



Escenarios Climáticos en la Cuenca del Río Santa para el año 2030

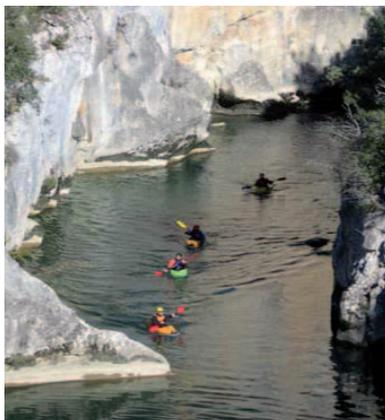
SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

RESUMEN TÉCNICO



PERÚ Ministerio del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología e Higrología - SENAMHI



ESCENARIOS CLIMATICOS EN LA CUENCA DEL RÍO SANTA PARA EL AÑO 2030 - Resumen Ejecutivo

SENAMHI

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Centro de Predicción Numérica – CPN
<http://www.senamhi.gob.pe>

EQUIPO TECNICO

Coordinación Local:

Ing. Gabriela Rosas

Personal Científico:

Ph. D. Guillermo Obregón
Ing. Amelia Díaz
Ing. Gabriela Rosas
Ing. Delia Acuña
Ing. Grinia Avalos
Ing. Clara Oria
Fis. Alan Llacza

Consultores:

Ing. Franklin Unsihuay
Ing. Renán Alegre

Infraestructura computacional:

Ing. Richard Miguel

Especialistas SIG:

Ing. Ever Castillo
Ing. Carmen Vassallo
Ing. Guillermo Tataje
Bach. Tania Sánchez

Apoyo logístico-administrativo:

Sra. Jenny Roca

Edición/Revisión:

Grinia Avalos
Gabriela Rosas
Amelia Díaz

Año: 2009

La presente publicación forma parte del componente de Vulnerabilidad y Adaptación en el marco de la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático a la CMNUCC, financiado por el GEF y coordinado por el Ministerio del Ambiente del Perú.

Ministerio del Ambiente – MINAM

Av. Javier Prado Oeste 1440 - San Isidro - Lima - Perú
Teléfono: (511) 6116000
<http://www.minam.gob.pe>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI

Jr. Cahuide 785 Jesús María
Teléfonos: (51 – 1) 6141414 (central) y 6141408 (CPN)
<http://www.senamhi.gob.pe>

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 16113

Diseño	: Q&P Impresores
Dirección gráfica	: Ricardo Eslava Escobar
Edición digital	: Hugo Negreiros Bezada
Corrección de estilo	: Carlos Canales Zubizarreta
Impresión	: Omega Representaciones y Servicios S.R.L. Av. Francisco Pizarro # 544 - Int. "J" - Rimac
Primera edición	: Enero 2010
Primer Tiraje	: 400 ejemplares
Impreso en Perú	

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente o con autorización del autor.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Servicio Nacional de Meteorología
e Hidrología del Perú - SENAMHI

RESUMEN EJECUTIVO

Escenarios climáticos en la cuenca del río Santa

PARA EL AÑO 2030

MINISTERIO DEL AMBIENTE

Dr. Antonio Brack Egg
Ministro

Viceministra de Desarrollo Estratégico de Recursos Naturales
Eco. Rosario Gómez Gamarra

Director General de Cambio Climático, Desertificación y Recursos Hídricos
Eduardo Durand López-Hurtado

SENAMHI

Presidente Ejecutivo del SENAMHI
Mag. FAP (r) Wilar Gamarra Molina

Directora Científica
Dra. Elizabeth Silvestre Espinoza

Directora General de Meteorología
Ing. Amelia Díaz Pabló

UNIDAD EJECUTORA DEL PROYECTO

Coordinador General:	Jorge Álvarez Lam
Coordinadora de Vulnerabilidad y Adaptación:	Laura Avellaneda Huamán
Coordinador de Inventarios y Mitigación:	Rafael Millán García
Coordinadora en Comunicaciones:	Jenny Chimayco Ortega
Administrador:	Kelvin Orbegoso Contreras
Asistente:	Ruth Camayo Suárez

Antecedentes

En el Perú existen aproximadamente 10 cuencas glaciares importantes que surten de agua a centros poblados de Lima, Huaraz, Cusco, entre otros. Una de las cuencas glaciares de gran importancia en el país es la cuenca del río Santa, que pertenece a la vertiente del Pacífico y se extiende desde el nivel del mar hasta las cumbres más altas del Perú, por encima de los 6 000 msnm, lo que le permite contar con una diversidad de ecosistemas a lo largo de sus más de 14 900 Km². Sin embargo, el incontenible retroceso glaciar de los últimos 30 años, según mediciones directas y estimaciones de la variación de la masa glaciar, indica que la disponibilidad de este recurso se vería seriamente afectado en el futuro de continuar las tendencias observadas.

Una iniciativa conjunta entre el SENAMHI y el IRD (Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia), sobre escenarios climáticos futuros y la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Santa, en el marco del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire - PROCLIM (2005), permitió establecer que en los siguientes 25 ó 40 años, las cuencas glaciares incrementarán su caudal con un máximo hacia el 2050 y luego irían disminuyendo gradualmente hasta un nivel en el que sólo dependerán del aporte de las lluvias estacionales, ya que los glaciares habrían desaparecido. Bajo este escenario crítico es necesario iniciar medidas de adaptación que impliquen asegurar el abastecimiento del agua necesaria para la vida y desarrollo de las poblaciones afectadas.

El Ministerio del Ambiente, en el marco de la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC, proyecto que cuenta con el auspicio del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD, ha coordinado con el SENAMHI la ejecución del estudio Generación de Escenarios Climáticos en la Cuenca del río Santa, el cual describe dos aspectos importantes del clima en dicha región: primero, las características del clima presente y las tendencias climáticas en los últimos 40 años; y segundo, las proyecciones futuras hacia el año 2030 en base a los escenarios climáticos globales, haciendo uso de técnicas de regionalización dinámica y estadística para el escenario de emisión A2 (altas emisiones).

Asimismo, la elaboración de escenarios regionales considera un aspecto de incertidumbre tanto por el conocimiento limitado de la variabilidad climática derivado de la escasa información disponible, así como por los procesos seguidos para generar información a nivel regional, los que van incorporando errores, propios de los métodos de ajuste e interpolación. Por ello se están considerando los niveles de confianza indicados en los análisis históricos, así como el espectro de probabilidades de ocurrencia de los escenarios planteados que están en función de las políticas que adopte la humanidad de ahora en adelante.

Finalmente, este documento permitirá orientar políticas adecuadas y coherentes de adaptación frente al cambio climático en el ámbito regional.

Ubicación y características geográficas de la cuenca

La cuenca del río Santa está ubicada en la sierra norte del Perú y es la más extensa de la vertiente hidrográfica del océano Pacífico. Su superficie total es de 12 005.50 Km² y tiene un área de recepción de 11 910 Km² hasta la estación hidrológica "Puente Carretera", localizada en la parte más baja de la cuenca (Pouyaud B., Yerren J., Zapata M. et al, 2005). El río Santa se desplaza en dirección sur – norte entre dos cordilleras, la Cordillera Negra al oeste y la Cordillera Blanca al este, siendo esta última en donde se concentra el mayor número de glaciares.

Políticamente, la cuenca se localiza parcialmente en los departamentos de Ancash y La Libertad; y está comprendida total o parcialmente en las provincias: Bolognesi, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Corongo, Pallasca y Santa (en el departamento de Ancash), y las provincias de Santiago de Chuco y Huamachuco (en el departamento de La Libertad).

a. Contexto socioeconómico

A través del paso de la cuenca se desarrollan importantes actividades económicas que lo constituyen principalmente la generación de energía hidroeléctrica y la producción minera. En el primer caso, la existencia de una caída de agua en una estrecha garganta de 2 000 metros de altitud en el Cañón del Pato, posibilita la generación de energía eléctrica a través de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, la cual beneficia a todos los pueblos próximos a la cuenca y a la industria siderúrgica. En el segundo caso, la producción minera que se desarrolla a partir de pequeñas y medianas minas que explotan oro, zinc, hierro, carbón, cobre y plomo, extraen y procesan desde decenas a cientos de toneladas por día. Asimismo, la actividad extractiva en minas es la iniciadora de procesos contaminantes a todo lo largo de la cuenca.

Respecto a la actividad agrícola, se cultiva bajo riego un total de 47 807 hectáreas que utilizan un volumen medio anual de agua de 617.15 millones de m³; de esta superficie 6 516 hectáreas ubicadas en el valle costero utilizan 338.98 millones de m³ y 41 291 hectáreas localizadas a lo largo del denominado Callejón de Huaylas emplean 278.17 millones de m³ (MINEM, 1998).

La población que habita en la cuenca baja o valle, es típicamente urbana y está ubicada en Chimbote, Santa, Casma y Huarney. En estas zonas, como en todas las grandes ciudades de la costa, el crecimiento de la población ha sido mayor que la tasa de crecimiento vegetativo, originado principalmente por las corrientes migratorias del campo a la ciudad.

b. Recursos hídricos y retroceso glaciar

El río Santa tiene su origen en las lagunas Aguashcocha y Conocochoa, ubicadas en el extremo sureste del Callejón de Huaylas. Su extensión aproximada es de 316 Km desde su nacimiento hasta su desembocadura, presentando una pendiente promedio de 1.4%, la que se hace más pronunciada en el sector comprendido entre las desembocaduras de las quebradas Cedro y Quitaracsa, denominado "Cañón del Pato", en donde alcanza una pendiente del 4%. Desde sus nacientes, en gran parte del recorrido se verifica un valle de origen tectónico, encontrándose encajonado por las cordilleras Blanca y Negra. Por estudios realizados por el MINEM, se conoce que la superficie de la cuenca colectora es de 14 954 Km², y el 83% de esta área corresponde a la cuenca húmeda (12 412 Km²), es decir, el área de la cuenca que se encuentra por sobre los 2 000 msnm, y que constituye el área de escurrimiento superficial.

El caudal del río Santa depende de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta y además del aporte de 23 ríos que provienen de los deshielos de 457 glaciares ubicados en la Cordillera Blanca, los que contribuyen a mantener una considerable descarga, aún en época de estiaje, lo cual hace del río Santa uno de los más regulares de la costa peruana (MINEM, 1998). Cuatro centrales hidroeléctricas están situadas a lo largo del río entre la Cordillera Blanca y la franja costera (Mark, 2007).

Uno de los impactos más dramáticos del calentamiento global es el retroceso acelerado de los glaciares, y particularmente de los glaciares tropicales andinos por su "poco eficiente" capacidad de recarga. Según el Instituto Andino de Glaciología y Geo-Ambiente en la Cordillera Blanca, el área total de glaciares inventariada es de 724 Km², que almacenan un volumen estimado de 22 600 MMC de agua, pero debido a procesos de ablación (acción erosiva del hielo) en los últimos 50 años se habrían reducido en 22%, de acuerdo al inventario de 1997 ejecutado por imágenes de satélite.

Si consideramos que la recarga de un glaciar depende de las precipitaciones y las temperaturas, y entendiendo que el impacto del calentamiento global está asociado a los cambios de las condiciones climáticas expresada en una mayor variabilidad climática, nos planteamos como previsible que uno de los mayores riesgos que enfrentarían las cuencas andinas del Perú, en el mediano y largo plazo, tiene que ver con la inminente reducción de la disponibilidad hídrica en todas sus dimensiones (agua para consumo humano, agua para riego, agua para uso industrial y generación de energía), configurándose un probable escenario de conflictos sociales (Avalos, 2008). Según el MINEM (2008), cerca del 60% de la energía eléctrica del Perú proviene de centrales hidroeléctricas, en consecuencia la vulnerabilidad del sector energético frente al cambio climático es aún preocupante.

Según estudios realizados por Pouyaud et al. (2005), las cuencas con glaciares grandes como Parón, Llanganuco, Chancos, Los Cedros, Quillcay y Colcas, han presentado un déficit de escurrimiento, a partir de la segunda mitad de los años 70, siendo esta la prueba contundente del rápido retroceso de los glaciares de la Cordillera Blanca. La velocidad de retroceso del glaciar Yanamarey se ha incrementado de 5 m/año, observado entre 1948 y 1977, a 20 m/año entre 1977 y 2003, es decir, cuatro veces más (Mark et al., 2007).

¿Cómo es el clima actual?

Características del clima en la cuenca del Santa

Según la Clasificación Climática de Werren Thorntwaite desarrollada por SENAMHI (año 1988), en ambos flancos de la cuenca, por encima de los 3 500 msnm, predomina un clima frío, húmedo, pero a la vez seco en invierno, y también en centros poblados como Julcán y Paccha de las provincias de Huaylas y Carhuaz, se registra este tipo de clima. La Cordillera Blanca, la cadena montañosa más alta en los trópicos, se ubica en el flanco oriental de la cuenca del río Santa y sobre este sector predomina el clima de nieve perpetua de muy alta montaña, a partir de los 4 800 msnm. La Cordillera Blanca al este y la Cordillera Negra al oeste, encajonan un valle interandino, conocido también como Callejón de Huaylas o valle del río Santa; entre los 1 800 m a 2 800 m de altitud, donde se asientan ciudades importantes como Yungay, Caraz, Carhuaz y Huaraz y predomina el clima seco en otoño, invierno y primavera, templado y húmedo en verano.

Entre los 3 000 m y 3 500 m de altitud predominan condiciones de sequedad en gran parte del año, con lluvias de menor frecuencia en comparación al valle y condiciones térmicas semifrías. En estos sectores, las precipitaciones ocurren en verano y son fundamentalmente orográficas, es decir resultantes de la condensación del vapor de agua de la masa de aire que al elevarse van descargando gran parte de esta humedad, especialmente en los valles interandinos. Bajo estas condiciones climáticas se emplazan ciudades importantes como Recuay, Corongo, Cabana y Santiago de Chuco.

En tanto, el sector este de la cuenca, entre los 0 – 900 msnm, en el sector más bajo de la cuenca, presenta un clima árido y semicálido, predominando una agricultura intensiva bajo riego.

La temperatura máxima anual en la cuenca presenta variaciones entre 18 °C a 24 °C. En la zona del valle (Anta y Yungay), se registran temperaturas máximas superiores a los 24 °C, lo mismo que en las partes bajas de la cuenca. En tanto, en las zonas de Salpo y Chavín ubicadas en el sur de la cuenca y en el norte cerca a Quiruvilca, la temperatura máxima presenta valores menores a 18 °C.

La temperatura mínima promedio multianual presenta variaciones entre los 14 - 16 °C en la parte baja de la cuenca, adyacente al mar (provincia de Santa). En la parte media, en el valle, la temperatura mínima anual oscila entre 4 – 14 °C, y en las partes ubicadas por encima de los 4 000 msnm, correspondiente a las nacientes del río Santa (sector sur) y las áreas glaciares, la temperatura mínima es menor a 4 °C.

La precipitación total multianual presenta valores desde 5 mm año⁻¹ (en la costa, al oeste y parte baja de la cuenca), hasta 1 400 mm año⁻¹ (al norte y parte alta de la cuenca del río Santa).

La precipitación aumenta de oeste a este, acumulando más de 500 mm año⁻¹ en lugares por encima de los 2 500 msnm. Las precipitaciones más intensas se presentan en la zona fronteriza norte y por encima de los 3 500 msnm. La precipitación acumula menos de 400 mm al año al suroeste de la cuenca, mientras al este de la misma zona (por Milpo) se presentan acumulados entre 1 000 y 1 200 mm año⁻¹.

¿Se está reduciendo la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca?

La tendencia de calentamiento observado en los últimos 40 años en la cuenca del río Santa, tanto en la temperatura máxima como en la temperatura mínima, explica la reducción de la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca, el glaciar tropical más extenso y alto del mundo (Morales Arnao, 1998). La alta sensibilidad de los glaciares a la variabilidad climática, permite inferir su alta vulnerabilidad frente al cambio climático, y bajo este contexto, la ocurrencia de eventos climáticos extremos como el ENOS, podrían condicionar su existencia, ya que estudios realizados por Vuille et al. (2007), demuestran que entre el 50 - 70% del incremento de la temperatura en los Andes, es atribuido a un incremento de la temperatura del Pacífico Tropical.

Tendencias climáticas en la cuenca del río Santa

Para conocer las tendencias del clima en la cuenca del río Santa, se han utilizado datos totales diarios y mensuales de precipitación, así como temperaturas extremas diarias y medias mensuales, máximas y mínimas de la cuenca, para el período 1965 a 2006 (42 años). Estos datos siguieron los procedimientos de control de calidad diaria que se detallan en el Documento de Escenarios Climáticos en el Perú, tratando de determinar los posibles errores a partir de los análisis de continuidad temporal y gráficos. Es de resaltar que se incluyeron las estaciones hasta con 15% de datos faltantes.

Para realizar este estudio se seleccionaron 4 (2) estaciones con datos de precipitación diaria (temperaturas extremas diarias) de la cuenca del río Santa. Dos estaciones, Quiruvilca y Chiquián, están ubicadas fuera de los límites de la cuenca, exactamente en las zonas adyacentes de los extremos norte y sur, y fueron consideradas para realizar los análisis más adecuados y amplios sobre esta cuenca. También se resalta que las dos series de temperaturas extremas disponibles restringen los análisis sólo al extremo sur de la cuenca.

Tendencia lineal de las lluvias

La cuenca del río Santa muestra una tendencia positiva (incremento) de la precipitación total anual en las cuatro estaciones consideradas (Recuay, Mollepata, Quiruvilca y Chiquián). La localidad de Quiruvilca, localizada al norte y ligeramente fuera de los límites de la cuenca, muestra tendencia estadísticamente significativa, con valores entre 90 y 100%, superior en relación al promedio multianual, las demás localidades manifiestan tendencias positivas inferiores a 30%. En Recuay el incremento es ligeramente superior que las otras dos estaciones, Mollepata y Chiquián; esta última localizada al sur, fuera del límite de la cuenca.

La distribución de las tendencias estacionales de la cuenca, muestra patrones similares en verano y otoño, pero en primavera e invierno, estos patrones son opuestos dentro de la cuenca. En todas las estaciones del año, Quiruvilca presenta tendencia positiva, con los mayores valores registrados en primavera y el otoño, entre +90% - 100%. En el resto de la cuenca durante el verano (DEF) y el otoño (MAM) los incrementos no superan el 30%.

En el invierno (JJA) se observa un gradiente muy intenso de las tendencias, con valores máximos positivos en la región norte y mínimo (decreciente) en el extremo sur, que es el valor mínimo observado durante el año, entre -80% -70%.

Durante la primavera (SON), sin considerar las estaciones fuera de la cuenca, se observa un contraste entre las tendencias de la región norte, con valores ligeramente negativos (menores al -20%), y la región sur, con valores positivos, menores del 20%.

La influencia del ENOS presenta un patrón inverso entre las regiones norte y sur de la cuenca, es decir, los eventos cálidos son favorables para que ocurran sequías en la región sur, pero desfavorables para la región norte. Los periodos positivos del PDO son favorables para la no ocurrencia de sequías en toda la cuenca, particularmente para la región norte.

Incremento de la temperatura

Debido a la falta de datos de temperaturas extremas en esta cuenca, las tendencias lineales de las temperaturas máximas y mínimas sólo se analizaron a través de la distribución temporal de todo el período de las estaciones de Recuay y Chiquián.

Se observa que en ambas localidades hay un incremento rápido (positivo) de la temperatura máxima, con tendencias estadísticamente significativas, pero es importante resaltar que la distribución de los datos a través de los años muestra características bien definidas y muy diferentes. Chiquián presenta una tendencia mayor (1,5 °C por década) porque el incremento es constante (monotónico) durante todo el período de estudios. En Recuay, aparentemente existe una marcada tendencia lineal (0,67°C/década), pues está influenciado por temperaturas muy bajas observadas en los finales de la década de 1960, pero si consideramos solamente a partir de la década de 1980, no presenta tendencia alguna.

Por otro lado, se observan evidencias del efecto de los eventos ENOS en la localidad de Recuay, particularmente durante los eventos cálidos de 1982/83 y 1991/92, no siendo así para la localidad de Chiquián.

Los patrones de distribución de las temperaturas máximas medias estacionales de la cuenca muestran similar comportamiento de tendencias con respecto a las medias anuales. Como se resaltó en los análisis de las medias anuales, también las tendencias estacionales de Recuay presentan el mismo problema de discontinuidad y un aparente salto durante los años sin información.

El mayor valor de tendencias de Chiquián se registró en los meses de verano, con valores de +1,53 °C por década y el de menor valor en primavera, con +1,38 °C por década. La variabilidad de largo plazo es la característica predominante en esta localidad, donde la variabilidad interanual está presente en algunos años, como en la primavera de la década de los ochenta.

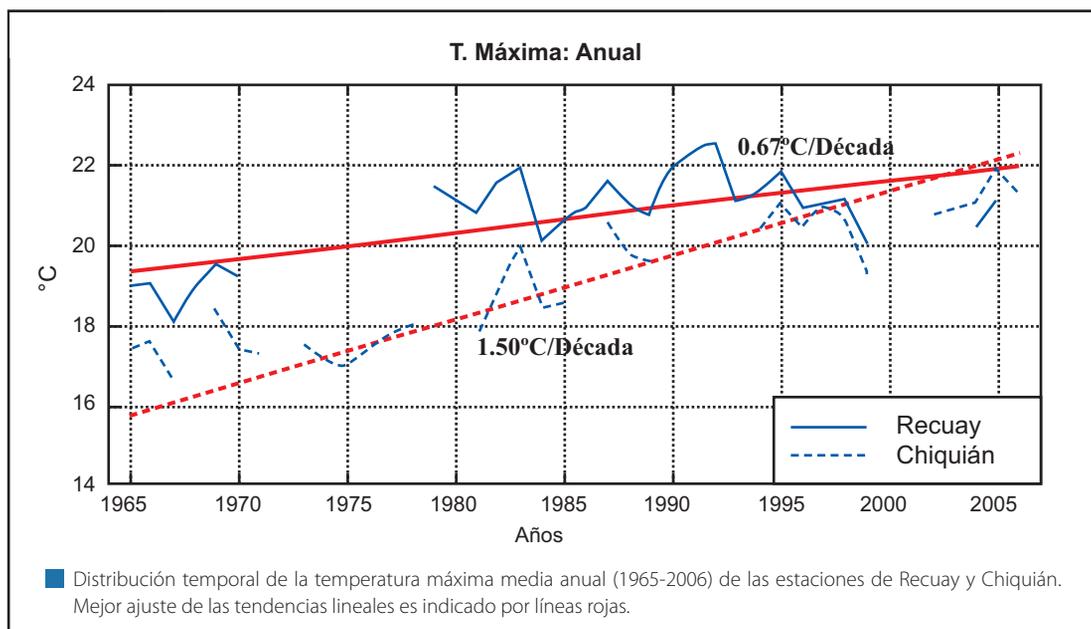
La distribución de temperaturas máximas medias estacionales de Recuay presenta tendencias muy débiles, prácticamente nulas, después de la década de los ochenta. La característica que más resalta es la alta variabilidad interanual, modulada por los eventos cálidos del ENOS en todas las estaciones del año, como es observada en los años de 1982/83 y 1991/92.

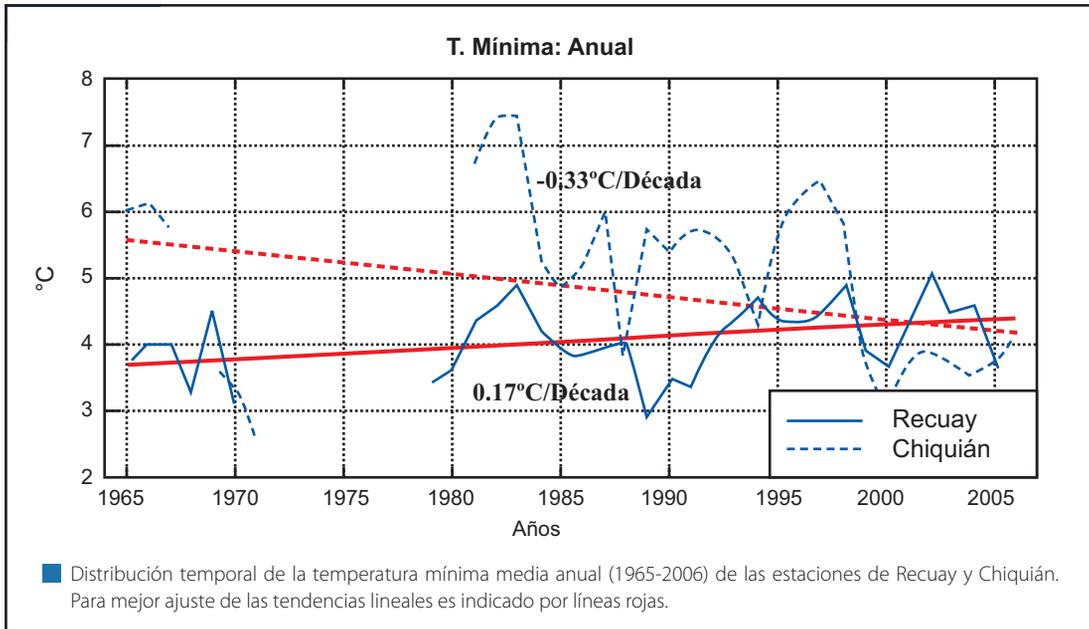
Las tendencias de las temperaturas mínimas medias anuales de Recuay y Chiquián presentan características muy diferentes. Mientras que en Recuay se registra un ligero incremento no significativo, en Chiquián se observa una tendencia negativa (decrecimiento), estadísticamente significativa, con valores de $-0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década.

Asimismo, Recuay presenta una alta variabilidad interanual con valores altos, principalmente durante los eventos ENOS de 1982/83, 1997/98 y 2001/2002, Igualmente, Chiquián muestra alta variabilidad interanual con anomalías positivas mucho más intensas que las observadas en Recuay, relacionados con los eventos ENOS, particularmente los años 1982/83 y 1991/92.

Durante las estaciones del año, las tendencias lineales de las temperaturas mínimas medias estacionales presentan, en términos generales, características semejantes a las observadas en las temperaturas mínimas medias anuales. La variabilidad interanual es muy intensa en las estaciones de primavera, verano y otoño en los dos lugares, con valores sobresalientes relacionados con los eventos cálidos del ENOS. En invierno, la variabilidad interanual es baja y el efecto de los eventos cálidos del ENOS son menores.

En Recuay, las tendencias durante las cuatro estaciones del año son positivas, con un valor máximo de $+0,32\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década, estadísticamente significativo, registrado durante otoño y un valor mínimo de $0,08\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década observada en primavera. Al contrario, en Chiquián las tendencias son negativas (decrecientes) y estadísticamente significativas en la primavera, verano e invierno. El mayor valor se presentó en el verano, con $-0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ por década.

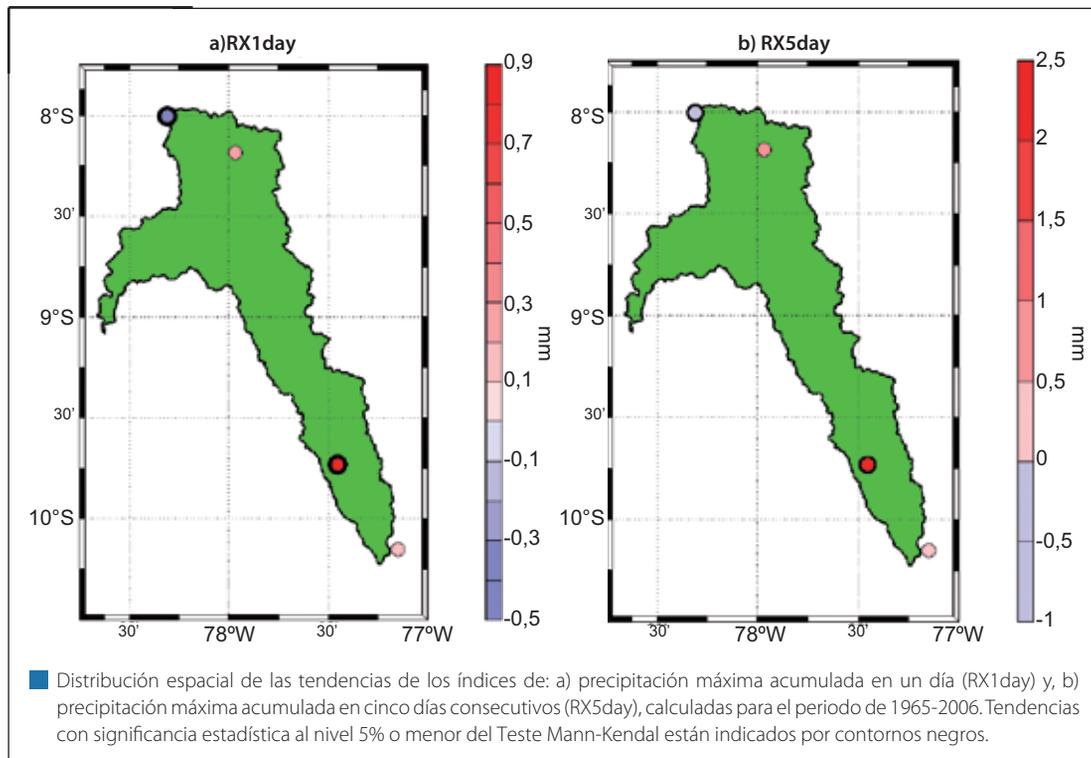




¿Están aumentando los días lluviosos?

La distribución espacial de la tendencia de los índices de días sin lluvia consecutivos (CDD) y de días lluviosos consecutivos (CWD) en la cuenca del río Santa observan valores positivos, sin significancia estadística. La tendencia de CDD presenta valores positivos muy pequeños que prácticamente son nulos. Las tendencias de CWD registran valores diez veces mayor que el de los CDD, entre 0,2 a 0,4 días/año, lo cual indicaría que existe mayor posibilidad de que en los últimos años haya un incremento de días lluviosos consecutivos, particularmente en la región sur de la cuenca.

Las tendencias de los índices de precipitación acumulada en un día (RX1day) y en cinco días (RX5day) en la cuenca del río Santa, presentan distribuciones espaciales semejantes. Estas distribuciones indican que la región sur muestra un incremento de mayores cantidades de precipitaciones acumuladas en un día y en cinco días, entre 0,2 a 0,7 mm/año, y 0,5 a 2,0 mm/año respectivamente. Lo cual indica que la región sur de la cuenca, en los alrededores de Recuay, presenta más probabilidad de ocurrencia de inundaciones, deslizamientos de tierra, huacos, etc.



En conclusión:

- La tendencia de la precipitación anual presenta incrementos muy ligeros a lo largo de la cuenca, menores al 30%, siendo más notorios estacionalmente en invierno y primavera.
- Las temperaturas máxima y mínima en Recuay, muestran incrementos ligeros, principalmente posteriores a la década de 1980, mostrando alteraciones significativas durante los eventos cálidos del ENOS.
- La temperatura máxima en Chiquián ha aumentado hasta en 6 °C en los últimos 42 años. Mientras que la temperatura mínima muestra disminución. En ambos casos se muestran efectos significativos ante la ocurrencia de eventos ENOS.
- Existe una mayor frecuencia de días lluviosos, principalmente al sur de la cuenca. Las sequías se presentaron moderadas en la cuenca durante el período de estudio, y en un evento El Niño es más probable que presenten sequías la región sur de la cuenca.
- La orografía de la cuenca determina un impacto diferenciado en la región norte y sur de la cuenca respecto a la ocurrencia de períodos secos. La inhibición o favorecimiento de lluvias en ambas regiones depende de la fase en la que se encuentren oscilaciones como la del ENOS y la PDO.

Proyecciones del cambio climático al 2020 y 2030

Los Escenarios de Cambio Climático están basados en interpretaciones cualitativas de los Modelos de Circulación General (MCG), en las cuales se ha supuesto, para un determinado intervalo de tiempo futuro, un incremento en concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, los que modifican el comportamiento radiativo natural de la atmósfera (Nakicenovic y Swart, 2000). Como los MCG contienen información de variables atmosféricas y/o oceánicas a escala global, cuya escala espacial es muy grande (aproximadamente 200 kilómetros), como para estudios a niveles regionales, es necesario mejorar la resolución de éstos, para lo cual se usa la técnica denominada regionalización, proyección local o downscaling, siendo los más empleados el downscaling dinámico y estadístico.

En el presente trabajo se implementaron ambas técnicas: el downscaling dinámico se realizó mediante el modelo regional RAMS (Regional Atmospheric Modeling System - versión 4.4), inicializado con el modelo global NCAR-PCM T42 del National Center Atmospheric Research – NCAR de los Estados Unidos (SENAMHI, 2005). El RAMS fue desarrollado en Colorado State University (Pielke et al., 1992), es un modelo tridimensional, no hidrostático, que ofrece varios esquemas de turbulencia, radiación, inicialización y condiciones de frontera. En lo que respecta al downscaling estadístico, es un modelo empírico que relaciona las variables de gran escala con variables locales, en este caso se utilizó la temperatura de agua de mar como forzante para las precipitaciones en la cuenca.

¿Habrá calentamiento regional?

Las proyecciones de los modelos para fines del siglo XXI, en los Andes Tropicales, indican un calentamiento sostenido de la tropopausa tropical (Vuille, 2007). Según el escenario de emisiones A2, los Andes podrían experimentar un masivo calentamiento del orden de 4,5 -5,0 °C para finales de siglo. El escenario de emisiones A1B proyecta un 80 – 90% del rango proyectado por el escenario A2, mientras que el escenario B1 proyecta la mitad del calentamiento del escenario A2; así, escenarios optimistas como pesimistas proyectan un mismo patrón de calentamiento, sólo difiere la amplitud del rango. En este informe se presentan los escenarios del cambio de temperatura y precipitación para la cuenca del río Santa, basados en el escenario extremo de emisión A2.

¿Se incrementarían las temperaturas máxima y mínima?

Los resultados de este estudio, nos muestran las proyecciones y cambios de la temperatura máxima para el 2020 y 2030 en la cuenca del río Santa, tanto a nivel anual como estacional. Los cambios esperados en el promedio anual para 2030, en relación al período 1971 – 2000, son del orden de 0,2 – 0,9 °C, siendo estos menores en la parte baja (0,2 – 0,3 °C), seguido de la parte media (0,3 – 0,6 °C) y de mayor magnitud en las partes altas de la cuenca, bordeando incluso el 1 °C de incremento respecto al clima actual.

Los cambios esperados para el periodo setiembre – mayo en la parte alta y baja de la cuenca, son similares a lo deseado en el promedio anual, no obstante son ligeramente superiores en la cuenca media. El mayor aumento de la temperatura máxima en las partes altas de la cuenca, en relación a las partes media y baja, podría acelerar el proceso de deshielo de los glaciares de la cuenca.

Localidades como Recuay (3 450 msnm), que vienen presentando una tasa de calentamiento de 0,65 °C por década desde hace 40 años, podrían experimentar un incremento de más de un grado de temperatura máxima hacia el 2030, situación que se prolongaría incluso hasta la primavera. En la parte media de la cuenca, los incrementos serían de más de medio grado (0,5 – 0,8 °C) y más acentuados en invierno y primavera, mientras que en la parte baja (provincia de Santa), los aumentos serían de menor orden, de 0,3 a 0,5 °C desde el otoño hasta la primavera y de 0,1 – 0,3 °C en el verano.

La tendencia estacional de la temperatura máxima en los últimos 40 años en las partes altas de la cuenca, observa un progresivo calentamiento del orden de 0,59 – 0,69 °C por década, siendo este calentamiento más acentuado en el invierno (0,69 °C), lo cual extrapolado al 2030, significaría un incremento de más de un grado (1,38 °C), en relación a la década actual, sin embargo, las proyecciones del modelo regional indican un incremento de menor orden (1,1 °C). Este valor menor proyectado estaría relacionado con la consolidación de la fase negativa de la PDO, que condicionaría una tasa de calentamiento menos acentuada, por lo menos en los próximos treinta años, en comparación a las décadas pasadas, en que predominó la fase positiva de esta oscilación.

Un mayor cambio de la temperatura mínima se registraría en las partes altas de la cuenca. Estos incrementos van desde 0,2 – 0,6 °C a nivel de promedio anual y de 0,5 – 0,7 °C para el periodo setiembre – mayo. Este mayor calentamiento durante el periodo lluvioso, se explica por la mayor presencia de cobertura nubosa durante la noche que impide la pérdida de calor de la superficie, lo cual es consistente con un ligero incremento de precipitación proyectado para esta zona de la cuenca. En las cuencas media y baja se espera un mayor incremento de la temperatura mínima sobre el promedio anual (0,4 – 0,7 °C) en relación al período setiembre – mayo (0,1 – 0,5 °C), inclusive se esperaría una variación mínima en la parte baja durante el período lluvioso.

El cambio estacional de la temperatura mínima para el año 2030 presentaría un rango de cambio promedio de 0,4 – 0,6 °C, observándose una mayor variación durante el otoño en el sector más alto de la cuenca del orden de 0,6 – 1,0 °C, seguido de incrementos de más de medio grado en las partes media y baja de la cuenca. Asimismo, durante el verano, el incremento estaría en el rango de los 0,5 °C a 0,8 °C, también se presentarían en los sectores bajo y medio de la cuenca, correspondiente a provincias importantes del Santa en la parte baja, y parte de las provincias que conforman el valle en la parte media.

Los incrementos de la temperatura mínima en la cuenca alta, proyectados por el modelo regional para las próximas dos décadas, guardan relación con la extrapolación de la tendencia estacional observada, es decir, si continúa el ritmo de calentamiento observado en los últimos cuarenta años en localidades como Recuay, para finales del 2030 este sector de la cuenca experimentaría incrementos de hasta 0,64 °C en el otoño, 0,28 °C en verano y entre 0,16 – 0,38 °C entre invierno y primavera. La tendencia media anual en Recuay es de 0,17 °C por década, acentuándose en el otoño con un valor de 0,32°C por década. Así, la distribución estacional proyectada registraría una mayor reducción de áreas de bajas temperaturas durante el otoño y primavera en la parte alta de la cuenca y temperaturas ligeramente más bajas que la actual en el sector bajo, adyacente al mar durante el invierno.

¿Aumentarán las precipitaciones?

La distribución espacial de la precipitación proyectada, tanto para el 2020 como para el 2030, muestran valores acumulados en el sector más oriental de la margen derecha del Santa, con totales anuales del orden de 800 – 1 000 mm, siendo un tanto más húmedo el sector norte para el año 2030.

El incremento esperado al 2030, en relación al 2020, se daría en el sector oriental y norte, hasta con 200 mm adicionales en el lado más oriental. Las isoyetas (líneas de igual precipitación) muestran un desplazamiento de este a oeste en regiones cercanas a la cuenca baja (hasta los 900 msnm), por tanto se esperaría que las precipitaciones se incrementen ligeramente entre el 2020 y 2030. Es importante resaltar que en la cuenca baja, donde predominan condiciones de clima árido, con escasas precipitaciones durante el año, los cambios proyectados en términos porcentuales no reflejan una perspectiva de cambios significativos, como sí lo son en la parte media y alta de la cuenca.

En conclusión:

- La precipitación acumulada anual no presentaría mayores variaciones hacia el 2030 con respecto a la climatología actual.
- Estacionalmente, las lluvias se estarían incrementando en la cuenca alta hasta en un 15% en otoño.
- La temperatura máxima y mínima se incrementaría hasta en 0,55 °C en la cuenca, siendo la cuenca alta la que presentaría el mayor incremento de hasta 0,7 °C.
- Estacionalmente, otoño presentaría las mayores intensidades de calentamiento, principalmente en la cuenca alta.
- Las lluvias más fuertes estarían disminuyendo en intensidad hacia el 2030 y las temperaturas más intensas, incrementándose, pues las noches y días serían más cálidos hacia el 2030.

Bibliografía

Avalos, G., 2008: Cambio climático y seguridad energética en el Perú. En: Chiri A. F. y Luyo J. E., La Seguridad Energética, un reto para el Perú en el Siglo XXI. Eds. Colegio de Ingenieros del Perú, 256 – 281.

Mark, B. G., 2007: Tracing Tropical Andean Glaciers, over space and time: some lessons and transdisciplinary implications, Global Planet Change.

Ministerio de Energía y Minas, 1998. Estudio de evaluación ambiental territorial y de planeamiento para la reducción o eliminación de la contaminación de origen minero en la Cuenca del río Santa (Online).

Morales-Arno, B., 1998. Glaciers of Peru. In: Williams, R.S., Jr., and Ferrigno, J.G., eds., Satellite Image Atlas of Glaciers of the World: U.S. Geological Survey Professional Paper 1386 (Glaciers of South America).

Pielke et al., 1992. A Comprehensive Meteorological modeling System RAMS. Meteorol. Atmos. Phys. 49,69-9.

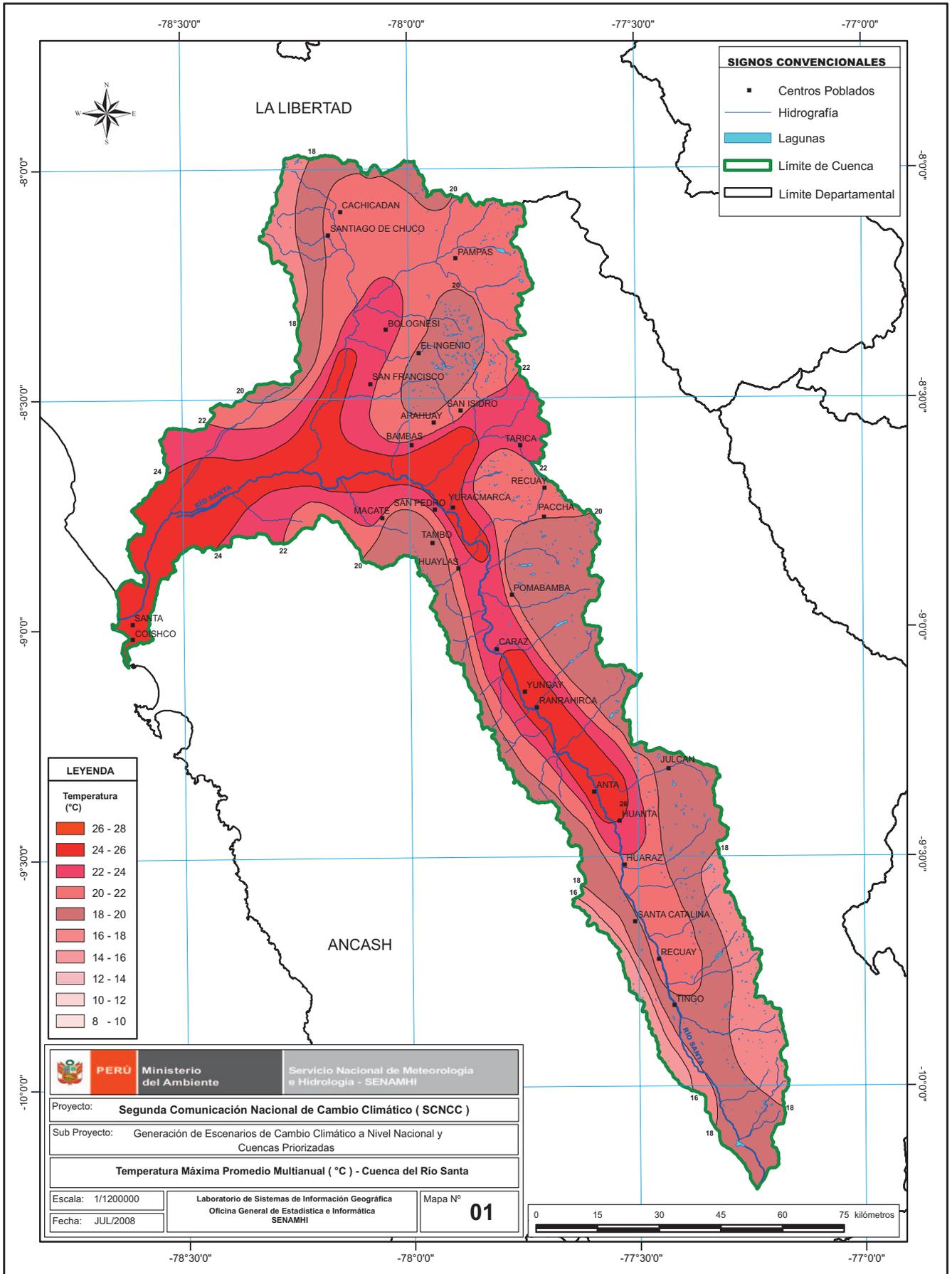
Pouyaud, B., Zapata, M., Yerren, J., Gomez, J., Rosas, G., Suarez, W., and Ribstein, P. (2005). Avenir des ressources en eau glaciaire de la Cordillère Blanche. Hydrological Sciences - Journal - des Sciences Hydrologiques 50, 999-1021.

SENAMHI, 1988: Mapa de Clasificación Climática del Perú. Método de Thornthwaite. Eds. SENAMHI Peru, 50 pp.

Vuille, M., 2007: Climate change in the Tropical Andes – Impacts and consequences for glaciation and water resources. Part I, II and III. A report for CONAM and the World Bank.

ANEXOS

N° de Mapa	Nombre de Mapa
Mapa N° 1	Temperatura Máxima Promedio Multianual (°C)
Mapa N° 2	Temperatura Mínima Promedio Multianual (°C)
Mapa N° 3	Precipitación Total Multianual (mm)
Mapa N° 12	Variación de Temperatura Máxima Anual para el año 2030
Mapa N° 30	Variación de Temperatura Mínima Anual para el año 2030
Mapa N° 48	Variación Porcentual de la Precipitación para el año 2030



SIGNOS CONVENCIONALES

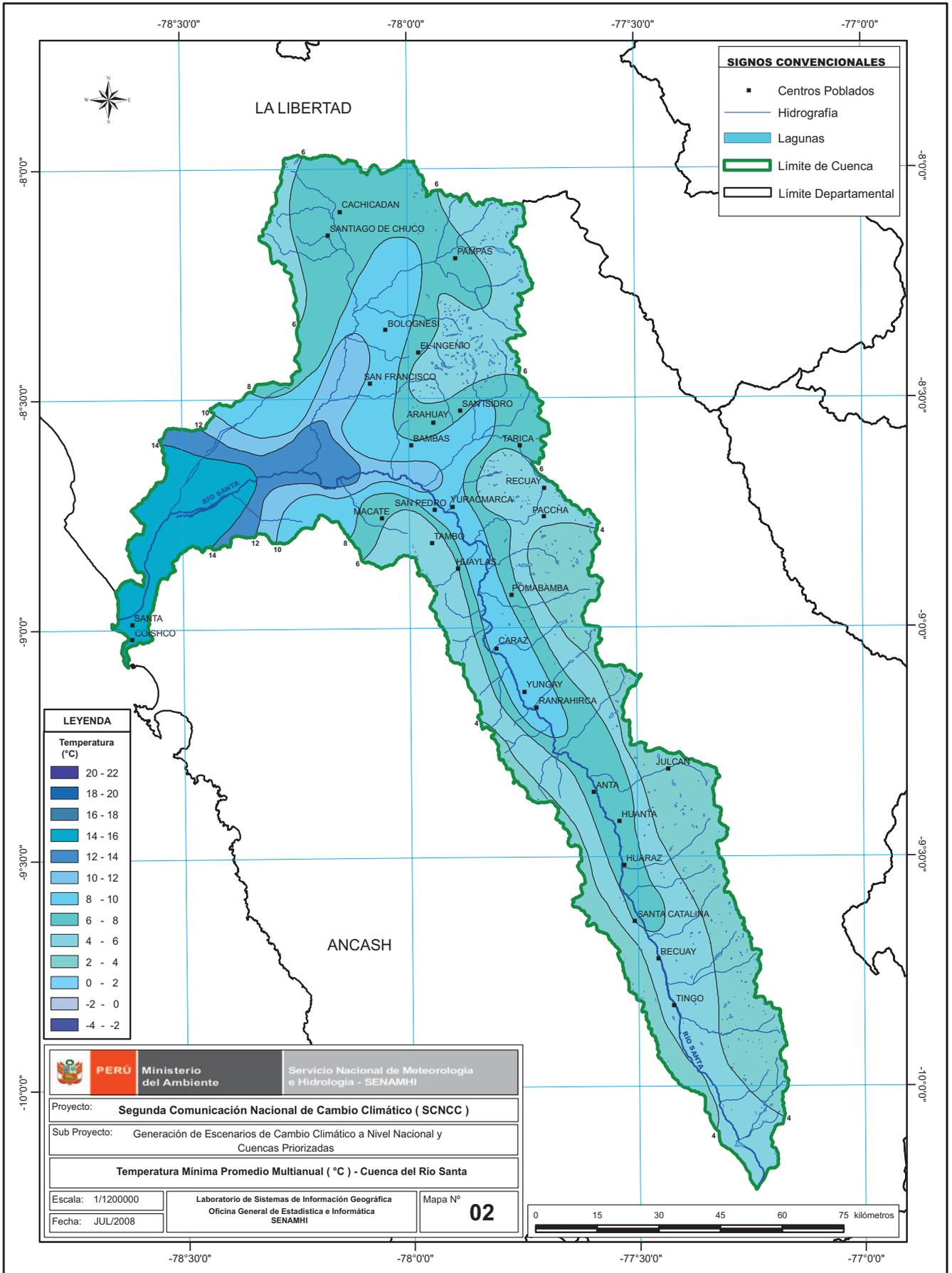
- Centros Poblados
- Hidrografía
- Lagunas
- Límite de Cuenca
- Límite Departamental

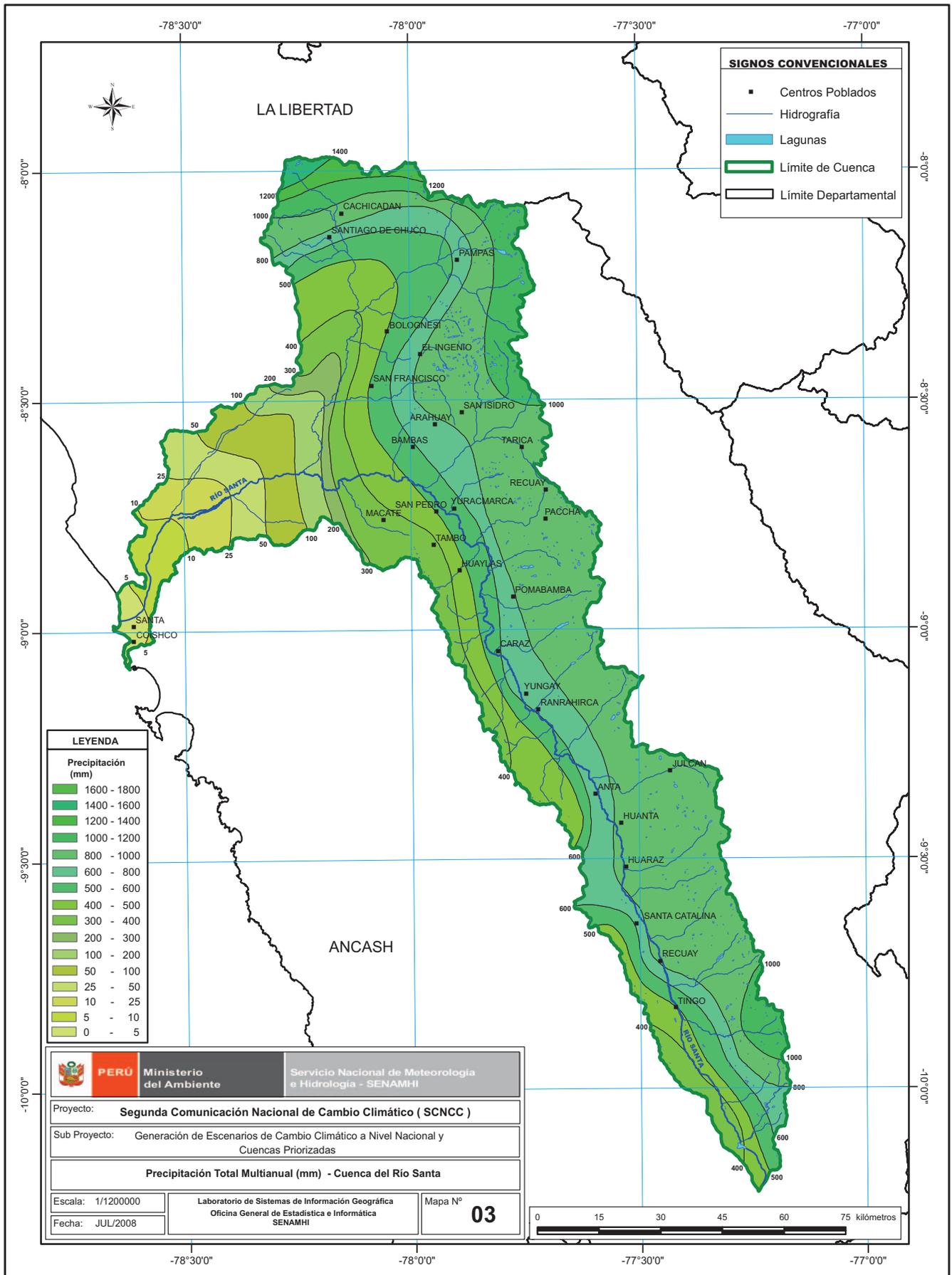
LEYENDA

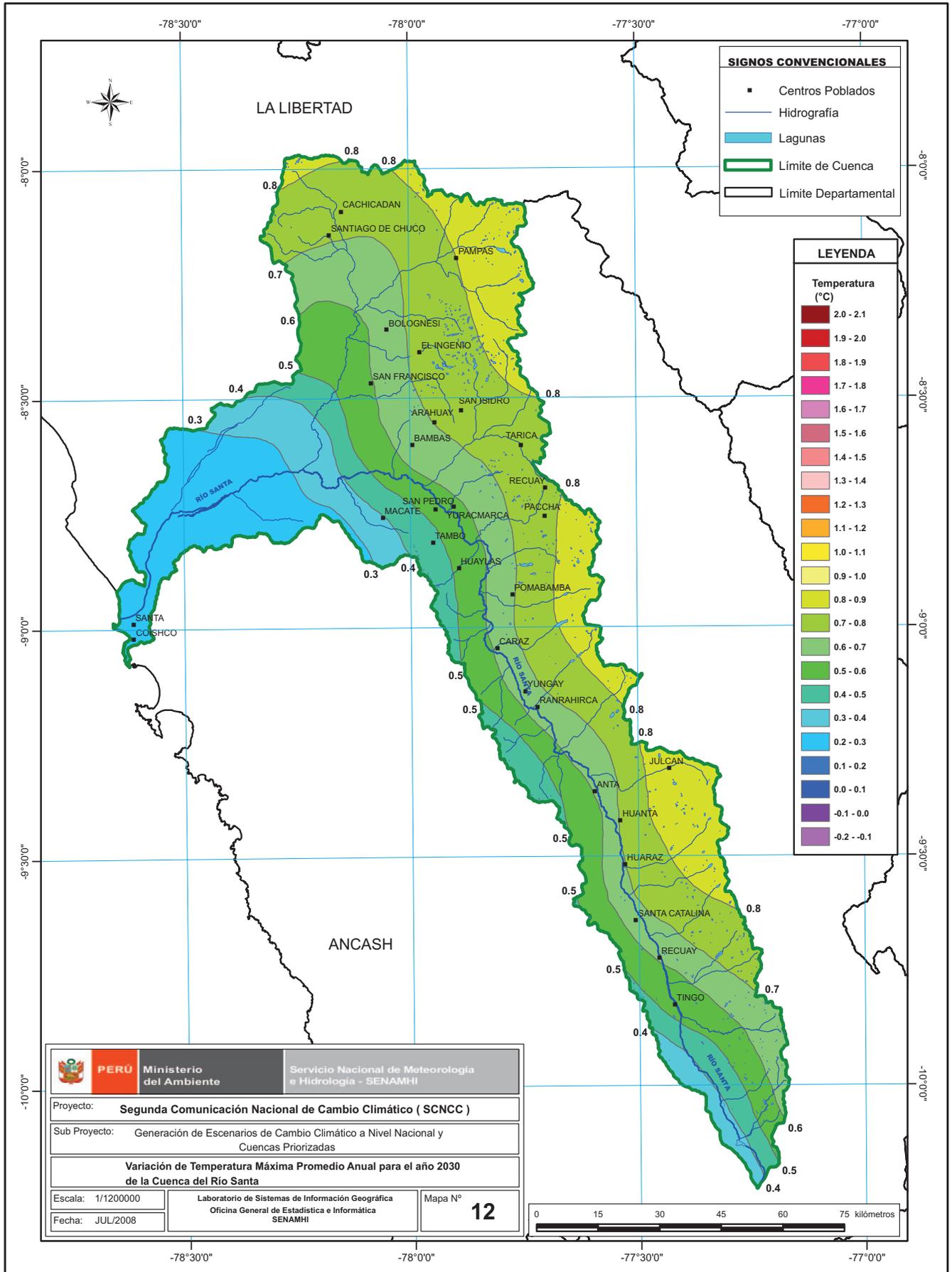
Temperatura (°C)

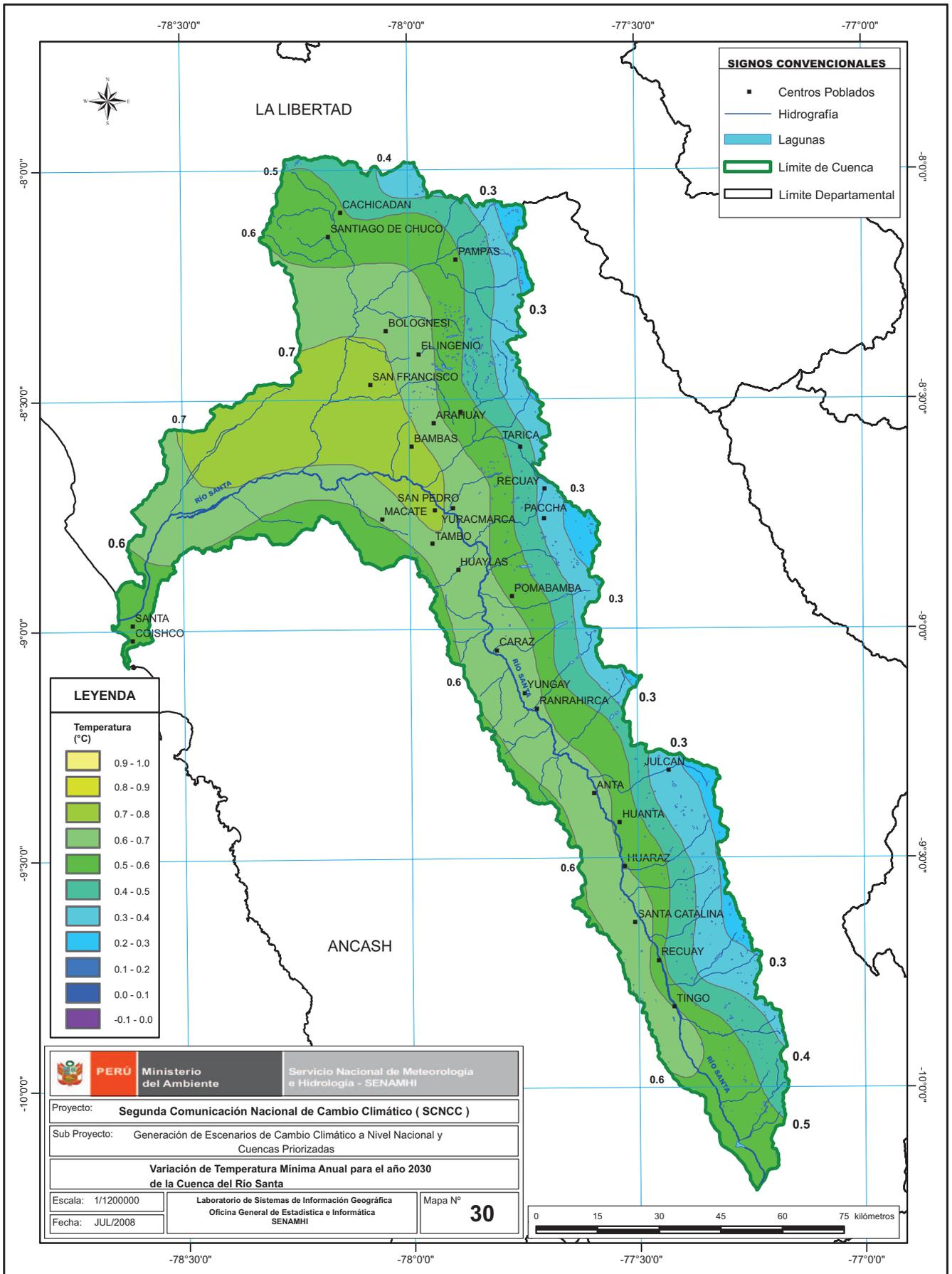
26 - 28
24 - 26
22 - 24
20 - 22
18 - 20
16 - 18
14 - 16
12 - 14
10 - 12
8 - 10

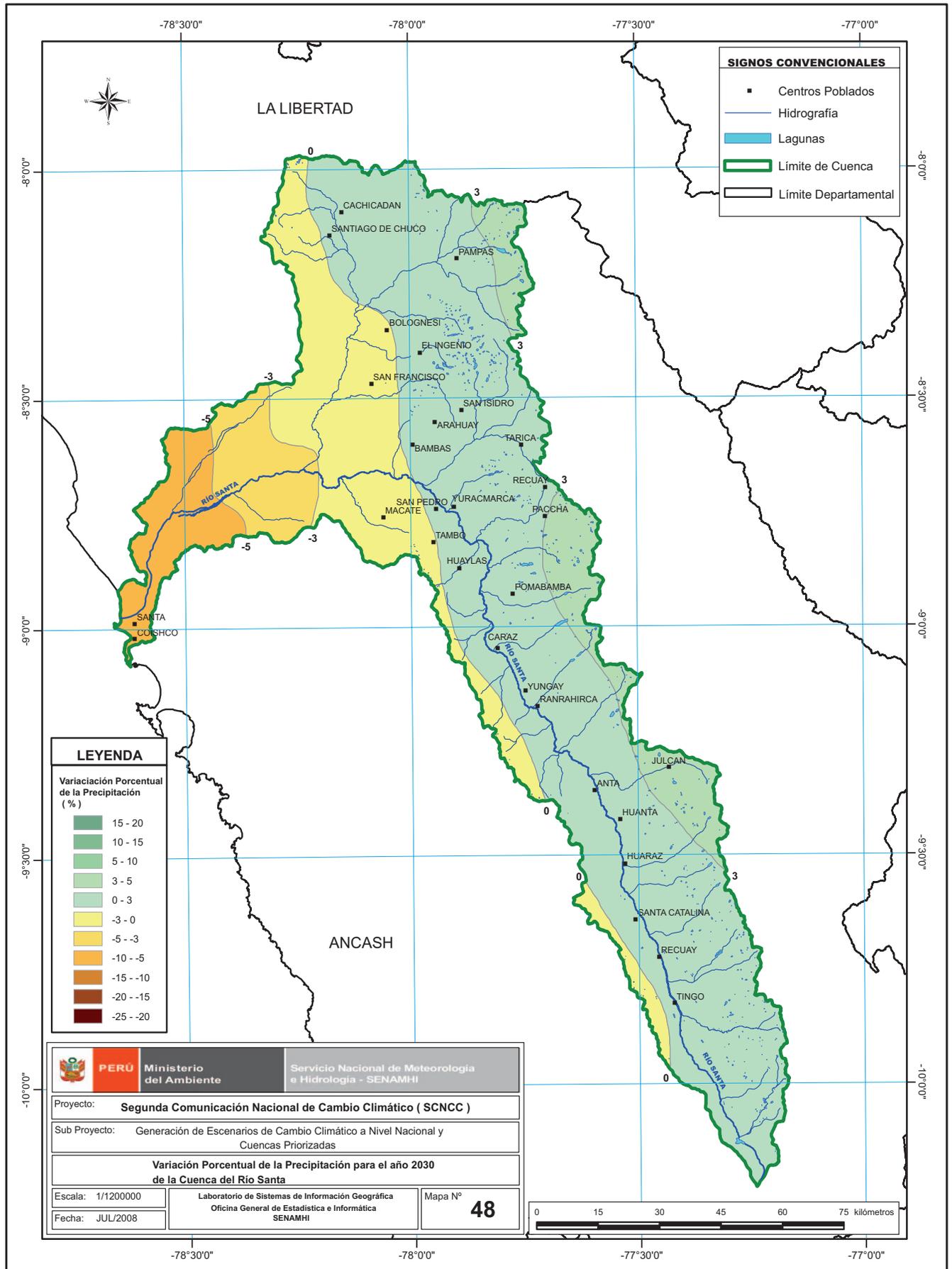
PERÚ	Ministerio del Ambiente	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
	Proyecto: Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (SCNCC)	
Sub Proyecto: Generación de Escenarios de Cambio Climático a Nivel Nacional y Cuenkas Priorizadas		
Temperatura Máxima Promedio Multianual (°C) - Cuenca del Río Santa		
Escala: 1/1200000	Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica Oficina General de Estadística e Informática SENAMHI	Mapa N° 01
Fecha: JUL/2008		













PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Ministerio del Ambiente - MINAM
Av. Javier Prado Oeste 1440 - San Isidro - Lima - Perú
Telf.: (511) 6116000
www.minam.gob.pe

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI
Jr. Cahuide 785, Jesús María, Lima - Perú
Telfs.: (511) 6141414
www.senamhi.gob.pe