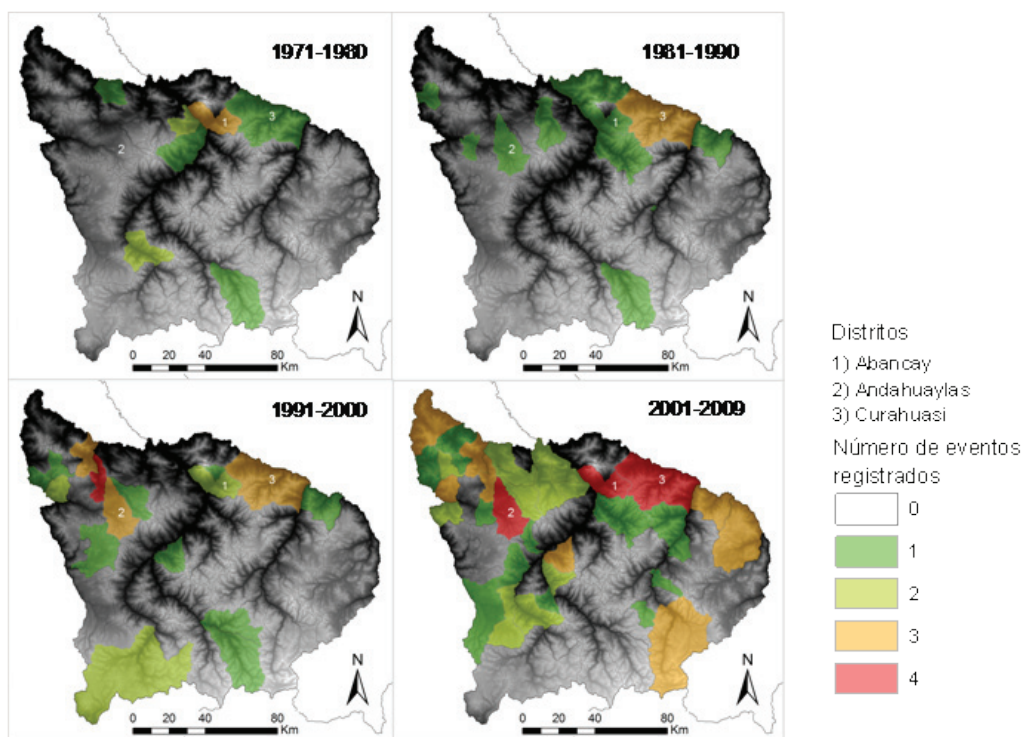


Figura 7: El cambio espacial de los eventos registrados al nivel de los distritos en Apurímac.

Un gran parte de los eventos que están registrados en la base de datos del DesInventar no disponen de datos al nivel de distritos. Por tanto se representa aquí también la comparación de los eventos registrados al nivel de análisis de las provincias (figura 8). Aquí también hay que señalar que el aumento es evidente en algunas provincias, mientras que en otras provincias solo se identifican pocos cambios.

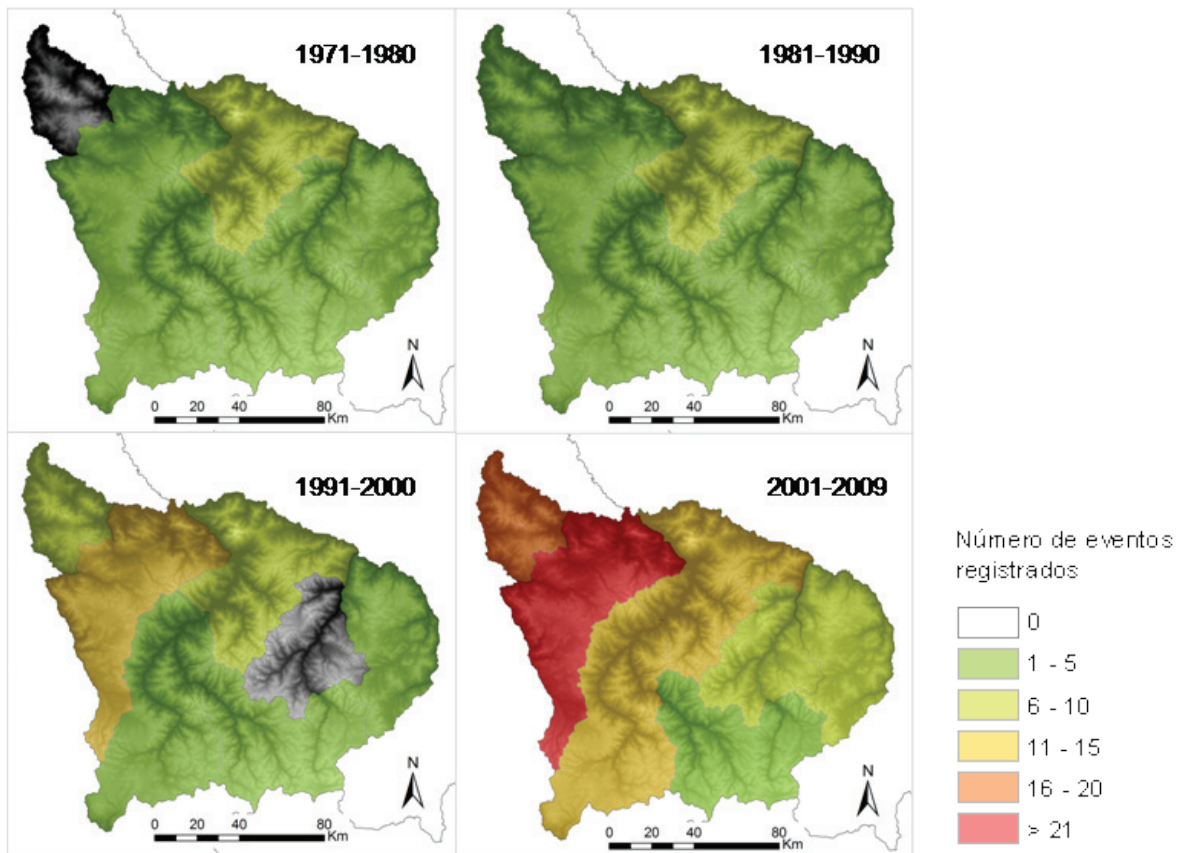


Figura 8: El cambio espacial de los eventos registrados al nivel de las provincias en Apurímac.

La división del número de eventos registrados en cada provincia (diagrama de barras) en los diferentes grupos de procesos da una vista general más detallada de los eventos registrados en las provincias individuales durante las últimas cuatro décadas (figura 9). También en esta ilustración se manifiesta que en los primeros veinte años no cambió mucho el número de los eventos registrados en todas las provincias en la región Apurímac. En los años entre 1981 y 1990 es posible ver que se han registrado más eventos en la categoría “Helada/ Sequía/Vientos”. Esto está relacionado con la acumulación de distintas sequías que afectaron la región de Apurímac en el año 1983. La última década muestra un incremento fuerte del número de los eventos en todas las provincias. En todos los grupos de procesos había más eventos registrados que en las décadas anteriores.

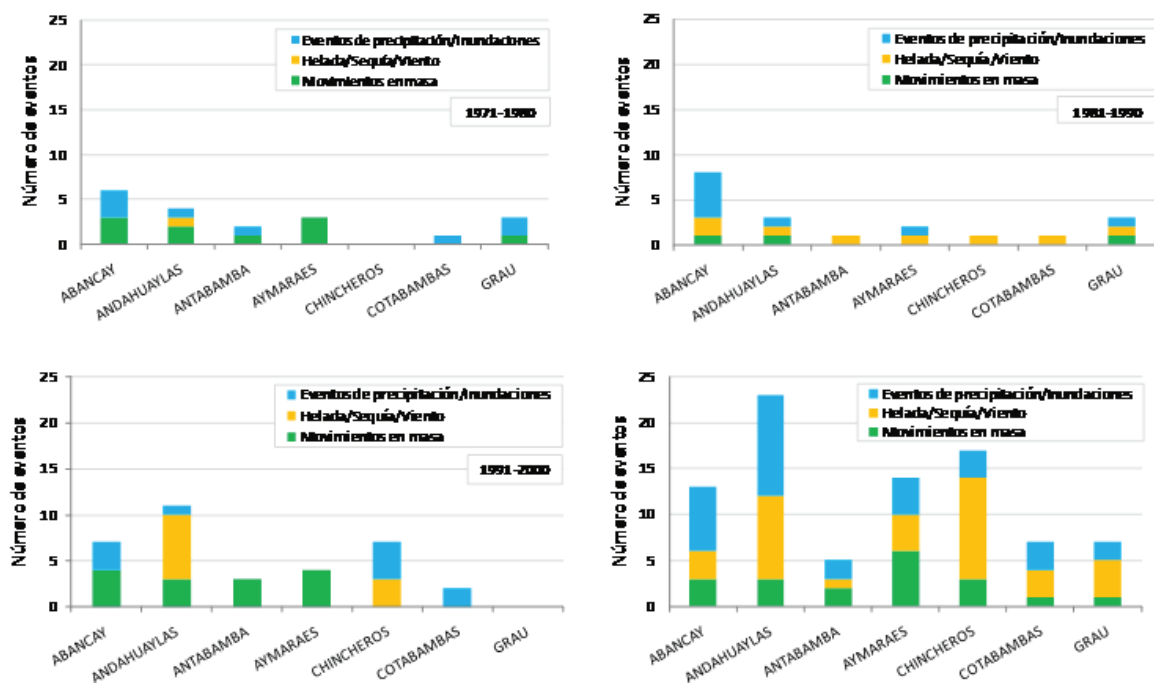


Figura 9: Recopilación de todos los eventos registrados en las provincias individuales divididos en grupos de procesos y de acuerdo a las cuatro décadas.

Aunque las ilustraciones en la figura 9 dan la impresión que hubo un aumento muy importante en el número de los eventos registrados en la última década, es importante observar este desarrollo con precaución. Por esta razón parece importante que la próxima figura da una impresión de cómo estuvo el comportamiento de los eventos en la región Apurímac, que son registrados en la base de datos de DesInventar, en las últimas cuatro décadas año por año (figura 10). Para este análisis se ha utilizado todos los eventos que estuvieron localizados por lo menos al nivel de las provincias.

En los primeros treinta años (1970-1999) el comportamiento de los eventos tiene bastante regularidad. Sin embargo, el gráfico muestra un aumento enorme de los eventos registrados entre los años 2000 y 2004. El año 2001 se registró la acumulación más grande de los eventos documentados. Pero en los últimos cinco años (2005-2010) el número de eventos disminuyó. Se manifiesta que de este punto de vista es muy difícil derivar una tendencia clara.

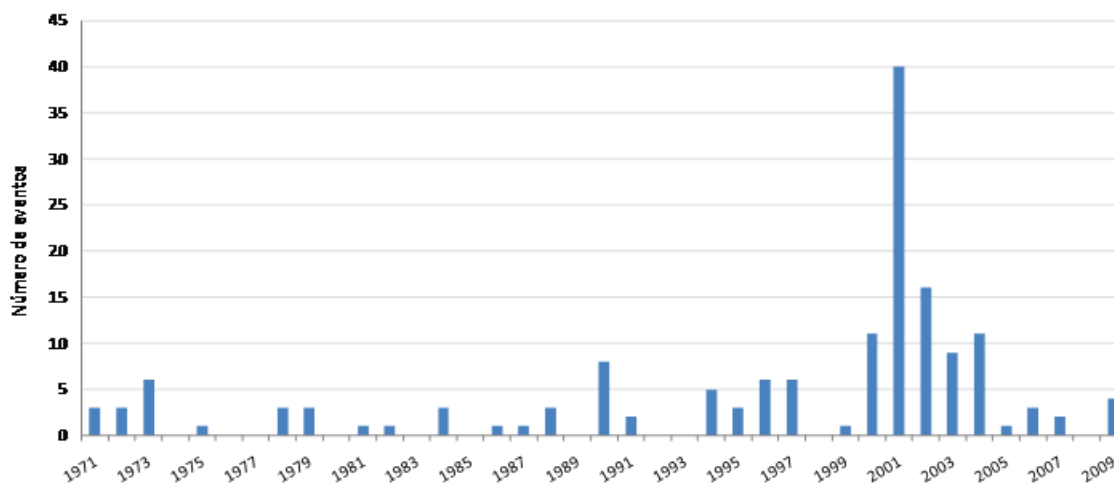


Figura 10: Recopilación de todos los eventos registrados en la región Apurímac (al nivel de años individuales 1971-2009).

Una comparación de los dos niveles de análisis temporales muestra que sobre todo durante los cinco años (2000-2004) ricos en acontecimientos incluyendo el año extremo 2001 (figuras 9 y 10) muestran un aumento enorme en el número de los eventos registrados. Si se considerara sólo la ilustración al nivel de las décadas esto podría conducir a una interpretación incorrecta.

En este caso debe aceptarse que la documentación de los eventos no es suficientemente uniforme y la serie de tiempo no es suficiente para distinguir una tendencia a largo plazo.

Por ende, es de gran importancia que la serie de tiempo sea consistente entre sí, de largo plazo y con una uniformidad adecuada. Para hacer una declaración de valor informativo de una tendencia probable también es de gran importancia considerar el periodo de análisis apropiado.

A continuación se presenta una recopilación de todos los eventos que estuvieron registrados en la base de datos del DesInventar en los últimos cuarenta años (figura 11a). Se ha usado de nuevo la representación al nivel de las provincias. Esta ilustración muestra cuáles fueron las provincias más afectadas por eventos climáticos extremos en las últimas cuatro décadas. Los diagramas de barras además indican cómo estuvo la distribución de los eventos de los fenómenos individuales. Es evidente que ninguno de los grupos de procesos domina sobre todo el área de la región Apurímac. En algunas partes predominan los eventos de precipitación e inundaciones, mientras que en otras partes fueron otros grupos de procesos los más frecuentes.

Es difícil encontrar una explicación universal para la distribución de los eventos registrados. El registro de un evento depende de múltiples factores. Una posibilidad por qué hay más eventos registrados en una provincia que en otra es, por ejemplo, la comparación de los datos de los eventos registrados en la base de datos con los datos de la distribución de la población (figura 11b). Los eventos sólo fueron guardados en la base de datos en caso de que la población tomara nota o fuera afectada directamente o indirectamente por el evento.

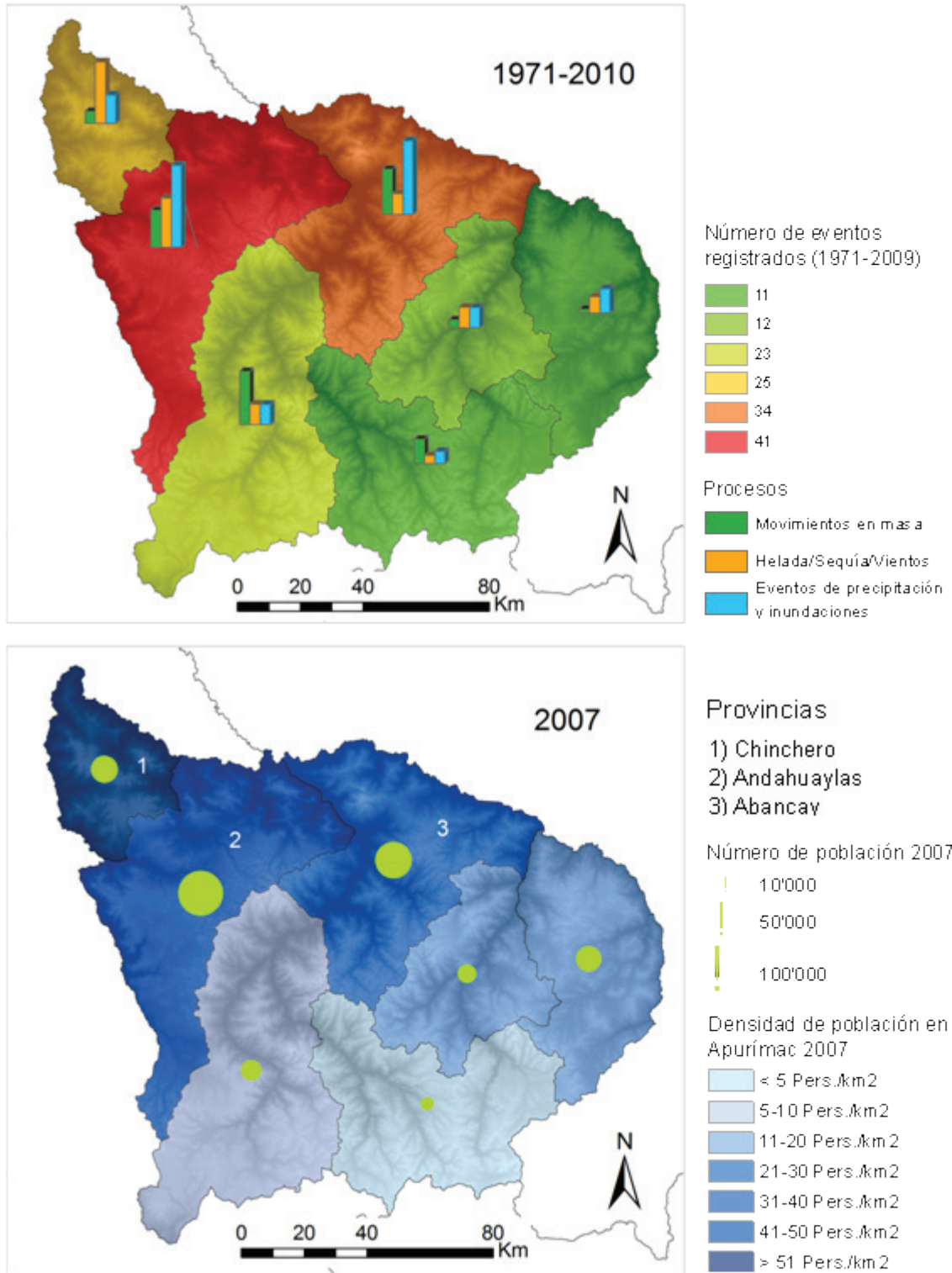


Figura 11: Arriba (a): Recopilación de todos los eventos registrados en Apurímac durante cuatro décadas con la distribución de los procesos individuales. Abajo (b): La representación de las provincias de Apurímac con datos del número y densidad de la población.

La comparación de los dos mapas revela que las provincias con la mayor densidad (Chincheros (1) y Andahuaylas (2) o el número más alto (Abancay (3) de la población, muestra también la mayor acumulación de eventos

climáticos extremos. Si sucede un evento en un área poblada, el riesgo de un desastre es más grande, debido a una vulnerabilidad más alta, que cuando sucede similar evento en una área deshabitada.

Entonces, lo que este análisis muestra es que hay una relación estrecha entre el número de eventos registrados y el número o densidad de población. Donde vive más gente, los eventos son más documentados. Es importante reconocer que este hecho dificulta el análisis de eventos extremos, sus tendencias a través de tiempo y una posible relación con el cambio climático.

15 CAMBIOS ESPACIO-TEMPORALES EN CUSCO

En el caso de la región Cusco es más difícil percibir una tendencia obvia (figura 12). No es evidente que más distritos fueron afectados por eventos climáticos extremos a través del tiempo. Tampoco el número de los eventos dentro de los distritos individuales subió durante el tiempo de investigación.

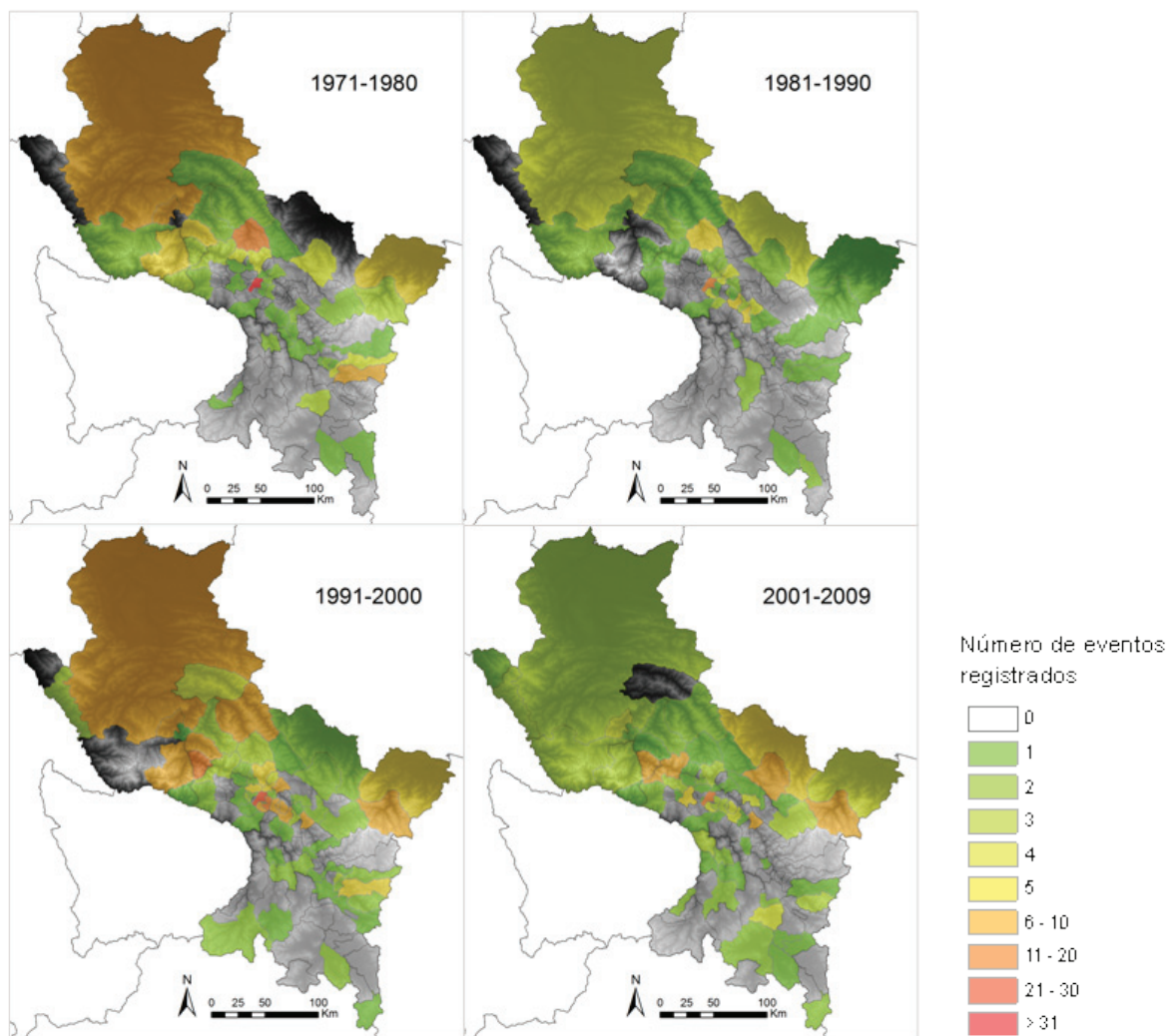


Figura12: El cambio espacial de los eventos registrados a nivel de los distritos en Cusco.

Igual que en los distritos, en las provincias tampoco hay una tendencia obvia sobre el aumento del número de eventos registrados (figura 13). En la década desde 1991 hasta 2001 había más eventos registrados en la base de datos del DesInventar en varias provincias, que en las otras décadas.

Pues es evidente que hubo menor número de eventos registrados en las provincias del sur de la región Cusco durante las cuatro décadas.

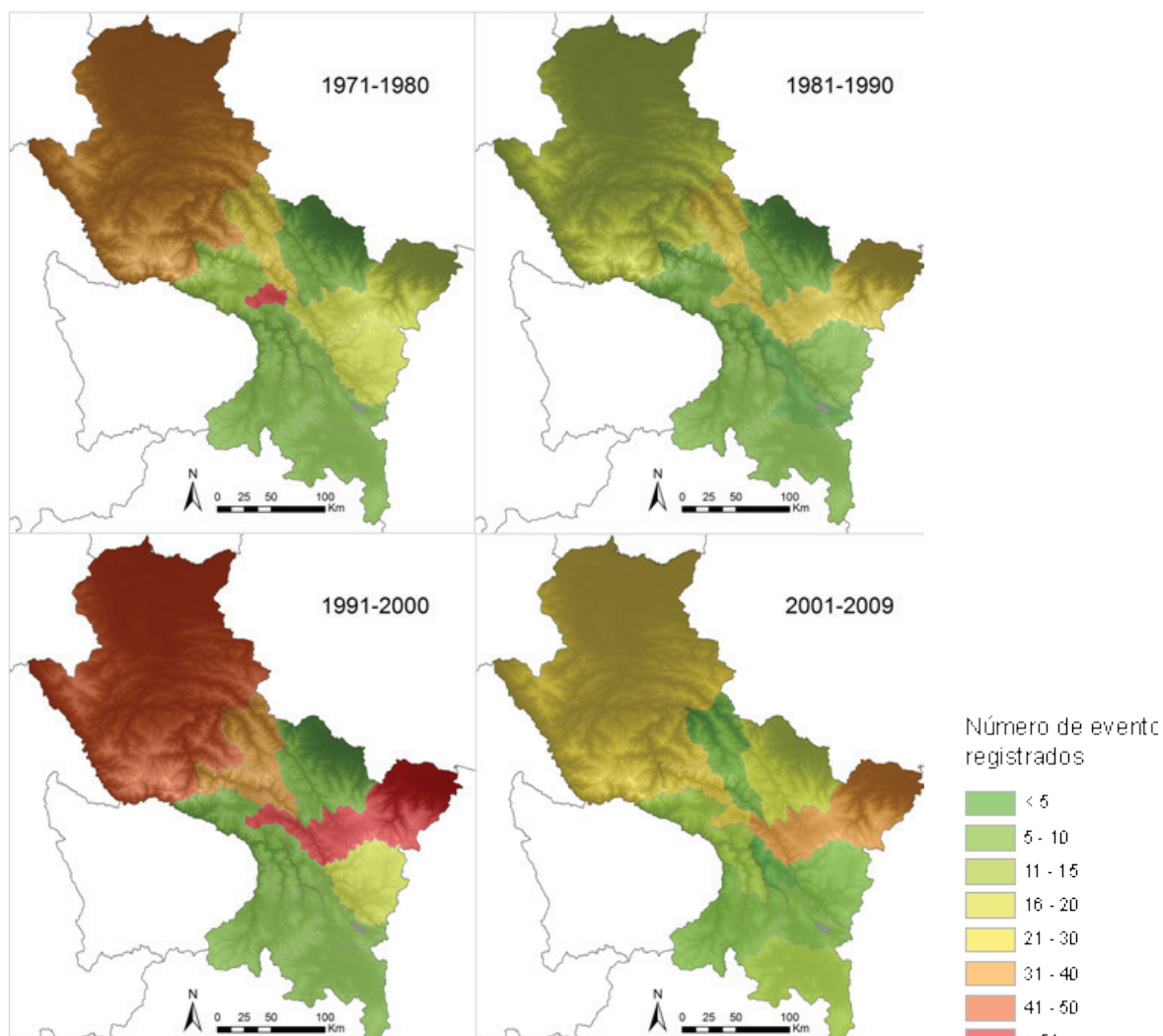


Figura 13: El cambio espacial de los eventos registrados en el nivel de las provincias en Cusco.

La acumulación de eventos registrados en algunas provincias de la región Cusco también es reconocible en los siguientes diagramas de barras (figura 14), tales como las provincias de Calca, Cusco, La Convención, Quispicanchi y Urubamba. La provincia de Cusco muestra en dos décadas un número de eventos especialmente mayor que todas las otras.

No existe una tendencia evidente con respecto a un aumento del número de los eventos registrados en las provincias individuales durante el período de investigación. Sin embargo, es reconocible en la próxima figura que los procesos de las precipitaciones son los más frecuentes.

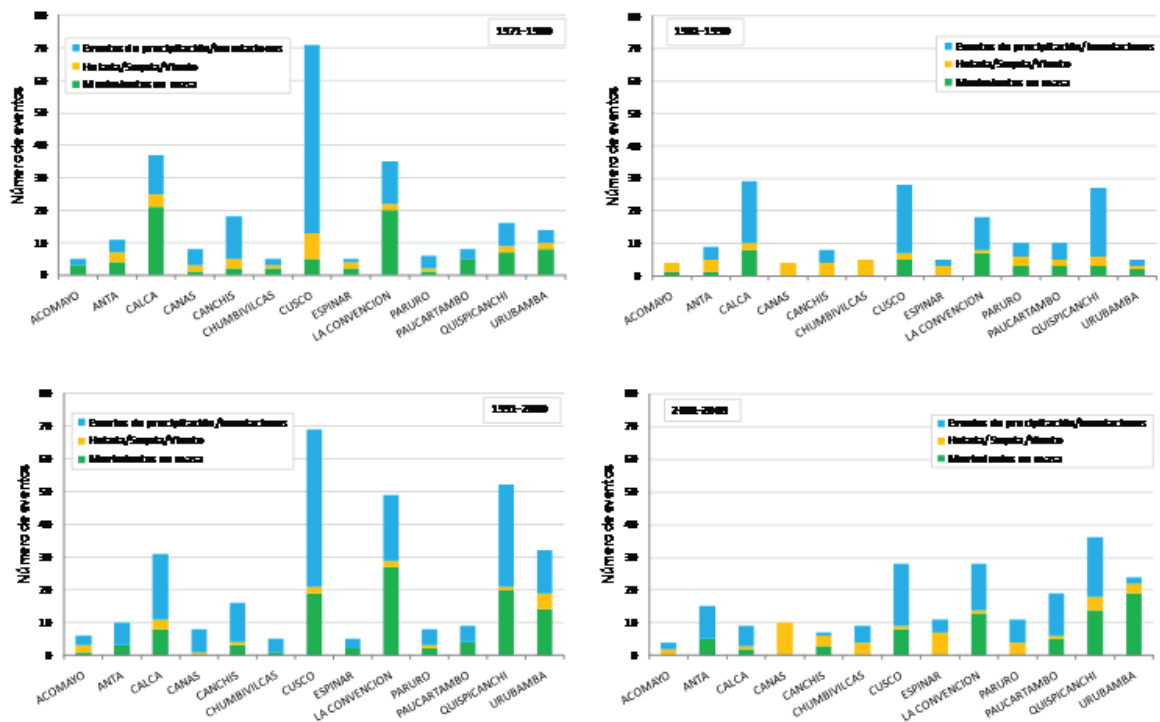


Figura 14: Recopilación de todos los eventos registrados en las provincias individuales dividida en grupos de procesos y las cuatro décadas.

La próxima figura, que muestra el número de los eventos registrados año por año, confirma el conocimiento de arriba que no hay una tendencia clara o general en el número de los eventos registrados durante el período de investigación (figura 15). Se nota años con más y otros con menos eventos registrados, distribuidos más o menos regularmente a través de los primeros 25 años. Los años entre 1995 y 2004 fueron más ricos en acontecimientos, mientras que en los últimos años el número de los eventos empezó a disminuir de nuevo. La causa por los pocos valores de los eventos registrados entre 1983 y 1986 no está clara. Podría estar relacionada con las inestabilidades políticas a causa del Sendero Luminoso.

En adelante se nota dos años (1994 y 2003) con un número enorme de eventos registrados. Lamentablemente los datos del DesInventar, que están representados aquí, no cubren el año 2010. A causa de las precipitaciones extremas al inicio del año 2010 se puede partir de que se resultaría en otro pico.

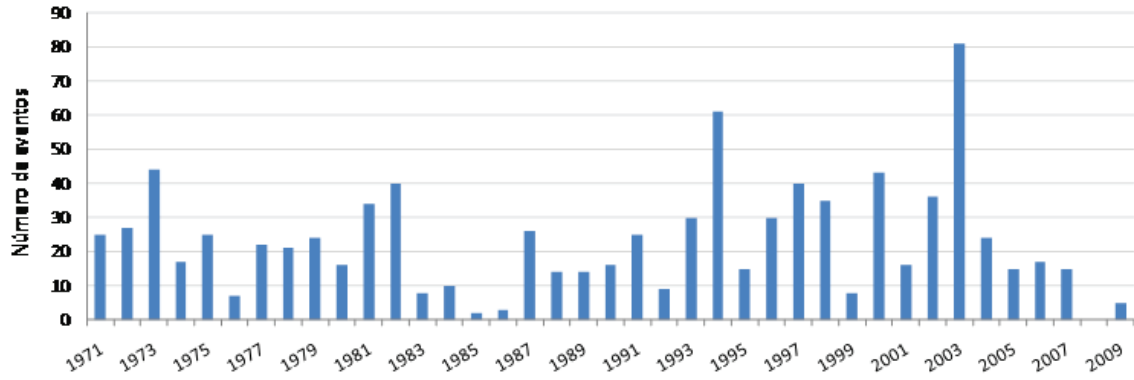


Figura 15: Recopilación de todos los eventos registrados en la región Cusco (Años individuales 1971-2009).

La próxima ilustración constituye la suma de todos los eventos registrados en las provincias individuales durante las cuatro décadas (figura 16a). La gráfica es combinada de nuevo con los diagramas de barras que muestran la distribución de los procesos individuales. Se nota que los procesos de los eventos de precipitación e inundaciones dominan en la mayoría de las provincias.

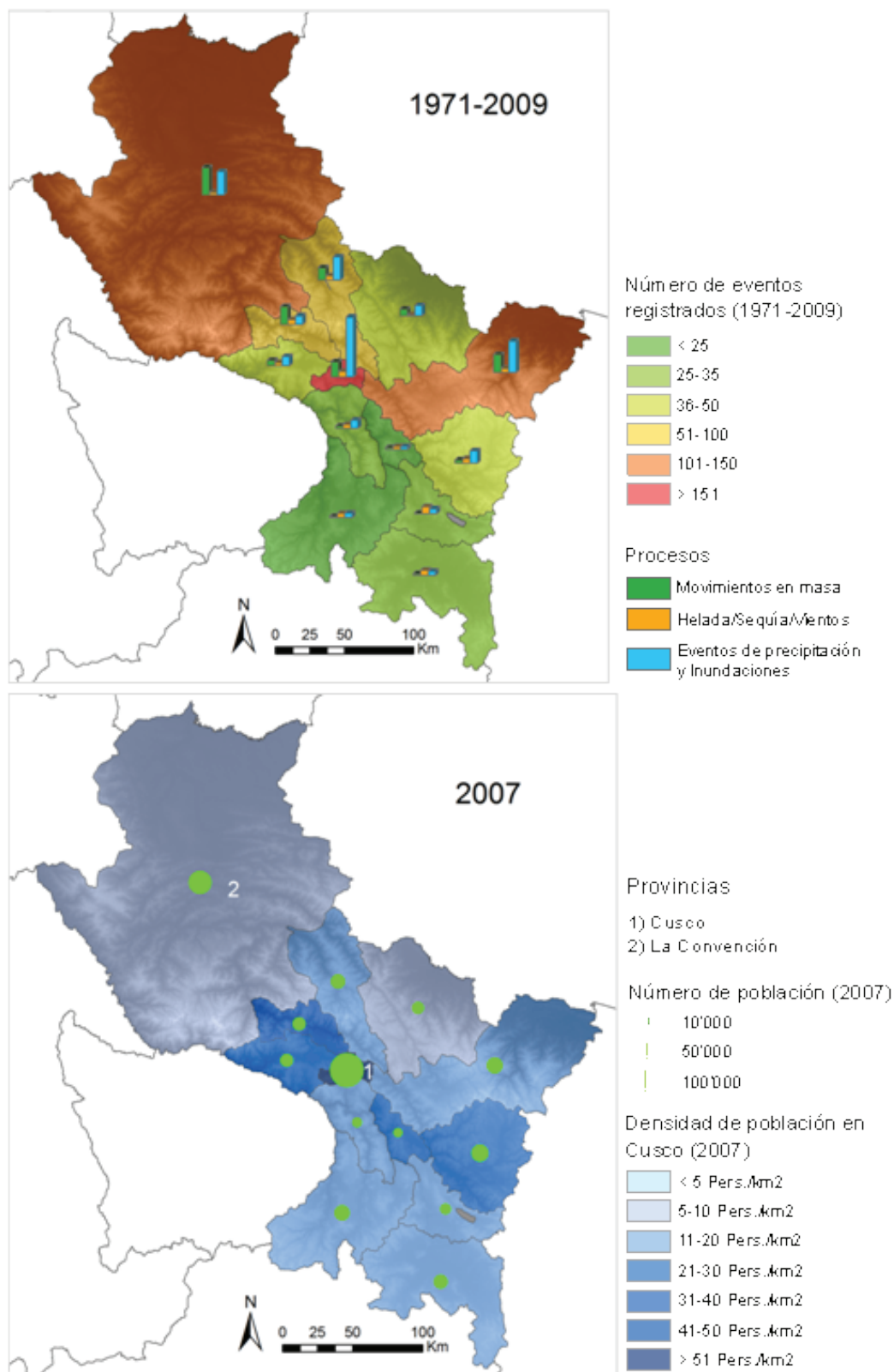


Figura 16: Arriba (a): Recopilación de todos los eventos registrados en la región Cusco durante las cuatro décadas con la distribución de los procesos individuales. Abajo (b): La representación de las provincias de Cusco con los datos del número y densidad de la población.

La coherencia entre el número de los eventos registrados y el número de población es asimismo reconocible (figura 16b). Se nota que la provincia de Cusco (1), donde vive la mayoría de la gente y que tiene la densidad de la población más alta de la región, también muestra el mayor número de eventos registrados. En el caso de la provincia La Convención (2) en el norte de la región, se manifiesta de nuevo que no sólo la densidad de la población es determinante, sino también la cantidad de población. Este conocimiento coincide con los que ya se obtuvieron en las investigaciones en la región Apurímac (figura 11).

16 CONCLUSIONES

El desarrollo de un inventario de eventos y desastres permite una vista general de la distribución espacio-temporal de los eventos climáticos extremos. Se le puede utilizar como una base para investigaciones múltiples y permite una ampliación y un desarrollo constante. Al mismo tiempo, se descubre aspectos que no pueden ser reconocidos directamente en la base de datos.

Frecuentemente los eventos registrados en las bases de datos del DesInventar e INDECI tienen una localización poco precisa. Por ejemplo, existen para muchos eventos solo informaciones de la provincia pero no del distrito donde el evento sucedió. La localización correcta de eventos puntuales como un huayco o una lluvia extrema es muy difícil o imposible.

Es de gran importancia que se considere con precaución el cambio de la frecuencia de los eventos durante el período de investigación. También si el ejemplo en Apurímac mostró un aumento aparentemente del número de eventos registrados en el período de investigación, es delicado hacer una conclusión final. Mediante este conocimiento deducir un cambio en la condición climática no sería adecuado. La consideración del número de los eventos registrados por todos los años individuales ha confirmado esta impresión. Otros aspectos apoyan que estas series de tiempo tienen que ser observadas de manera crítica.

Así por ejemplo el acceso (geográfico y con referencia a la infraestructura) a los pueblos remotos en el área altoandina fue mucho más difícil hace 30 ó 40 años que hoy. Estas diferencias en la densidad de la documentación son probablemente una explicación del por qué había menos eventos registrados en las décadas anteriores. Además se parte de que la vulnerabilidad y la exposición de la población a causa del crecimiento de la población en los últimos años (Schwanke et al., 2009). En consecuencia aumentó también el riesgo de que la gente fuera afectada por un evento climático extremo.

En investigaciones plurianuales es de gran importancia considerar el cambio de la documentación de los eventos y tomar nota que podrían ser irregular o incompleto (Fischer, 2009).

La combinación espacio-temporal directa de las dos bases de datos de DesInventar (1970-2009) e INDECI (2001-2010) fue bien complicada. Sus períodos de investigación son muy diferentes. Una combinación de las dos mostró un aumento aparente de eventos extremos registrados y pareció que no corresponde a la realidad. Además es necesario dar cuenta que el recojo de datos fue totalmente diferente dentro de las dos bases de datos. Por esta razón no es conveniente combinar estas dos bases de datos directamente. Pues se facilita un uso complementario y amplio de las bases de datos.

En ambas regiones Apurímac y Cusco se constituyó zonas y períodos de tiempo en los cuales se ha registrado

tendencialmente más eventos climáticos extremos que en otras. Sin embargo, en los análisis espacio-temporales no fue posible identificar un aumento significativo en el número de los eventos registrados durante los últimos cuarenta años que está relacionado únicamente al cambio climático. Se relacionó los cambios de la frecuencia de los eventos registrados más con otros factores, como el crecimiento demográfico, el creciente acceso a zonas en peligro y por lo tanto el aumento de la exposición de la población.

Además se manifestó la importancia tiene el análisis temporal en tales investigaciones. La compilación de los eventos registrados durante las cuatro décadas mostró otra impresión que la representación de los años individuales.

En fin, los puntos más importantes que se pueden sacar de las diferentes investigaciones sobre eventos extremos e inventarios y documentación de los mismos que se han desarrollado dentro del PACC son los siguientes:

- Cualquier análisis de tendencias de frecuencia (o magnitud) de eventos a través del periodo de documentación hay que llevar a cabo con mucha prudencia y precisión.
- Es necesario considerar que el nivel de documentación varía durante el periodo de documentación. Si bien es importante conocer el modo de documentación, es casi imposible reducir o eliminar las variaciones en la documentación a través del tiempo.
- Aunque se ha observado algunas variaciones en la frecuencia de eventos extremos durante los últimos 40 años en las regiones de Apurímac y Cusco, no son del carácter que permita derivar tendencias significativas.
- No se ha podido identificar indicaciones que permiten detectar una señal del cambio climático en las series de eventos extremos en las dos regiones. Esta conclusión está generalmente en acuerdo con la mayoría de los estudios al nivel internacional, los cuales tampoco han podido detectar señal de cambio climático en series de desastres. Sin embargo, es pertinente mencionar que esta discusión es continuada en la actualidad, y existen estudios que han encontrado señales del cambio climático. Una de las discusiones al nivel internacional se concentra en la pregunta si se puede detectar cambios en las pérdidas por desastres a través de las últimas décadas. Entonces, este estudio del PACC tiene mucha actualidad, más allá de su contribución a la adaptación al cambio climático en el sur del Perú, y se trata de integrar las conclusiones en el nuevo reporte del IPCC.



17 RECOMENDACIONES

El presente estudio permite hacer las siguientes recomendaciones:

- Es importante analizar documentaciones de eventos extremos y desastres, tal como DesInventar y SINPAD, con la prudencia y precisión necesaria, tomando en cuenta las limitaciones de las documentaciones, en particular con respecto a la consistencia del nivel de documentación a través de tiempo. Si no se trabaja con este nivel de precaución, es fácil generar conclusiones inadecuadas que pueden tener un impacto muy negativo al nivel político y de implementación de medidas de adaptación.
- Por las razones expuestas arriba es importante conocer el método de documentación.
- El análisis espacio-temporal, mediante el uso de sistemas de información geográfica, tal como fue llevado a cabo en este estudio, ha mostrado ser una herramienta adecuada y útil para poder identificar aspectos importantes para la reducción de desastres.
- Hasta la fecha, aún no ha sido posible detectar una señal del cambio climático en las series de eventos extremos y desastres en las dos regiones Apurímac y Cusco. A nivel internacional los estudios indican que posiblemente aún es temprano para detectar una señal del cambio climático pero que es probable que se lo puede detectar en el futuro. Por esto es importante mejorar y continuar el monitoreo y la documentación.
- Los inventarios de DesInventar y SINPAD son ambas fuentes muy importantes y de gran valor. Una recomendación para mejorar la consistencia de documentación puede ser que los diferentes inventarios y proyectos sean mejor coordinados, y segundo, que se planteen proyectos para aumentar la consistencia en la documentación, por ejemplo con cursos de capacitación para el personal que reporta, o un análisis de los procesos y diferentes pasos de documentación. Puede ser un objetivo que se desarrolle una base de datos única, uniendo diferentes inventarios existentes.
- También es recomendable ampliar las fuentes de DesInventar, considerando fuentes regionales que den más referencias de la zona puntual.



18 REFERENCIAS

Bretscher, D. (2009): Agricultura, seguridad alimentaria y cambio climático en los departamentos de Apurímac y Cusco. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART, Zürich.

Casaverde Río, M., Ráez Mendiola, E., Giraldo Limo, M., Jáuregui Laveriano, F. & Cabanillas Sagástegui, H. (2009): Doctrina de Defensa Civil. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Lima, Perú, 28.

DesInventar (Disaster Inventory System) (2010): DesInventar online. Inventory system of the effects of disasters. <<http://online.desinventar.org>> (Último acceso: 08.11.2010).

DesInventar (Disaster Inventory System) (2009): Methodological guide, version 8.1.9. <<http://www.desinventar.org/en/methodology>> (Último acceso: 07.01.2011).

Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D. & Alsdorf, D. (2007): The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45, 1-33.

Fischer, L. (2009): Slope instabilities on perennially frozen and glacierised rock walls: multi-scale observations, analyses and modeling. Dissertation. Geographisches Institut der Universität Zürich.

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) (2010): ¿Quiénes somos? <<http://www.inei.gob.pe/>>. (Último acceso: 14.12.2010).

Meteodat GmbH (2009): Newsletter 1/09. Proyecto de Adaptación al Cambio Climático (PACC), Zürich. <http://www.meteodat.ch/pdf/1_2009.pdf> (Último acceso: 10.12.2010).

Schwanke, K., Podbregar, N., Lohmann, D. & Frater, H. (Hrsg.) (2009): Erdrutsche – wenn Hänge abwärts gleiten. In: Naturkatastrophen – Wirbelstürme, Beben, Vulkanausbrüche Entfesselte Gewalten und ihre Folgen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 62-73.

Schwarb, M., Acuña, D., Konzelmann, T., Rohrer, M., Salzmann, N., Serpa Lopez, B. & Silvestre, E. (2011): A data portal for regional climatic trend analysis in a Peruvian High Andes region. *Advances in Science and Research*, submitted.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología) (s. a.): Quiénes somos. <<http://www.senamhi.gob.pe/?p=1101>> (Último acceso: 08.11.2010).

