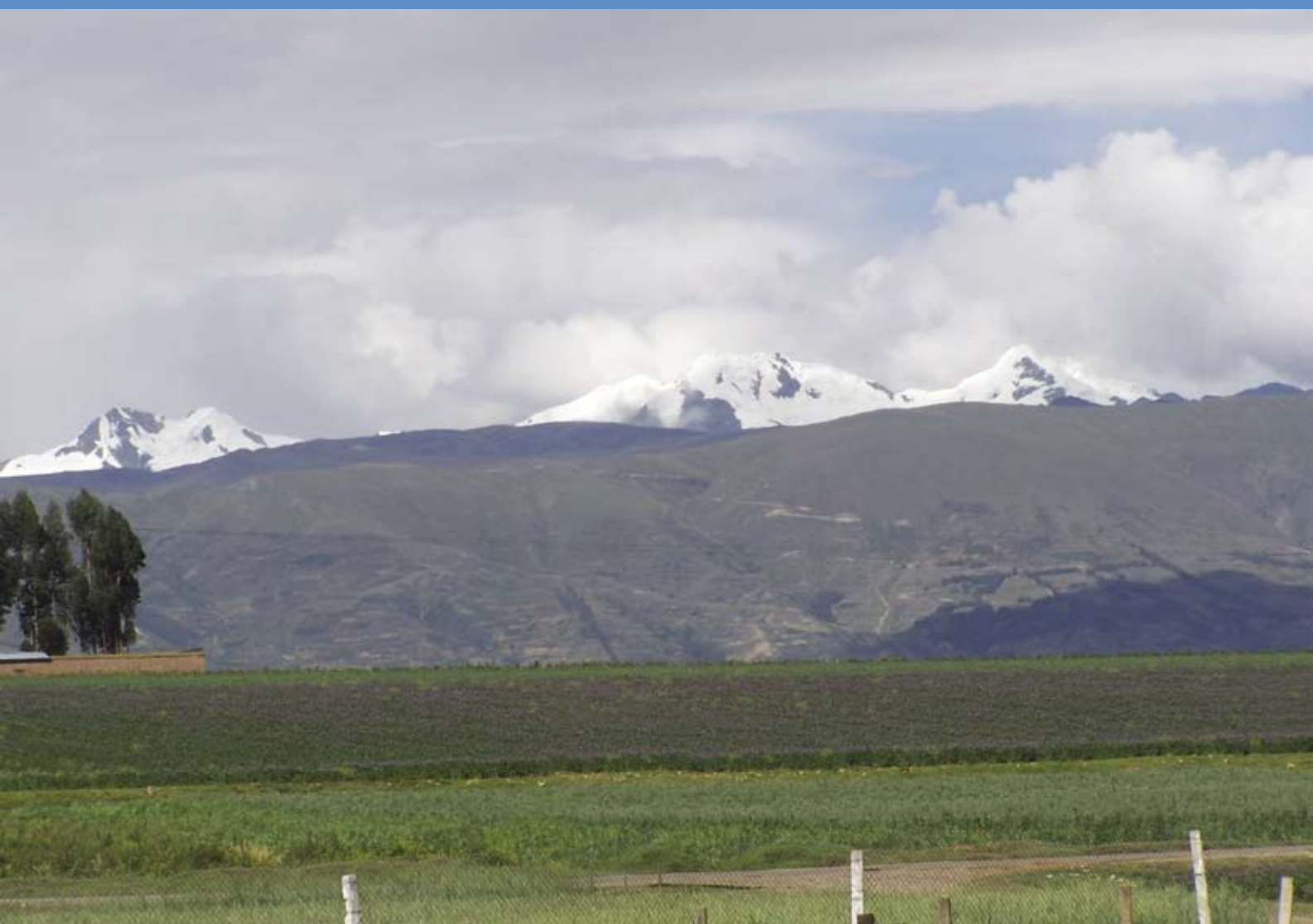


Atlas Climático

de precipitación y temperatura del aire en la Cuenca del Río Mantaro



Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro

Foto de la portada:

Nevado Huaytapallana. Vista desde el observatorio de Huayao.

ATLAS CLIMÁTICO

de precipitación y temperatura del aire
en la Cuenca del Río Mantaro

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Presidente Ejecutivo	Dr. Ronald Woodman Pollit
Director Técnico	Dr. Hernán Montes Ugarte
Dirección:	Dr. Pablo Lagos Enríquez
Coordinación:	Eco. Alejandra Martínez Grimaldo
Personal Científico:	Dra. Yamina Silva Vidal - <i>Responsable</i> Ing. Grace Trasmonte Soto Mat. Raúl Chávez Aquino Fis. Kobi Mosquera Vásquez Fis. Berlín Segura Curi Mag. Nicolás Cruz Salvador
Consultor:	Ing. José Luis Rosales Vidal
Personal de soporte de sistemas:	Mag. Guillermo Johnson Romero Ing. Javier Viglanzoni Cabello
Especialistas SIG:	Ing. Eloy Victoria Ayala Ing. Susan Cáceda Santillán Bach. Fiorella Rojas Respaldiza
Personal de apoyo técnico:	Bach. Tania Caycho Bustamante Bach. Ricardo Zubieta Barragán
Apoyo logístico-administrativo:	Srta. Susana Huaccachi Paullo
Edición:	Dra. Yamina Silva Vidal

Consejo Nacional del Ambiente - CONAM

Presidente	Carlos Loret de Mola
Secretario Ejecutivo	Mariano Castro
Jefa de la Unidad de Cambio Climático	Patricia Iturregui

Unidad Ejecutora del Programa PROCLIM (UEP), CONAM

Dirección	Maria Paz Cigarán
Componente de Vulnerabilidad y Adaptación	Julio García (Coordinador) Carla Encinas Laura Avellaneda
Componente de Inventarios y Mitigación	Francisco Avendaño (Coordinador) Jorge Álvarez David García
Componente de Difusión y Capacitación	Leopoldo Macera (Coordinador) Pía Zevallos
Administración	Viviana Zaldívar Ana María Cerrón
Asistencia	Carmen Wilson

Título: Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire de la Cuenca del Río Mantaro
Autor: IGP - Instituto Geofísico del Perú
Editor: CONAM - Consejo Nacional del Ambiente
ISBN: 9972-824-13-6

La presente edición forma parte de la serie:
Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro
ISBN: 9972-824-12-8

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2005-8235
Copyright © Fondo Editorial del Conam
Correo electrónico: conam@conam.gob.pe
<http://www.conam.gob.pe>
Av. Guardia Civil 205, San Borja
Teléfono: 225-5370, telefax: 225-5369

Diseño: Enrique Limaymanta Sulca
Diagramación e Impresión: TYPOGraphics E.I.R.L.

Primera edición: noviembre de 2005
tiraje: 500 ejemplares
Impreso en el Perú
2005

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente del CONAM.
Su contenido no representa en su totalidad el punto de vista del CONAM.

AGRADECIMIENTOS

El Instituto Geofísico del Perú (IGP) agradece al Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) por la coordinación del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire - PROCLIM, al gobierno de los Países Bajos por el apoyo financiero para realizar el presente estudio, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), a Electro Perú y a Electro Andes por los datos meteorológicos proporcionados.

También se agradece a la Dra. Adam Ramos, Directora del SENAMHI-Junín por el apoyo brindado en el control de calidad de los datos; al Dr. Leonidas Ocola e Ing. Juan Carlos Gómez del IGP, al Ing. Yonel Mendoza de la Dirección General de Información Agraria del Ministerio de Agricultura, al Fis. Ken Takahashi de la Universidad de Washington, a los que anónimamente dedicaron esfuerzo y tiempo a la revisión del presente documento, que con sus valiosos comentarios permitieron enriquecerlo; y al Sr. Víctor Hugo Velázquez por la corrección de estilo.

Merece un reconocimiento especial el personal observador del clima de las diferentes entidades, que durante muchos años ha puesto su esfuerzo, para que hoy los científicos podamos emplear dicha información generada para prevenir los impactos del Cambio Climático.

PRESENTACIÓN

El efecto invernadero es un proceso natural, necesario para la vida en la tierra, que permite que la atmósfera absorba parte de la radiación solar que es reflejada por la superficie de la Tierra, permitiendo que durante la noche la tierra no se enfríe demasiado ($-18\text{ }^{\circ}\text{C}$) y así imposibilitar la vida en ella. Esta absorción de radiación (retención de calor) se produce gracias a la presencia de los denominados **Gases de Efecto Invernadero (GEI)** que han estado presentes en nuestra atmósfera de manera natural; los principales GEI son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), y Gases fluorados como el perfluorocarbono (PFC), hidrofluorocarbono (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

La humanidad en su proceso de desarrollo ha generado GEI de manera excesiva, liberándolos a la atmósfera sin ningún tipo de restricción. Esta emisión de GEI se incrementa significativamente desde el inicio de la era industrial (primera mitad del siglo XIX) por causa de distintas actividades de los hoy denominados países desarrollados, tales como la quema excesiva de combustibles fósiles (petróleo y derivados, carbón), la deforestación y por el uso de tecnologías poco adecuadas.

Estas emisiones estarían ocasionando una interferencia del hombre en el comportamiento habitual de la atmósfera y el clima, ocasionando que la concentración de estos GEI se incremente hasta transformar un mecanismo natural y esencial para la vida de la Tierra, en el problema conocido como Cambio Climático o Calentamiento Global, donde no importa el lugar en que se emita estos GEI, ya que todos en conjunto contribuyen a elevar su concentración mundial y por tanto al calentamiento de la tierra.

Los escenarios futuros ante el Cambio Climático estiman un aumento de hasta $5,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la temperatura promedio global para el año 2100¹, y se estima que los principales impactos se manifestarían con el derretimiento del 30% al 50% de la masa glaciar y de gran parte de los casquetes polares; alteraciones que afectarían la disponibilidad de agua en todo el mundo.

Asimismo, se registraría un incremento del nivel medio del mar y una variación en la temperatura superficial del mismo, originando cambios en los patrones de precipitación y alteraciones en las líneas costeras de todo el mundo, lo que acarrearía cambios en los ecosistemas terrestres y marinos.

Nos encontramos, sin duda alguna, ante un gran reto que debemos enfrentar hoy para dejar un mañana mejor a las generaciones futuras, y esta publicación es sin duda un paso concreto para iniciarlo.

Según estimaciones del Centro Tyndall de Gran Bretaña², Perú es el tercer país más vulnerable ante los riesgos climáticos del mundo -es sólo superado por Honduras y Bangladesh-, por lo que las consecuencias del

¹ Según el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en Ingles)

² Risk Levels Indicators, Tyndall Centre, UK, N. Brooks y N. Adger, 2003

cambio climático podrían ser muy serias para nuestro país. Eventos meteorológicos como heladas, inundaciones y sequías serían más intensos y frecuentes, y sus efectos podrían afectar el desarrollo nacional si es que no empezamos a prepararnos desde hoy.

Dentro del componente temático de Vulnerabilidad y Adaptación de este Programa, se identificaron 3 áreas focales de estudio: las cuencas hidrográficas del Mantaro (región Junín, Huanuco, Huancavelica y Apurímac)), Piura (región Piura) y Santa (región Ancash), con el objetivo de sistematizar y ampliar el conocimiento sobre los impactos del cambio climático, y asimismo, evaluar la vulnerabilidad de los aspectos físicos y sociales identificando opciones viables de adaptación en los principales sectores económicos de la zona para ser incorporados en los planes de desarrollo local y regional.

En el contexto del PROCLIM, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) coordinó la ejecución del subprograma denominado “Evaluación Local Integrada en la Cuenca del Río Mantaro”, con el fin de generar información sobre los posibles impactos en la zona ante el cambio climático, habiéndose desarrollado tres volúmenes de estudios e investigación orientados a mejorar la toma de decisiones políticas de planificación de la zona, de suma importancia para el país ya que esta cuenca aporta significativamente a la seguridad energética y alimentaria de los Peruanos, para lo cual se ha nutrido de la colaboración y esfuerzo de instituciones locales y nacionales.

Hasta la fecha se han concretado con éxito en el Perú una serie de acciones enfocadas en preparar al país para enfrentar los impactos de este problema global. Esto se desarrolló a partir de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (aprobada por D.S. 086-2003-PCM) la cual se viene implementando desde el año 2003, a través del Programa de Cambio Climático y Calidad del Aire PROCLIM, que en sus dos primeros años (2003-2005) ha contado con el apoyo de la Cooperación Holandesa.

El presente *Atlas climático de precipitación y temperatura del Aire en la Cuenca del Río Mantaro* marca el punto de inicio para posteriores estudios sobre variabilidad climática y para el estudio de escenarios climáticos futuros. Contiene mapas que representan la distribución regional de la precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro, ubicada en la sierra central del Perú, entre los paralelos 10°34'30'' y 13°35'30'' de latitud sur y entre los meridianos 73°55'00'' y 76°40'30'' de longitud oeste. Tiene un área total de 34550,08 km².

El segundo volumen, *Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del Cambio Climático*, es un estudio interdisciplinario sobre la variabilidad climática interanual e identifica áreas vulnerables al Cambio Climático en el territorio de esta Cuenca, y genera escenarios climáticos para los años 2025 y 2050. Esta información es correlacionada con patrones de comportamiento de los grupos humanos, identificando deficiencias y oportunidades para hacer frente a esta problemática.

En el tercer y último volumen, *Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la cuenca del río Mantaro*, se desarrolla el tema de la variabilidad climática como el principal riesgo en los tópicos más relevantes: Hidroenergía, Agrosilvopastoril y Salud, así como su capacidad de respuesta, formulándose medidas de adaptación a ser incorporadas en los planes de desarrollo locales y regionales.

Consideramos que la información que se presenta en el presente Atlas, además del uso que se le dará para la evaluación de la variabilidad climática actual y futura, será de gran utilidad para instituciones interesadas en investigar y analizar la relación entre el clima y las actividades económicas en la cuenca del río Mantaro. La información y el conocimiento producido servirán de base para la formulación de proyectos que promuevan el desarrollo sostenible en la región Junín y regiones de la cuenca.

RESUMEN

El presente documento es parte del estudio que fue desarrollado en el Centro de Predicción Numérica del Tiempo y Clima (CPNTC) del Instituto Geofísico del Perú (IGP) con el título “Evaluación Local Integrada en la Cuenca del Río Mantaro” en el marco del “Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire” (PROCLIM) del Consejo Nacional del Ambiente, con financiamiento del Gobierno de los Países Bajos. Uno de los objetivos del estudio de “Evaluación Local Integrada en la Cuenca del Río Mantaro”, fue generar la climatología de precipitación y temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro, con el propósito de identificar las principales características del clima y cartografiar su distribución espacial. Para ello, se han utilizado datos históricos de precipitación y temperatura del aire disponible en la cuenca y alrededores. Esta información servirá como punto de inicio en el estudio de la variabilidad climática en la cuenca y para el estudio comparativo de los escenarios climáticos futuros en la cuenca hidrográfica del Mantaro.

El procedimiento que el IGP utilizó en el estudio, consistió en el acopio de datos de temperatura del aire y precipitación registrados en las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca y alrededores. Se recopilaron datos de lluvias de 87 estaciones y de temperatura del aire de 27 estaciones. Las estaciones utilizadas pertenecen en su mayoría al SENAMHI³ (30 estaciones climatológicas ordinarias), a Electro Perú (21 estaciones pluviométricas), a Electro Andes (5 estaciones pluviométricas), al INIA⁴-SENAMHI (1 estación agrometeorológica principal) y al IGP (1 estación climatológica principal). Adicionalmente, se utilizaron datos de precipitación de 29 estaciones que fueron obtenidas de la Base de Datos del IRI⁵. Se realizó el control de calidad de los datos, luego se calculó la climatología, como promedio multianual desde el año 1960 hasta el 2002 considerando que los registros tengan como mínimo 10 años de datos.

El trazado de isoyetas de la precipitación total anual, así como de los años caracterizados como húmedo (1973) y seco (1992), se realizó de manera manual, tomando en cuenta los resultados de aplicar herramientas de interpolación de datos e interpretación de imágenes del satélite Landsat TM (Thematic Mapper). Los mapas mensuales de precipitación se obtuvieron utilizando el software ArcView, sobre la base del mapa de precipitación total anual, considerando la relación porcentual entre la precipitación anual y la mensual. Los mapas de precipitación estacional acumulada, se obtuvieron a partir de los mapas mensuales.

Se elaboraron mapas de temperatura, utilizando la relación funcional entre sus valores máximos, mínimos y medios mensuales con la altitud, con la finalidad de estimar valores en los puntos que requerían tener información para la interpolación espacial y trazado de isotermas. Los coeficientes de correlación entre

³ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

⁴ Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura

⁵ International Research Institute for Climate Prediction

los valores mensuales de temperatura y altitud son del orden de 0,9, permitiendo adoptar el modelo de ecuación cuadrática de segundo orden para cada mes del año. Para la interpolación de los valores de temperatura, se diseñó una red de estaciones virtuales basadas en la configuración de la red hidrográfica de la cuenca hasta el nivel de cursos de agua semi permanentes, en el que se obtuvieron los valores de altitud de los nodos de inicio y fin de cada curso de agua o quebrada hasta las confluencias del curso principal del río Mantaro (en total se obtuvieron alrededor de 15 000 puntos). En cada punto extraído, se aplicó la ecuación de regresión, se efectuó la interpolación espacial y posterior trazado de las isotermas para cada mes utilizando el método Spline con la opción Tensión de la extensión 3D Analyst del software ArcView.

Utilizando los valores promedio de la precipitación y temperatura media del aire, también se generaron mapas del régimen de precipitación y humedad, y del régimen térmico según la clasificación climática dada por Thornthwaite.

Adicionalmente se analizó la climatología en América del Sur, identificando los principales sistemas atmosféricos de mesoescala y su dinámica, que determinan las características del clima en el Perú.

Los principales resultados obtenidos del presente Atlas indican:

- En promedio para toda la cuenca, existe una marcada variabilidad estacional en las precipitaciones, con máximos valores entre enero y marzo y mínimos entre junio y julio. El 83% de la precipitación anual tiene lugar entre los meses de octubre a abril, de los cuales el 48% están distribuidos casi equitativamente entre los meses de enero, febrero y marzo.
- La distribución espacial de lluvias totales anuales no es homogénea en la cuenca. En las partes altas se presentan los valores máximos en el extremo norte y sur occidental de la cuenca (1 000 mm/año), mientras que en la selva alcanzan los 1 600 mm/año. Por el contrario, la zona con menor precipitación se ubica en la parte centro-sur de la cuenca (entre Pampas y Huanta) con valores del orden de 550 mm/año.
- El promedio mensual de la temperatura mínima del aire, presenta los mínimos valores entre los meses de junio-julio y los máximos entre enero y marzo. Por otro lado, la temperatura máxima registra los valores máximos en noviembre y los mínimos en febrero.
- El promedio anual de la temperatura mínima, presenta valores inferiores a -2°C en el extremo occidental de la cuenca, llegando a -4°C en las partes más altas. En el valle del Mantaro, las temperaturas mínimas están alrededor de los 4°C , mientras que en el extremo sur-oriental de la cuenca los 8°C . En el extremo oriental de la cuenca, hacia la confluencia del río Mantaro con el río Ene, las temperaturas mínimas alcanzan valores de hasta 16°C .
- El promedio anual de la temperatura máxima del aire presenta valores de 12°C en la parte occidental y centro oriental de la cuenca. En el valle del Mantaro la temperatura máxima alcanza valores entre 16°C y 18°C , mientras que en la zona sur-oriental de la cuenca, alcanza valores de hasta 22°C y los 28°C en el extremo más oriental.
- La temperatura media del aire, presenta los valores mas bajos en el mes de julio y los máximos en noviembre. En las zonas altas de la cuenca (extremo occidental), presenta valores alrededor

de 4°C, entre 8°C y 10°C en el valle del Mantaro, en el sector centro-sur de la cuenca alcanzan valores entre 12°C y 16°C, mientras que en la región oriental, hacia la desembocadura del río Mantaro, éstas llegan a 24°C.

- El clima, según la clasificación climática de Thornthwaite, varía desde Semi Húmedo, en la mayor parte de la cuenca, hasta condiciones Muy Húmedas en la región nor occidental y centro oriental de la misma, exceptuando la zona sur donde predominan regímenes secos (Semiseco y Seco). Desde el punto de vista térmico, se tiene desde un clima de Tundra en las partes altas de la cuenca, hasta un clima Semi Frío en la zona del valle del Mantaro.

El presente Atlas, contiene 63 mapas, entre los se encuentran: un mapa con el relieve de la cuenca del río Mantaro; un mapa con la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas; 20 mapas climatológicos de precipitación (12 mensuales, 4 estacionales, 1 anual, 1 para el período lluvioso: setiembre-abril, 1 para un año característico como húmedo y 1 para un año característico como seco); 13 mapas climatológicos de temperatura mínima del aire (12 mensuales y 1 anual); 13 mapas climatológicos de temperatura máxima del aire (12 mensuales y 1 anual); 13 mapas climatológicos de temperatura media del aire (12 mensuales y 1 anual) y 2 mapas de la clasificación climática según Thornthwaite (1 del régimen de precipitación y humedad y 1 del régimen térmico).

ÍNDICE

	Agradecimientos	7
	Resumen	9
1.	Introducción	16
2.	Datos	16
	2.1 Circulación atmosférica a escala regional	
	2.2 Relieve y subcuencas del río Mantaro	
	2.3 Precipitación y temperaturas extremas del aire	
	2.4 Temperatura media del aire	
3.	Metodología	19
	3.1 Control de calidad de los datos de precipitación y temperatura del aire	
	3.2 Cálculo de la climatología de la circulación atmosférica	
	3.3 Cálculo de las climatologías de precipitación y temperatura del aire	
	3.4 Análisis espacial de la precipitación	
	3.5 Análisis espacial de la temperatura del aire	
	3.6 Análisis de años secos y húmedos	
	3.7 Clasificación climática	
4.	Resultados	23
	4.1 Climatología de la circulación de la atmósfera en América del Sur durante verano e invierno	
	4.2 Climatología de la precipitación en la cuenca del río Mantaro	
	4.2.1 Distribución temporal	
	4.2.2 Distribución espacial	
	4.3 Análisis de años extremos	
	4.3.1 Año húmedo (1973)	
	4.3.2 Año seco (1992)	
	4.4 Climatología de la temperatura mínima del aire (a 2 m sobre la superficie)	
	4.4.1 Distribución temporal	
	4.4.2 Distribución espacial	
	4.5 Climatología de la temperatura máxima del aire (a 2 m sobre la superficie)	
	4.5.1 Distribución temporal	
	4.5.2 Distribución espacial	
	4.6 Climatología de la temperatura media del aire (a 2 m sobre la superficie)	
	4.6.1 Distribución temporal	
	4.6.2 Distribución espacial	
	4.7 Clasificación climática	
	4.7.1 Régimen de precipitación y humedad	
	4.7.2 Régimen térmico	
5.	Conclusiones	33
6.	Referencias	34
7.	Anexos	35
8.	Mapas	43

ATLAS CLIMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio es documentar las características climáticas de las principales variables meteorológicas (precipitación y temperatura del aire) y cartografiar su distribución espacial en la cuenca hidrográfica del Mantaro. Esta información será utilizada en el diagnóstico general de la cuenca y en los análisis comparativos con las condiciones climáticas del futuro, según escenarios climáticos que se generarán utilizando modelos numéricos y estadísticos.

Para cumplir con el objetivo propuesto, se realizaron actividades, que involucran: recopilación de los datos, control de calidad de los mismos, aplicación de técnicas de interpolación y, finalmente, la generación de los mapas.

Luego de la introducción, en la segunda sección del presente documento se describe la procedencia y el período de registro de los datos utilizados en los análisis y elaboración de mapas.

En la tercera sección se describe la metodología utilizada para el control de calidad de los datos, generación de climatologías y elaboración de mapas.

En la cuarta sección se presentan los resultados más importantes de los análisis realizados, con una descripción de los mapas más representativos: de la climatología de la circulación atmosférica en América del Sur, de la distribución temporal y espacial de la climatología de precipitación y temperatura del aire (mínima, máxima y media) en la cuenca del Mantaro y los mapas de la clasificación climática de la cuenca, según sus regímenes de precipitación y humedad, así como del régimen térmico.

Finalmente, en la quinta sección se presentan las principales conclusiones obtenidas en el presente estudio.

2. DATOS

2.1 Circulación atmosférica a escala regional

En el estudio se utilizaron datos mensuales de todo el globo terrestre del ERA40 (información de reanálisis del Centro Meteorológico Europeo), correspondiente al período setiembre de 1957 a agosto del 2002. Las variables procesadas en el IGP fueron: velocidad del viento (m/s), temperatura del aire (°C), presión atmosférica (hPa) y humedad específica (kg/kg). Los datos del ERA40 corresponden a cuatro niveles de presión: 200 hPa (aproximadamente 12 km de altitud), 500 hPa (aproximadamente 5,5 km), 850 hPa (aproximadamente 1,5 km) y a un nivel sobre o muy cerca a la superficie terrestre (altitud menor a 10 m).

2.2 Relieve y subcuencas del río Mantaro

El relieve de la cuenca y subcuencas del río Mantaro se representa por las curvas de nivel de 25 m obtenidos de la Carta Nacional de 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional, digitalizadas por un consorcio interinstitucional y distribuidos por el Ministerio de Educación.

En el Mapa N° 01 se representan el relieve de la cuenca del Mantaro, así como la demarcación de las 23 subcuencas, y cuencas menores agrupadas como micro cuencas, algunas de las cuales serán referenciadas en los análisis realizados.

2.3 Precipitación y temperaturas extremas del aire

Se contaron con 87 estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores. Treinta estaciones pertenecen al SENAMHI, 21 a Electro Perú, 5 a Electro Andes (proporcionados a través de Electro Perú), 1 al INIA-SENAMHI y 1 al IGP; adicionalmente, se utilizaron datos de 29 estaciones que fueron obtenidos de la red global de la NOAA⁶ (Monthly Weather Station Precipitation Data from the Global Historical Climate Network) a través del portal web del IRI.

En el Anexo N° 01, se presenta la relación de estaciones meteorológicas utilizadas para la generación de las climatologías y elaboración de los mapas climáticos del Atlas. Las estaciones están ordenadas de Norte a Sur, y con un "X" se indican aquellas estaciones que cuentan con datos de precipitación y/o temperatura del aire. La ubicación de las estaciones se presenta en el Mapa N° 02.

Sólo 27 estaciones, de las 87 mencionadas en el Anexo N° 01, cuentan con datos de temperatura del aire, de las cuales, 24 se ubican dentro de la cuenca y 3 fuera de la cuenca (Tarma, San Ramón y Mazamari). Entre las observaciones se encuentran la temperatura del aire a nivel de la caseta meteorológica (2 m de altura) para las horas sinópticas (07, 13 y 19 horas local) y las temperaturas extremas del aire (temperatura mínima y máxima del aire).

Veinticinco de las 30 estaciones del SENAMHI cuentan con datos pluviométricos con registros de más de 30 años, y sólo 4 de ellas con registros entre 9 y 15 años. Las estaciones de la red de Electro Perú cuentan con registros de un período mayor a 40 años, mientras que los datos obtenidos del IRI solo cuentan con datos de 15 años aproximadamente. Las series más largas pertenecen a la estación de Huayao del IGP con 81 años de registros, seguido por Jauja con 68 años, Lircay con 54 años y Huancavelica-SENAMHI con 48 años.

⁶ Siglas en inglés de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (EE.UU.)

Tabla N° 1. Relación de estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores*

Nº	NOMBRE DE ESTACION	LATITUD (°S)	LONGITUD (°O)	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº AÑOS	ENTIDAD
1	Acobamba	12,84	74,57	3236	X	X	Dic-64	Nov-02	39	SENAMHI
2	Acostambo	12,36	75,06	3650		X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
3	Acostambo	12,36	75,05	3650	X	X	Ene-89	Abr-04	15	SENAMHI
4	Angasmayo	12,03	75,40	3280		X	Ene-64	Jun-04	40	Electro Perú
5	Atocsaico	11,27	76,08	4532		X	Ene-52	Dic-96	44	Electro Andes
6	Carhuamayo	10,92	76,06	4146		X	Ene-52	Dic-96	44	Electro Andes
7	Casapato	10,98	76,04	4115		X	Nov-52	Dic-96	44	Electro Andes
8	Cercapuquio Cerro de Pasco	12,38	75,32	4390		X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
9		10,69	76,26	4260	X	X	Jul-49	Nov-02	54	SENAMHI
10	Chichicocha	12,17	75,61	4500		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
11	Chilicocha	12,70	75,45	4200		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
12	Choclococha	13,15	75,07	4549		X	Jul-58	Dec-80	23	IRI
13	Colpa	11,99	75,47	3450		X	Jul-69	Jun-04	35	Electro Perú
14	Comas	11,75	75,13	3300	X	X	Dic-63	Nov-02	40	SENAMHI
15	Consav Hda	11,98	75,63	3882		X	Abr-57	Abr-74	18	IRI
16	Corpacancha	11,37	76,22	4249		X	Jan-57	Dec-74	18	IRI
17	Fundición	10,75	76,27	4268		X	Jan-57	May-72	15	IRI
18	Huallacocha	11,77	76,10	4399		X	Jan-57	Dec-74	19	IRI
19	Huamanga	13,20	74,20	2761		X	Abr-62	Nov-00	39	IRI
20	Huancalpi	12,58	75,24	3800		X	Ene-65	Nov-02	38	SENAMHI
21	Huancavelica	12,78	75,01	3676	X	X	May-55	Nov-02	48	SENAMHI
22	Huancavelica	12,78	74,98	3676		X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
23	Huanta	12,95	74,24	2521	X	X	Ene-64	Nov-02	39	SENAMHI
24	Huantan	12,45	75,82	3271		X	Oct-63	Dec-76	14	IRI
25	Huasahuasi	11,27	75,63	2750	X	X	Oct-63	Nov-02	40	SENAMHI
26	Huascacocha	11,58	76,08	4499		X	Jan-57	Dec-74	18	IRI
27	Huayao	12,04	75,32	3308		X	Ene-22	Dic-02	81	IGP
28	Huaytapallana	11,95	75,04	4510		X	Ago-65	Jun-04	39	Electro Perú
29	Hueghue	11,24	76,28	4175		X	Dic-64	Jun-04	40	Electro Perú
30	Huichicocha	12,55	75,52	4660		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
31	Ingenio	11,88	75,26	3450	X	X	Ago-63	Nov-02	40	SENAMHI
32	Jauja	11,78	75,47	3322	X	X	Ene-35	Dic-02	68	SENAMHI
33	Junín	11,15	75,99	4120		X	May-69	Jun-04	35	Electro Perú
34	Kichuas	12,47	74,77	2650		X	Oct-63	Jun-04	41	Electro Perú
35	La Cima	11,29	75,92	4200		X	Nov-52	Dic-96	44	Electro Andes
36	La Oroya Laguna Huarón	11,57	75,96	3780	X	X	Sep-94	Nov-02	9	SENAMHI
37		11,02	76,42	4649		X	Jan-57	Dec-74	16	IRI
38	Laive	12,25	75,36	3990	X	X	Ago-63	Nov-02	40	SENAMHI
39	Lircay	12,98	74,72	3150	X	X	Jun-49	Nov-02	54	SENAMHI
40	Luricocha	12,90	74,27	2579		X	Nov-63	Dec-77	15	IRI
41	Malpaso	11,40	76,03	3749		X	Jan-43	Dec-74	18	IRI
42	Mantaro Marcapomacocha	11,83	75,40	3300		X	Feb-63	Jun-04	41	Electro Perú
43		11,40	76,33	4413	X	X	Sep-64	Oct-02	39	SENAMHI
44	Matibamba	12,08	74,82	2199		X	Aug-63	Jul-77	15	IRI

(continúa...)

* Nota: Salvo indicación expresa, la información de los cuadros, gráficos y tablas, presentados han sido generados por el IGP

Tabla N° 1. Relación de estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores

Nº	NOMBRE DE ESTACION	LATITUD (°S)	LONGITUD (°O)	ALTITUD (msnm)	TEMPE-RATURA	PRECIPI-TACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº AÑOS	ENTIDAD
45	Mazamari	11,33	74,53	699	X	X	Jun - 68	Ene - 81	13	SENAMHI
46	Mejorada	12,53	74,86	2820		X	Feb - 62	Jun - 04	42	Electro Perú
47	Morococha	11,63	76,10	4539		X	J an - 43	Dec - 74	32	IRI
48	Pachacayo	11,81	75,72	3550		X	Mar - 66	Jun - 04	38	Electro Perú
49	Pachachaca	11,62	76,00	3999		X	Jan - 49	Nov - 77	29	IRI
50	Palaco	12,35	75,30	3650		X	Feb - 69	Jun - 04	42	Electro Perú
51	Pampas	12,38	74,85	3260	X		Feb - 89	Nov - 02	14	SE NAMHI
52	Pampas	12,39	74,87	3260		X	Ene - 63	Jun - 04	41	Electro Perú
53	Pampas Colonia	12,63	75,88	3378		X	Sep - 63	Dec - 76	15	IRI
54	Paucarbamba	12,47	74,57	3000	X	X	Ago - 64	Nov - 02	39	SENAMHI
55	Pesquería Ingenio	11,88	75,27	3399		X	Aug - 63	Dec - 81	19	IRI
56	Pilchaca	12,35	75,08	3570	X	X	Jul - 64	Nov - 02	39	SENAMHI
57	Pinascocha Hda	11,82	75,83	4299		X	Abr - 57	Abr - 74	18	IRI
58	Pomacocha	11,73	76,13	4265		X	Mar - 38	Dec - 77	18	IRI
59	Punabamba	11,48	76,08	4099		X	Abr - 57	Abr - 74	18	IRI
60	Quinua	13,06	74,14	3 260	X	X	Sep - 64	Nov - 02	39	SENAMHI
61	Quiulacocha	10,70	76,28	4299		X	Nov - 52	Dec - 74	23	IRI
62	Ricrán	11,62	75,01	3500		X	Abr - 65	Nov - 02	38	SENAMHI
63	Runatullo	11,62	75,01	3186	X		Ene - 88	Nov - 02	15	SENAMHI
64	Salcabamba	12,15	74,82	2900	X	X	Abr - 65	Nov - 02	38	SENAMHI
65	San Cristobal	11,73	76,05	4699		X	Jan - 57	Dec - 74	18	IRI
66	San Genaro	13,20	75,10	4569		X	May - 58	May - 75	18	IRI
67	San Juan de Jarpa	12,12	75,43	3726		X	Jun - 63	Mar - 97	35	SENAMHI
68	San Juan Pallanga	11,15	76,45	4649		X	Jan - 57	Dec - 74	17	IRI
69	San Lorenzo	12,28	74,83	2600	X	X	Sep - 63	Nov - 02	40	SENAMHI
70	San Miguel	13,02	73,98	2660		X	Sep - 64	Sep - 77	18	IRI
71	San Pedro Chuclu	11,75	75,50	3379		X	Sep - 63	May - 78	18	IRI
72	San Pedro de Cachi	13,08	74,39	3188	X	X	Oct - 65	Nov - 02	38	SENAMHI
73	San Ramon	11,12	75,43	800	X	X	Jul - 39	Sep - 98	60	SENAMHI
74	Santa Ana	12,00	75,22	3295	X	X	Ene - 92	Nov - 02	11	SENAMHI
75	Shelby	10,81	76,23	4140		X	Jul - 55	Dic - 96	41	Electro Andes
76	Tambo Sol	10,87	76,12	4100		X	May - 69	Jun - 04	35	Electro Perú
77	Tarma	11,40	75,69	3000	X	X	Abr - 60	Nov - 02	43	SENAMHI
78	Telepaccha	12,75	75,30	4399		X	Sep - 63	Oct - 81	19	IRI
79	Tellería	12,38	75,12	3050		X	Ene - 64	Jun - 04	40	Electro Perú
80	Tunal Cero	13,10	75,10	4529		X	Jun - 58	Dic - 81	24	IRI
81	Upamayo	10,92	76,28	4 080		X	Oct - 63	Jun - 04	41	Electro Perú
82	Vilca	12,12	75,83	3815		X	Sep - 63	Jan - 77	14	IRI
83	Viques	12,16	75,23	3186	X	X	Mar - 64	Feb - 98	35	SENAMHI
84	Wayllapampa	13,08	74,22	2158	X	X	Ago - 66	Nov - 02	37	SENAMHI
85	Yantac	11,33	76,40	4600		X	Dic - 68	Oct - 02	35	SENAMHI
86	Yauricocha	11,96	75,91	4375		X	Ene - 65	Jun - 04	39	Electro Perú
87	Yauyos	12,37	75,92	2870		X	Oct - 63	Dec - 77	15	IRI

2.4 Temperatura media del aire

El promedio mensual de temperatura del aire (T_{med}) corresponde a:

$$T_{med} = \frac{\sum_1^n T_d}{n} \quad (1)$$

Donde, T_d es la temperatura media diaria, calculada en base a mediciones continuas (horarias) de temperatura del aire durante las 24 horas del día, n es el número de días considerados en el promedio.

Como no se contaba con los valores mensuales de la temperatura media del aire, ni con los valores diarios de la temperatura media, ésta fue estimada de acuerdo al procedimiento que a continuación se describe.

Primero, se estimó la temperatura media diaria utilizando los valores diarios de las temperaturas extremas del aire y las temperaturas observadas en las horas sinópticas (07, 13 y 19 horas), teniendo en cuenta las consideraciones descritas en Centella et al. (1998) y la propuesta por el Departamento de Meteorología de la Universidad de la República de Uruguay⁷, a partir de los cuales se propone la siguiente ecuación:

$$T_d = \frac{aT_{07} + bT_{13} + cT_{19} + dT_{min} + eT_{max}}{N} \quad (2)$$

Donde, T_{07} , T_{13} , T_{19} , son las mediciones de la temperatura del aire a las horas sinópticas; a , b , c , d y e son los coeficientes de ponderación cuyo valor varía de cero a 2; T_{min} es la temperatura mínima de aire y T_{max} la temperatura máxima del aire; N es el número total de datos considerados para cada día.

Se realizaron diversos cálculos a fin de minimizar el error, tomando como referencia la estación de Huayao. Para esta estación las estimaciones se realizaron utilizando la ecuación (2) y variando únicamente los coeficientes de los 5 datos observados. Los resultados fueron correlacionados con las temperaturas medias calculadas en base a los datos horarios registrados en la estación automática de Huayao. Estos cálculos se realizaron para el período de junio a diciembre del 2002. En total se realizaron 7 pruebas diferentes, encontrándose que los valores más óptimos de los coeficientes de la ecuación (2) son: $a = b = c = d = e = 1$, donde $N = 5$, con los que se obtiene la ecuación (3) y con ella se calculan los valores diarios de la temperatura media, para posteriormente calcular los valores mensuales con la ecuación (1).

$$T_d = \frac{T_{07} + T_{13} + T_{19} + T_{min} + T_{max}}{5} \quad (3)$$

3. METODOLOGÍA

3.1 Control de calidad de los datos de precipitación y temperatura del aire

Un primer control de calidad de los datos se realizó en forma automatizada para eliminar valores extremadamente altos o bajos, conocidos como “outliers”⁸, luego se procedió a un control visual gráfico de los promedios mensuales en el caso de las temperaturas extremas del aire, y acumulado mensual para la precipitación. En caso de encontrarse valores extremadamente altos o bajos con respecto a la variación estacional, se realizó un control más exhaustivo utilizando datos diarios para luego corregir los valores mensuales. Los datos “dudosos” que se encontraron fueron comparados con los valores registrados en el mismo período en otras estaciones cercanas para corroborar o descartar que se trate de algún evento especial ocurrido a escala regional o local. También se analizó en dichos años hubiera ocurrido alguna anomalía climática significativa como por ejemplo ingreso de masas de aire frío desde el sur, que suelen hacer descender significativamente la temperatura del aire.

Otro método utilizado en el presente estudio para el control de calidad de los datos, fueron las Funciones Empíricas Ortogonales (EOF). Estas se aplicaron a las diferentes series de datos, para observar cual de estas series es menos representada por la primera componente principal, que en este caso era la climatología. Finalmente, las series de datos que no estaban bien representadas por la climatología eran revisadas y corregidas utilizando los datos diarios.

Durante el control de calidad, se encontraron errores en la ubicación geográfica de la estación, en estos casos se realizaron consultas con la Dirección Regional de SENAMHI-Junín para la corrección de las coordenadas de dichas estaciones.

3.2 Cálculo de la climatología de la circulación atmosférica

Para la obtención de la climatología de la circulación atmosférica, se consideró la recomendación dada por la Organización Meteorológica Mundial, calculándose el promedio de treinta años de información, entre los años 1971 y 2000. Se generó la climatología estacional, considerando el verano como el promedio entre los meses consecutivos de diciembre a febrero (período de altas precipitaciones en la sierra central y sur peruana), y el invierno como el promedio entre junio a agosto (estación de estiaje en general sobre el territorio peruano). El procesamiento de la información y la presentación gráfica de los resultados se realizó utilizando el programa GRADS (Grid Analysis and Display System). Para la mejor comprensión y análisis

⁷ Departamento de Meteorología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República Oriental del Uruguay: <http://meteorologia.fcien.edu.uy/pcalculos.html>

⁸ Outlier, es un dato que se encuentra a una distancia considerable de otros valores en una muestra de datos escogidos al azar.

de los sistemas meteorológicos, se presentan diferentes variables en un sólo gráfico. Así, en el caso del nivel de 200 hPa, se puede observar la intensidad de los vientos a colores y la dirección de los vientos en líneas de corriente; en 500 hPa se tiene a colores la humedad específica integrada desde la superficie hasta el nivel de 400 hPa (aproximadamente 7,3 km de altura) y en líneas de corriente la dirección de los vientos; en 850 hPa los vientos están representados por flechas, la temperatura en isolíneas y la componente meridional (norte/sur) de los vientos a colores. Por último, en los gráficos de superficie se presentan con isolíneas la temperatura, el viento en vectores, y a colores la presión atmosférica a nivel de la superficie. Los principales sistemas atmosféricos están representados con letras en cada uno de los gráficos.

3.3 Cálculo de las climatologías de precipitación y temperatura del aire

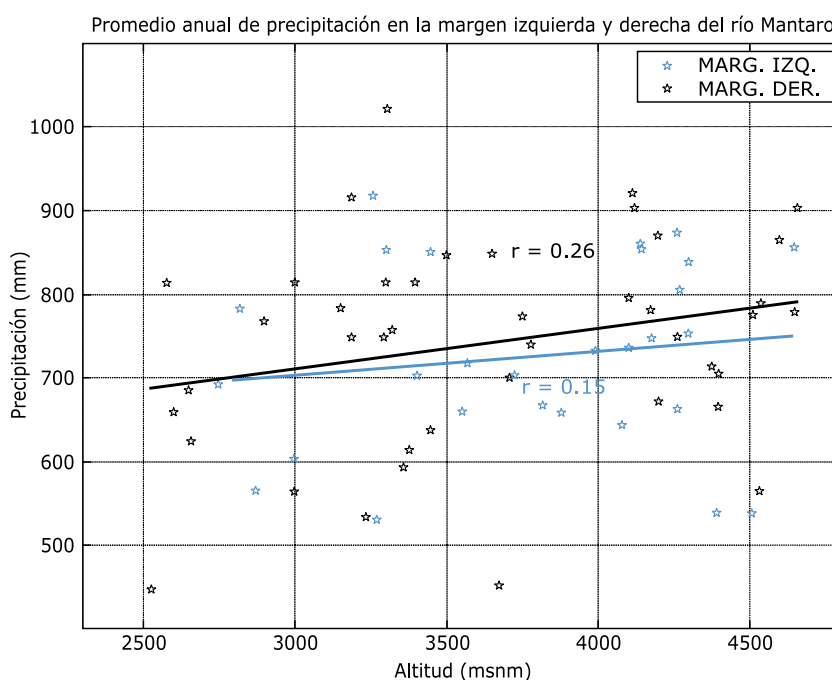
Luego del control de calidad de los datos, se calculó la climatología mensual de la precipitación, temperatura mínima, máxima y media del aire, como un promedio aritmético de la serie, considerando todos los datos existentes a partir del año 1960 hasta el 2002. Para algunas estaciones la climatología representa el promedio de 40 años, mientras que para otras, el número de años puede ser menor. En el cálculo de la climatología se consideraron todas

las estaciones que tuvieran por lo menos 10 años de datos. En el Anexo N° 01 se presenta la relación de las estaciones utilizadas en las climatologías, así como el período de datos con los que cuentan dichas estaciones.

3.4 Análisis espacial de la precipitación

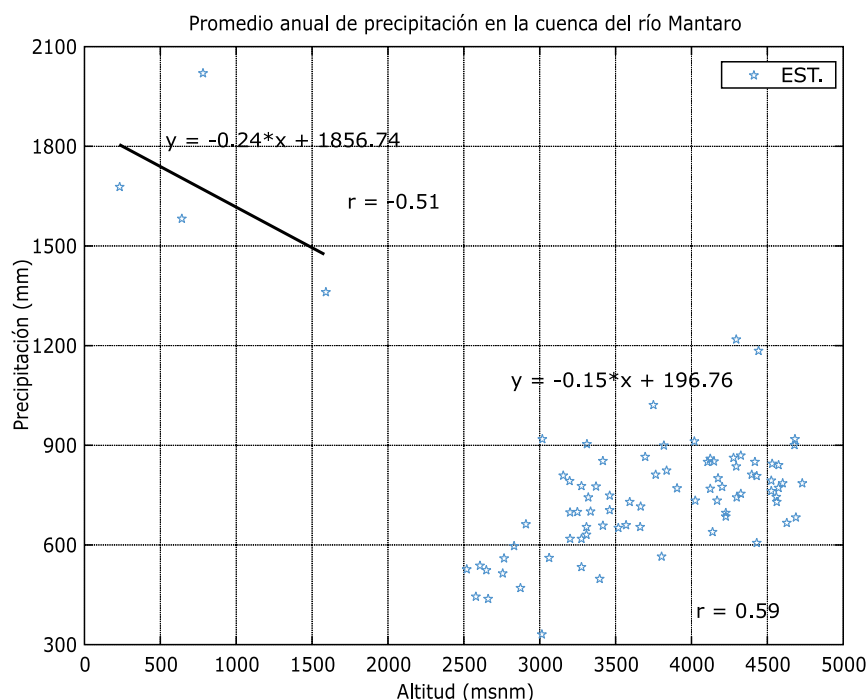
Hubo un esfuerzo significativo en generar mapas de precipitación de manera sistematizada, con una metodología similar a la utilizada para la temperatura del aire. Es conocido que existe cierta dependencia de la precipitación con la altitud, sin embargo para la cuenca del Mantaro, ella resultó ser insuficiente como para ser usado en algún modelo matemático. En algunos trabajos, esta metodología ha sido utilizada para generar datos de precipitación en lugares donde no se cuentan con ella (Arteaga, 1986). En zonas donde el relieve no representa mayor problema, se pueden usar técnicas de interpolación de tipo Cressman, como lo refiere Centella et al. (1998). Sin embargo, debido al complejo relieve (Mapa N° 01) y a la extensión de la cuenca, la relación entre la precipitación y la altitud es poco significativa. Se analizó también esta dependencia por separado, para las estaciones que están ubicadas hacia la margen izquierda y hacia la margen derecha del río Mantaro. Tal como se muestra en la Figura N° 1, la correlación obtenida no es significativa.

Figura N° 1. Dependencia de la precipitación con la altitud para las márgenes izquierda y derecha del río Mantaro. Fuente de datos: SENAMHI, Electro Perú, Electro Andes e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



Para el cálculo de la climatología se consideraron todas las estaciones que tuvieran por lo menos 10 años de datos entre los años 1960 y 2002.

Figura N° 2. Dependencia de la precipitación con la altitud, altitudes menores y mayores a 2 500 msnm. Fuente de datos: SENAMHI, Electro Perú, Electro Andes e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



La relación entre la precipitación y la altitud es más significativa si se separan las estaciones ubicadas a una altitud menor y mayor a 2500 msnm, siendo una relación inversa para las estaciones ubicadas en zonas más bajas, y directa para las zonas más altas (Figura N° 2).

Utilizando esta dependencia se realizó un ensayo aplicando la interpolación del tipo Spline. Los resultados no fueron satisfactorios. En general, no se han observado patrones definidos de variación de la precipitación con la altitud, debido probablemente a la extensión, orientación y topografía de la cuenca, con la consideración adicional de encontrarse entre los principales tributarios de la vertiente del Atlántico. Es necesario seguir investigando sobre el tema, es posible que exista dependencia, pero a una escala espacial mayor, a niveles de subcuencas o incluso micro-cuencas, para ello se requiere una mayor cobertura de datos.

Por las razones expuestas, se ha desestimado, por el momento, la posibilidad de automatizar el trazado de isoyetas, la misma que se ha efectuado en forma manual, mediante un modelo conceptual e interpretación de imágenes del satélite Landsat TM. El trazado manual de las isoyetas se realizó

para la precipitación total anual y para los años característicos como húmedo y seco. Para ello, se ubicó un número de puntos bajo la denominación de “estaciones virtuales” que permiten interpolar y extrapolar valores de precipitación comparando relaciones de proporción entre los valores medios y el de los años característicos (húmedos y secos), de modo que se disponga de una mayor cantidad de datos para facilitar el trazado de isoyetas con una mejor aproximación.

En la elaboración de los mapas mensuales de precipitación, se aplicó el siguiente procedimiento:

- Se tomaron puntos de referencia o “estaciones virtuales” adicionales a la red pluviométrica en el trazado de isoyetas de la precipitación total anual.
- Tomando los datos de la red de estaciones, se obtuvieron los valores de proporción porcentual de la distribución mensual de la precipitación total anual que se extienden en el espacio, en su área de influencia determinado por su cercanía y nivel altitudinal.
- En cada punto adicional a la red o estación virtual, se asignó la estación de referencia, se adoptaron sus valores porcentuales de distribución mensual

y se estimaron los valores mensuales a partir de la precipitación total anual, ampliando la red de datos existente.

- Con los valores mensuales estimados por cada punto observado y estimado, se efectuó el trazado de las isoyetas para cada mes del año,

utilizando el software Arcview con la extensión 3D Analyst en modo Spline.

Los resultados obtenidos fueron revisados y ajustados manualmente tomando el reporte correspondiente y eliminando inconsistencias en el trazado automático.

Tabla N° 1. Relación regional de los promedios mensuales de la temperatura máxima del aire (y) y la altitud (x) en la cuenca del río Mantaro

MES	ECUACIÓN	COEF. CORR.
Enero	$y = -5E-07 x^2 - 0,0027x + 31,985$	$r = 0,838$
Febrero	$y = -2E-07 x^2 - 0,0041x + 33,228$	$r = 0,857$
Marzo	$y = -3E-07 x^2 - 0,0036x + 33,054$	$r = 0,886$
Abril	$y = -4E-07 x^2 - 0,0033x + 33,391$	$r = 0,879$
Mayo	$y = -4E-07 x^2 - 0,0029x + 33,159$	$r = 0,842$
Junio	$y = -3E-07 x^2 - 0,0036x + 33,723$	$r = 0,830$
Julio	$y = -3E-07 x^2 - 0,0039x + 33,520$	$r = 0,833$
Agosto	$y = -3E-07 x^2 - 0,0037x + 33,944$	$r = 0,829$
Setiembre	$y = -4E-07 x^2 - 0,0034x + 34,174$	$r = 0,829$
Octubre	$y = -5E-07 x^2 - 0,0032x + 34,435$	$r = 0,851$
Noviembre	$y = -5E-07 x^2 - 0,0027x + 33,614$	$r = 0,816$
Diciembre	$y = -6E-07 x^2 - 0,0019x + 31,840$	$r = 0,838$
Anual	$y = -5E-07 x^2 - 0,0029x + 32,678$	$r = 0,884$

Tabla N° 2. Relación regional de los promedios mensuales de la temperatura mínima del aire (y) y la altitud (x) en la cuenca del río Mantaro

MES	ECUACIÓN	COEF. CORR.
Enero	$y = -1E-07 x^2 - 0,0046x + 22,683$	$r = 0,943$
Febrero	$y = -2E-07 x^2 - 0,0044x + 22,512$	$r = 0,943$
Marzo	$y = -8E-08 x^2 - 0,0048x + 22,837$	$r = 0,937$
Abril	$y = 4E-08 x^2 - 0,0055x + 22,836$	$r = 0,914$
Mayo	$y = 2E-07 x^2 - 0,0064x + 22,8$	$r = 0,853$
Junio	$y = 5E-08 x^2 - 0,006x + 21,393$	$r = 0,808$
Julio	$y = -2E-07 x^2 - 0,0049x + 20,001$	$r = 0,846$
Agosto	$y = -1E-07 x^2 - 0,0051x + 20,703$	$r = 0,882$
Setiembre	$y = -2E-07 x^2 - 0,0045x + 21,018$	$r = 0,911$
Octubre	$y = -1E-07 x^2 - 0,0047x + 22,119$	$r = 0,918$
Noviembre	$y = -2E-07 x^2 - 0,0046x + 22,473$	$r = 0,925$
Diciembre	$y = -7E-08 x^2 - 0,005x + 23,004$	$r = 0,940$
Anual	$Y = -9E-08 x^2 - 0,0047x + 20,598$	$r = 0,943$

3.5 Análisis espacial de la temperatura del aire

Tomando en cuenta los resultados del procesamiento estadístico para determinar valores medios de la temperatura del aire, se aplicó la relación que existe entre éstas y la altitud, y se adoptó el modelo de ecuación cuadrática de segundo orden para cada mes del año. En las Tablas N° 01 y N° 02 se muestran las ecuaciones correspondientes a las temperaturas máximas y mínimas del aire, así como los valores de los coeficientes de correlación (r). El período de datos considerado para la obtención de las ecuaciones de regresión fue de aproximadamente 40 años, desde 1960 al 2002.

Como se puede apreciar en las ecuaciones de relación regional de los promedios mensuales de las temperaturas máxima y mínima del aire con la altitud, éstas alcanzan coeficientes de correlación altos que han permitido adoptarlas para estimar los valores de temperatura máxima y mínima para cualquier valor de altitud dentro de la cuenca. Este mismo procedimiento se realizó para los promedios mensuales de la temperatura media del aire. Los valores de las temperaturas máxima, mínima y media, se calcularon de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Ubicación de puntos distribuidos de acuerdo a la red hidrográfica de la cuenca hasta el nivel de cursos de agua semi-permanentes.
- Obtención de valores de altitud de los nodos de inicio y fin de cada tramo o quebrada hasta las confluencias con el curso principal del río Mantaro. En total se obtuvo alrededor de 15 000 puntos para la extrapolación de datos de temperatura.
- Aplicación de las ecuaciones de regresión obtenidas para cada punto de extrapolación.
- Interpolación de los valores para cada mes utilizando el método Spline con la opción Tensión, mediante la extensión 3D Analyst del software ArcView, de esta manera se obtuvo un trazado óptimo de las isotermas para cada mes, tanto para las temperaturas media, mínima y máxima del aire.

Se realizaron numerosas pruebas con diferentes tipos de interpolación: lineal, cúbica, el vecino más cercano, Cressman y Spline, para determinar cuál de ellos representa mejor la distribución de la temperatura. Finalmente, se concluyó que la interpolación del tipo Spline representa superficies complejas de una forma más exacta, a través de ecuaciones matemáticas, y ofrecen una forma más natural de expresar éstas.

Se han realizado pruebas de evaluación de los resultados obtenidos, comparando los valores estimados con los valores registrados en algunas estaciones (Mapa N° 02). Se observa que los valores estimados utilizando la ecuación de regresión son ligeramente mas bajos que los datos registrados en la estación, sin embargo, considerando la resolución espacial de la información generada puede concluirse que los resultados son aceptables.

3.6 Análisis de años secos y húmedos

Si bien el mapa del acumulado anual de precipitación muestra la distribución espacial de las lluvias, en promedio para un período de 40 años, es importante considerar que la cantidad, así como la distribución de las lluvias pueden variar año a año. Con el propósito de determinar los años característicos como “años secos” y “años húmedos o lluviosos” se utilizó el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, por sus siglas en Ingles), McKee et al. (1995).

Según éste método, se calcularon las distribuciones probabilísticas empíricas de las series de datos de precipitación, las cuales son transformadas a una distribución teórica normal, de tal modo que, la media del SPI es cero para cualquier estación. Valores positivos del SPI indican precipitaciones mayores que la media, y valores negativos indican precipitaciones menores que la media. Este índice se utiliza para la vigilancia de las sequías y permite establecer la intensidad de las mismas (Centro Nacional de Mitigación de Sequías, Universidad de Nebraska-Lincoln).

Se analizaron los datos mensuales de lluvias registradas en 38 estaciones, las que contaban con registros desde el año 1970 hasta el 2004, para las cuales se calculó el SPI, cuyos valores permitieron clasificar los años secos y húmedos.

Entre los años húmedos se encuentra el año 1973, para el cual 33 de las 38 estaciones reportaron valores positivos del SPI y 26 de ellas, presentaron valores del SPI mayores a +1. Los años 1991 y 1992 fueron particularmente secos, siendo el año 1992 cuando un mayor número de estaciones reportaron precipitación por debajo de su promedio. Para este año se contó con datos de 33 estaciones, todas presentaron valores negativos del SPI, y en 29 de ellas el SPI estuvo por debajo de -1. Para estos dos años, se trazaron las isoyetas para la representación espacial de las precipitaciones.

3.7 Clasificación climática

La clasificación climática se refiere a la división geográfica de una zona, de acuerdo a sus elementos climáticos más representativos. La más simple y más antigua es aquella en la que divide al hemisferio (Norte y Sur) en tres regiones de acuerdo a su latitud, siendo éstas: polar, templada y tropical. Otras clasificaciones climáticas se basan en zonas según valores medios de temperatura del aire, precipitación y evaporación, teniendo en cuenta además a la vegetación como

indicadora de la influencia de estas variables en ella.

Para la clasificación climática en la cuenca del Mantaro, se uso el método de Thornthwaite (1948). Esta clasificación se basa en el balance hídrico climático, mediante la aplicación de diversos índices climáticos obtenidos a partir del balance hídrico, calculando el Índice de Humedad, Índice de Aridez, Índice de Pluviosidad e Índice de Evapotranspiración Corregida, y partir de los cuales se determina el Régimen de Precipitación y Humedad, así como el Régimen Térmico.

Los datos usados para la clasificación climática según Thornthwaite fueron los registros climáticos de precipitación y temperatura media en la cuenca (Anexo N° 01). El trazado de los índices se realizó en forma manual según las categorías establecidas por el sistema, digitalizando cada uno de los manuscritos en forma de líneas y zonas que permitieron establecer los climas, mediante la superposición de los mapas, uno referido al régimen de precipitación y humedad y otro al régimen térmico.

4. RESULTADOS

4.1 Climatología de la circulación de la atmósfera en América del Sur durante verano e invierno

• Nivel de 200 hPa

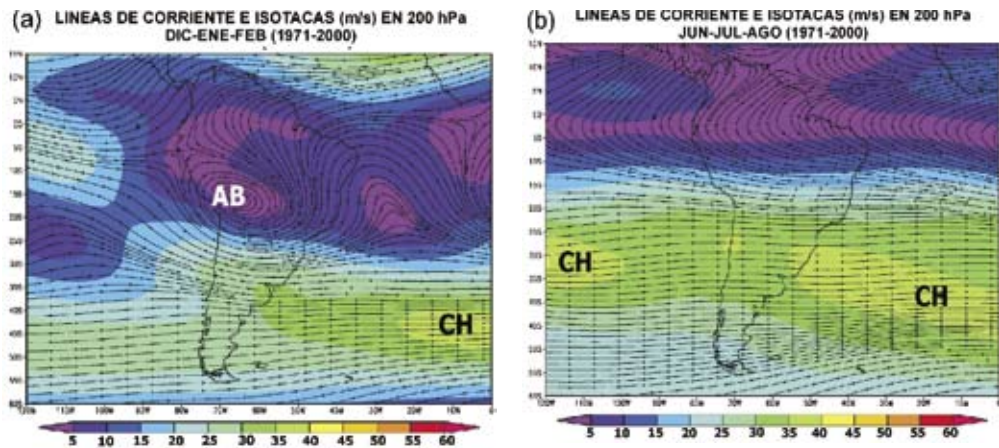
En los niveles más altos de la tropósfera (Figura N° 3a), predomina durante el verano sobre Sudamérica, un centro de circulación anticiclónica (circulación del aire en sentido antihorario), conocido como Alta de Bolivia (AB), cuyo centro se ubica en promedio en las coordenadas 66° de longitud oeste (O) y 17° de latitud sur (S). Se atribuye a éste sistema la función de hacer converger, sobre el Perú y otros países de Sudamérica, la inestabilidad y humedad necesaria para la generación de lluvias, en particular sobre las zonas andinas (Garreaud et al. 2003, Vuille 1999, Figueroa et al. 1995). En este nivel también se observa una zona de vientos fuertes (magnitudes superiores a 34 m/s), conocida como Corriente de Chorro (CH) Subtropical, que define la transición entre las zonas tropical y subtropical ubicada sobre el Atlántico. La circulación de vientos a este nivel, en el sector central del Perú es marcadamente del Este/Noreste, es decir, son flujos de aire húmedos y cálidos provenientes de la Amazonía.

Durante el invierno (Figura N° 3b), la AB desaparece. Los vientos predominantes sobre el centro y sur de Sudamérica (incluyendo el centro y sur del Perú) son del Oeste (dirección de Oeste a Este), éstos son flujos de aire seco, que asociados al enfriamiento generalizado en la región, contribuyen a la marcada estabilidad atmosférica sobre el territorio, característico de esta época del año. Por otro lado, se intensifica y predomina la CH Subtropical sobre el continente y sobre los océanos Atlántico y Pacífico, entre las latitudes 25°S y 45°S, alcanzando en estos meses, su posición más extrema norte en el año.



Para la clasificación climática se uso el método de Thornthwaite, que se obtiene a partir del balance hídrico climático.

Figura N° 3. Climatología de la circulación atmosférica (período:1971-2000) en Sudamérica a 200 hPa (aproximadamente a 12 km de altitud): a) en verano y b) en invierno. Fuente de datos: reanálisis del Centro Meteorológico Europeo. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.

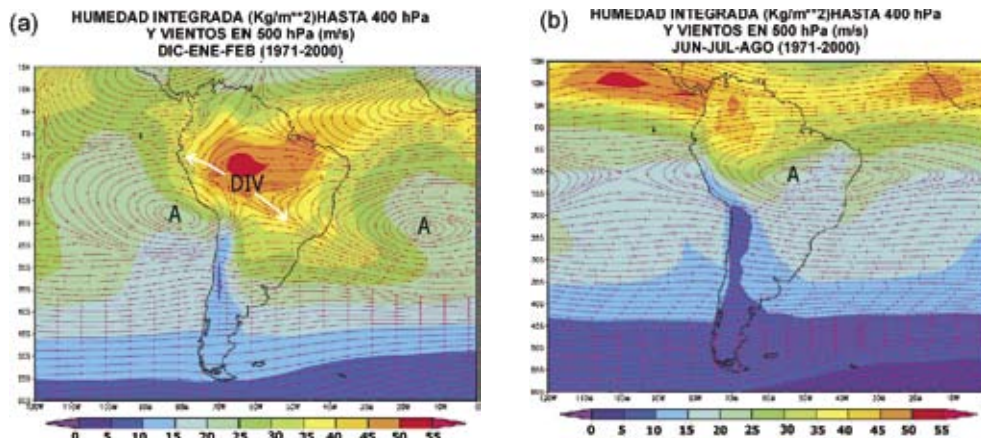


- **Nivel de 500 hPa**

Durante el verano (Figura N° 4a), en el nivel medio de la atmósfera se evidencia la aparición de dos centros de alta presión (circulación anticlónica), ubicados uno sobre el océano Pacífico y el otro sobre el Atlántico, centralizados aproximadamente en las coordenadas 81°O/ 18°S y 15° O/ 22°S respectivamente, que generan un área bastante amplia de divergencia (DIV) sobre Bolivia, asociada a la formación de la AB en niveles más altos, lo cual favorece el desarrollo generalizado de lluvias en gran parte del centro del continente sudamericano. La zona de mayor convección y por consiguiente lluvias (zonas de color entre naranja y rojo en la Figura N° 4a) se observan sobre Brasil, sobre la selva peruana y boliviana y en el sur de Colombia. En el Perú, el incremento y concentración de humedad se verifica en gran parte o casi todo el territorio y en la sierra en forma particular en el sector central y sur.

En la estación de invierno (Figura N° 4b), ya no existe la amplia zona de divergencia, ésta es reemplazada por un centro de alta presión que ocupa todo el centro-este del continente sudamericano (Brasil), conformado por dos núcleos adyacentes entre sí (uno alrededor de 54° O/12° S y el otro alrededor de 40°O/12°S), lo cual también contribuiría a la estabilización de la atmósfera sobre la zona central del continente sudamericano. La humedad, en estos meses, es la más baja del año en varios sectores al centro y sur del continente (colores entre celeste y morado en la Figura N° 4b), y por el contrario, la mayor humedad y lluvias se concentran al norte de Sudamérica, especialmente en el sector nororiental (Colombia, Venezuela, y noroeste de Brasil). En el Perú, la poca humedad que existe se concentra en el norte, particularmente en el sector nororiental, mientras que en el sector central y sur se consolida el período de estiaje.

Figura N° 4. Climatología de la circulación atmosférica (período:1971-2000) en Sudamérica a 500 hPa (aproximadamente a 5,5 km de altitud): a) en verano y b) en invierno. Fuente de datos: reanálisis del Centro Meteorológico Europeo. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



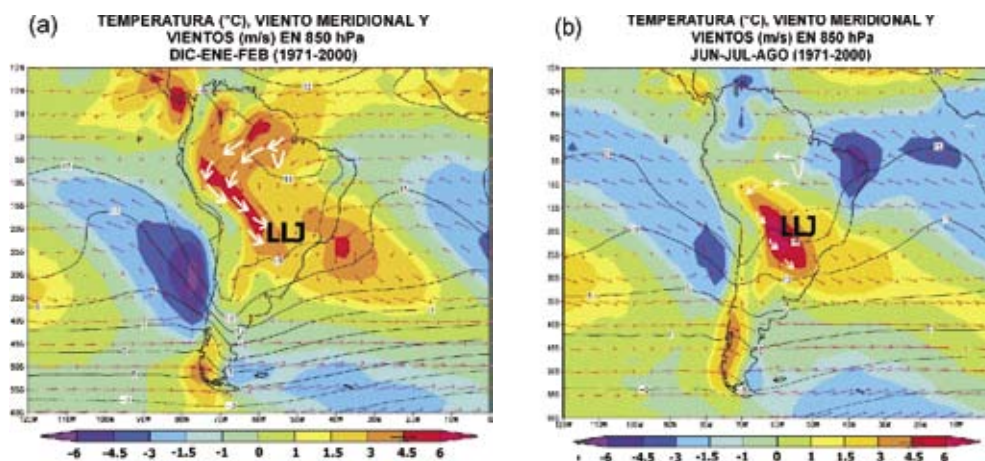
- **Nivel de 850 hPa**

Los vientos en la capa baja de la tropósfera durante el verano (Figura N° 5a), ingresan por el norte de Sudamérica procedente del Atlántico norte, y fluyen hacia el Oeste sobre el continente donde se encuentra con los Andes entre Colombia y Perú, que bloquea su avance. A partir de allí se tornan gradualmente en un flujo del norte y noroeste con dirección hacia Bolivia, Paraguay y norte de Argentina. En esta última región es frecuente que se presente un sistema de viento con altas velocidades conocido como Corriente de Chorro a Bajo Nivel (LLJ, según sus siglas en inglés) (Cavalcanti, 2003; Marengo y Suárez, 2002), el cual se intensifica durante el verano y permite un importante intercambio de energía y humedad desde la cuenca amazónica hasta el sur de Brasil y las planicies argentinas. En

el Perú, la dirección de los vientos promedios, es del Este y Norte, es decir, hay presencia constante de flujos cálidos y húmedos, que alcanzan gran parte del territorio con mayor intensidad y extensión en comparación a otras estaciones del año.

Durante el invierno (Figura N° 5b), en promedio, se establecen vientos predominantes del Este y Sureste al norte y este del continente, asociados a una intensificación del Anticiclón del Atlántico Sur, AAS (detallado en el siguiente sub capítulo). Por otro lado, el LLJ persiste aunque debilitado. En el territorio peruano los vientos del Norte y Este en general se debilitan en general, aún cuando en promedio se presentan ligeros vientos del Este en el sector norte (principalmente en zonas bajas del oriente).

Figura N° 5. Climatología de la circulación atmosférica (período:1971-2000) en Sudamérica a 850 hPa (aproximadamente a 1,5 km de altitud): a) en verano y b) en invierno. Fuente de datos: reanálisis del Centro Meteorológico Europeo. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



La mayor convección y por consiguiente lluvias en verano ocurren sobre Brasil, la selva peruana y boliviana y en el sur de Colombia.

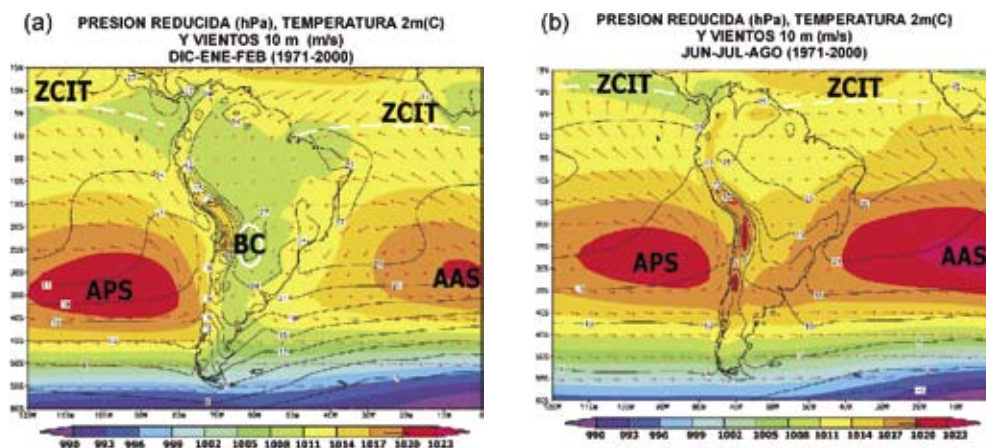
• Nivel de superficie

En la superficie o muy cerca de ella, el verano (Figura N° 6a) se caracteriza por presentar temperaturas en promedio entre 24°C y 27°C, en las zonas bajas del continente hasta los 30°S, estableciéndose un núcleo de máximas temperaturas, y por ende un centro de bajas presiones conocido como Baja de Chaco (BC), que se ubica entre el noroeste de Argentina y Paraguay (alrededor de 62°O y 24°S). Este centro de bajas presiones favorece la inestabilidad atmosférica y el desarrollo de convección y lluvias en la región, particularmente, en la zona de ceja de selva. También, genera perturbaciones y lluvias en los Andes centrales y sur, incluyendo el Altiplano peruano-boliviano. Otros sistemas atmosféricos importantes, que afectan al continente en este nivel, son los centros casi permanentes de alta presión subtropical: el Anticiclón del Pacífico Sur oriental (APS) y el Anticiclón del Atlántico Sur (AAS), que generan una constante circulación desde la zona subtropical hacia la zona ecuatorial, conocida como vientos alisios, y la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), donde confluyen los vientos alisios del hemisferio norte y del sur, cuya contribución más importante está en el desarrollo de lluvias en el sector norte del continente (incluyendo el norte del Perú).

Durante el verano, la intensidad promedio del APS está entre 1020 hPa y 1023 hPa, y su centro se ubica aproximadamente entre los 20° y 40° S y los 80° y 120° O. El AAS presenta una intensidad promedio similar, ubicado entre los 27 y 33° S y entre los 10° O y 3° E, en tanto que la ZCIT se ubica sobre el océano Pacífico entre los 5° y 7° N y en el Atlántico entre 0 y 3° N.

En la estación de invierno (Figura N° 6b) las temperaturas del aire disminuyen significativamente en el centro y sur de Sudamérica, se fortalecen los sistemas de alta presión subtropicales APS y AAS (con intensidades en promedio de 1023 hPa y 1024 hPa, respectivamente) desplazándose más al norte y cerca al continente (centros ubicados en 20°S-35°S/78°O-112°O y 27°S-32°S/20°O-10°E respectivamente) junto con la ZCIT (que ocupa su posición norte más extrema, alrededor de 10°N en el Pacífico y 5°N en el Atlántico aproximadamente), en tanto que al centro y sur del continente, incluyendo el territorio peruano, se observan altas presiones y alta estabilidad atmosférica.

Figura N° 6. Climatología de la circulación atmosférica (período:1971-2000) en Sudamérica cerca de la superficie (aproximadamente 10 m): a) en verano y b) en invierno. Fuente de datos: reanálisis del Centro Meteorológico Europeo. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



4.2 Climatología de la precipitación en la cuenca del río Mantaro

4.2.1 Distribución temporal

Las precipitaciones, en promedio, para toda la cuenca se inician en el mes de julio y se incrementan gradualmente en los meses de agosto y setiembre, haciéndose más significativas a partir de octubre hasta alcanzar valores máximos en febrero (Figura N° 7). Los meses de máximas precipitaciones son enero, febrero y marzo, en abril la precipitación disminuye bruscamente, para luego alcanzar los valores mínimos en junio. Este patrón se cumple en casi todas las estaciones de la cuenca. El 83% de la precipitación anual ocurre entre los meses de octubre a abril, de los cuales el 48% están distribuidos casi equitativamente entre los meses de enero, febrero y marzo.

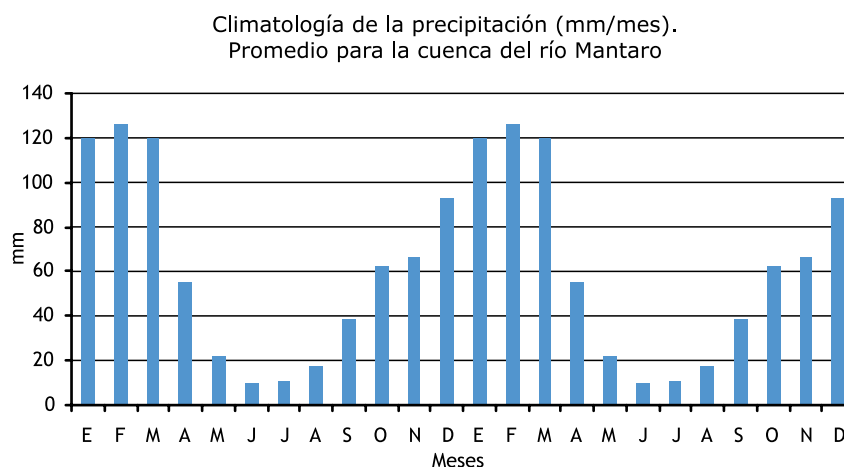
La cantidad de precipitación que acumula cada estación es variable, depende principalmente de

la ubicación geográfica. Se observa un ligero aumento de las precipitaciones en las estaciones ubicadas en la parte norte de la cuenca, así como las que se encuentran en la parte oeste. También se ha observado una dependencia de la precipitación con la altitud, las estaciones ubicadas en las partes más altas de la cuenca registran más lluvias que las ubicadas en los valles, sin embargo, esta dependencia está condicionada por otros aspectos físicos, como son el grado de exposición del terreno al Sol, la influencia de la brisa de montaña –valle– montaña, la dirección de los flujos de viento conteniendo humedad, entre otros factores.

Los valores climatológicos a nivel mensual, estacional y anual de la precipitación para cada una de las estaciones, se encuentran en el Anexo N° 02.

Los meses de máximas precipitaciones son enero, febrero y marzo, en abril la precipitación disminuye bruscamente. El 83% de la precipitación anual ocurre entre los meses de octubre a abril.

Figura N° 7. Climatología de precipitación (período: 1960-2002). Fuente de datos: SENAMHI, Electro Perú, Electro Andes e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



4.2.2 Distribución espacial

El promedio histórico de la suma anual de la precipitación (Mapa N° 03), presenta precipitaciones con valores que superan ligeramente los 1 000 mm/año en el sector occidental de la cuenca, al norte en las partes altas de las subcuencas de San Juan, Colorado, Conocancha y Santa Ana y al sur en la parte alta de la subcuenca del Huarpa (Ver subcuencas en el Mapa N° 01). En la región centro-occidental de la cuenca (parte alta de las subcuencas de Yauli, Pachacayo, Cunas y Vilca-Moya), las precipitaciones son ligeramente inferiores, del orden de 700-800 mm/año. A medida que se desciende hacia el valle, las precipitaciones disminuyen, observándose tres núcleos importantes de mínimas precipitaciones, un núcleo bastante amplio (con precipitaciones de 700 mm/año) que se extiende desde el lago Junín, en la provincia de Pasco hacia el sureste, hasta la provincia de Jauja donde la precipitación anual es inferior a 650 mm/año. Otro núcleo importante, con precipitaciones inferiores a 600 mm/año, se extiende desde la provincia de Tayacaja hasta la provincia de Angaraes en el departamento de Huancavelica. Sobre la subcuenca del Upamayu, en el distrito de Pampas (provincia de Tayacaja) y la provincia de Huanta, las precipitaciones alcanzan solo los 550 mm/año. En el extremo más oriental de la cuenca, hacia la confluencia del río Mantaro con el río Ene (en la selva de los departamentos de Junín y Huancavelica), la suma anual de la precipitación llega hasta los 1 600 mm/año.

Durante los meses de setiembre- octubre- noviembre (Mapa N° 05), la precipitación se incrementa significativamente con respecto a los

meses de junio, julio y agosto (Mapa N° 08). En la zona nor-occidental llega a precipitar más de 240 mm/trimestre (hasta 280 mm/trimestre en la parte alta de la subcuenca del río San Juan), desde ahí hacia el Este las precipitaciones disminuyen registrando solo 180 mm/trimestre en la zona de la subcuenca del Chinchaycocha (alrededor del lago Junín). Desde La Oroya hasta Jauja, se extiende un núcleo con precipitaciones inferiores a 160 mm/trimestre mientras que, en zona de Concepción, Chupaca y Huancayo se observa un núcleo de 200 mm/trimestre. En la zona sur-oriental, desde la provincia de Tayacaja hasta Huanta, la precipitación total anual es inferior a 140 mm/trimestre, presentándose núcleos de 120 mm/trimestre sobre Pampas y entre Churcampá, Huanta y Ayacucho. La zona de la selva, en esta época del año, presenta precipitaciones superiores a 300 mm/trimestre.

En los meses de diciembre-enero-febrero (Mapa N° 06), la distribución espacial de las lluvias es similar a la distribución anual. Las máximas precipitaciones se ubican en el extremo nor y sur-occidental de la cuenca, registrándose hasta 500 mm/trimestre en la parte alta de la subcuenca del río Santa Ana (al sur de Marcapomacocha) y hasta 540 mm/trimestre en la parte suroccidental de la subcuenca del río Huarpa; en la parte occidental de la subcuenca del río Vilca-Moya (Mapa N° 01), las precipitaciones sólo acumulan 420 mm/trimestre. Las precipitaciones más bajas (alrededor de 280 mm/trimestre), se observan en la provincia de Yauli (distrito de La Oroya), en la provincia de Tayacaja, y entre Acobamba y Huanta. En la zona

del valle del Mantaro, la precipitación en estos meses acumula 400 mm/trimestre. En la región de la selva, hacia la desembocadura del río Mantaro, la precipitación acumulada alcanza los 700 mm/trimestre.

Durante los meses de marzo-abril-mayo (Mapa N° 07), se mantiene la misma configuración de las lluvias observadas en la estación de verano (diciembre-febrero, Mapa N° 06), pero con valores bastante inferiores. En el extremo noroccidental el núcleo se presenta con 280 mm/trimestre, y en el extremo suroccidental llega a acumular solo 300 mm/trimestre. En la zona del valle del Mantaro, las lluvias no superan los 200 mm/trimestre, la isoyeta de 200 mm/trimestre se extiende prácticamente por toda la cuenca, bordeando el río Mantaro. Desde la provincia de Huancayo, hasta la provincia de Huanta en el sur, las precipitaciones son inferiores a 180 mm/trimestre. La región oriental, hacia la desembocadura del río Mantaro, las lluvias acumuladas son superiores a 400 mm/trimestre.

Para el período de estiaje: junio-julio-agosto (Mapa N° 08), las precipitaciones son casi insignificantes en toda la cuenca, a excepción de la región oriental, donde la precipitación acumula más de 120 mm/trimestre. En la zona del valle del Mantaro, las precipitaciones se encuentran alrededor de 40 mm/trimestre.

4.3 Análisis de años extremos

4.3.1 Año húmedo (1973)

Durante el año húmedo 1973 (Mapa N° 21), la precipitación anual presentó los núcleos de máximos valores en la parte occidental, alcanzando los 1 500 mm/año en la parte alta de la subcuenca del río Pachacayo, 1 200 mm/año en la zona de divisoria entre las subcuencas del río Cunas y Vilca-Moya, y 1 300 mm/año en la parte occidental de la subcuenca del río Huarpa (Ver subcuencas en el Mapa N° 01). En la zona de La Oroya, las precipitaciones alcanzaron los 800 mm/año, y en el valle del Mantaro alcanzaron los 900 mm/año. En la parte central de la cuenca, entre las subcuencas de los ríos Huanchuy, Upamayu, y parte baja del Ichu, se observa un núcleo inferior a 800 mm/año, llegando hasta 600 mm/año en la parte central del Huanchuy. En la parte sur de la cuenca entre Huanta y Churcampa, las precipitaciones son inferiores a 800 mm/año. Mientras que en las zonas más bajas de la cuenca, en la desembocadura del río Mantaro, las precipitaciones llegan a 1 500 mm/año.

4.3.2 Año seco (1992)

El año 1992 es considerado como año seco (Mapa N° 22). Las precipitaciones en la parte centro-occidental de la cuenca alcanzaron en este año sólo los 300 mm/año (subcuencas de

los ríos Pachacayo, Cunas, Vilca-Moya, Mapa N° 01). Sólo en el extremo nor-occidental y suroccidental estas alcanzaron los 800 mm/año y 700 mm/año, respectivamente. En la región de La Oroya las precipitaciones registraron sólo 400 mm/año, en la zona del valle del Mantaro se encuentran entre 400 mm/año y 500 mm/año, y al sur, entre Pampas, Acobamba y Huanta entre 300 mm/año y 400 mm/año. Un núcleo de 700 mm/año se observa desde el distrito de Tres de Diciembre (Chupaca), Chongos Alto (Huancayo) hasta Vilca en Huancavelica.

4.4 Climatología de la temperatura mínima del aire (a 2 m sobre la superficie)

4.4.1 Distribución temporal

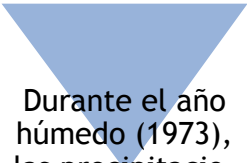
Las temperaturas mínimas del aire tienen un ciclo anual bien definido, principalmente en las zonas con mayor altitud. En toda la cuenca, los mínimos valores se registran en los meses de junio y julio, y los máximos en los meses de enero a marzo (Figura N° 8).

La estación de Marcapomacocha, ubicada en el extremo nor-occidental de la cuenca (provincia de Yauli), presenta temperaturas mínimas inferiores a 0°C durante todo el año, llegando en promedio a -4,3°C en julio. La estación de Laive (provincia de Chupaca), presenta temperaturas por debajo de los 0°C durante 6 meses (entre mayo y octubre), observándose hasta (-5,2°C) en el mes de julio. Las estaciones de Laive y Wayllapampa presentan un rango térmico anual (diferencia entre el valor mensual más alto y más bajo) para la temperatura mínima alrededor de 8°C (Tabla N° 03). En las estaciones ubicadas sobre los 3 000 msnm, por lo general el rango anual de la temperatura mínima es inferior a 4°C.

En el Anexo N° 03 se pueden encontrar los valores climatológicos de la temperatura mínima del aire para las 27 estaciones meteorológicas.

4.4.2 Distribución espacial

La distribución espacial del promedio multianual de la temperatura mínima del aire se muestran en el Mapa N° 23. Las temperaturas más bajas se presentan en el extremo occidental de la cuenca, con valores alrededor de los -2°C, llegando en algunas partes hasta -4°C. En el extremo nor-oriental de la cuenca, alrededor del lago Junín, las temperaturas mínimas se encuentran entre -2°C y 0°C. La zona del valle del Mantaro (al sur de Jauja, Concepción, Chupaca y Huancayo) las temperaturas mínimas se encuentran alrededor de 4°C. En el extremo sur de la cuenca (Ayacucho y Huanta) las temperaturas mínimas llegan hasta los 8°C y en el extremo más oriental de la cuenca, hacia la desembocadura del río Mantaro, el promedio anual de la temperatura mínima llegan a tener valores de hasta 16°C.

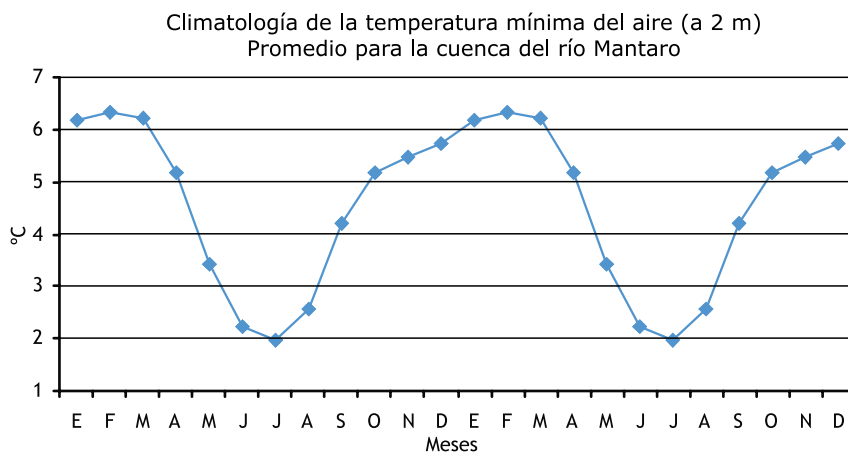


Durante el año húmedo (1973), las precipitaciones en el valle del Mantaro acumularon 900 mm/año, y el año 1992 (año seco) entre 400 y 500 mm/año.

Tabla N° 3. Promedios y rangos anuales de las temperaturas: media, mínima y máxima (a 2 m sobre la superficie)

ESTACIÓN	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA MEDIA DEL AIRE (°C)		TEMPERATURA MÍNIMA DEL AIRE (°C)		TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE (°C)	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Marcapomacocha	4413	4,3	1,8	-1,8	4,1	10,5	1,1
Cerro de Pasco	4260	5,6	1,7	0,0	4,0	11,4	0,9
Laive	3990	7,1	3,0	-0,5	8,1	14,4	1,6
La Oroya	3780	9,1	2,8	1,1	5,0	17,2	1,8
Huancavelica	3676	9,7	2,0	2,1	4,1	16,5	1,7
Acostambo	3650	9,4	2,9	1,7	6,2	16,1	1,4
Pilchaca	3570	10,9	1,8	4,3	3,8	17,8	2,1
Ingenio	3450	11,0	3,3	4,2	5,2	18,4	2,0
Jauja	3322	11,9	2,8	4,1	6,2	19,1	2,0
Comas	3300	10,2	0,9	4,8	3,1	15,3	1,6
Huayao	3313	11,9	3,4	4,4	6,7	19,9	2,2
Santa Ana	3295	12,1	3,2	3,9	6,8	20,2	2,4
Quinua	3260	12,6	2,5	2,5	6,2	18,3	1,5
Pampas	3260	11,3	3,0	5,1	3,3	18,4	2,3
Acobamba	3236	11,4	1,8	3,6	2,7	18,1	1,7
San Pedro de Cachi	3188	14,3	3,0	7,9	3,2	20,7	3,3
Viques	3186	12,9	3,0	5,0	4,8	16,1	2,3
Runatullo	3186	9,4	2,6	5,6	5,0	19,9	2,4
Lircay	3150	12,4	2,1	3,7	5,1	20,3	2,1
Paucarbamba	3000	12,5	1,5	6,3	3,1	17,9	1,9
Salcabamba	2900	13,5	3,3	8,5	3,3	18,5	4,3
Huasahuasi	2750	12,6	2,3	8,1	3,9	17,9	1,7
San Lorenzo	2600	16,2	1,8	10,6	2,5	22,8	3,7
Huanta	2521	17,4	2,8	10,1	2,7	24,5	2,8
Wayllapampa	2158	17,1	3,3	6,5	8,0	26,4	1,9

Figura N° 8. Climatología de temperatura mínima del aire (período: 1960-2002). Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



En febrero (Mapa N° 25), las temperaturas mínimas se mantienen con valores inferiores a 0°C en toda la región occidental, observándose valores inferiores a -2°C en algunas zonas, principalmente, en las partes más altas de la cuenca. La zona del valle del Mantaro, este mes, presenta valores entre 4°C y 6°C. En la zona sur-oriental de la cuenca, se observan temperaturas mínimas del aire hasta de 10°C entre Ayacucho y Huanta, mientras que en la región oriental, las temperaturas mínimas llegan hasta 20°C.

En el mes más frío, julio (Mapa N° 30), las temperaturas mínimas llegan hasta -4°C en la parte occidental de la cuenca. En la zona del valle del Mantaro, las temperaturas mínimas se mantienen alrededor de 0°C, y entre Chupaca y Huancayo llegan hasta los 2°C. En la zona sur-oriental de la cuenca, donde normalmente más cálida, las temperaturas mínimas se mantienen entre 6°C y 8°C. En la parte oriental de la cuenca (ceja de selva), hacia la confluencia del río Mantaro con el río Ene, las temperaturas mínimas en el mes de julio llegan a 16°C.

4.5 Climatología de la temperatura máxima del aire (a 2 m de la superficie)

4.5.1 Distribución temporal

El promedio para toda la cuenca de la temperatura máxima del aire, en función de los meses del año, presenta dos mínimos y dos máximos (Figura N° 9). Los valores mínimos de la temperatura máxima se registran en el mes de febrero y un mínimo secundario en julio. El valor máximo principal se registra en el mes de noviembre y un máximo secundario en mayo. El hecho que se registren los mínimos valores de la temperatura diurna (máxima del día) en los meses de febrero y marzo, probablemente, se debe a la

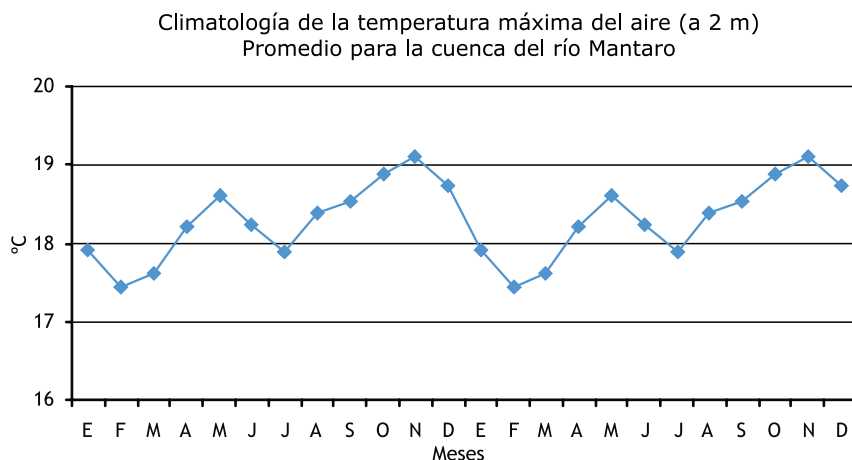
abundante nubosidad durante el período de lluvias, mientras que el segundo mínimo (julio) es debido a la estacionalidad. En la cuenca, la temperatura máxima alcanza los mayores valores en noviembre, posiblemente debido a que el aire va adquiriendo condiciones más cálidas, pero aún la nubosidad es escasa durante este mes.

La variación de la temperatura máxima durante el año es bastante pequeña, en comparación a la temperatura mínima. Las estaciones que registran mayor amplitud térmica son aquellas que se encuentran por debajo de los 3 200 msnm (Salcabamba con 4,3°C, San Lorenzo con 3,7°C, San Pedro de Cachi con 3,3°C y Huanta 2,8°C) (Tabla N° 03). Las estaciones ubicadas en las partes más altas de la cuenca (sobre los 3 500 msnm) tienen una amplitud térmica anual inferior a 2°C (Marcapomacocha con 1,1°C, Cerro de Pasco 0,9°C, La Oroya 1,8°C y Acostambo con 1,4°C. El resto de estaciones tienen una amplitud térmica entre 1 y 2°C.

Los valores más altos de la temperatura máxima se registran en la provincia de Huamanga, donde la estación de Wayllapampa (2 158 msnm) presenta un valor promedio para el año de 26,4°C (Tabla N° 03). Por otro lado, los valores más bajos de la temperatura máxima se observan en el extremo norte de la cuenca, en la provincia de Yauli (estación de Marcapomacocha, donde el valor medio anual es de 10,5°C), seguido de la provincia de Pasco (estación de Cerro de Pasco), que registra 11,4°C. En el valle, el promedio anual de la temperatura máxima es 18°C.

Las climatologías de la temperatura máxima del aire, pueden encontrarse en el Anexo N° 04.

Figura N° 9. Climatología de temperatura máxima del aire (período: 1960-2002). Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



4.5.2 Distribución espacial

El promedio multianual de la temperatura máxima del aire se muestra en el Mapa N° 36. En el extremo occidental, así como en las partes altas del extremo oriental de la cuenca, el promedio anual de la temperatura máxima del aire presenta valores alrededor de 12°C. A medida que se desciende de la montaña hacia el valle del Mantaro, la temperatura aumenta, presentando valores entre 16°C y 18°C. En la zona sur-oriental de la cuenca, en las partes más bajas, las temperaturas máximas alcanzan valores de hasta 22°C, y en la parte oriental de la cuenca hacia la desembocadura del río Mantaro, éstas llegan hasta 28°C.

En el mes de febrero (Mapa N° 38), que es el mes donde las temperaturas máximas son ligeramente más bajas, se observa que la isoterma de 12°C en la parte occidental de la cuenca esta presente, aunque cubriendo un área ligeramente mayor que en los otros meses. En la zona del valle del Mantaro la temperatura máxima en este mes esta alrededor de los 16°C. En la zona sur-oriental de la cuenca, entre Ayacucho y Huanta, la temperatura máxima en febrero se encuentran entre los 20°C y 22°C y en la parte oriental de la cuenca en la confluencia del

río Mantaro con el río Ene la temperatura máxima alcanza los 28°C.

En noviembre (Mapa N° 47), donde las temperaturas máximas son más altas, en la parte occidental, así como en la parte norte y centro oriental de la cuenca se mantiene la isoterma de 12°C pero con una menor cobertura en área. En el valle del Mantaro, la temperatura máxima en este mes llega hasta 18°C, mientras que en el extremo sur-oriental de la cuenca los valores se encuentran entre 22°C y 24°C. En la zona oriental de la cuenca, hacia la desembocadura en el río Ene, la temperatura máxima se mantiene en 28°C, pero cubriendo mayor área.

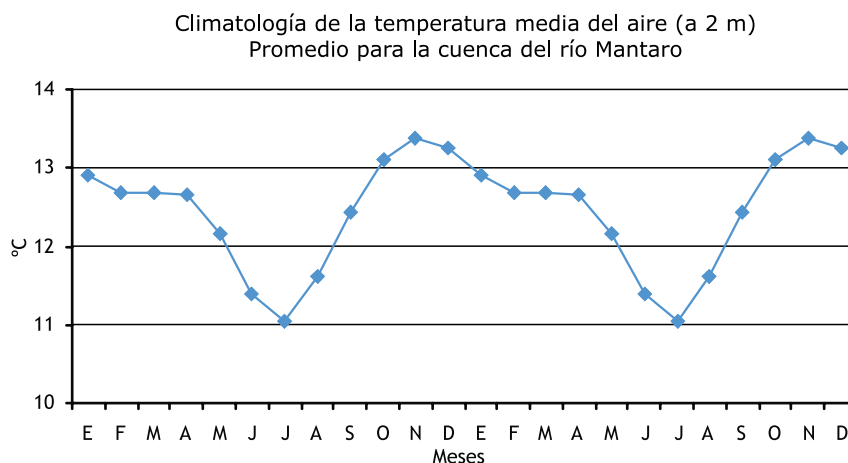
4.6 Climatología de la temperatura media del aire (a 2 m sobre la superficie)

4.6.1 Distribución temporal

La temperatura media del aire presenta los valores más bajos en julio y los máximos en noviembre (Figura N° 10). El rango anual de la temperatura media varía entre 0,9°C y 3,3°C para las estaciones de Comas y Wayllapampa, respectivamente (Tabla N° 03).

Las climatologías de la temperatura media del aire, pueden encontrarse en el Anexo N° 05.

Figura N° 10. Climatología de temperatura media del aire (período: 1960-2002). Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y elaboración: CPNTC/IGP.



4.6.2 Distribución espacial

El promedio anual de la temperatura media del aire (Mapa N° 49) presenta valores alrededor de los 4°C en las partes altas de la cuenca (extremo occidental). Conforme se desciende hacia los valles, la temperatura se incrementa llegando hasta 8°C y 10°C en la zona del valle del Mantaro, entre Jauja y Huancayo. En la parte sur-oriental de la cuenca (Ayacucho y Huanta) la temperatura media anual alcanza valores entre 12°C y 16°C. En la región

oriental, hacia la desembocadura del río Mantaro, la temperatura media anual alcanza los 24°C.

En el mes de julio (Mapa N° 56), se registran los valores más bajos de los promedios multianuales de la temperatura media del aire. En la parte occidental de la cuenca se observa que la isoterma de 4°C abarca una área bastante amplia. En el valle del Mantaro alcanzan la temperatura media está en el orden de los 8°C, llegando a 10°C en la zona

de Huancayo y Chupaca. En la zona sur-oriental (Huanta, Ayacucho) alcanzan los 12°C y en la zona más oriental de la cuenca los 22°C.

El promedio multianual de la temperatura media del aire tiene valores máximos en el mes de noviembre (Mapa N° 60). En las partes altas del lado occidental de la cuenca, la temperatura media del aire se encuentra alrededor de los 4°C, mientras que en la zona del valle del Mantaro, entre Jauja y Huancayo, se encuentran alrededor de los 12°C. En la zona sur-oriental, la temperatura media en este mes es del orden de 16°C y 18°C, y en la parte oriental, hacia la confluencia del río Mantaro con el río Ene, llega hasta 24°C.

4.7 Clasificación climática

De acuerdo a los valores obtenidos para los índices de Humedad, de Aridez, de Pluviosidad y de Evapotranspiración Corregida, cuyos mapas no se incluyen en el Atlas, se obtienen los diferentes climas que a continuación se describen.

4.7.1 Régimen de precipitación y humedad

En el Mapa N° 62 se presenta la integración de los índices del régimen de precipitación y humedad según Thornthwaite (1948). En total, se han determinado nueve (9) zonas climáticas en toda la cuenca del río Mantaro. El clima en la cuenca del Mantaro, desde el punto de vista del régimen de precipitación y humedad, en la cuenca del Mantaro, está caracterizado por presentar un régimen que varía desde Semi Húmedo, con déficit pequeño o ninguno y excesos moderados en verano (C2rs'), hasta Súper Húmedo, con déficit pequeño o ninguno y grandes excesos en verano (Ars'2); con excepción de la parte sur de la cuenca, donde se observa un clima Seco, con déficit moderado en invierno y poco o ningún exceso en verano (Dwd).

La zona central y noroccidental de la cuenca, esta caracterizada por un régimen pluviométrico que varía desde Húmedo (B3rs'2) a Muy Húmedo (B4rs'2) con déficit pequeño o ninguno y excesos grandes de precipitación en verano. En las partes altas de la subcuenca del Santa Ana, Colorado y San Juan (extremo noroccidental de la cuenca), puede encontrarse incluso un régimen Super Húmedo con déficit pequeño o ninguno y grandes excesos en verano (Ars'2). En el extremo suroccidental, entre las subcuencas del Ichu y Huarpa (ver subcuencas en el Mapa N° 01), el régimen de precipitación es Moderadamente Húmedo, con déficit pequeño o ninguno y excesos grandes en verano (B2rs'2). Casi toda la cuenca, a lo largo del río Mantaro, presenta un régimen Semi Húmedo, con déficit pequeño o ninguno y excesos moderados en verano (C2rs'), mientras que la zona de Jauja y Concepción tiene un régimen Ligeramente Húmedo, con déficit pequeño o ninguno y excesos moderados en verano (B1rs'). En la parte sur de la cuenca, el régimen pluviométrico es Semi Seco, con déficit moderado en invierno y poco o ningún exceso en verano (C1rd),

presentándose incluso en el extremo más sur, un clima Seco con déficit moderado en invierno y poco o ningún exceso en verano (Dwd).

4.7.2 Régimen térmico

El régimen térmico determinado según Thornthwaite para la cuenca del río Mantaro (Mapa N° 63), presenta en la parte occidental de la cuenca un clima de Tundra (D') y en las partes más altas, un clima Helado (E'); en las zonas altas del norte y centro oriental de la cuenca también se observa un régimen de Tundra (D'). Conforme se desciende de la montaña hacia las partes más bajas, la temperatura se incrementa y el clima es menos frío. En la zona del lago Junín, el clima es Frío Acentuado (C'1) y en la zona de La Oroya hasta el norte de Jauja es Frío Moderado (C'2). En el eje central de la cuenca se observa un régimen Semi Frío (B'1) desde el valle del Mantaro variando a Templado Frío (B'2), Templado Cálido (B'3) y Semicálido (B'4) hacia la desembocadura del río Mantaro. En la parte sur de la cuenca, entre Huanta y Ayacucho, el clima es Templado Frío (B'2).

5. CONCLUSIONES

Las precipitaciones en la cuenca del Mantaro tienen un ciclo anual bien definido. Se inician en el mes de julio, siendo más significativas a partir de octubre, hasta alcanzar valores máximos en febrero. Los meses de máximas precipitaciones son enero, febrero y marzo. En abril ocurre una disminución abrupta, y alcanzan los valores mínimos en junio y julio. El 83% de la precipitación anual tiene lugar entre los meses de octubre a abril, de los cuales el 48% están distribuidos casi equitativamente entre los meses de enero, febrero y marzo.

El acumulado anual de la precipitación, presenta los valores máximos en el extremo norte y sur occidental de la cuenca (1 000 mm/año); y en la región oriental, hacia la confluencia del río Mantaro con el río Ene, la precipitación anual alcanza los 1 600 mm/año. Las zonas con menor precipitación se ubican en la parte centro-sur de la cuenca (entre Pampas y Huanta) con valores del orden de 550 mm/año, y en el centro-norte (entre La Oroya y Jauja) con 650 mm/año.

El promedio mensual de la temperatura mínima del aire, presenta los mínimos valores en los meses de junio-julio y los máximos en enero-marzo. Por otro lado, la temperatura máxima registra los valores máximos en noviembre y los mínimos en febrero. El mayor rango térmico se observa en los meses de invierno, mientras que en verano y primavera el rango es menor.

El promedio anual de la temperatura mínima, muestra valores inferiores a -2°C en el extremo occidental de la cuenca, llegando incluso a -4°C en las partes más altas. En el valle del Mantaro (provincia de Jauja,



La temperatura media anual del aire varía desde 4°C en el extremo occidental de la cuenca, hasta 24°C en la región oriental, hacia la desembocadura del río Mantaro.

Concepción y Huancayo) las temperaturas mínimas están alrededor de los 4°C. En el extremo sur-oriental de la cuenca que abarca las provincias de Acobamba, Huancavelica y Huamanga, las temperaturas mínimas alcanzan los 8°C. En el extremo oriental de la cuenca, hacia la desembocadura del río Mantaro en el río Ene, las temperaturas mínimas alcanzan valores de hasta 16°C.

El promedio anual de la temperatura máxima del aire presenta valores de 12°C en la parte occidental y centro oriental de la cuenca. En el valle del Mantaro la temperatura máxima alcanza valores entre 16°C y 18°C, en la zona sur-oriental de la cuenca, las temperaturas máximas alcanzan valores de hasta 22°C y en el extremo más oriental hasta los 28°C.

El régimen de precipitación y humedad en la cuenca del río Mantaro, según la clasificación climática de Thornthwaite, presenta condiciones que varían desde un clima Semi Húmedo con déficit pequeño o ninguno y excesos moderados en verano (C2rs') en gran parte de la cuenca, hasta condiciones Muy Húmedas, con déficit pequeño o ninguno y excesos grandes en verano (B4rs'2) en la región noroccidental y centrooriental de la cuenca. En la zona sur de la cuenca se observa regímenes que varían de Semi Seco con déficit pequeño o ninguno y poco o ningún exceso en verano (C1rd) a Seco con déficit moderado en invierno y poco o ningún exceso en verano (Dwd).

El régimen térmico según Thornthwaite, muestra un clima de Tundra (D') en las partes altas de la cuenca, mientras que en la zona del valle, siguiendo el curso del río, el clima es Semi Frío (B'1).

Finalmente, se concluye que los 61 mapas climáticos con los que cuenta el presente atlas, constituyen una herramienta de gran valor considerando que es la primera vez que se cuenta con un material que muestre la distribución espacial de las precipitaciones y la temperatura del aire en la cuenca del río Mantaro. Así también, los dos mapas de la clasificación climática ilustran en forma sintetizada las principales características regionales del clima desde el punto de vista del régimen pluviométrico y de humedad, así como térmico.

La temperatura media del aire, presenta los valores mas bajos en el mes de julio y los máximos en noviembre. En las zonas altas de la cuenca (extremo occidental), presenta valores alrededor de 4°C, entre 8°C y 10°C en el valle del Mantaro, en el sector centro-sur de la cuenca alcanzan valores entre 12°C y 16°C, mientras que en la región oriental, hacia la desembocadura del río Mantaro, éstas llegan a 24°C.

6. REFERENCIAS

1. Arteaga, O. T., 1986: Evaluación de recursos hídricos en cuencas con información limitada: Cuencas de la Selva Central Amazónica.

- PNUD/SENAMHI.
2. Base de datos del IRI. En: <http://ingrid.ideo.columbia.edu>
3. Cavalcanti, I., C. Souza, V. Kousky, 2002: Características atmosféricas asociadas al chorro en bajos niveles al este de los Andes, en una simulación con el MCGA CPTEC/COLA y en datos de reanálisis NCEP/NCAR. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR.
4. Centella, A., L. Castillo y A. Aguilar, 1998: Escenarios climáticos de referencia para la República de El Salvador, PNUD ELS97G32, San Salvador, El Salvador, 21 pp.
5. Centro Nacional de Mitigación de Sequías, (NDMC, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska-Lincoln). En: <http://www.drought.unl.edu/>
6. Figueroa, S.N., P. Satyamurty, P. Silva Dias, 1995: Simulations of the summer circulation over the South American region with an Eta coordinate model. J. Atmos. Physics, 52, 1573-1584.
7. Garreaud, R., Vuille, M., A. Clement, 2003: The Climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. Palaeoclimatology, 194, 5-22.
8. Gilford, M., M. Vojtesak, G. Myles, R. Bonam, D. Martens, 1992: South America South of the Amazon River A climatological Study. Usafetac/TN-92/004. 150 p.
9. Grads Homepage. Grid Análisis and Display System. En: <http://grads.iges.org/grads/grads.html>.
10. Marengo, J., W., Suárez, 2002: Episodios de chorros de bajos niveles al este de los Andes durante el 13-19 de abril de 1999. XII Congresso Brasileiro de Meteorología, Foz de Iguaçu-PR, 2002.
11. McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January, Dallas, TX, pp. 233-236.
12. Satyamurty, P., C. Nobre, 1999: South America. Meteorological Monograph. Vol.27, 49. 119-139.
13. Villegas, E., V. Rosas, J. Silva, 1989: Estudio Agrometeorológico del Valle del Mantaro. SENAMHI, Lima, Perú.
14. Villegas, E., 1991: Zonificación del valle del Mantaro según intensidad y riesgo de ocurrencia de heladas radiacionales. Tesis para optar el título de Ingeniero Meteorólogo, UNALM, Lima, Perú.
15. Vuille, M., 1999: Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and Extreme phases of the Southern Oscillation. Int. J. Climatol., 19, 1579-1600.
16. Thornthwaite, C.W. 1948: An approach toward a rational classification of climate. The Geogr. Rev. 38:55-94.

7. ANEXOS

Anexo N° 1. Relación de estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores

Nº	NOMBRE DE ESTACION	LATITUD (°S)	LONGITUD (°O)	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº AÑOS	ENTIDAD
1	Cerro de Pasco	10,69	76,26	4260	X	X	Jul-49	Nov-02	54	SENAMHI
2	Quiulacocha	10,70	76,28	4299		X	Nov-52	Dec-74	23	IRI
3	Fundición	10,75	76,27	4268		X	Jan-57	May-72	15	IRI
4	Shelby	10,81	76,23	4140		X	Jul-55	Dic-96	41	Electro Andes
5	Tambosol	10,87	76,12	4100		X	May-69	Jun-04	35	Electro Perú
6	Carhuamayo	10,92	76,06	4146		X	Ene-52	Dic-96	44	Electro Andes
7	Upamayo	10,92	76,28	4080		X	Oct-63	Jun-04	41	Electro Perú
8	Casapato	10,98	76,04	4115		X	Nov-52	Dic-96	44	Electro Andes
9	Laguna Huarón	11,02	76,42	4649		X	Jan-57	Dec-74	16	IRI
10	San Ramon	11,12	75,43	800	X	X	Jul-39	Sep-98	60	SENAMHI
11	Junín	11,15	75,99	4120		X	May-69	Jun-04	35	Electro Perú
12	San Juan Pallanga	11,15	76,45	4649		X	Jan-57	Dec-74	17	IRI
13	Hueghue	11,24	76,28	4175		X	Dic-64	Jun-04	40	Electro Perú
14	Huasahuasi	11,27	75,63	2750	X	X	Oct-63	Nov-02	40	SENAMHI
15	Atocsaico	11,27	76,08	4532		X	Ene-52	Dic-96	44	Electro Andes
16	La Cima	11,29	75,92	4200		X	Nov-52	Dic-96	44	Electro Andes
17	Mazamari	11,33	74,53	699	X	X	Jun-68	Ene-81	13	SENAMHI
18	Yantac	11,33	76,40	4600		X	Dic-68	Oct-02	35	SENAMHI
19	Corpacancha	11,37	76,22	4249		X	Jan-57	Dec-74	18	IRI
20	Tarma	11,40	75,69	3000	X	X	Abr-60	Nov-02	43	SENAMHI
21	Malpaso	11,40	76,03	3749		X	Jan-43	Dec-74	18	IRI
22	Marcapomaco - cha	11,40	76,33	4413	X	X	Sep-64	Oct-02	39	SENAMHI
23	Punabamba	11,48	76,08	4099		X	Abr-57	Abr-74	18	IRI
24	La Oroya	11,57	75,96	3780	X	X	Sep-94	Nov-02	9	SENAMHI
25	Huascacocha	11,58	76,08	4499		X	Jan-57	Dec-74	18	IRI
26	Ricran	11,62	75,01	3500		X	Abr-65	Nov-02	38	SENAMHI
27	Runatullo	11,62	75,01	3186	X		Ene-88	Nov-02	15	SENAMHI
28	Pachachaca	11,62	76,00	3999		X	Jan-49	Nov-77	29	IRI
29	Morococha	11,63	76,10	4539		X	Jan-43	Dec-74	32	IRI
30	Pomacocha	11,73	76,13	4265		X	Mar-38	Dec-77	18	IRI
31	San Cristobal	11,73	76,05	4699		X	Jan-57	Dec-74	18	IRI
32	Comas	11,75	75,13	3300	X	X	Dic-63	Nov-02	40	SENAMHI
33	San Pedro Chuclu	11,75	75,50	3379		X	Sep-63	May-78	18	IRI
34	Huallacocha	11,77	76,10	4399		X	Jan-57	Dec-74	19	IRI
35	Jauja	11,78	75,47	3322	X	X	Ene-35	Dic-02	68	SENAMHI
36	Pachacayo Pinascocha	11,81	75,72	3550		X	Mar-66	Jun-04	38	Electro Perú
37	Hda	11,82	75,83	4299		X	Abr-57	Abr-74	18	IRI
38	Mantaro	11,83	75,40	3300		X	Feb-63	Jun-04	41	Electro Perú

(continúa...)

Anexo N° 1. Relación de estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Mantaro y alrededores

Nº	NOMBRE DE ESTACION	LATITUD (°S)	LONGITUD (°O)	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA	PRECIPITACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	Nº AÑOS	ENTIDAD
39	Ingenio	11,88	75,26	3450	X	X	Ago-63	Nov-02	40	SENAMHI
40	Pesquería					X	Aug-63	Dec-81	19	IRI
41	Ingenio	11,88	75,27	3399		X	Aug-63	Dec-81	19	IRI
42	Huaytapallana	11,95	75,04	4510		X	Ago-65	Jun-04	39	Electro Perú
43	Yauricocha	11,96	75,91	4375		X	Ene-65	Jun-04	39	Electro Perú
44	Consav Hda	11,98	75,63	3882		X	Abr-57	Abr-74	18	IRI
45	Colpa	11,99	75,47	3450		X	Jul-69	Jun-04	35	Electro Perú
46	Santa Ana	12,00	75,22	3295	X	X	Ene-92	Nov-02	11	INIA-SENAMHI
47	Angasmayo	12,03	75,40	3280		X	Ene-64	Jun-04	40	Electro Perú
48	Huayao	12,04	75,32	3308		X	Ene-22	Dic-02	81	IGP
49	Matibamba	12,08	74,82	2199		X	Aug-63	Jul-77	15	IRI
50	Vilca	12,12	75,83	3815		X	Sep-63	Jan-77	14	IRI
51	San Juan de Jarpa	12,12	75,43	3726		X	Jun-63	Mar-97	35	SENAMHI
52	Salcabamba	12,15	74,82	2900	X	X	Abr-65	Nov-02	38	SENAMHI
53	Viques	12,16	75,23	3186	X	X	Mar-64	Feb-98	35	SENAMHI
54	Chichicocha	12,17	75,61	4500		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
55	Laive	12,25	75,36	3990	X	X	Ago-63	Nov-02	40	SENAMHI
56	San Lorenzo	12,28	74,83	2600	X	X	Sep-63	Nov-02	40	SENAMHI
57	Palaco	12,35	75,30	3650		X	Feb-69	Jun-04	42	Electro Perú
58	Pilchaca	12,35	75,08	3570	X	X	Jul-64	Nov-02	39	SENAMHI
59	Acostambo	12,36	75,05	3650	X	X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
60	Yauyos	12,37	75,92	2870		X	Oct-63	Dec-77	15	IRI
61	Cercapuquio	12,38	75,32	4390		X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
62	Tellería	12,38	75,12	3050		X	Ene-64	Jun-04	40	Electro Perú
63	Pampas	12,38	74,85	3260	X		Feb-89	Nov-02	14	SENAMHI
64	Pampas	12,39	74,87	3260		X	Ene-63	Jun-04	41	Electro Perú
65	Huantan	12,45	75,82	3271		X	Oct-63	Dec-76	14	IRI
66	Paucarbamba	12,47	74,57	3000	X	X	Ago-64	Nov-02	39	SENAMHI
67	Kichuas	12,47	74,77	2650		X	Oct-63	Jun-04	41	Electro Perú
68	Mejorada	12,53	74,86	2820		X	Feb-62	Jun-04	42	Electro Perú
69	Huichicocha	12,55	75,52	4660		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
70	Huancalpi	12,58	75,24	3800		X	Ene-65	Nov-02	38	SENAMHI
71	Pampas					X	Sep-63	Dec-76	15	IRI
72	Colonia	12,63	75,88	3378		X	Sep-63	Dec-76	15	IRI
73	Chilicocha	12,70	75,45	4200		X	Nov-64	Jun-04	40	Electro Perú
74	Telepaccha	12,75	75,30	4399		X	Sep-63	Oct-81	19	IRI
75	Huancavelica	12,78	74,98	3676		X	Jun-62	Jun-04	42	Electro Perú
76	Huancavelica	12,78	75,01	3676	X	X	May-55	Nov-02	48	SENAMHI
77	Acobamba	12,84	74,57	3236	X	X	Dic-64	Nov-02	39	SENAMHI
78	Luricocha	12,90	74,27	2579		X	Nov-63	Dec77	15	IRI
79	Huanta	12,95	74,24	2521	X	X	Ene-64	Nov-02	39	SENAMHI
80	Lircay	12,98	74,72	3150	X	X	Jun-49	Nov-02	54	SENAMHI
81	San Miguel	13,02	73,98	2660		X	Sep-64	Sep-77	18	IRI
82	Quinua	13,06	74,14	3260	X	X	Sep-64	Nov-02	39	SENAMHI
83	Wayllapampa	13,08	74,22	2158	X	X	Ago-66	Nov-02	37	SENAMHI
84	San Pedro de Cachi	13,08	74,39	3188	X	X	Oct-65	Nov-02	38	SENAMHI
85	Tunal Cero	13,10	75,10	4529		X	Jun-58	Dic-81	24	IRI
86	Choclococha	13,15	75,07	4549		X	Jul-58	Dec-80	23	IRI
87	Huamanga	13,20	74,20	2761		X	Abr-62	Nov-00	39	IRI
88	San Genaro	13,20	75,10	4569		X	May-58	May-75	18	IRI

ANEXO N° 02: Climatología del acumulado mensual (mm/mes), anual (mm/año) y estacional (mm/trimestre) de precipitación en las estaciones de la cuenca del río Mantaro. Periodo: 1960-2002.
Fuente de datos: SENAMHI, Electro Peru, Electro Andes e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.

ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	DEF	MAM	JJA	SON
Acobamba	74,57	12,84	3236	129,2	123,1	103,5	36,0	22,6	11,2	12,9	18,4	43,3	63,9	69,8	81,6	715	334	162	43	177
Acostambo	75,05	12,36	3650	123,0	119,4	108,1	44,9	18,9	11,6	10,9	20,8	42,3	62,5	69,9	89,1	721	332	172	43	175
Angasmayo	75,40	12,03	3280	108,0	119,3	114,7	51,9	15,4	6,1	6,9	12,5	30,2	60,4	54,4	71,5	651	299	182	26	145
Atocsaico	76,08	11,27	4332	102,5	105,3	102,8	55,9	24,1	21,3	13,2	29,2	49,8	69,5	78,5	96,0	748	304	183	64	198
Carhuamay	76,06	10,92	4146	120,9	118,8	102,4	55,1	26,2	13,6	8,1	17,5	40,4	70,8	70,6	91,3	736	331	184	39	182
Casapato	76,04	10,98	4115	101,9	107,9	97,7	46,0	21,3	11,9	7,0	14,9	38,4	55,7	56,8	84,2	644	294	165	34	151
Cercapuquio	75,32	12,38	4390	134,7	144,9	141,9	71,5	29,6	9,2	10,9	18,1	44,9	69,5	75,8	103,8	855	383	243	38	190
Cerro de Pasco	76,26	10,69	4260	196,9	193,5	171,7	93,6	45,0	29,9	24,5	46,2	69,9	128,2	146,7	155,6	1302	546	310	101	345
Chichicocha	75,61	12,17	4500	133,2	136,1	148,2	67,8	19,1	7,0	8,1	11,5	32,7	52,0	65,7	90,1	771	359	235	27	150
Chilicocha	75,45	12,70	4200	132,9	126,4	124,0	58,0	14,9	6,7	5,9	14,6	27,7	50,3	56,7	83,4	702	343	197	27	135
Cholococha	75,07	13,15	4549	142,8	147,4	134,9	72,8	21,7	3,4	6,5	12,2	32,5	49,3	55,3	101,7	780	392	229	22	137
Colpa	75,47	11,99	3450	117,5	133,5	124,7	59,1	14,2	4,9	6,9	12,9	32,3	59,5	63,2	88,3	717	339	198	25	155
Comas	75,13	11,75	3300	134,2	151,4	139,2	61,9	26,4	12,4	21,4	24,4	59,1	82,0	94,6	118,0	925	404	227	58	236
Consav Hda.	75,63	11,98	3882	114,2	140,7	141,3	60,5	12,1	5,3	5,9	12,3	34,8	69,9	74,1	104,1	775	359	214	23	179
Corpacancha	76,22	11,37	4249	115,9	134,6	114,2	81,8	31,5	11,9	17,1	31,4	59,7	83,7	77,9	104,7	864	355	228	60	221
Fundición	76,27	10,75	4268	109,9	118,3	118,7	128,0	55,9	29,1	9,6	15,3	27,9	52,7	79,5	93,4	838	322	303	54	160
Huallacocha	76,10	11,77	4399	119,7	145,7	151,8	77,4	19,3	7,9	6,9	16,2	33,2	71,6	59,8	103,6	813	369	249	31	165
Huamanga	74,20	13,20	2761	111,1	110,3	92,8	30,6	12,6	7,9	5,1	12,4	28,3	39,6	42,1	72,0	565	293	136	25	110
Huancalpi	75,24	12,58	3800	139,2	144,6	125,7	63,7	28,4	24,2	21,9	33,1	45,6	83,7	86,5	118,1	915	402	218	79	216
Huancavelica	74,98	12,78	3676	153,8	152,1	136,0	70,6	24,4	11,4	12,6	20,8	43,4	61,5	77,9	106,3	871	412	231	45	183
Huanta	74,24	12,95	2521	92,8	89,8	102,1	23,0	17,6	3,9	12,4	13,3	15,6	46,2	44,9	82,8	544	265	143	29	107
Huantan	75,82	12,45	3271	136,6	135,9	165,5	55,2	9,2	0,0	1,1	0,9	4,2	22,4	17,2	80,4	629	353	230	2	44
Huasahuasi	75,63	11,27	2750	80,1	81,6	90,1	40,4	22,7	9,1	12,1	12,6	32,8	41,1	44,1	53,5	520	215	153	34	118
Huascacocha	76,08	11,58	4499	118,4	118,4	125,3	67,5	30,1	9,6	11,4	23,7	48,3	77,3	66,9	97,5	795	334	223	45	193
Huayao	75,32	12,04	3308	118,7	129,1	114,2	58,5	18,4	7,6	7,0	19,3	46,2	71,0	67,9	94,1	752	342	191	34	185
Huaytapallana	75,04	11,95	4510	153,7	149,5	135,9	57,3	23,6	8,0	7,3	14,1	42,7	66,2	87,2	108,2	854	411	217	29	196
Hueghue	76,28	11,24	4175	111,8	121,3	131,9	64,7	30,9	9,4	14,1	21,7	47,7	68,6	70,6	88,7	781	322	228	45	187
Huichicocha	75,52	12,55	4660	118,7	126,4	122,2	50,2	16,0	5,8	5,5	11,6	22,9	54,3	56,2	93,0	683	338	188	23	133
Ingenio	75,26	11,88	3450	140,8	131,4	111,6	48,7	20,5	8,2	5,2	9,0	29,2	62,8	81,0	106,2	755	378	181	22	173

(continúa...)

ANEXO N° 02: Climatología del acumulado mensual (mm/mes), anual (mm/año) y estacional (mm/trimestre) de precipitación en las estaciones de la cuenca del río Mantaro. Periodo: 1960-2002. Fuente de datos: SENAMHI, Electro Peru, Electro Andes e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.																				
ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	DEF	MAM	JJA	SON
Jauja	75,47	11,78	3322	122,7	119,1	116,2	49,5	10,7	4,9	4,5	8,8	29,6	65,0	74,1	99,4	704	341	176	18	169
Junín	75,99	11,15	4120	146,7	132,5	121,8	67,0	28,0	15,4	12,6	20,3	48,1	79,8	82,0	104,4	859	384	217	48	210
Kichuas	74,77	12,47	2650	92,6	94,4	85,1	33,1	10,9	6,0	4,9	10,6	24,1	42,1	52,4	76,1	532	263	129	22	119
Lacima	75,92	11,29	4200	99,1	104,0	91,1	49,5	24,4	14,6	10,2	22,8	52,2	66,7	64,1	92,5	691	296	165	48	183
Laguna Huaron	76,42	11,02	4649	129,1	153,6	141,1	80,2	30,1	11,7	13,9	22,7	52,5	95,8	79,1	111,6	921	394	251	48	227
Laive	75,36	12,25	3990	156,2	169,4	140,9	64,1	24,0	9,3	12,9	23,9	63,1	79,4	76,4	117,3	937	443	229	46	219
La Oroya	75,96	11,57	3780	76,2	100,0	84,6	41,0	20,6	4,0	14,7	14,2	34,9	44,5	49,6	76,3	561	253	146	33	129
Lircay	74,72	12,98	3150	141,3	140,1	121,2	61,2	25,4	13,8	15,0	21,5	49,1	63,3	61,6	94,7	808	376	208	50	174
Luricocha	74,27	12,90	2579	78,4	85,3	73,1	29,1	12,3	4,8	6,1	8,7	21,9	34,6	32,5	64,9	452	229	114	20	89
Malpaso	76,03	11,40	3749	117,9	124,4	102,0	60,2	35,1	18,3	17,0	28,3	58,2	70,8	73,2	107,7	813	350	197	64	202
Manta	75,21	12,62	3711	86,6	100,2	115,8	41,1	17,9	13,7	19,9	18,9	36,9	34,5	52,3	55,1	593	242	175	53	124
Mantaro	75,40	11,83	3300	103,2	110,3	111,4	49,4	13,7	4,2	5,6	10,3	29,1	55,6	67,9	99,4	660	313	174	20	153
Marcapoma	76,33	11,40	4413	178,1	190,7	199,3	84,1	35,8	17,9	14,4	26,4	66,1	106,9	91,6	137,8	1149	507	319	59	265
Matibamba	74,82	12,08	2199	154,1	122,8	123,4	72,9	36,9	14,1	22,5	26,6	58,6	67,3	69,9	109,8	879	387	233	63	196
Mazamari	74,52	12,25	760	214,7	171,4	207,0	127,5	78,1	32,1	33,1	59,5	112,1	65,9	158,6	314,1	1574	700	413	125	337
Mejorada	74,86	12,53	2820	102,3	101,2	95,6	38,3	17,6	9,9	8,3	16,0	31,9	48,0	58,9	77,7	606	281	152	34	139
Morococha	76,10	11,63	4539	120,7	131,8	132,8	73,6	37,3	15,9	16,3	23,2	53,2	73,8	68,9	97,8	845	350	244	55	196
Pachacayo	75,72	11,81	3550	97,9	113,4	117,7	53,7	17,5	8,8	7,8	13,1	31,7	58,1	64,9	84,2	669	296	189	30	155
Pachachaca	76,00	11,62	3999	101,6	115,7	116,3	58,2	28,5	13,2	12,3	24,5	52,3	62,4	70,8	83,4	739	301	203	50	186
Palaco	75,30	12,35	3650	110,9	111,4	95,2	45,3	18,2	8,0	9,6	18,0	39,9	58,1	60,9	83,6	659	306	159	36	159
Pampas	74,87	12,39	3260	84,8	93,7	83,6	33,1	15,3	7,7	9,4	17,0	31,5	42,9	44,8	78,0	542	256	132	34	119
Pampas																				
Colonia	75,88	12,63	3378	96,3	113,1	148,2	31,8	3,8	0,4	0,8	0,2	5,5	13,8	16,8	75,4	506	285	184	1	36
Paucarbamba	74,57	12,47	3000	153,1	152,4	158,1	61,9	31,2	11,9	22,1	33,4	57,8	78,0	89,9	98,7	948	404	251	67	226
Pesquería ING	75,27	11,88	3399	141,9	155,9	137,1	50,7	22,4	7,3	7,6	11,5	36,9	75,2	80,1	126,1	853	424	210	26	192
Pilchaca	75,08	12,35	3570	127,2	127,9	108,4	43,5	14,5	13,6	11,1	20,8	44,1	61,7	64,0	91,3	728	346	167	45	170
Pinascocha	75,83	11,82	4299	117,2	125,9	140,8	62,8	15,9	7,1	6,6	15,0	37,4	71,8	65,1	92,4	758	336	220	29	174
Pomacocha	76,13	11,73	4265	100,5	122,3	141,3	69,5	21,3	7,2	7,7	17,2	36,0	64,9	61,6	98,6	748	321	232	32	162
Punabamba	76,08	11,48	4099	109,0	117,1	104,6	57,4	29,5	16,4	14,7	25,4	50,9	76,3	62,8	109,9	774	336	191	56	190
Quinua	74,14	13,06	3260	151,6	141,0	137,1	38,4	19,9	10,2	11,5	14,4	39,4	54,9	65,3	103,2	787	396	195	36	160
continúa...																				

ANEXO N° 02: Climatología del acumulado mensual (mm/mes), anual (mm/año) y estacional (mm/trimestre) de precipitación en las estaciones de la cuenca del río Mantaro. Periodo: 1960-2002.
Fuente de datos: SENAMHI, Electro Peru, Electro Andes e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.

ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL	DEF	MAM	JJA	SON
Quilacocha	76,28	10,70	4299	117,8	136,0	125,0	74,1	32,9	11,5	12,3	19,8	43,5	92,4	93,3	115,0	873	369	232	44	229
Ricran	75,01	11,62	3500	97,8	106,6	101,8	52,2	21,8	9,3	9,2	13,6	27,5	63,3	66,3	86,3	655	291	176	32	157
Runatullu	75,01	11,62	3186	111,7	101,9	93,1	69,0	27,0	12,2	25,9	38,4	54,2	91,5	87,9	85,6	798	299	189	76	234
Salcabamba	74,82	12,15	2900	97,9	125,3	104,4	33,1	21,3	16,0	13,2	16,8	28,4	60,5	72,2	79,3	668	303	159	46	161
San Cristobal	76,05	11,73	4699	116,1	135,9	137,1	77,2	19,5	8,2	6,4	15,1	38,4	67,3	67,5	99,2	788	351	234	30	173
San Genaro	75,10	13,20	4569	145,0	138,9	146,5	77,3	24,9	2,7	6,6	9,7	27,7	52,9	50,1	110,3	793	394	249	19	131
San Lorenzo	74,83	12,28	2600	87,2	103,9	107,7	28,8	14,3	3,5	9,8	11,6	24,4	32,0	44,9	74,2	542	265	151	25	101
San Miguel	73,98	13,02	2660	93,0	85,7	69,7	17,8	13,9	4,7	6,1	6,8	17,1	32,6	44,4	55,4	447	234	101	18	94
San Ramon	75,43	11,12	800	252,0	251,3	250,8	210,4	118,1	75,4	70,8	91,0	117,3	189,5	156,9	225,4	2009	729	579	237	464
Santa Ana	75,22	12,00	3295	98,7	117,9	94,1	43,1	9,9	5,0	6,0	11,6	29,2	60,5	75,9	94,4	646	311	147	23	166
Shelby	76,23	10,81	4140	122,6	117,1	117,5	67,7	29,8	11,2	7,2	18,6	41,2	78,2	85,0	108,1	804	348	215	37	204
San Juan de Jarpa	75,43	12,12	3726	172,9	168,0	174,2	78,8	27,6	18,8	11,1	34,8	69,0	91,4	96,2	110,7	1053	452	281	65	257
San Juan de Pallanga	76,45	11,15	4649	123,3	146,8	144,0	91,1	28,0	10,1	9,4	24,1	54,6	86,6	76,4	108,8	903	379	263	44	218
San Pedro de Cachi	74,39	13,08	3188	117,7	126,9	105,2	31,2	10,7	8,1	9,9	15,1	24,3	41,7	56,4	75,9	623	320	147	33	122
San Pedro de Chuclu	75,51	11,75	3400	105,6	119,5	107,9	49,0	12,6	6,1	4,1	14,9	29,2	58,5	70,2	85,5	663	311	170	25	158
Tambo de Sol	76,12	10,87	4100	147,3	136,5	120,8	59,3	28,8	20,6	14,4	22,8	47,1	75,2	85,1	107,9	866	392	209	58	207
Tarma	75,69	11,40	3000	51,6	56,5	59,4	22,5	10,6	5,6	4,5	9,0	17,0	28,6	34,6	39,7	340	148	93	19	80
Telepacha	75,30	12,75	4399	108,4	114,9	98,8	45,1	14,5	5,8	9,7	13,8	25,0	38,6	49,0	89,4	613	313	158	29	113
Telleria	75,12	12,38	3050	90,6	100,8	73,6	38,5	13,7	7,4	8,3	17,7	38,4	54,0	51,4	72,0	566	263	126	33	144
Tunal Cero	75,10	13,10	4529	127,3	143,3	122,3	62,6	19,6	4,6	6,2	13,6	30,8	44,5	57,3	104,2	736	375	204	24	133
Upamayo	76,28	10,92	4080	129,5	131,1	131,0	62,0	31,1	11,7	9,4	20,7	51,8	80,3	87,9	115,9	862	377	224	42	220
Vilca	75,83	12,12	3815	167,9	178,9	141,9	38,9	8,5	3,0	2,3	13,3	27,6	57,7	70,5	115,1	826	462	189	19	156
Viques	75,23	12,16	3186	128,5	139,7	91,7	32,0	14,1	11,4	11,4	11,6	34,0	75,3	77,4	76,2	703	344	138	34	187
Wayllapampa	74,22	13,08	2158	136,6	143,9	129,5	31,3	7,7	2,9	7,2	12,5	25,6	35,1	58,1	77,2	668	358	169	23	119
Yantac	76,40	11,33	4600	100,3	120,3	99,6	52,2	22,7	17,2	7,5	23,9	35,1	60,0	62,2	69,6	671	290	175	49	157
Yauricocha	75,91	11,96	4375	134,3	140,9	144,7	77,5	21,1	8,4	8,7	14,5	38,8	57,0	68,6	99,9	814	375	243	32	164
Yauyos	75,92	12,37	2870	100,4	116,0	126,1	21,8	5,6	1,1	0,1	1,1	6,6	16,4	19,9	63,3	478	280	153	2	43

ANEXO N° 03: Climatología de la temperatura mínima del aire (°C) en las estaciones de la cuenca del río Mantaro.

Periodo: 1960-2002

Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.

ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Acobamba	74,57	12,84	3236	4,7	4,7	4,6	3,8	3,1	2,4	2,4	2,3	3,4	4,2	4,2	4,1	3,6
Acostambo	75,06	12,36	3650	4,0	4,1	3,9	2,2	0,0	-1,8	-1,8	-0,4	1,5	2,9	2,8	3,1	1,7
Cerro de Pasco	76,26	10,69	4260	1,2	1,2	1,4	0,8	-0,2	-1,1	-1,1	-2,1	-0,6	0,6	0,7	1,1	0,0
Comas	75,13	11,75	3300	6,0	6,1	6,0	5,3	4,4	3,4	3,4	3,5	4,3	5,0	5,2	5,6	4,8
Huancavelica	75,01	12,78	3676	3,8	3,8	3,5	2,6	0,7	-0,3	-0,3	0,4	1,9	2,6	2,8	3,3	2,1
Huanta	74,24	12,95	2521	11,3	11,3	11,2	10,2	9,6	9,0	9,0	8,6	9,8	10,2	10,6	10,7	10,1
Huashuasi	75,63	11,27	2750	9,7	9,7	9,5	8,6	7,0	6,3	6,3	6,5	7,4	8,7	8,7	9,1	8,1
Huayao	75,32	12,04	3313	6,8	6,8	6,4	4,8	2,2	0,5	0,5	2,1	4,5	5,6	5,8	6,1	4,3
Ingenio	75,26	11,88	3450	5,1	6,3	6,2	5,1	2,7	1,1	1,1	1,2	4,4	5,3	5,9	5,7	4,2
Jauja	75,47	11,78	3322	6,3	6,3	6,1	4,9	2,4	0,9	0,9	1,5	3,7	5,1	5,5	5,8	4,1
La Oroya	75,96	11,57	3780	2,8	3,1	3,0	2,1	0,3	-2,0	-2,0	-0,8	0,5	1,8	1,8	2,5	1,1
Laive	75,36	12,25	3990	2,6	2,9	2,7	0,9	-2,5	-5,0	-5,0	-3,7	-1,2	0,0	0,3	1,6	-0,5
Lircay	74,72	12,98	3150	5,9	5,8	5,8	4,6	2,5	1,3	1,3	1,5	3,2	4,2	4,4	5,0	3,7
Marcapomacocha	76,33	11,40	4413	-0,3	-0,4	-0,2	-0,6	-2,1	-3,1	-3,1	-3,9	-2,6	-1,5	-1,3	-0,9	-1,8
Mazamari	74,52	12,25	760	19,0	19,0	19,5	19,1	18,8	17,2	17,2	16,9	17,9	18,7	18,9	19,2	18,4
Pampas	74,85	12,38	3260	5,1	5,2	4,5	2,9	0,6	-0,7	-0,7	0,4	2,6	3,4	3,5	3,6	2,5
Paucarbamba	74,57	12,47	3000	7,4	7,5	7,6	6,8	5,8	5,1	5,1	4,9	5,6	6,0	6,8	7,2	6,3
Pilchaca	75,08	12,35	3570	5,5	5,6	5,7	5,0	3,6	2,5	2,5	2,8	3,9	4,7	5,0	5,1	4,3
Quinua	74,14	13,06	3260	6,1	6,1	6,1	5,7	4,8	3,7	3,7	3,7	4,9	5,7	5,8	5,8	5,1
Runatullo	75,01	11,62	3186	6,1	6,9	6,6	5,6	4,0	2,7	2,7	2,1	4,4	5,8	6,3	6,5	5,0
San Pedro de Cachi	74,39	13,08	3188	9,2	9,2	9,3	8,4	6,8	6,1	6,1	6,2	7,6	8,8	9,1	8,4	7,9
Salcabamba	74,82	12,15	2900	9,4	9,5	9,3	9,0	8,1	7,5	7,5	6,3	8,2	9,0	9,4	9,0	8,5
San Lorenzo	74,83	12,28	2600	11,3	11,4	11,4	11,0	10,0	9,3	9,3	9,4	10,4	11,0	11,3	11,3	10,6
San Ramon	75,43	11,12	800	19,4	19,4	19,0	18,4	17,7	17,0	17,0	16,9	17,5	18,6	19,1	19,2	18,2
Santa Ana	75,22	12,00	3295	6,5	6,7	6,2	4,3	1,8	0,0	0,0	1,6	3,7	5,2	5,4	5,9	3,9
Tarma	75,69	11,40	3000	7,9	7,9	7,9	7,2	5,6	4,3	4,3	4,8	6,2	7,0	7,2	7,5	6,5
Viques	75,23	12,16	3186	7,7	7,8	7,8	5,6	3,5	2,9	2,9	3,4	5,3	6,7	6,4	6,8	5,6
Wayllapampa	74,22	13,08	2158	9,0	9,3	9,1	7,3	3,4	1,3	1,3	3,9	6,1	7,6	8,6	9,0	6,5

ANEXO N° 04: Climatología de la temperatura máxima del aire (°C) en las estaciones de la cuenca del río Mantaro. Periodo: 1960-2002 Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.																
ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Acobamba	74,57	12,84	3236	17,4	17,3	17,6	17,9	18,4	17,8	18,0	18,2	18,1	18,8	19,0	18,4	18,1
Acostambo	75,06	12,36	3650	15,8	15,7	15,5	16,0	16,2	15,9	15,6	15,8	16,2	16,6	16,9	16,8	16,1
Cerro de Pasco	76,26	10,69	4260	11,5	11,2	10,9	11,4	11,7	11,1	11,1	11,7	11,4	11,6	11,8	11,7	11,4
Comas	75,13	11,75	3300	14,6	14,4	14,9	15,4	15,9	16,0	15,5	15,5	15,6	15,4	15,5	15,1	15,3
Huancavelica	75,01	12,78	3676	15,9	15,7	15,8	16,3	16,8	16,9	16,5	16,6	16,4	16,7	17,4	16,7	16,5
Huanta	74,24	12,95	2521	24,7	24,1	23,6	24,1	24,0	23,6	23,3	24,2	25,0	25,6	26,1	25,8	24,5
Huasahuasi	75,63	11,27	2750	17,4	17,5	17,7	18,1	18,0	17,5	17,1	17,5	18,0	18,5	18,8	18,3	17,9
Huayao	75,32	12,04	3313	18,7	18,3	18,2	19,1	19,6	19,2	19,1	19,8	19,9	20,3	20,4	19,7	19,9
Ingenio	75,26	11,88	3450	19,2	17,5	17,7	18,0	18,8	18,1	17,9	18,4	18,6	18,9	18,6	19,5	18,4
Jauja	75,47	11,78	3322	18,4	18,1	18,0	18,9	19,5	19,1	19,0	19,5	19,8	19,8	20,0	19,6	19,1
La Oroya	75,96	11,57	3780	17,3	17,0	16,8	16,9	17,0	17,1	16,5	16,8	17,4	17,2	18,3	17,8	17,2
Laive	75,36	12,25	3990	13,7	13,7	13,6	14,2	14,5	14,9	14,3	14,5	14,4	14,8	15,2	14,4	14,4
Lircay	74,72	12,98	3150	19,2	19,2	19,3	20,1	20,9	20,4	20,3	20,5	20,7	21,0	21,3	20,5	20,3
Marcapomacocha	76,33	11,40	4413	10,0	10,0	10,1	10,4	10,7	10,4	10,3	10,8	10,7	10,9	11,1	10,6	10,5
Maza mari	74,52	12,25	760	29,4	29,7	29,9	30,4	30,6	30,6	30,3	30,8	31,1	31,4	30,8	29,7	30,4
Pampas	74,85	12,38	3260	17,8	17,7	17,7	18,4	18,8	18,2	18,0	18,1	18,3	18,9	19,2	18,9	18,3
Paucarbamba	74,57	12,47	3000	16,8	17,0	16,9	18,0	18,4	18,1	18,2	18,1	18,4	18,6	18,7	18,2	17,9
Pilchaca	75,08	12,35	3570	17,0	16,8	16,8	17,7	18,6	18,0	17,8	18,0	17,9	18,4	18,8	17,9	17,8
Quinua	74,14	13,06	3260	18,1	17,9	17,5	18,2	18,5	17,8	17,6	18,2	18,8	19,4	19,8	19,3	18,4
Runatullo	75,01	11,62	3186	16,8	15,7	17,3	16,7	16,1	15,0	16,0	15,9	14,9	16,3	15,3	17,2	16,1
San Pedro de Cachi	74,39	13,08	3188	21,4	18,6	19,9	20,2	21,0	20,8	18,9	21,3	21,3	21,8	21,9	21,4	20,7
Salcabamba	74,82	12,15	2900	20,3	17,0	18,2	18,5	18,4	18,0	16,0	18,0	18,8	19,3	19,9	19,3	18,5
San Lorenzo	74,83	12,28	2600	21,1	20,8	21,0	22,7	23,4	23,2	23,0	23,8	23,8	24,4	24,1	22,8	22,8
San Ramon	75,43	11,12	800	29,2	28,9	29,4	29,8	29,8	29,2	29,2	30,1	30,4	30,3	30,1	29,5	29,7
Santa Ana	75,22	12,00	3295	19,3	18,8	19,0	20,0	21,0	20,3	20,3	20,6	20,9	20,6	21,2	20,4	20,2
T arma	75,69	11,40	3000	19,4	19,3	19,5	20,0	20,4	19,8	19,2	19,3	19,5	20,0	20,1	19,8	19,7
Viques	75,23	12,16	3186	18,5	18,8	19,0	19,9	20,8	20,9	19,5	20,6	20,5	20,1	20,3	20,0	19,9
Wayllapampa	74,22	13,08	2158	25,8	25,7	25,9	26,4	26,5	26,5	25,8	26,2	26,7	27,1	27,6	27,0	26,4

ANEXO N° 05: Climatología de la temperatura media del aire (°C) en las estaciones de la cuenca del río Mantaro.

Periodo: 1960-2002

Fuente de datos: SENAMHI e IGP. Procesamiento y análisis: CPNTC/IGP.

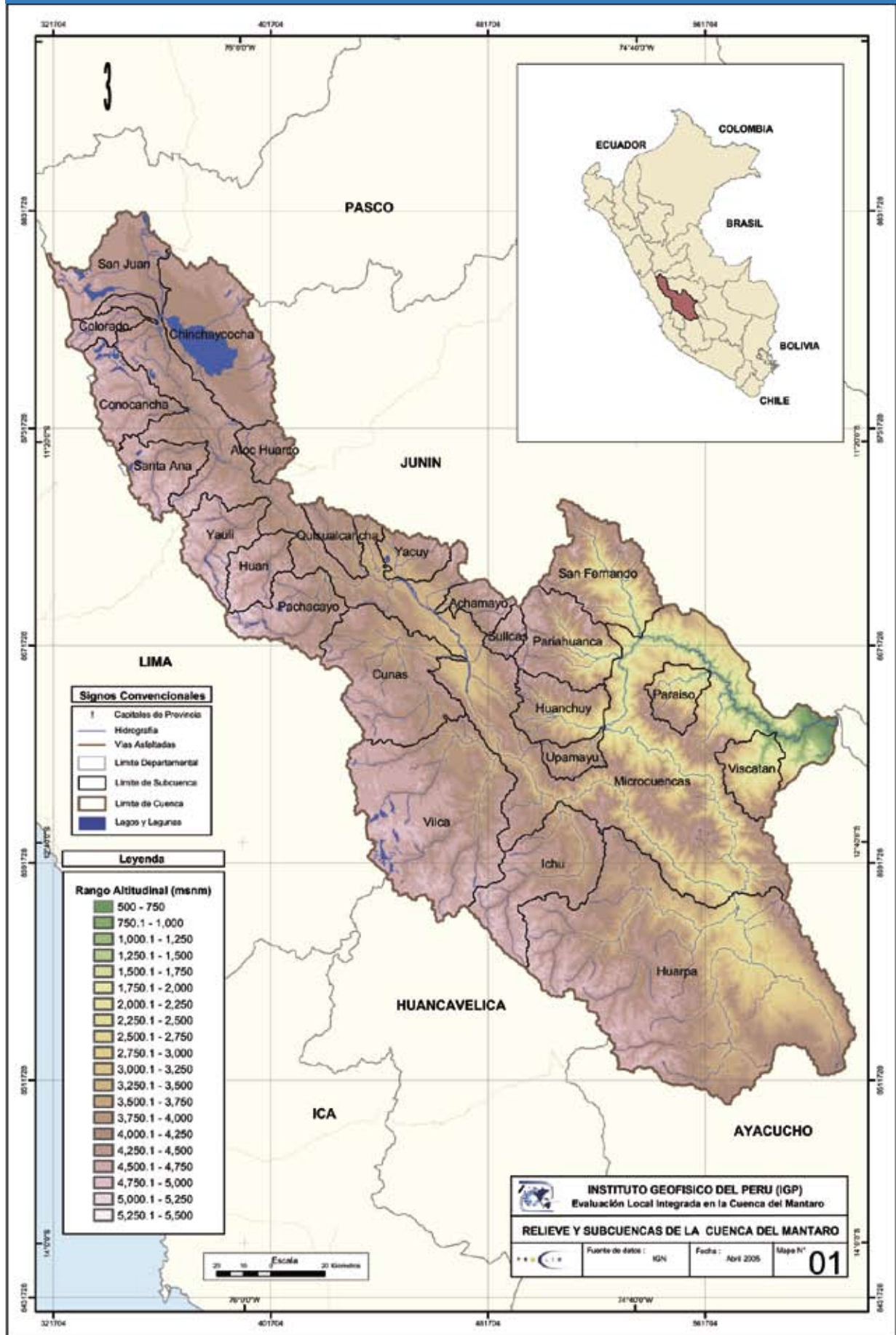
ESTACIÓN	LONG. (°O)	LAT. (°S)	ALTITUD (msnm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
Acobamba	74,57	12,84	3236	11,6	11,5	11,2	11,4	11,3	10,9	10,9	10,5	11,5	12,1	12,3	11,9	11,4
Acostambo	75,06	12,36	3650	10,1	10,1	10,0	9,6	8,8	7,7	7,7	7,7	9,5	10,4	10,6	10,4	9,4
Cerro de Pasco	76,26	10,69	4260	6,1	5,9	5,9	5,9	5,7	4,9	4,5	4,5	5,4	6,0	6,1	6,3	5,6
Comas	75,13	11,75	3300	10,3	10,3	10,4	10,5	10,3	10,0	9,6	9,6	10,2	10,4	10,5	10,4	10,2
Huancavelica	75,01	12,78	3676	10,2	10,0	9,8	9,8	9,3	8,8	8,6	8,6	9,5	10,1	10,6	10,4	9,7
Huanta	74,24	12,95	2521	17,9	17,5	17,0	17,0	16,8	16,3	16,1	16,1	17,7	18,6	18,8	18,9	17,4
Huasahuasi	75,63	11,27	2750	12,8	12,9	12,9	13,1	12,4	11,7	11,2	11,2	12,6	13,3	13,5	13,4	12,6
Huayao	75,32	12,04	3313	12,6	12,3	12,3	11,9	11,0	10,0	9,9	9,9	12,4	13,1	13,3	13,0	11,9
Ingenio	75,26	11,88	3450	11,9	11,3	11,4	11,2	10,3	9,6	9,2	9,2	11,2	11,9	11,9	12,5	11,0
Jauja	75,47	11,78	3322	12,4	12,2	12,1	12,0	11,5	10,5	10,2	10,2	12,2	12,8	13,0	12,9	11,9
La Oroya	75,96	11,57	3780	9,9	9,9	9,7	9,4	8,8	7,6	7,3	8,1	9,0	9,6	10,0	10,0	9,1
Laive	75,36	12,25	3990	8,0	8,1	7,9	7,5	6,4	5,4	5,1	5,8	6,9	7,6	8,0	8,1	7,1
Lircay	74,72	12,98	3150	12,6	12,6	12,6	12,6	12,2	11,5	11,2	11,2	12,4	13,1	13,3	13,2	12,4
Marcopomacocha	76,33	11,40	4413	4,7	4,7	4,7	4,8	4,4	3,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	4,8	4,3
Mazamari	74,52	12,25	760	24,1	24,3	24,4	24,6	24,3	23,5	23,1	23,8	24,5	24,9	24,8	24,1	24,2
Pampas	74,85	12,38	3260	12,1	12,1	12,0	11,7	10,7	9,5	9,4	10,1	11,2	12,2	12,5	12,4	11,3
Paucarbamba	74,57	12,47	3000	12,3	12,3	12,5	12,7	12,6	12,1	11,8	12,0	12,6	12,9	13,3	13,1	12,5
Pilchaca	75,08	12,35	3570	10,9	10,8	11,0	11,2	11,1	10,2	9,9	10,3	10,8	11,4	11,7	11,4	10,9
Quinua	74,14	13,06	3260	12,8	12,7	12,5	12,8	12,5	11,6	11,2	11,8	12,6	13,3	13,7	13,4	12,6
Runatullo	75,01	11,62	3186	10,2	10,0	10,4	10,1	9,0	8,2	8,2	7,9	8,8	9,9	9,9	10,5	9,4
San Pedro de Cachi	74,39	13,08	3188	15,5	13,8	14,3	14,3	13,9	13,5	12,6	13,2	14,3	15,3	15,6	15,3	14,3
Salcabamba	74,82	12,15	2900	14,9	13,3	13,5	13,9	13,3	12,4	11,6	12,3	13,3	14,1	14,8	14,4	13,5
San Lorenzo	74,83	12,28	2600	15,7	15,7	15,7	16,3	16,2	15,8	15,5	16,1	16,6	17,1	17,2	16,5	16,2
San Ramon	75,43	11,12	800	24,1	23,9	23,7	23,6	23,2	22,6	22,5	23,4	23,9	24,3	24,6	24,3	23,7
Santa Ana	75,22	12,00	3295	12,6	12,6	12,5	12,3	11,6	10,4	10,4	11,3	12,4	13,0	13,6	13,3	12,1
Tarma	75,69	11,40	3000	13,5	13,5	13,5	13,4	12,9	11,9	11,7	12,1	12,8	13,4	13,7	13,6	13,0
Viques	75,23	12,16	3186	13,4	13,3	13,1	13,1	12,7	12,3	10,9	12,3	12,8	13,4	13,7	13,9	12,9
Wyllapampa	74,22	13,08	2158	17,7	17,7	17,6	17,3	16,2	15,2	15,2	16,0	17,2	17,9	18,6	18,3	17,1

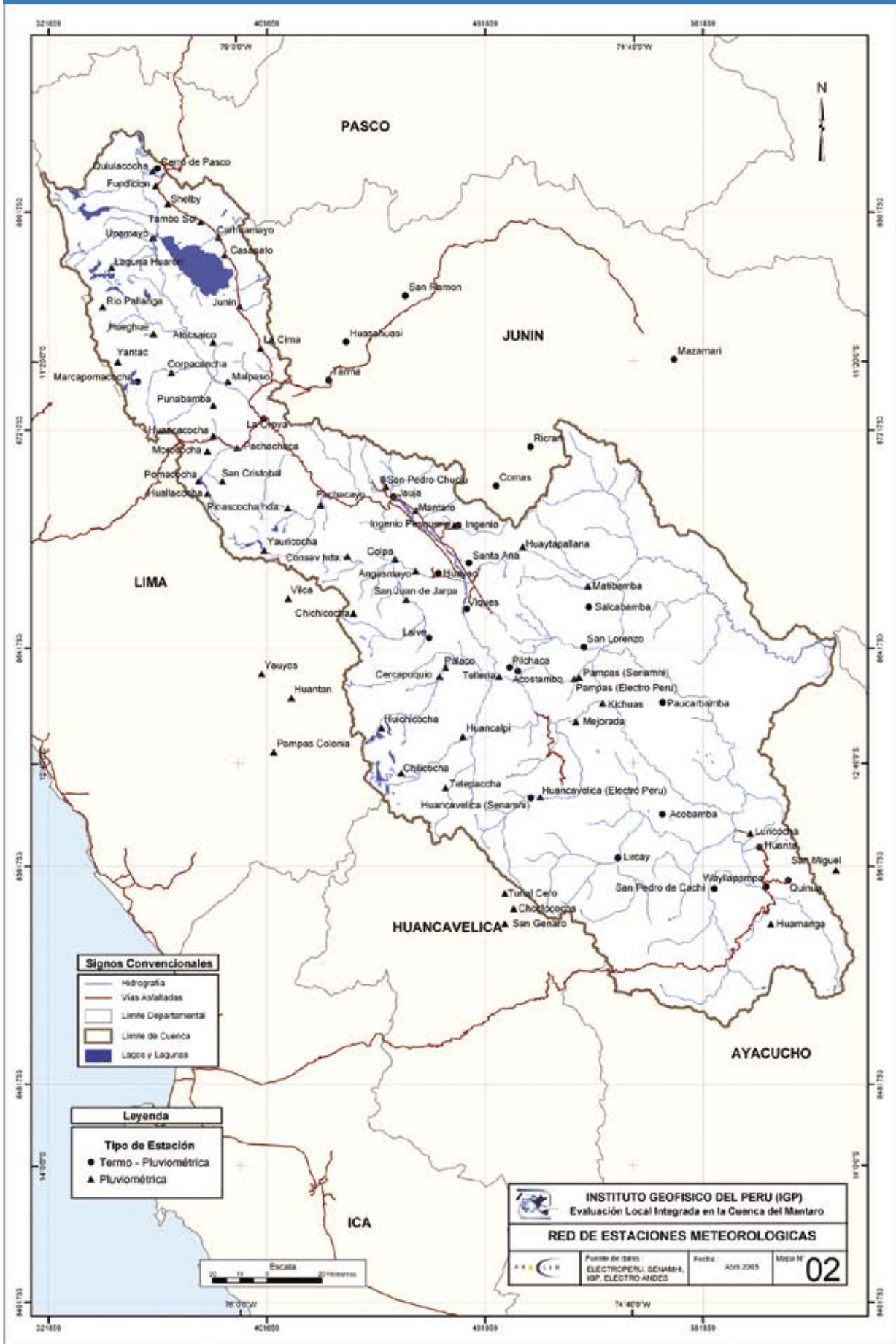
ÍNDICE DE MAPAS

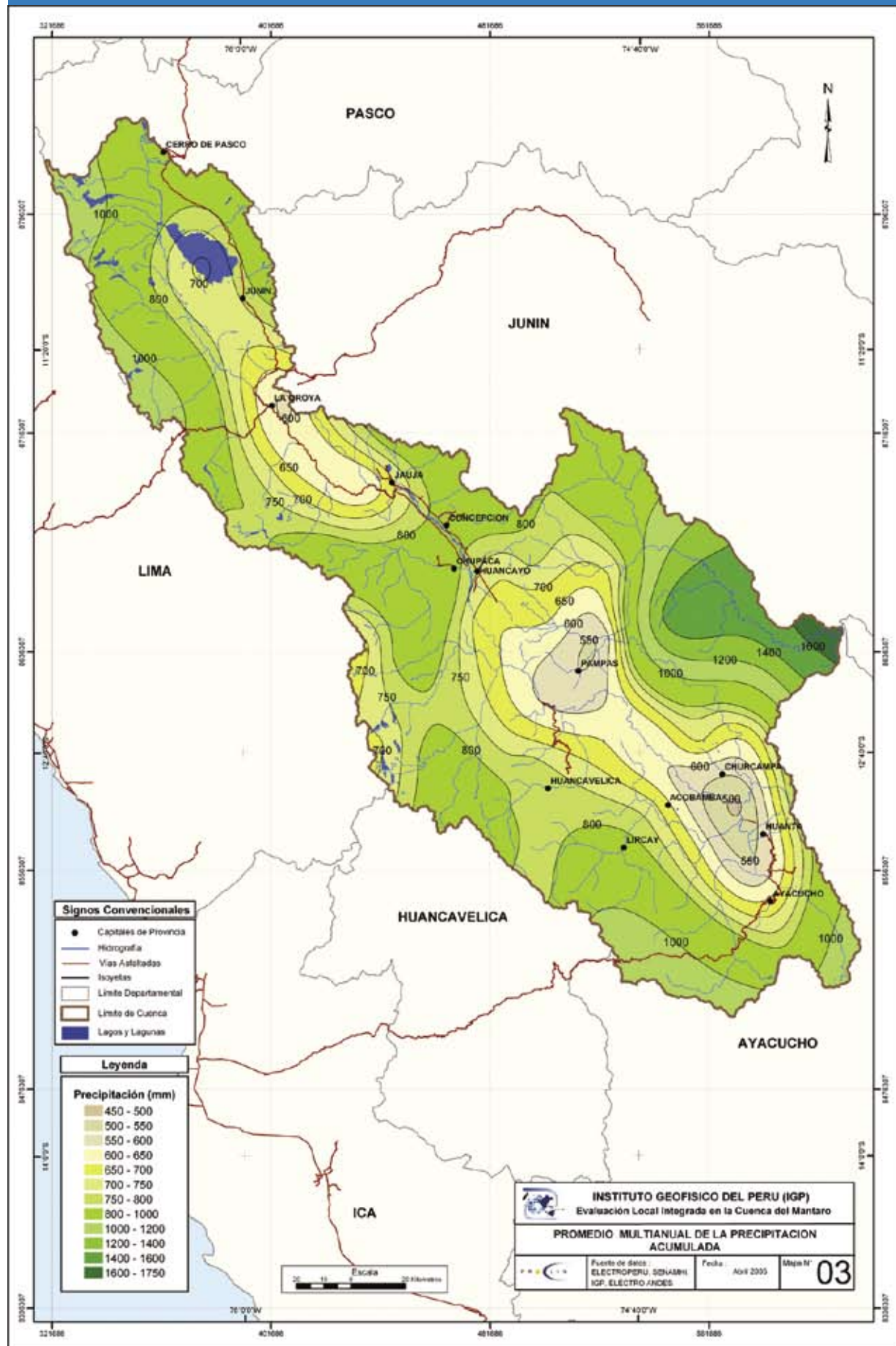
Página

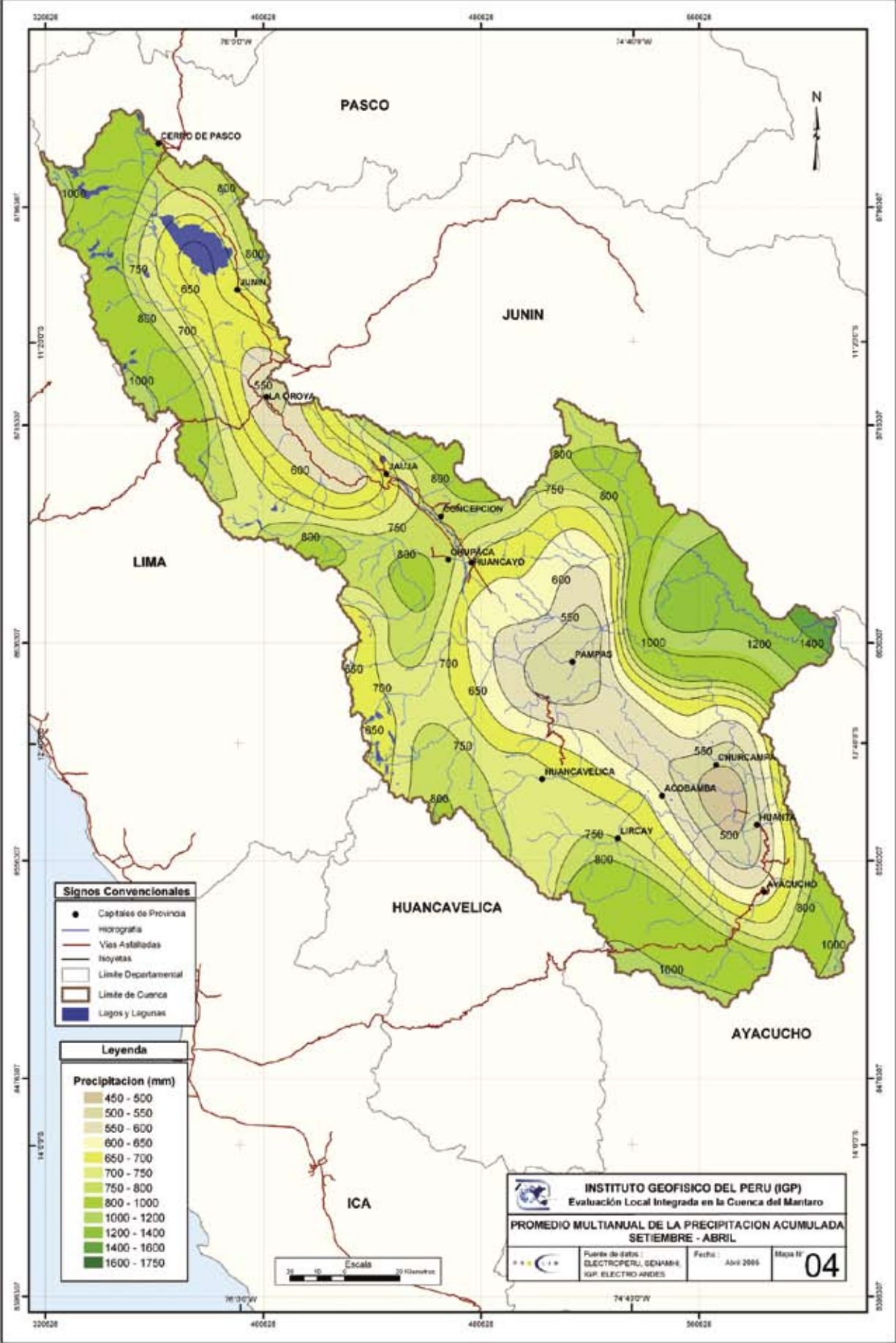
01	Relieve y subcuencas de la cuenca del Mantaro	45
02	Red de estaciones meteorológicas	46
03	Promedio multianual de precipitación acumulada	47
04	Promedio multianual de precipitación acumulada para el período setiembre a abril	48
05	Promedio multianual de precipitación acumulada para el período setiembre a noviembre	49
06	Promedio multianual de precipitación acumulada para el período diciembre a febrero.....	50
07	Promedio multianual de precipitación acumulada para el período marzo a mayo	51
08	Promedio multianual de precipitación acumulada para el período junio a agosto	52
09	Promedio multianual de precipitación acumulada para enero	53
10	Promedio multianual de precipitación acumulada para febrero	54
11	Promedio multianual de precipitación acumulada para marzo	55
12	Promedio multianual de precipitación acumulada para abril	56
13	Promedio multianual de precipitación acumulada para mayo	57
14	Promedio multianual de precipitación acumulada para junio	58
15	Promedio multianual de precipitación acumulada para julio	59
16	Promedio multianual de precipitación acumulada para agosto	60
17	Promedio multianual de precipitación acumulada para setiembre	61
18	Promedio multianual de precipitación acumulada para octubre	62
19	Promedio multianual de precipitación acumulada para noviembre	63
20	Promedio multianual de precipitación acumulada para diciembre	64
21	Precipitación acumulada para el año lluvioso 1973	65
22	Precipitación acumulada para el año seco 1992	66
23	Promedio multianual de temperatura mínima del aire	67
24	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para enero	68
25	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para febrero	69
26	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para marzo	70
27	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para abril	71
28	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para mayo	72
29	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para junio	73
30	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para julio	74
31	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para agosto	75

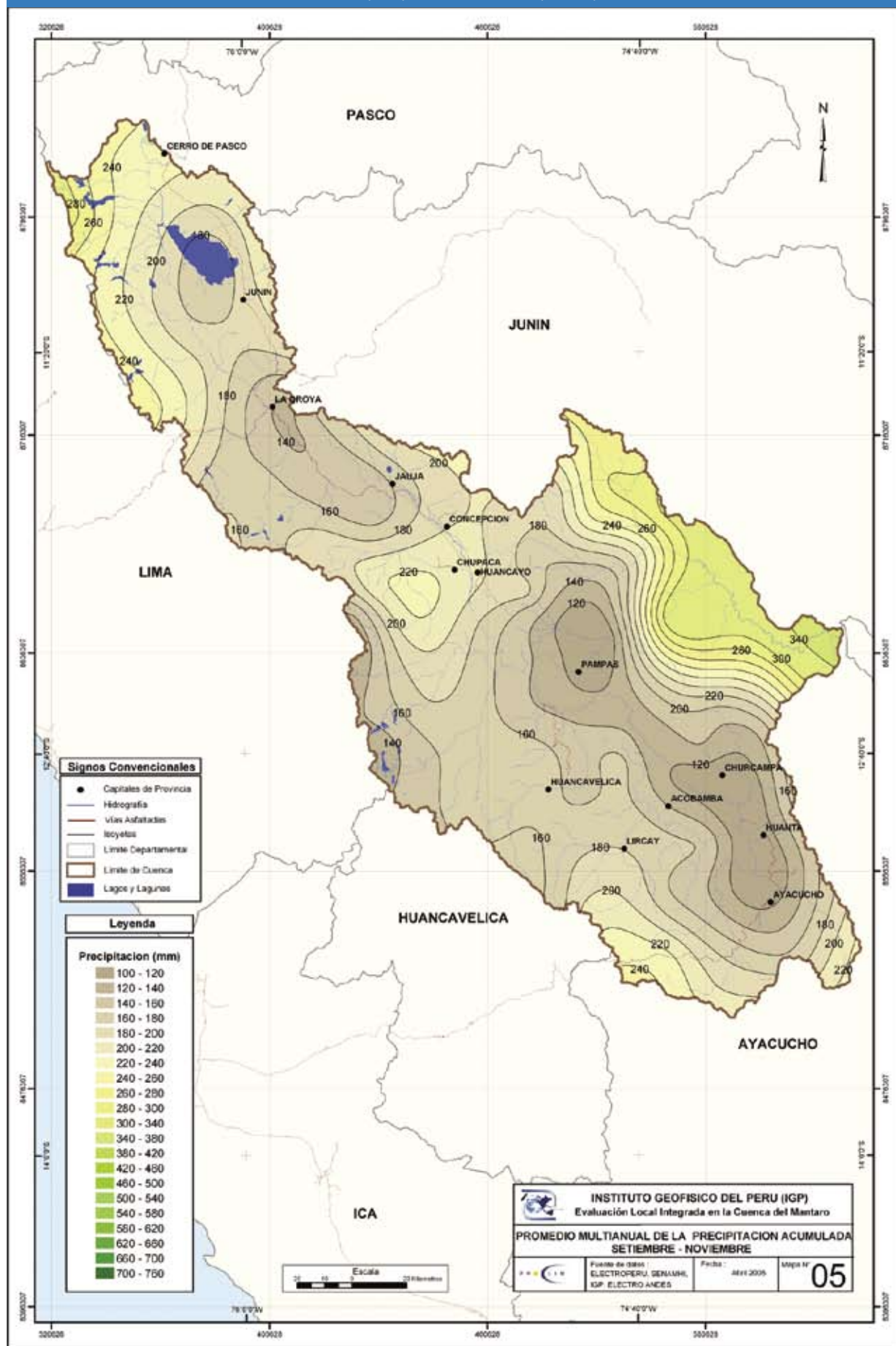
32	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para setiembre	76
33	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para octubre	77
34	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para noviembre	78
35	Promedio multianual de temperatura mínima del aire para diciembre	79
36	Promedio multianual de temperatura máxima del aire	80
37	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para enero	81
38	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para febrero	82
39	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para marzo	83
40	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para abril	84
41	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para mayo	85
42	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para junio	86
43	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para julio	87
44	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para agosto	88
45	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para setiembre	89
46	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para octubre	90
47	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para noviembre	91
48	Promedio multianual de temperatura máxima del aire para diciembre	92
49	Promedio multianual de temperatura media del aire	93
50	Promedio multianual de temperatura media del aire para enero	94
51	Promedio multianual de temperatura media del aire para febrero	95
52	Promedio multianual de temperatura media del aire para marzo	96
53	Promedio multianual de temperatura media del aire para abril	97
54	Promedio multianual de temperatura media del aire para mayo	98
55	Promedio multianual de temperatura media del aire para junio	99
56	Promedio multianual de temperatura media del aire para julio	100
57	Promedio multianual de temperatura media del aire para agosto	101
58	Promedio multianual de temperatura media del aire para setiembre	102
59	Promedio multianual de temperatura media del aire para octubre	103
60	Promedio multianual de temperatura media del aire para noviembre	104
61	Promedio multianual de temperatura media del aire para diciembre	105
62	Régimen de precipitación y humedad según Thornthwaite	106
63	Régimen térmico según Thornthwaite	107

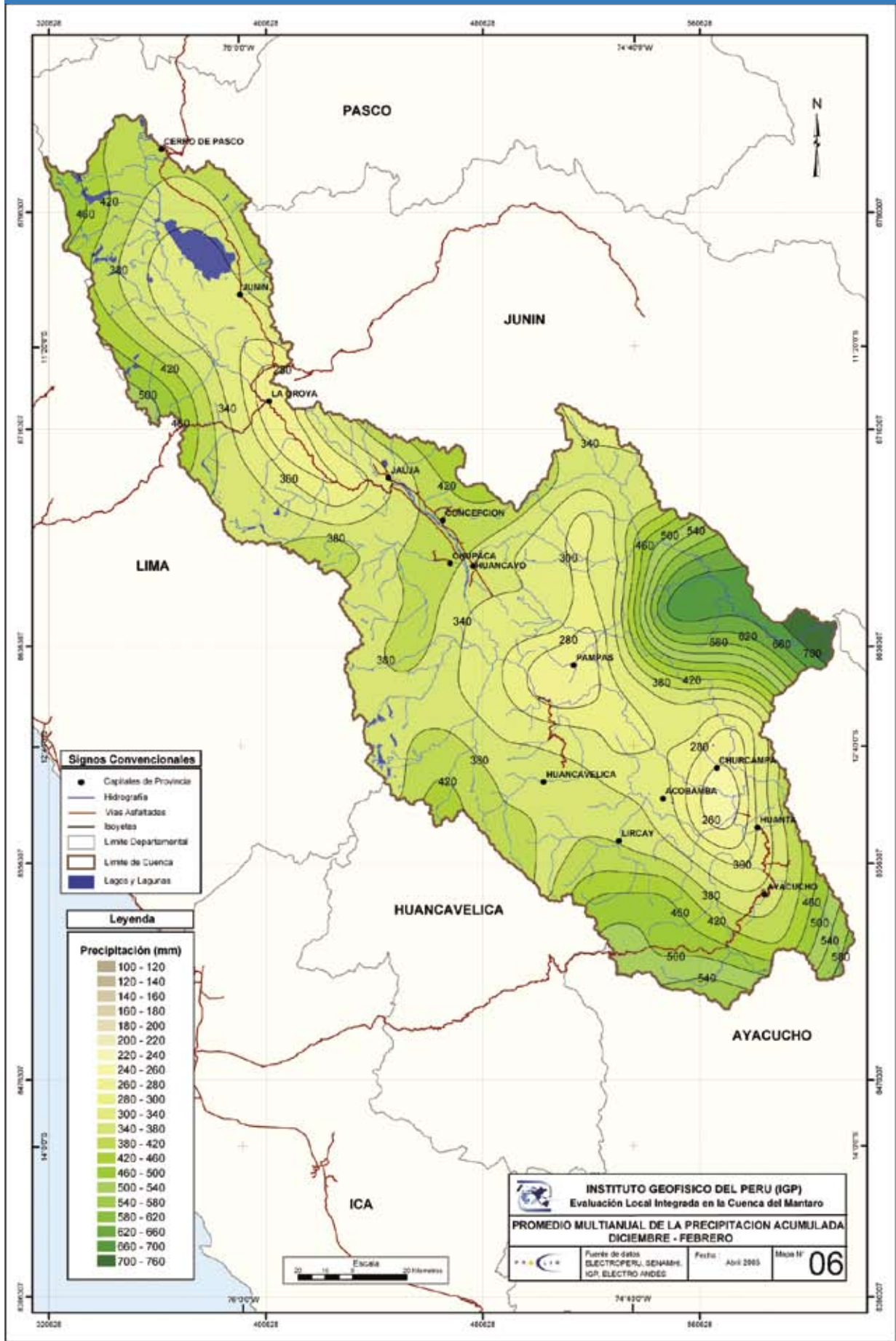


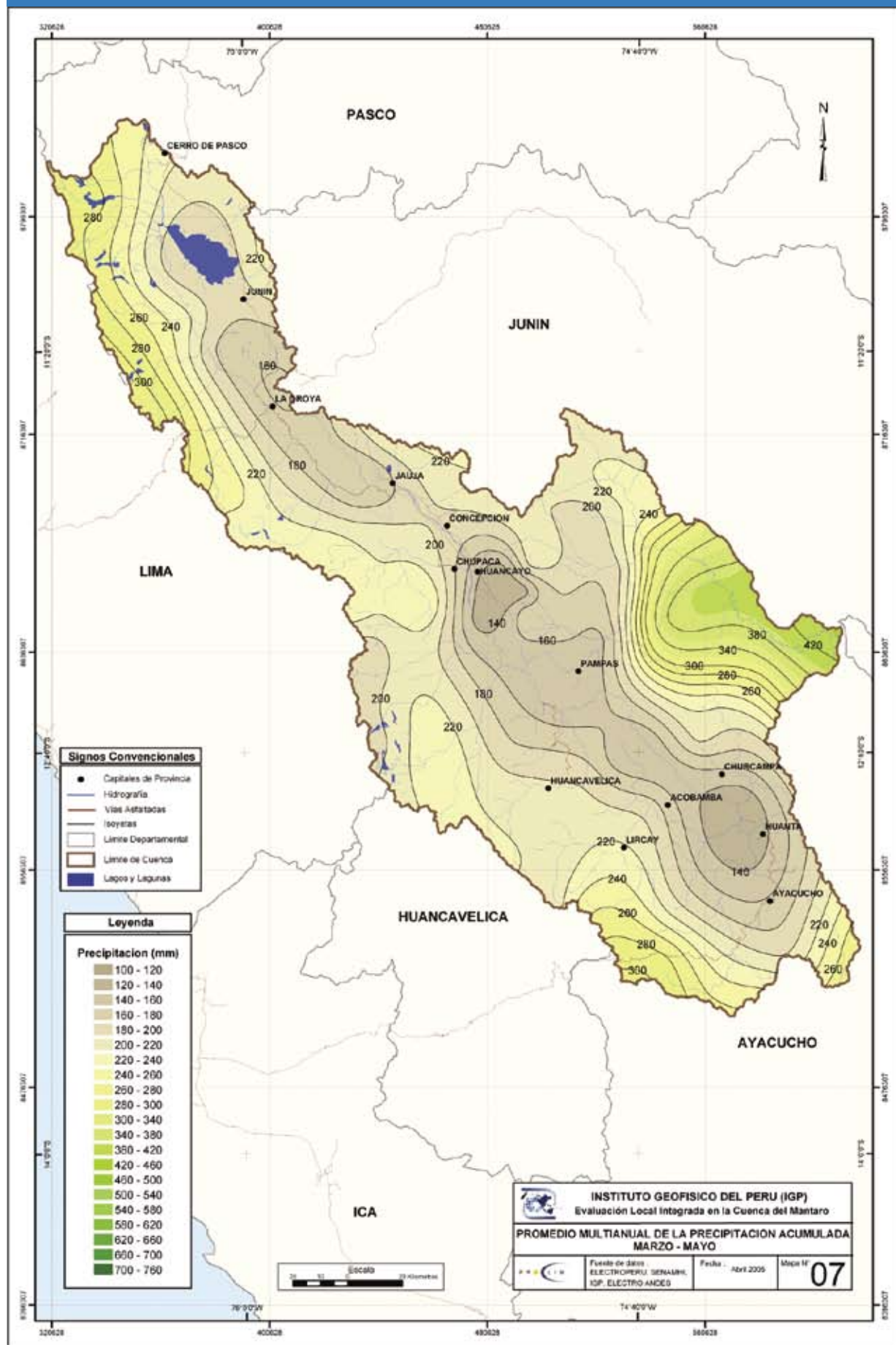


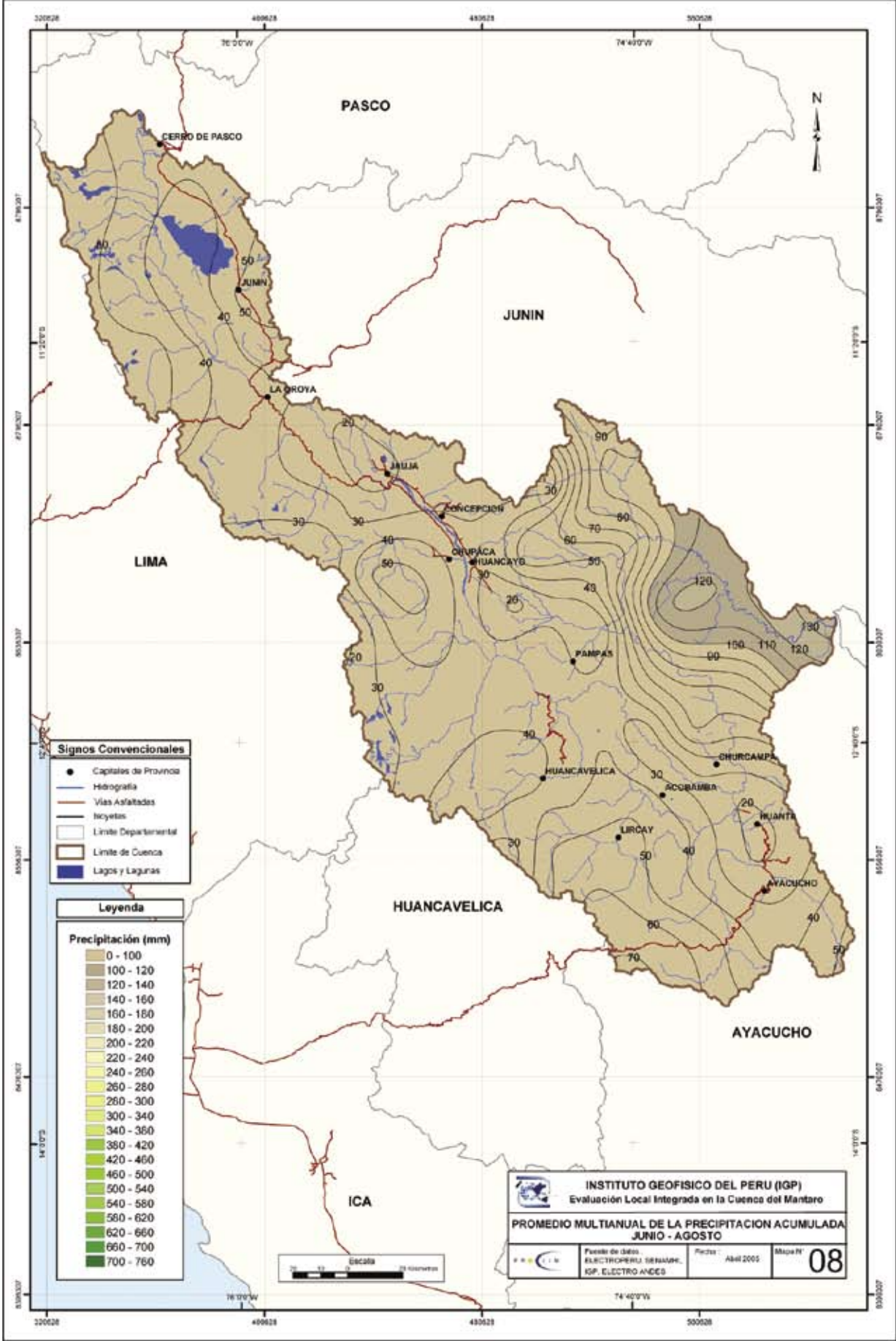


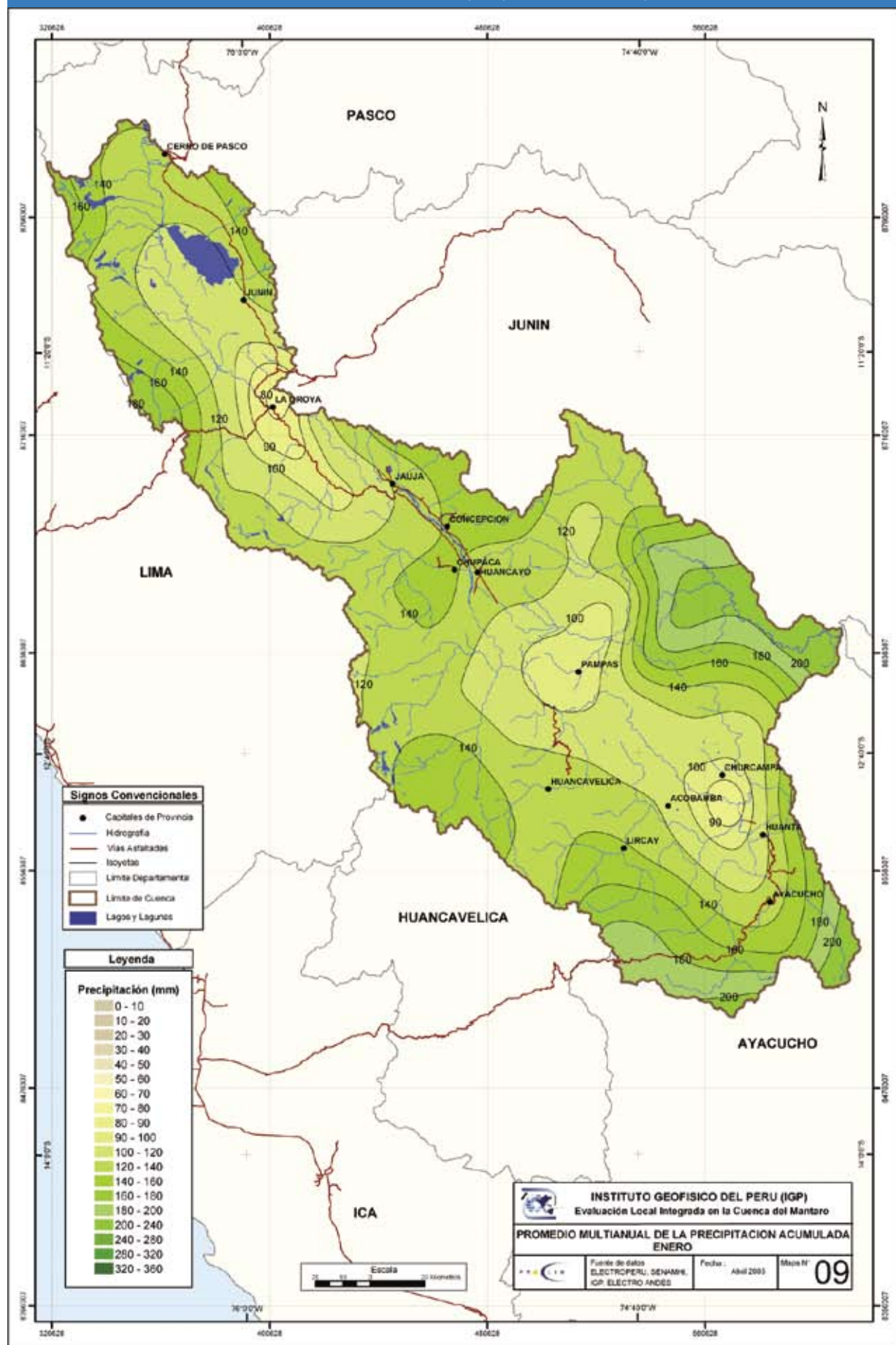


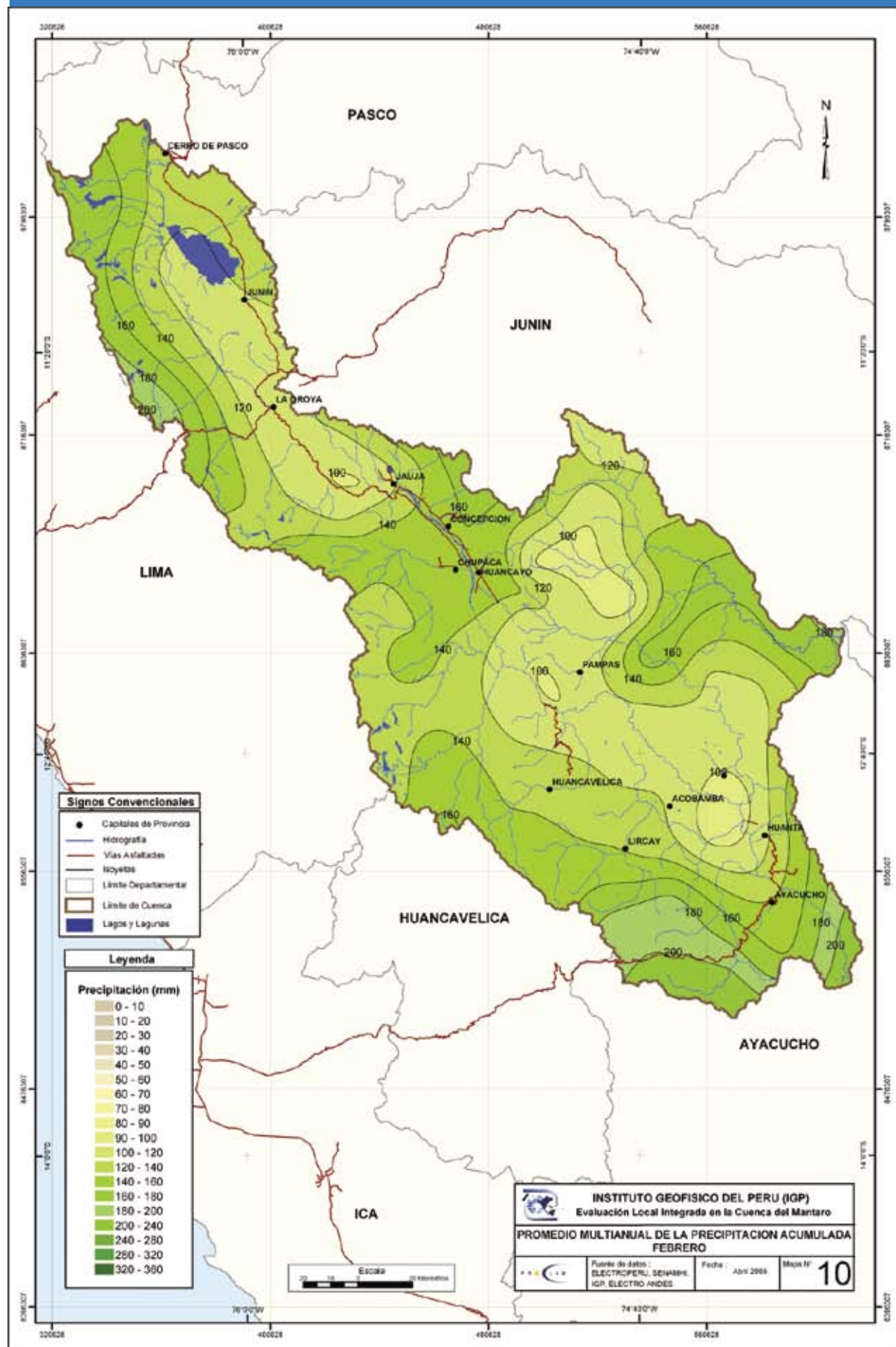


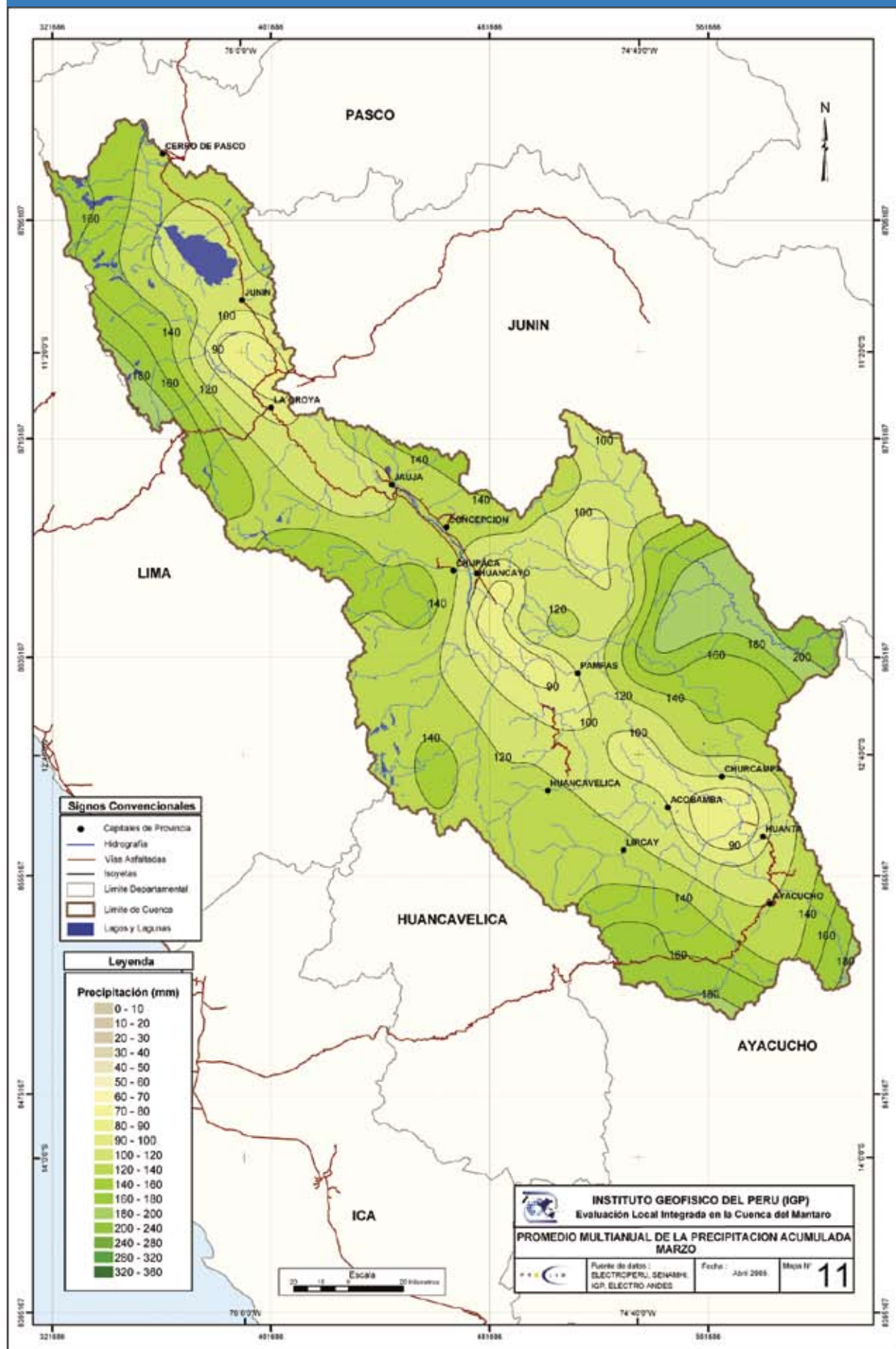


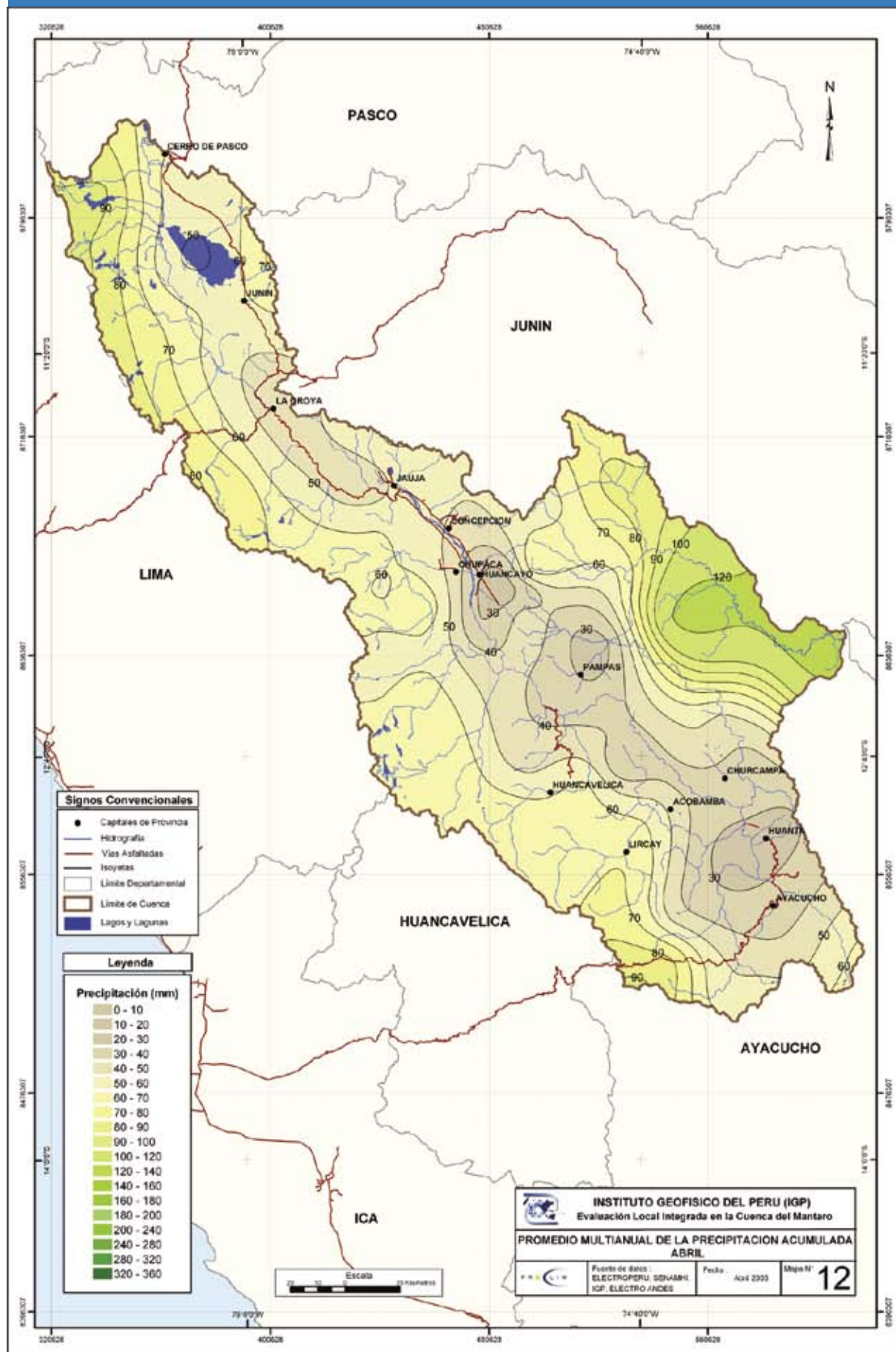


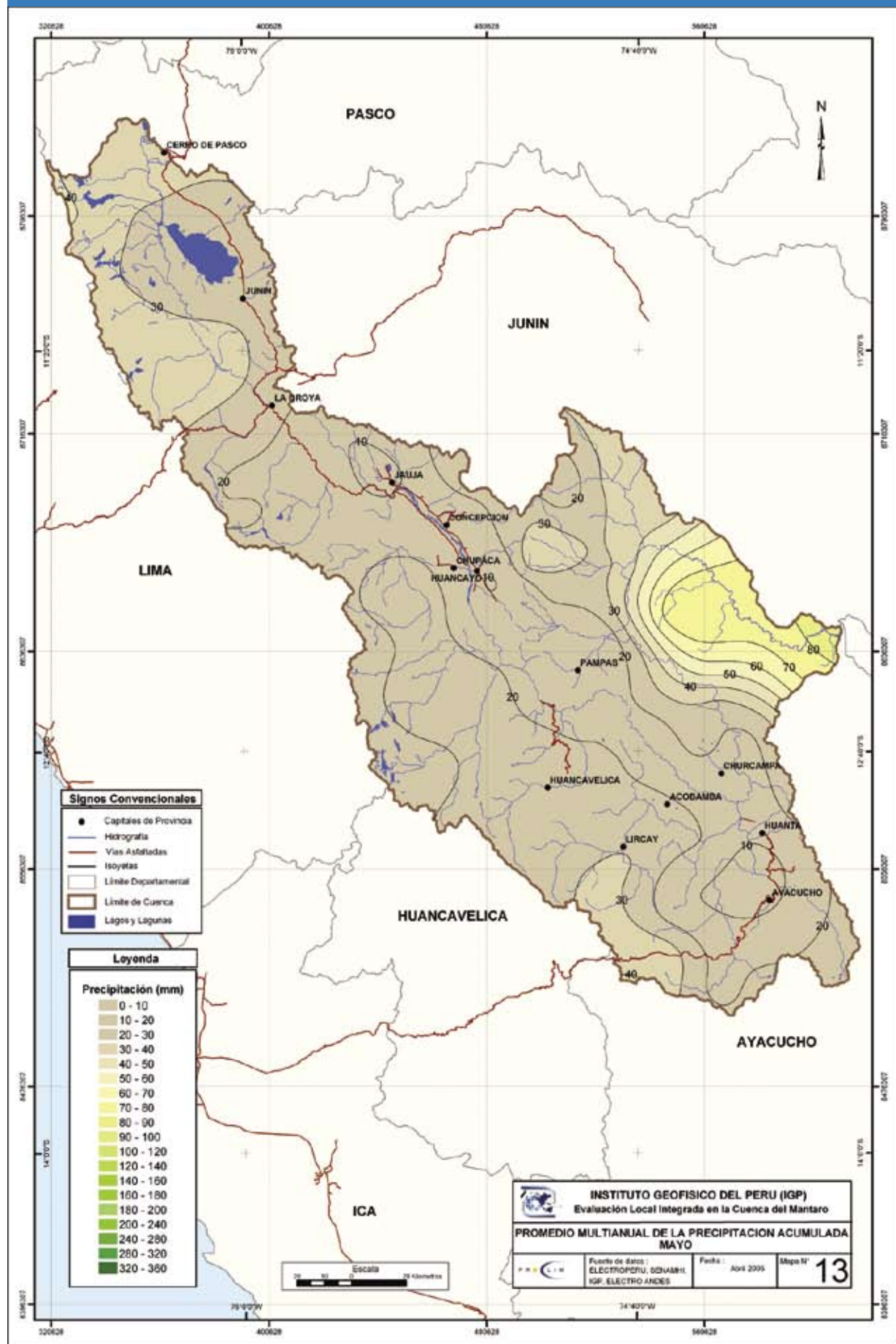


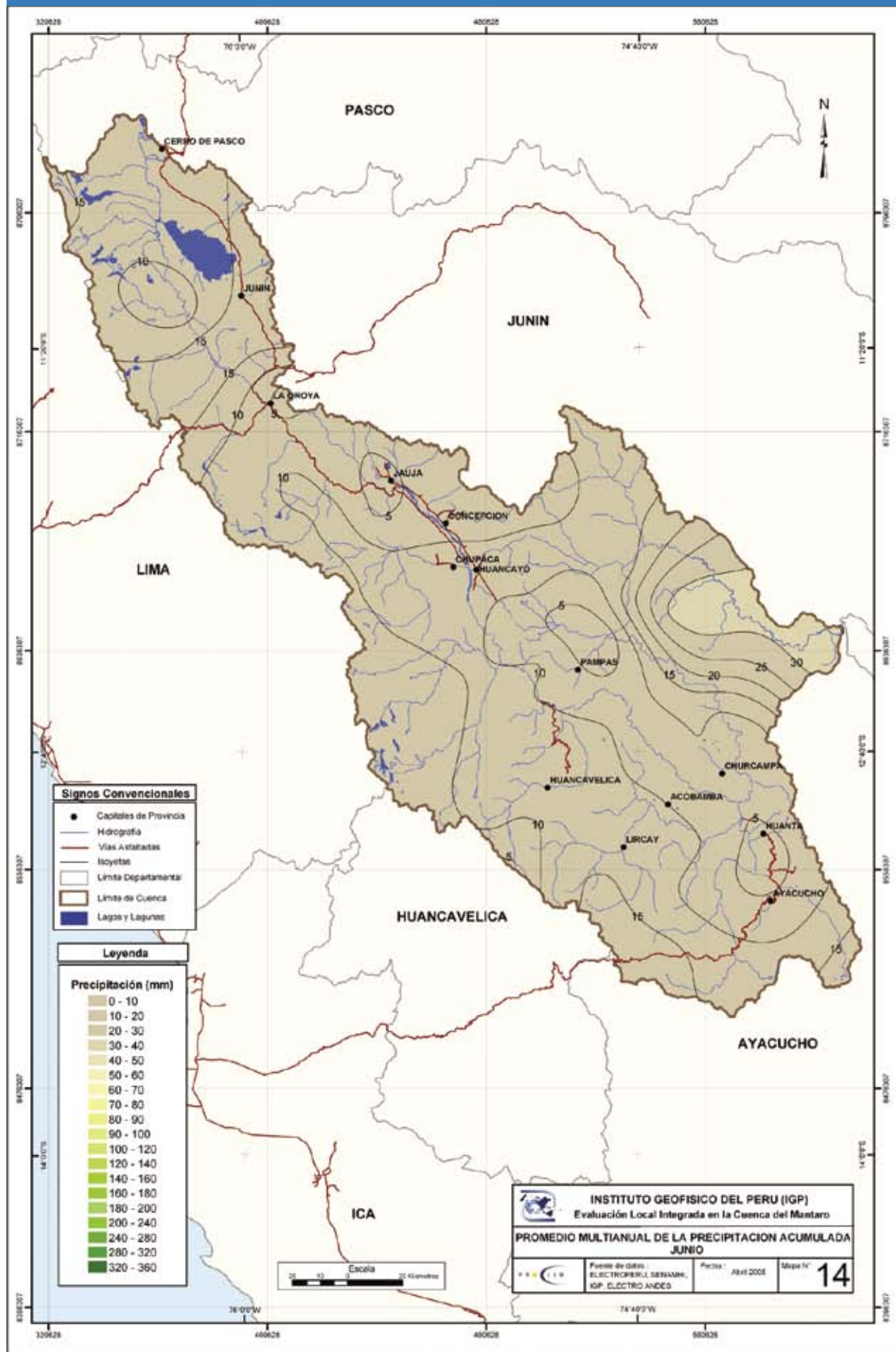


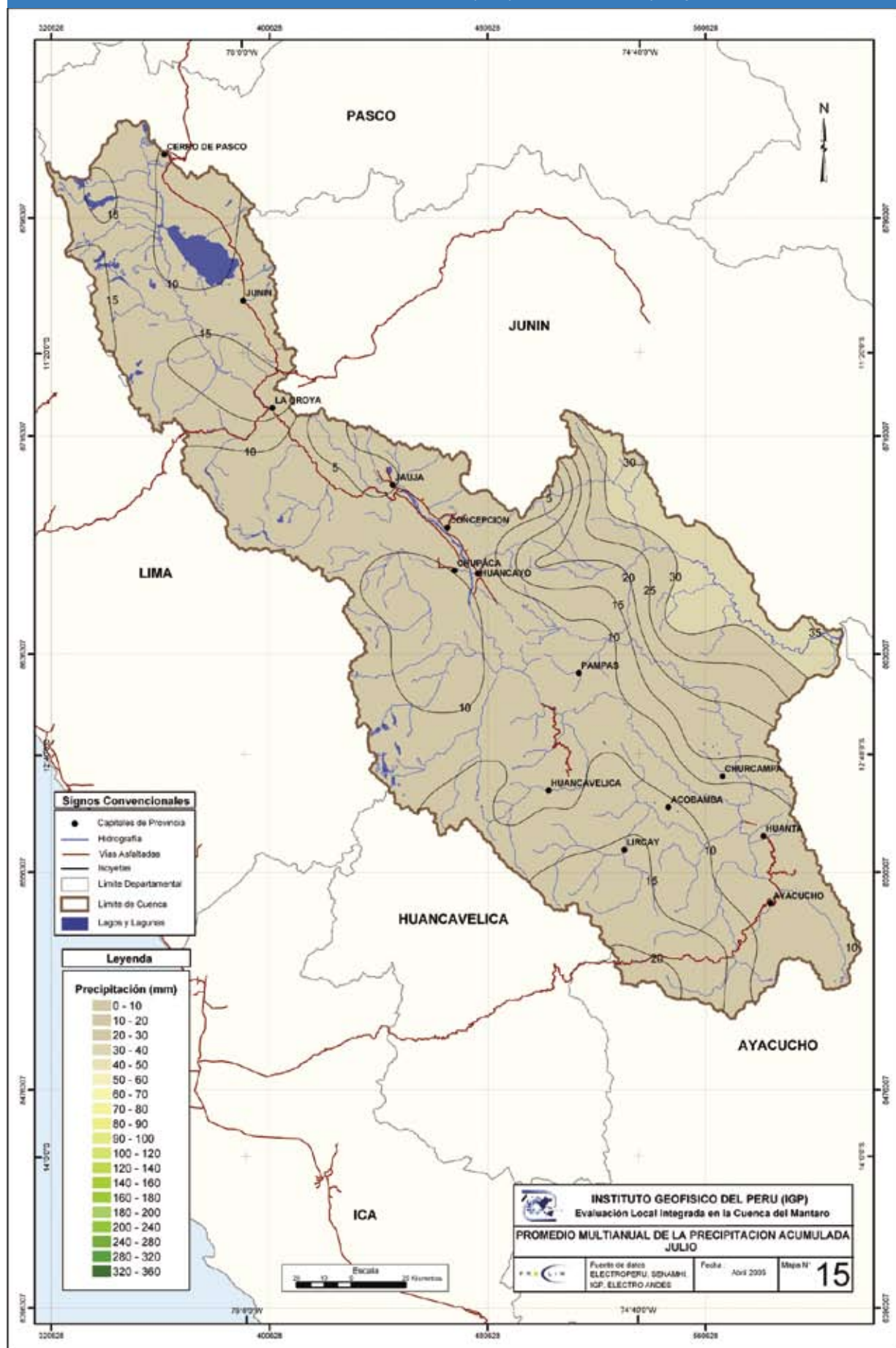


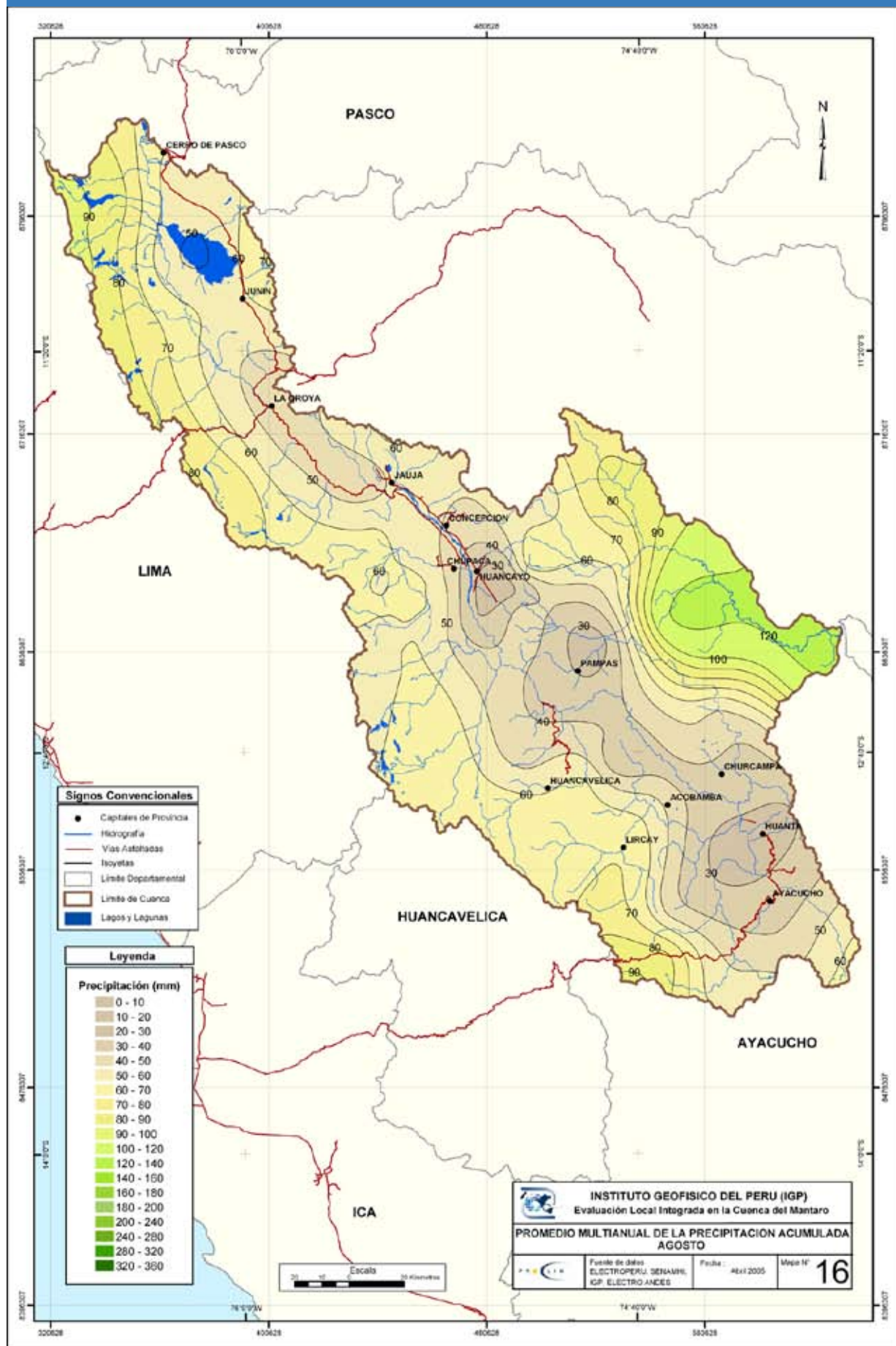


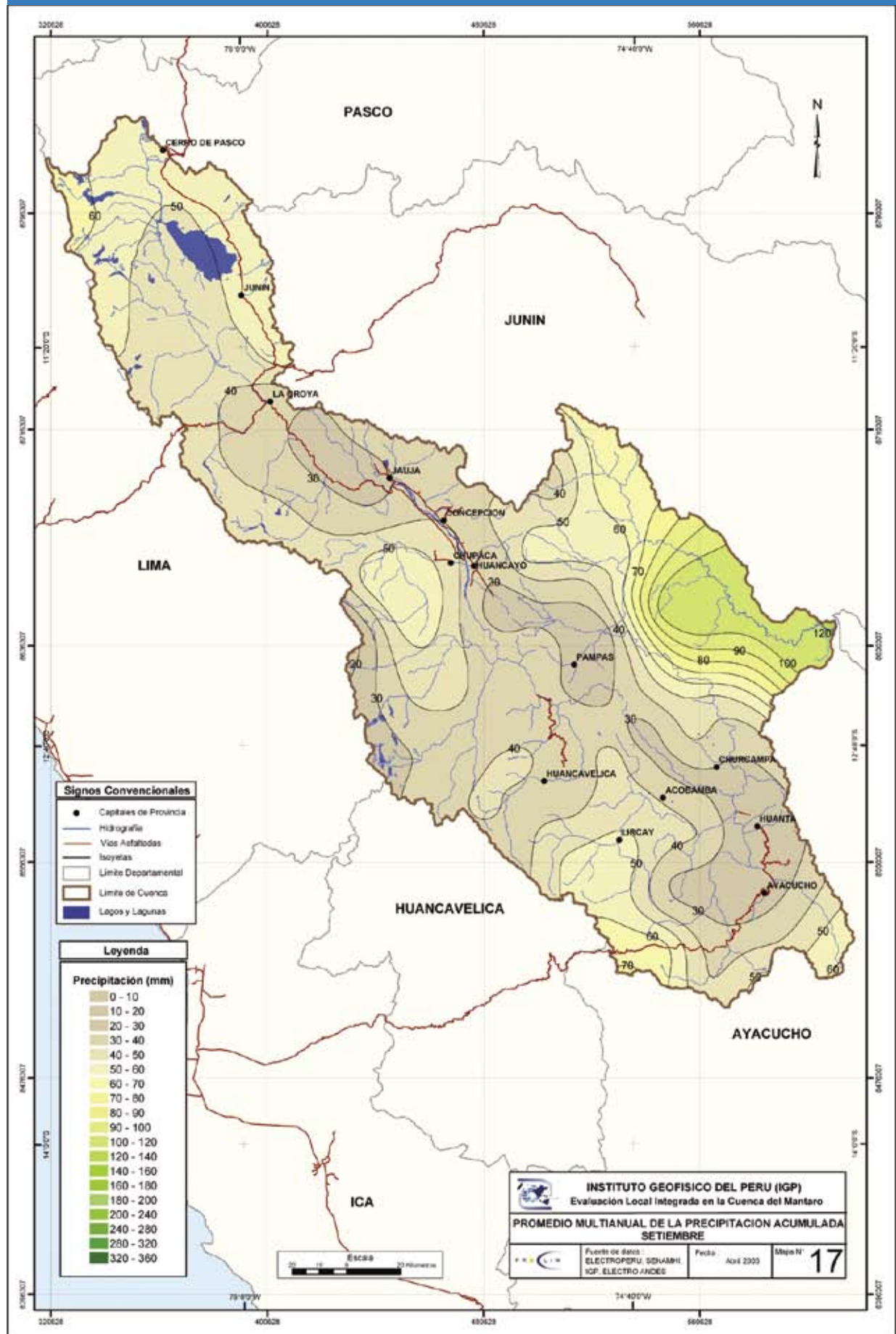


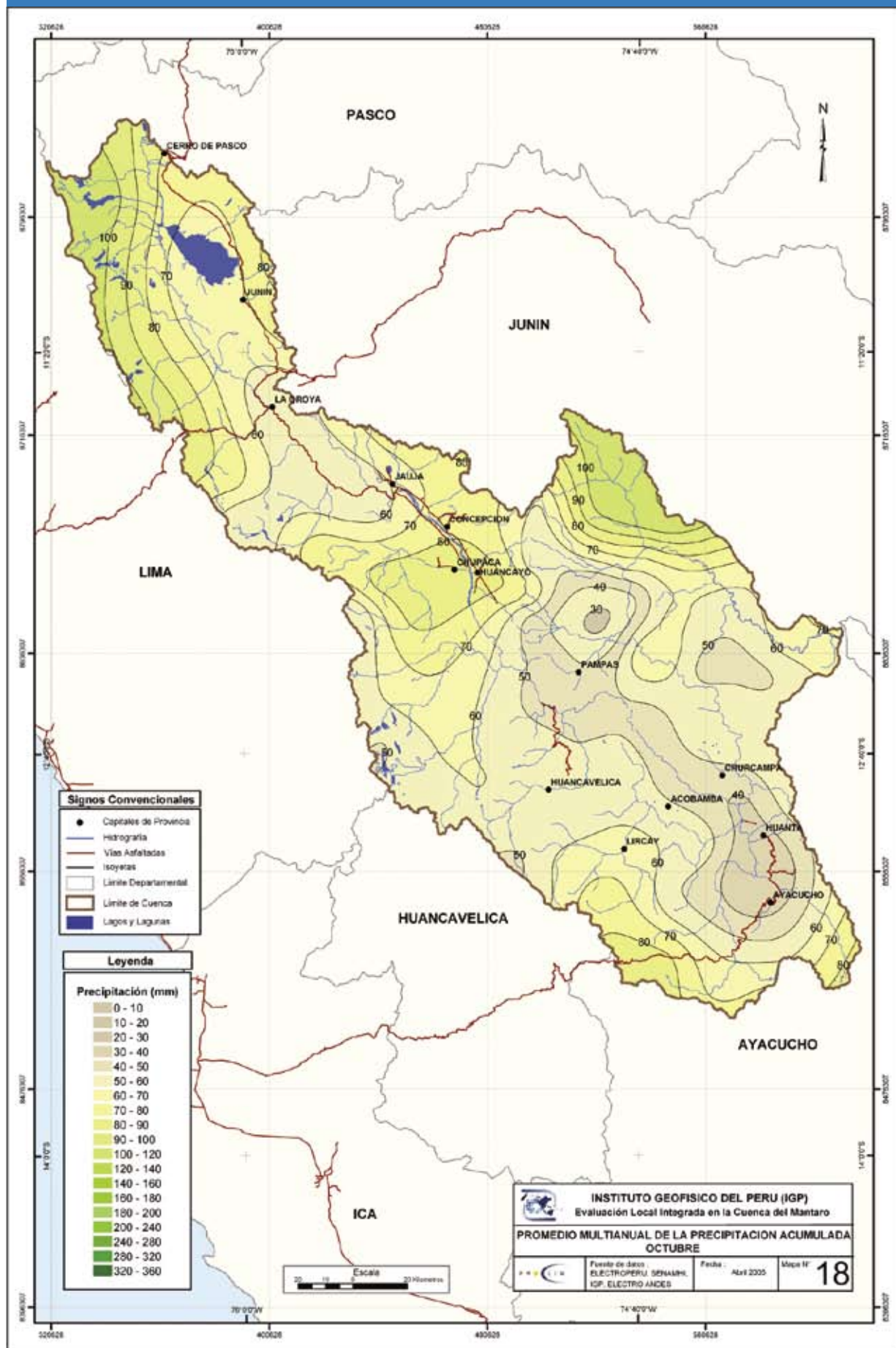


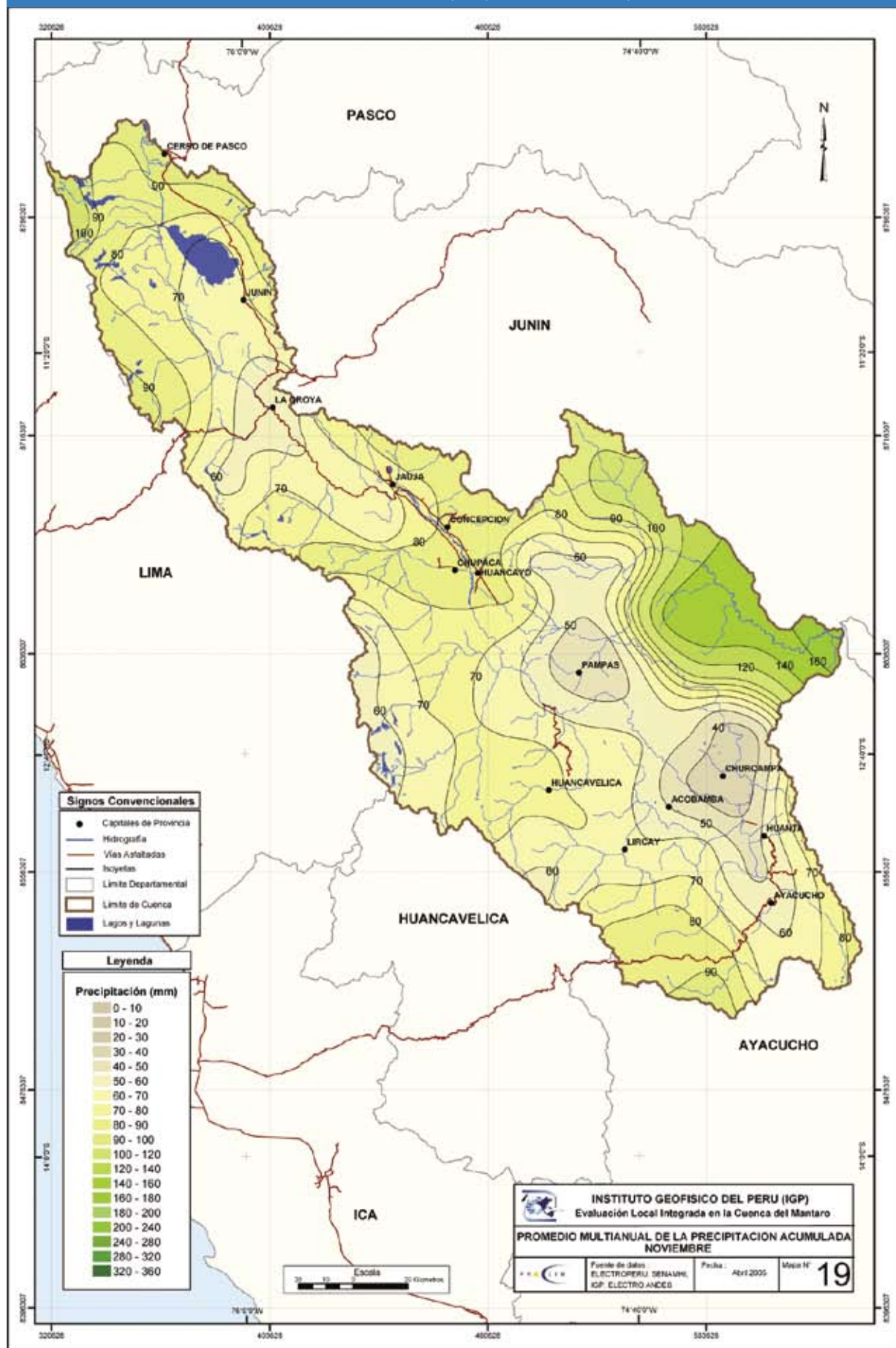


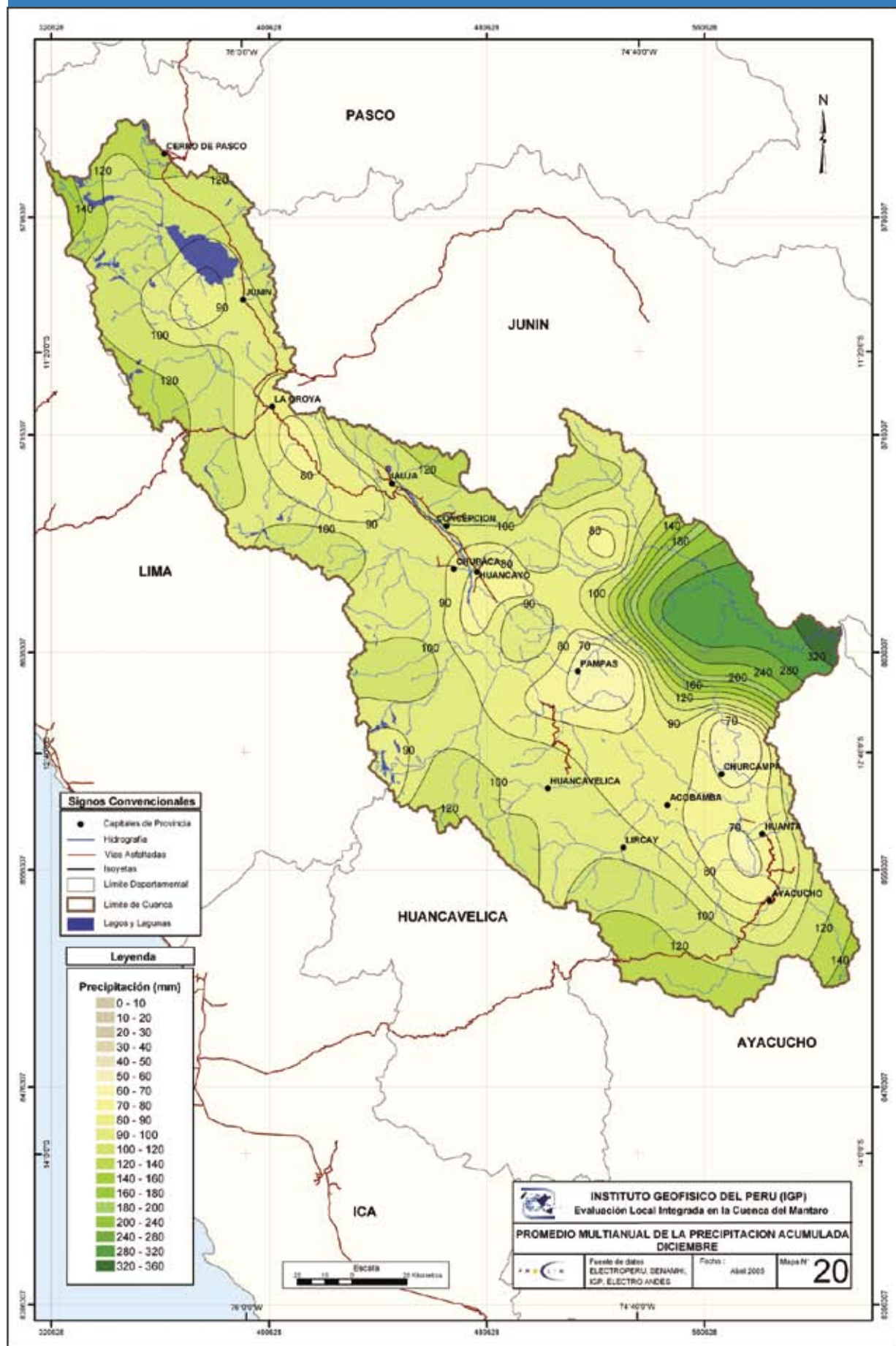


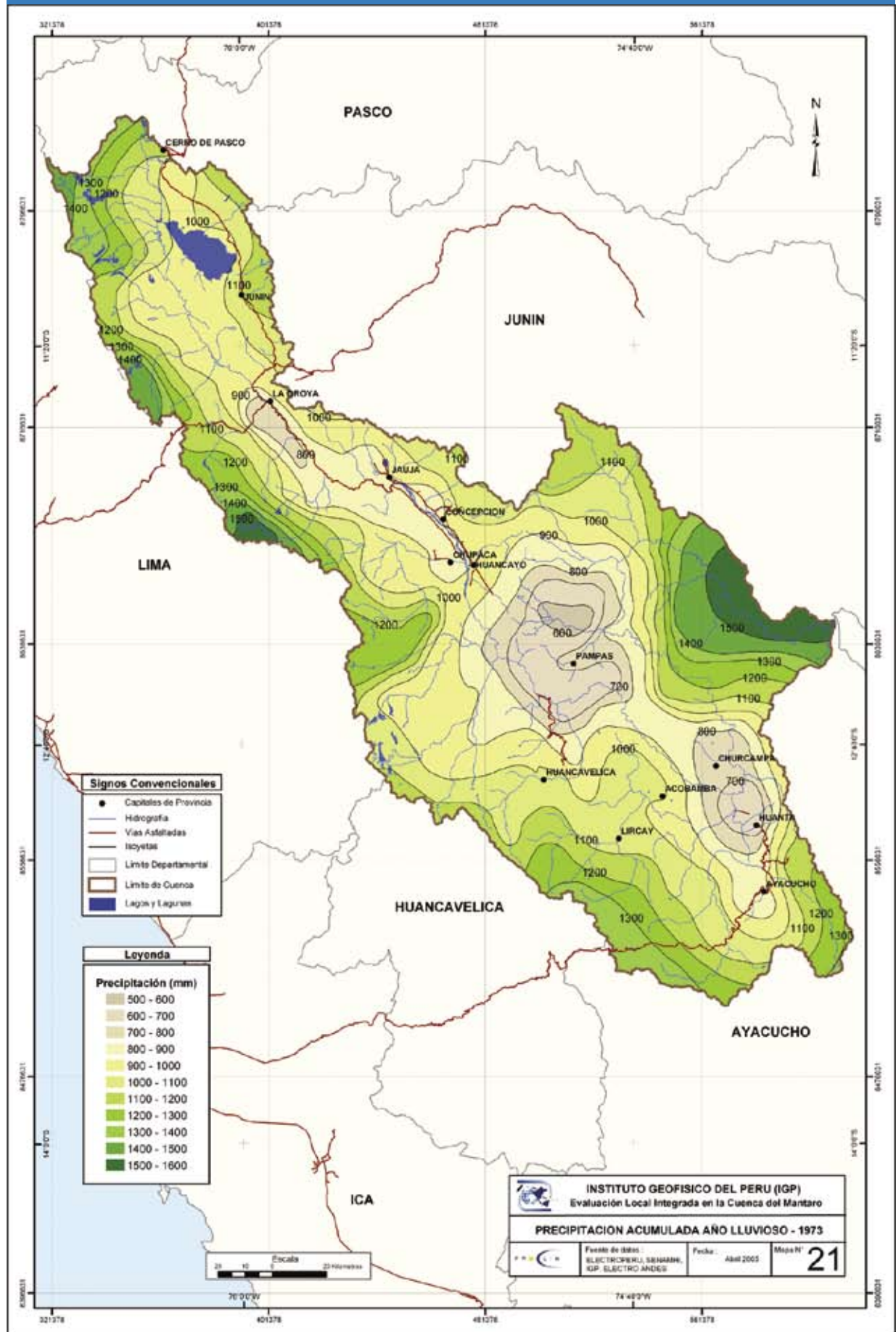




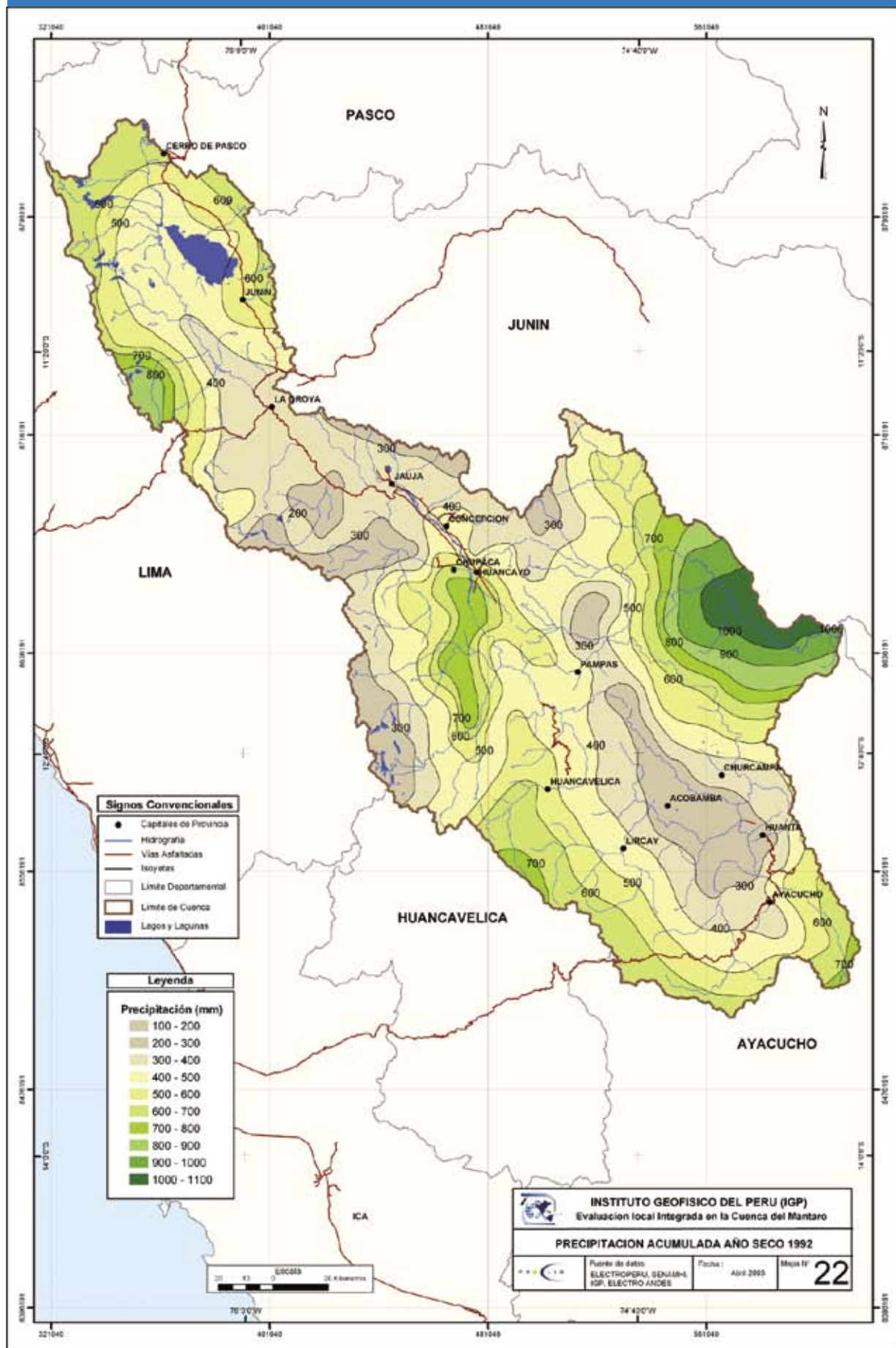


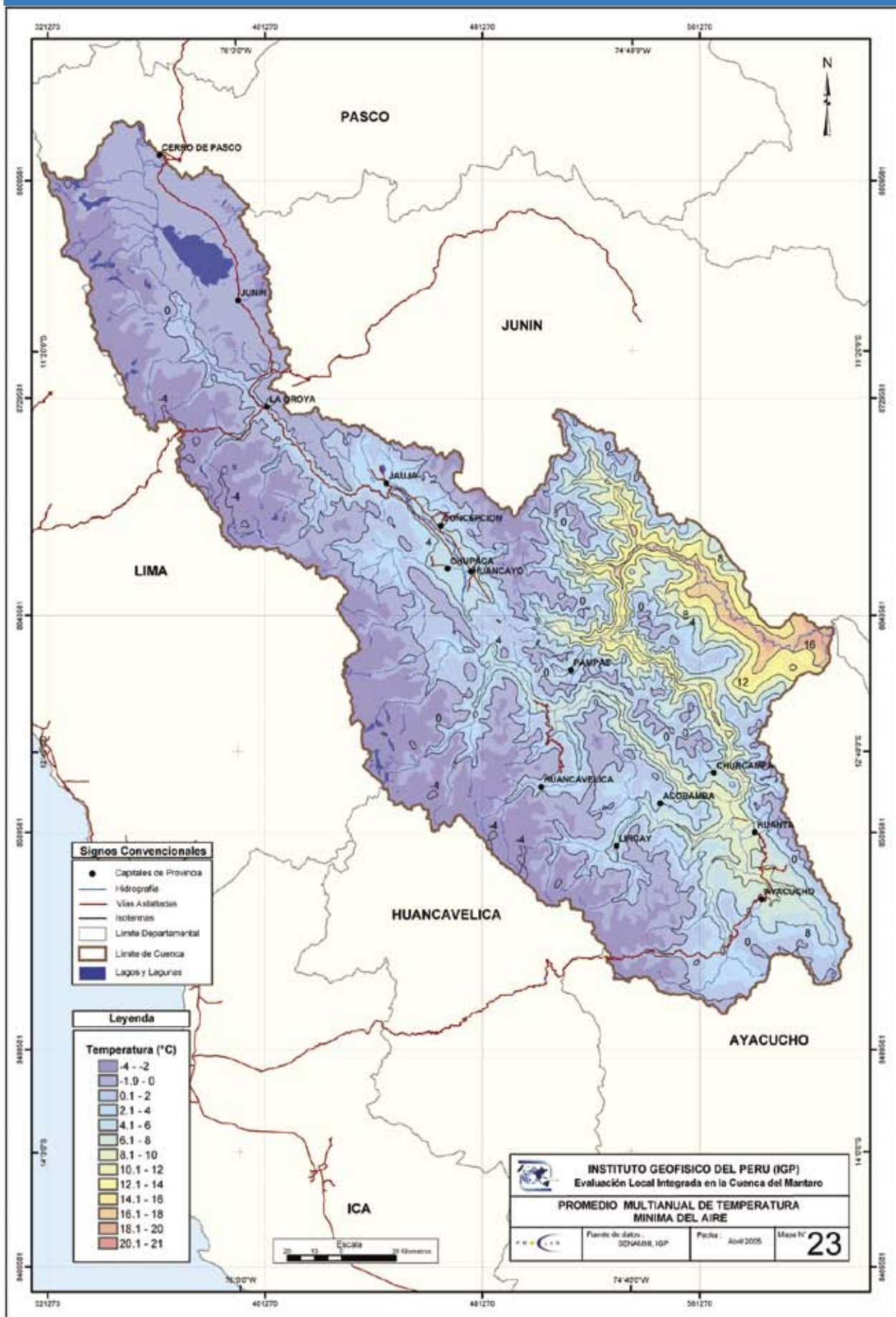


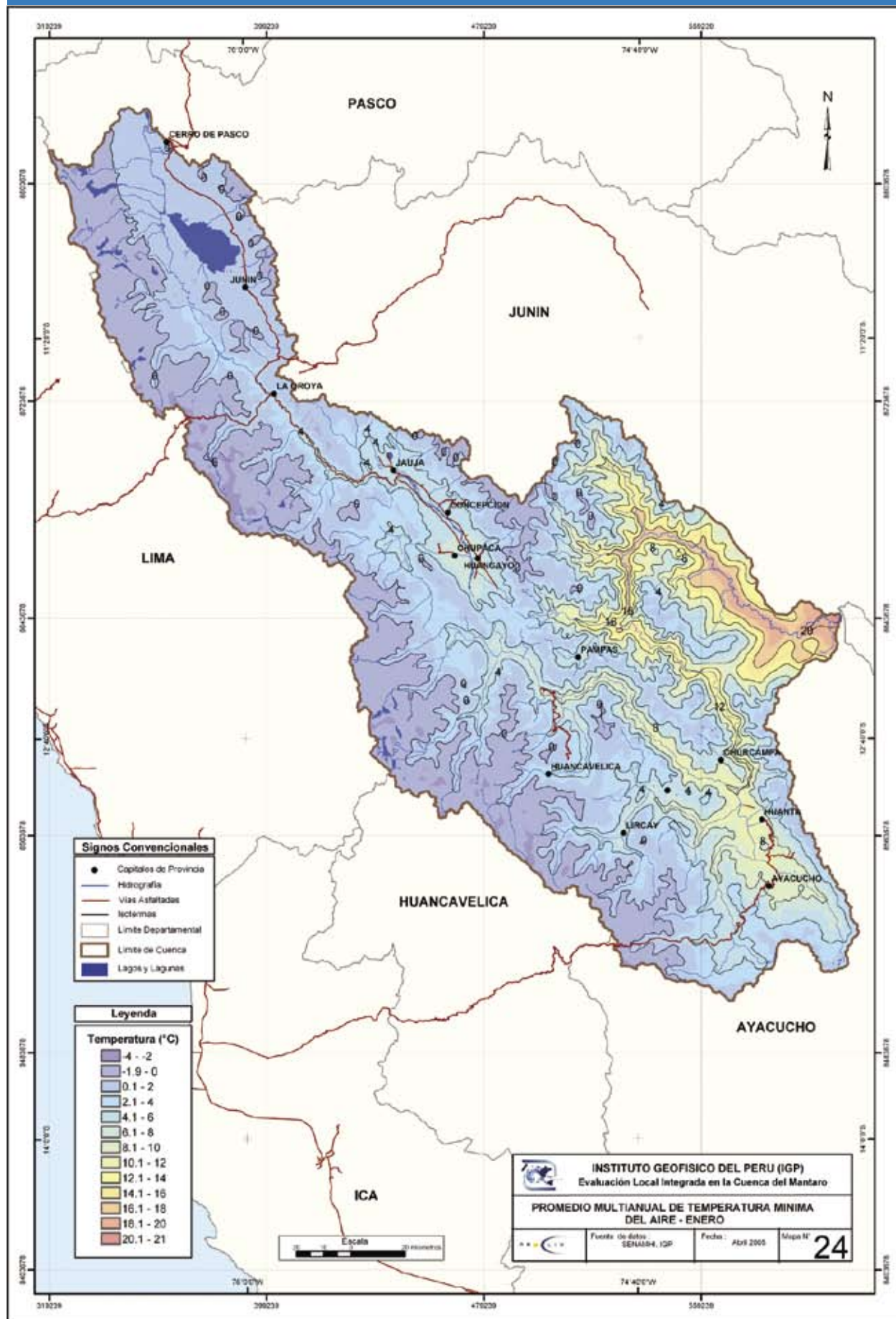


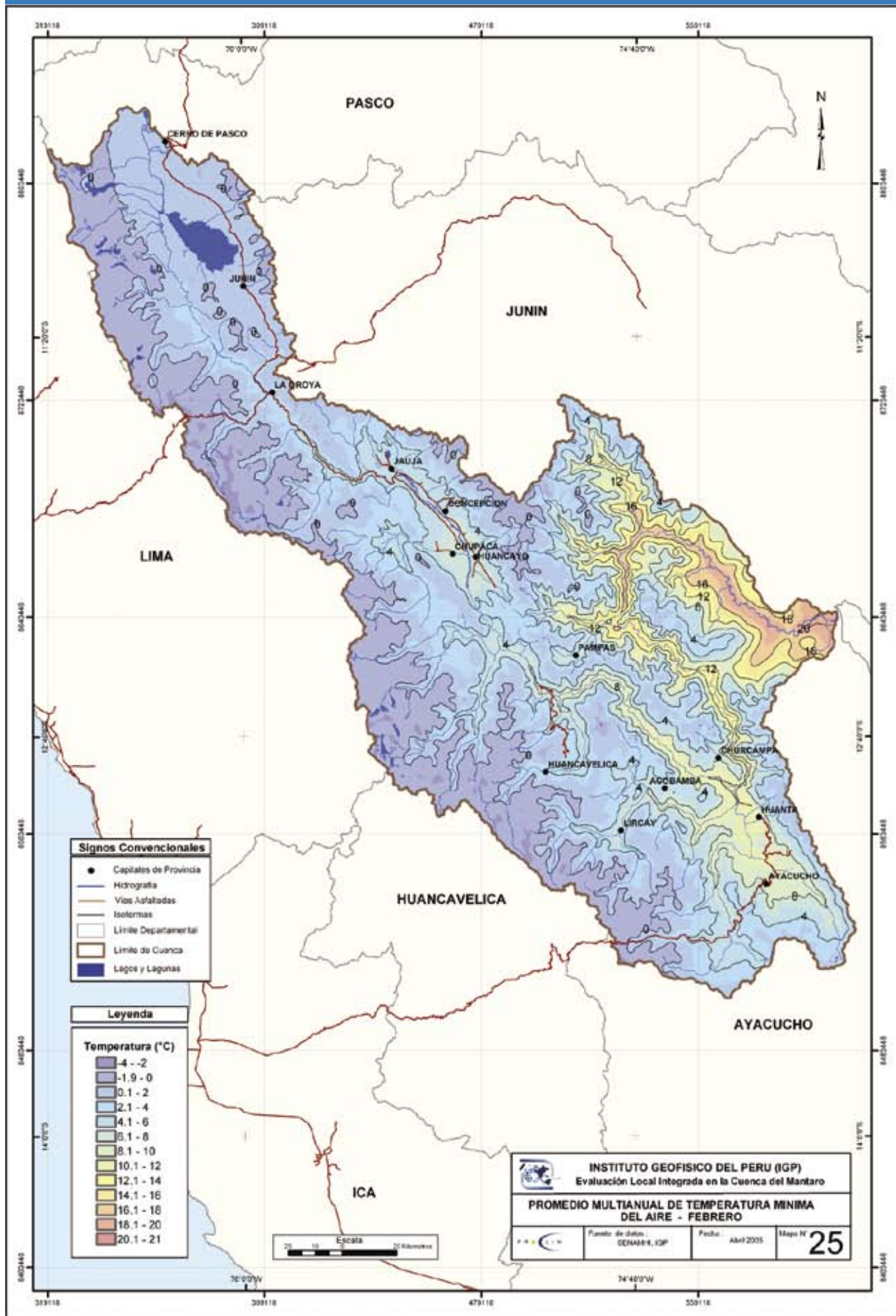


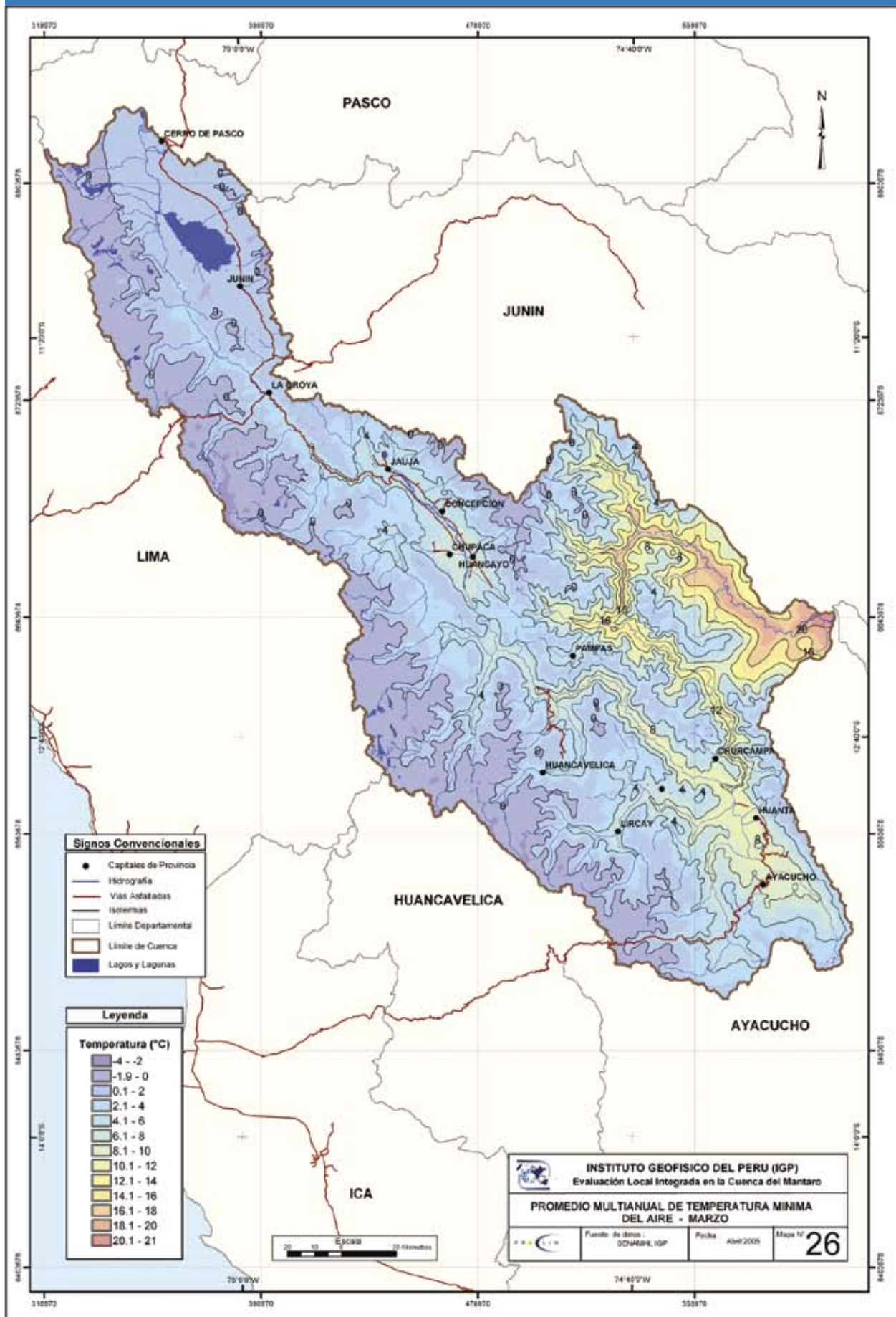
MAPA N° 22: Precipitación acumulada para el año seco 1992

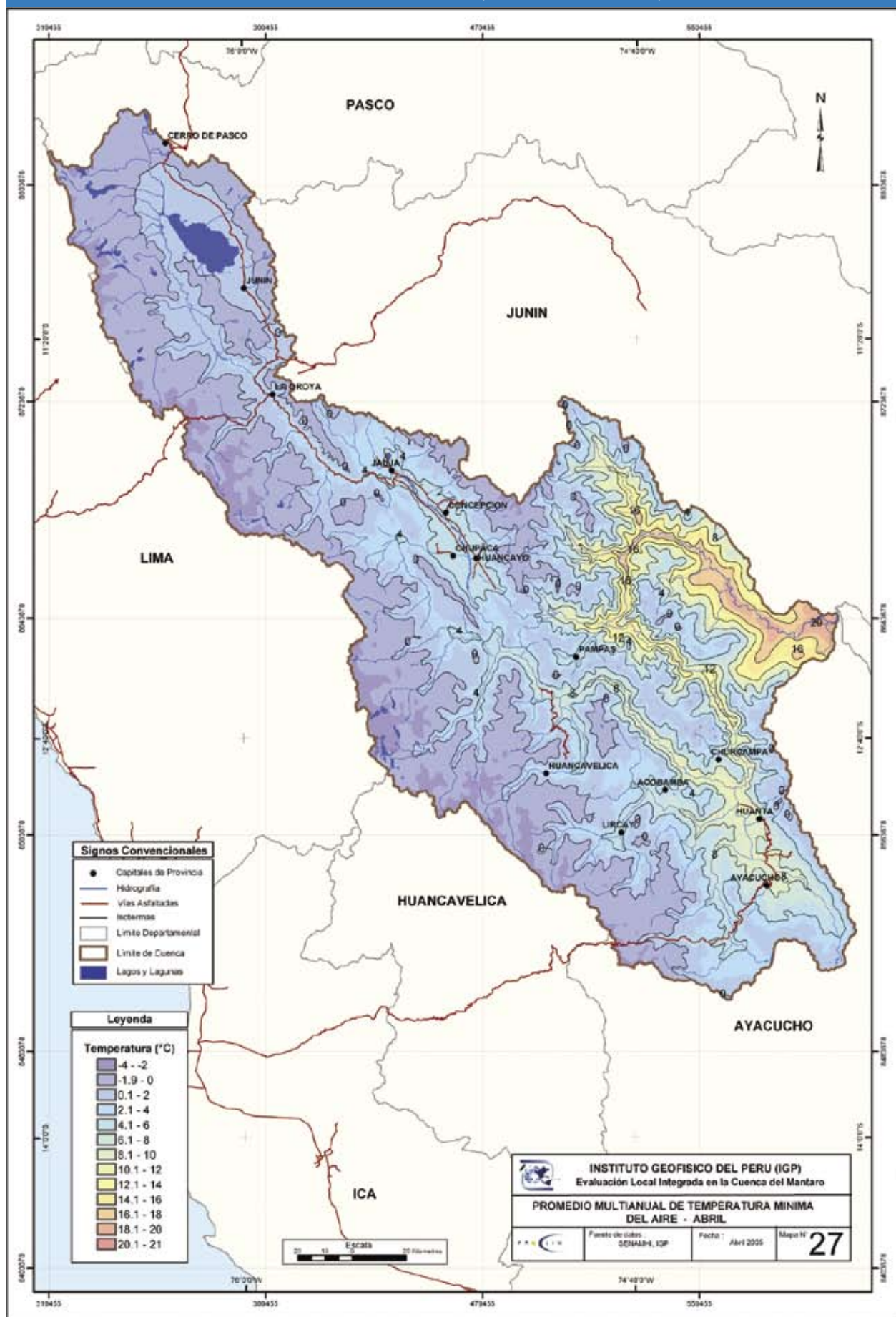


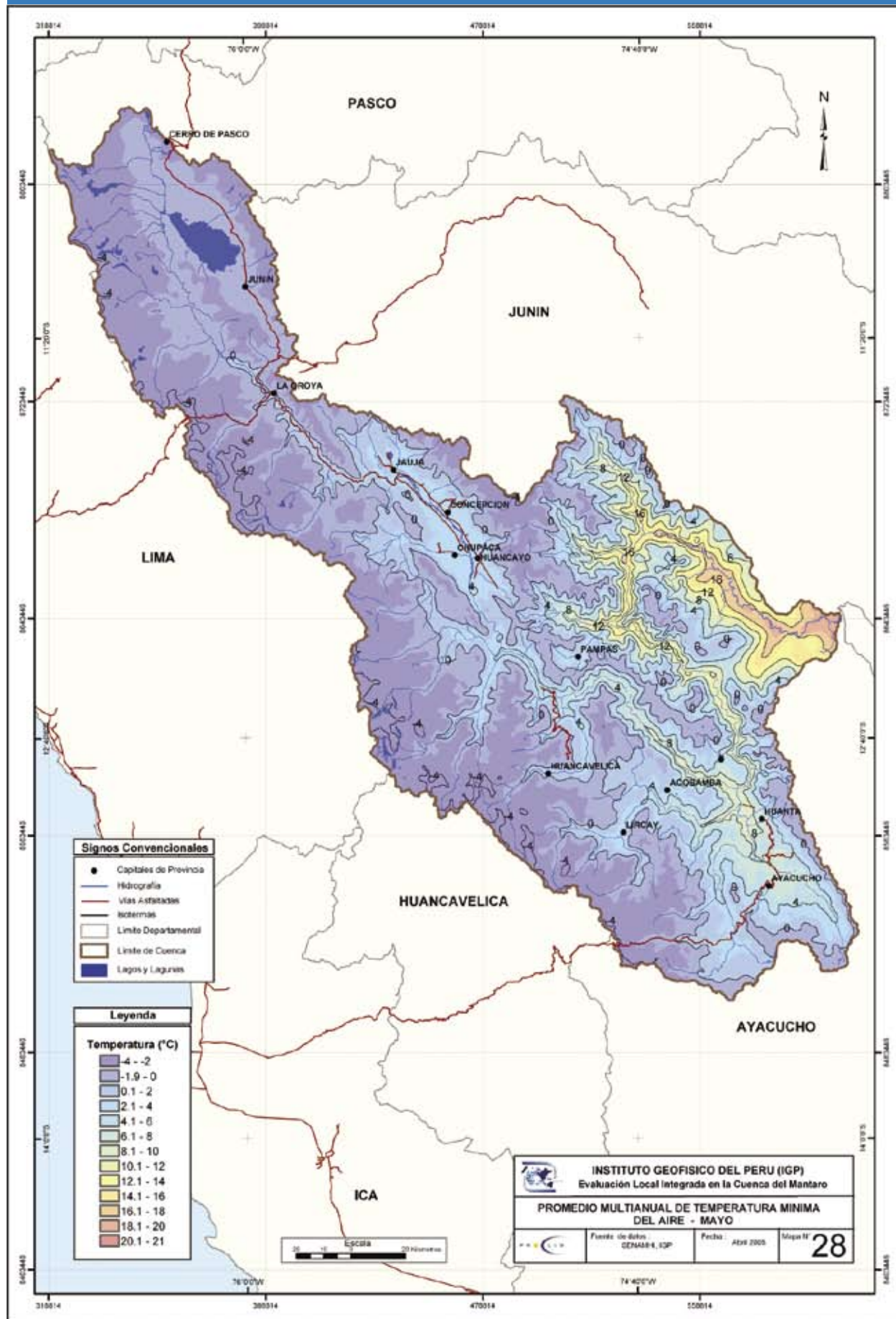


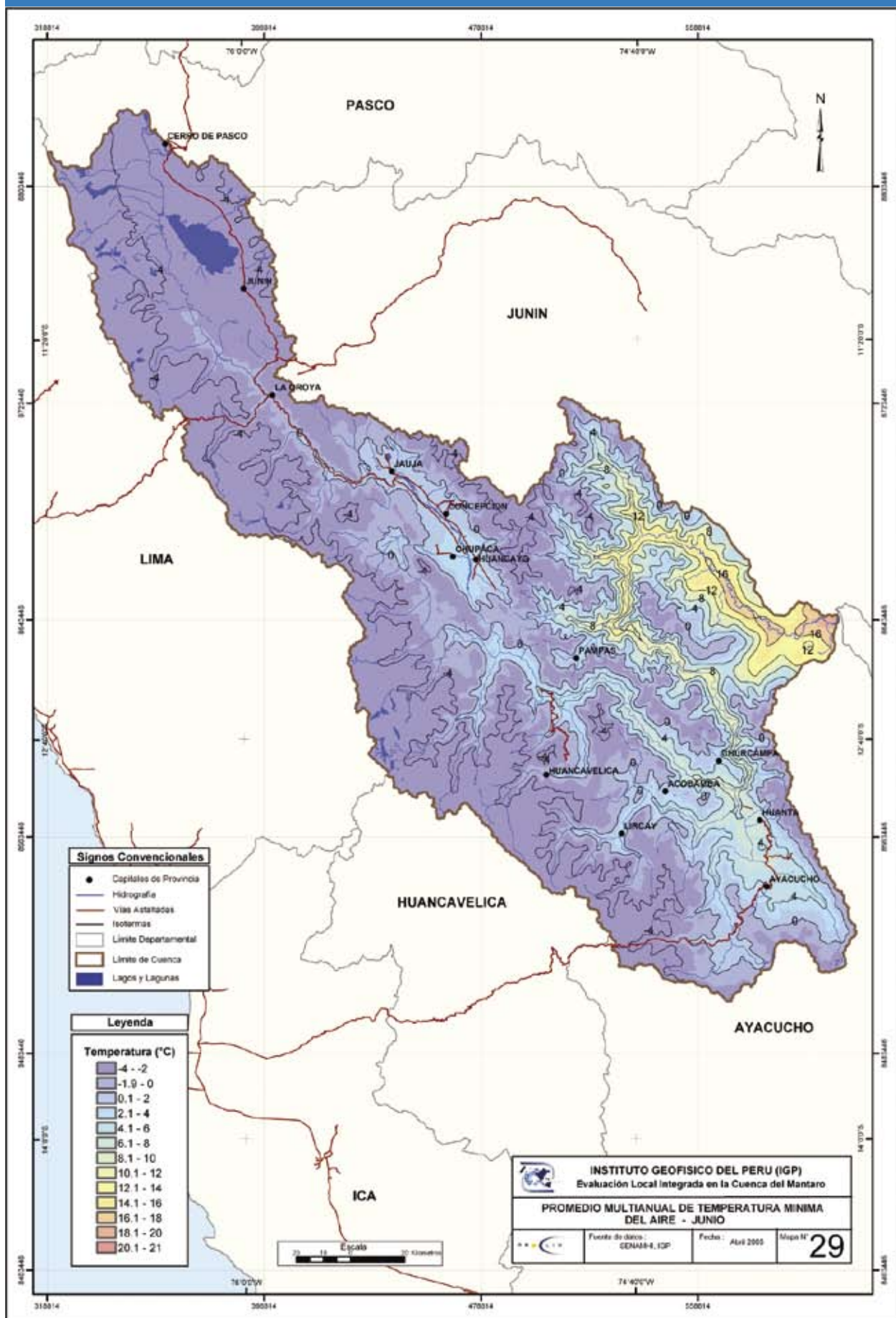




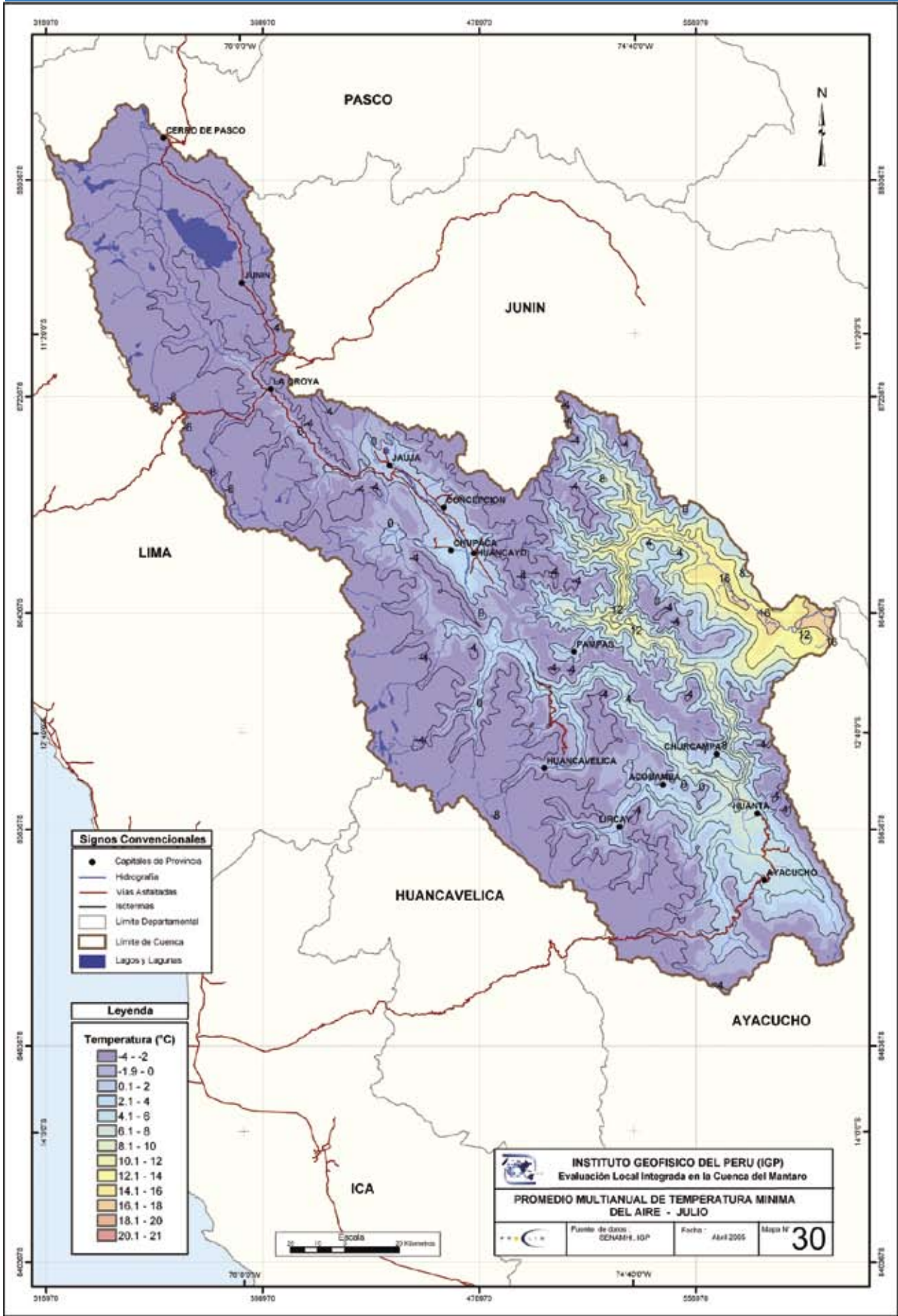




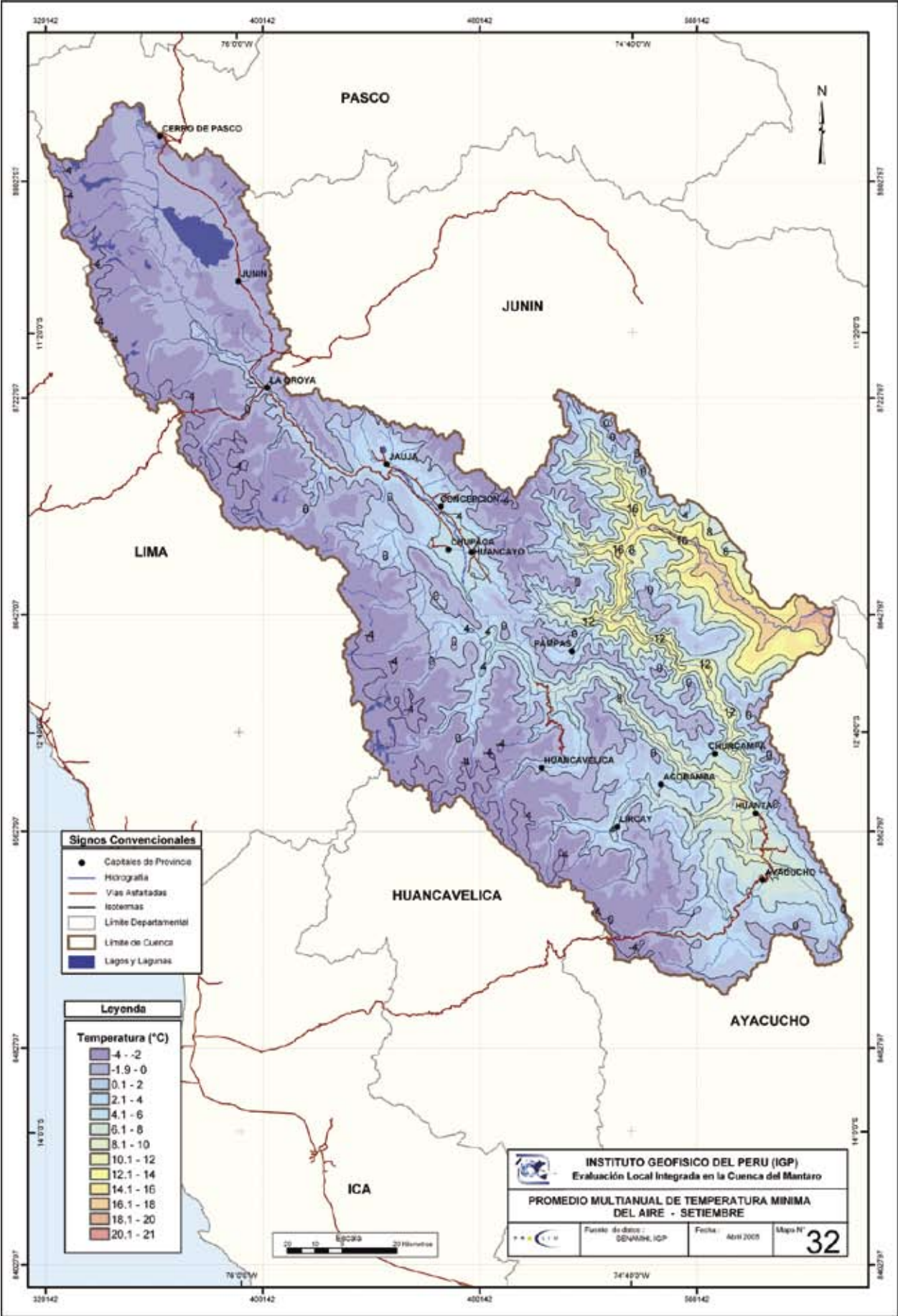


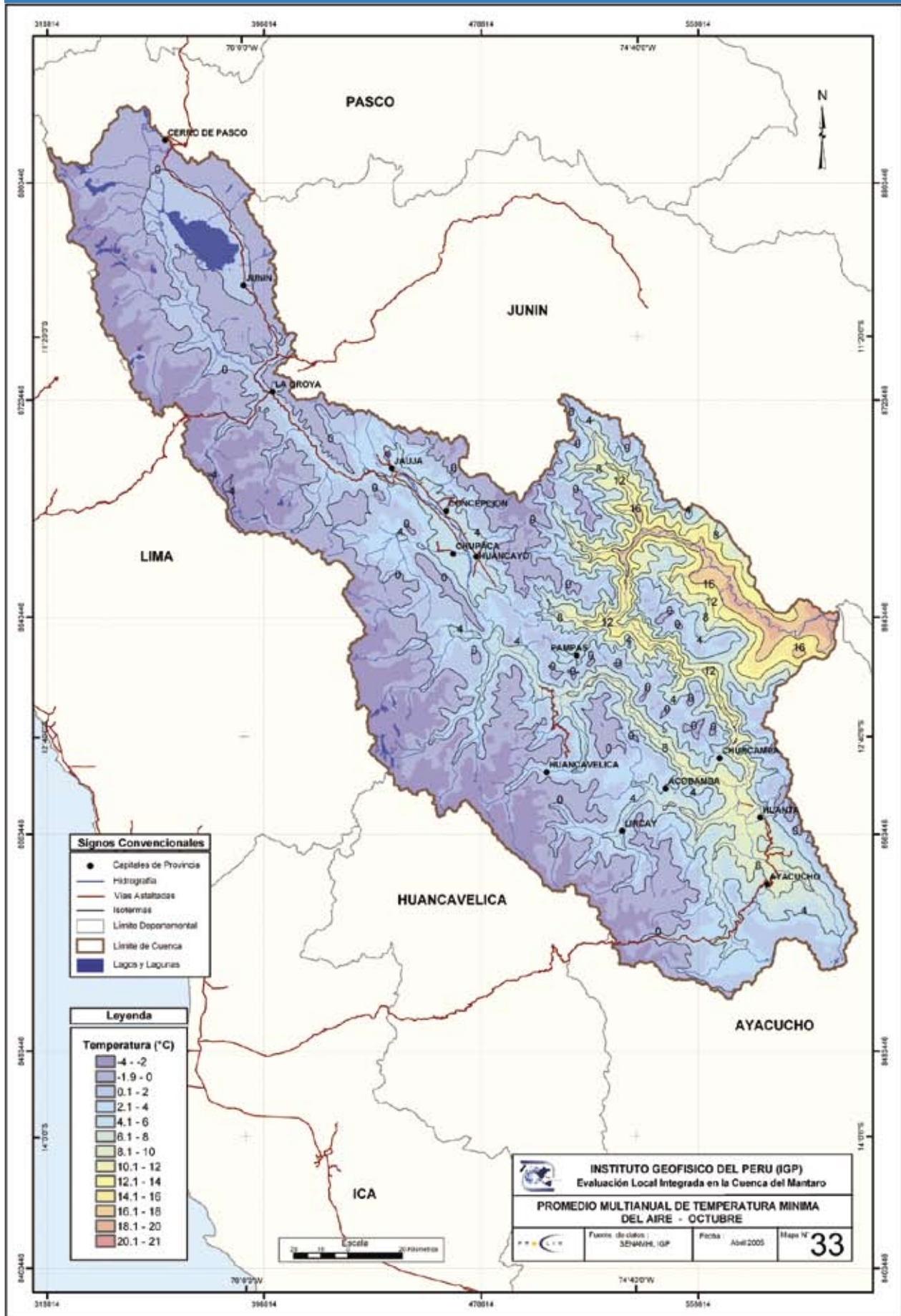


MAPA N° 30: Promedio multianual de temperatura mínima del aire para julio

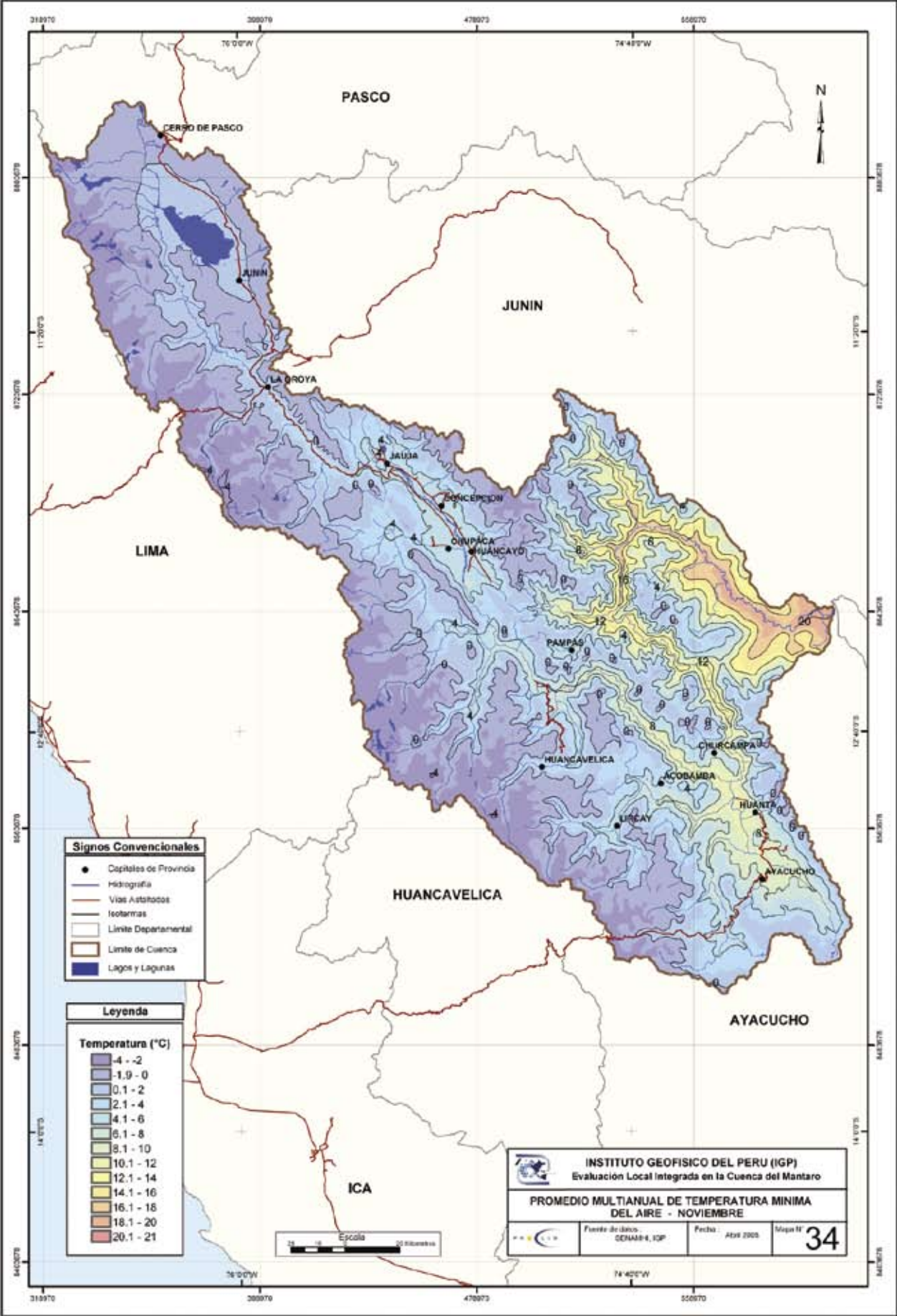


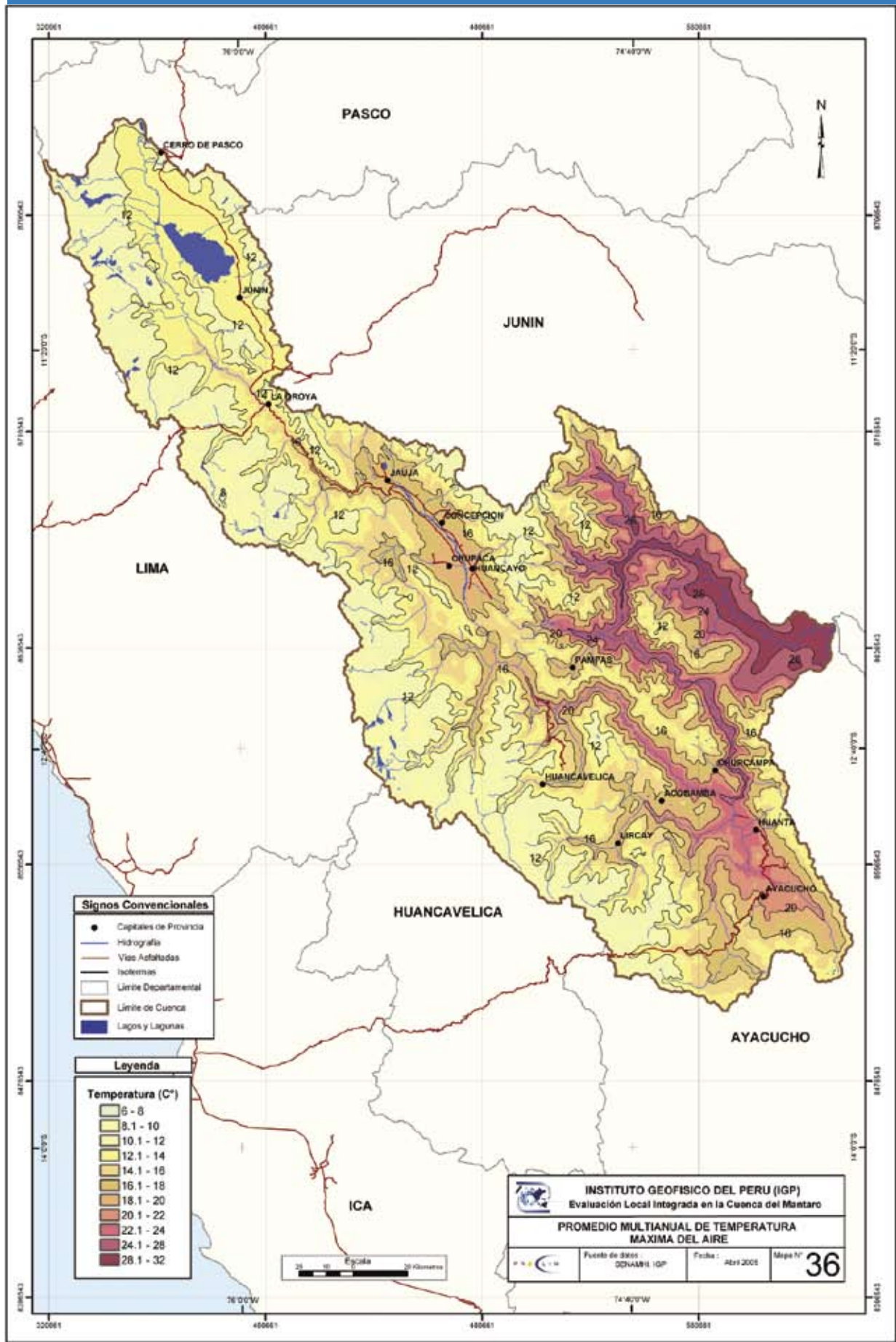
MAPA N° 32: Promedio multianual de temperatura mínima del aire para setiembre

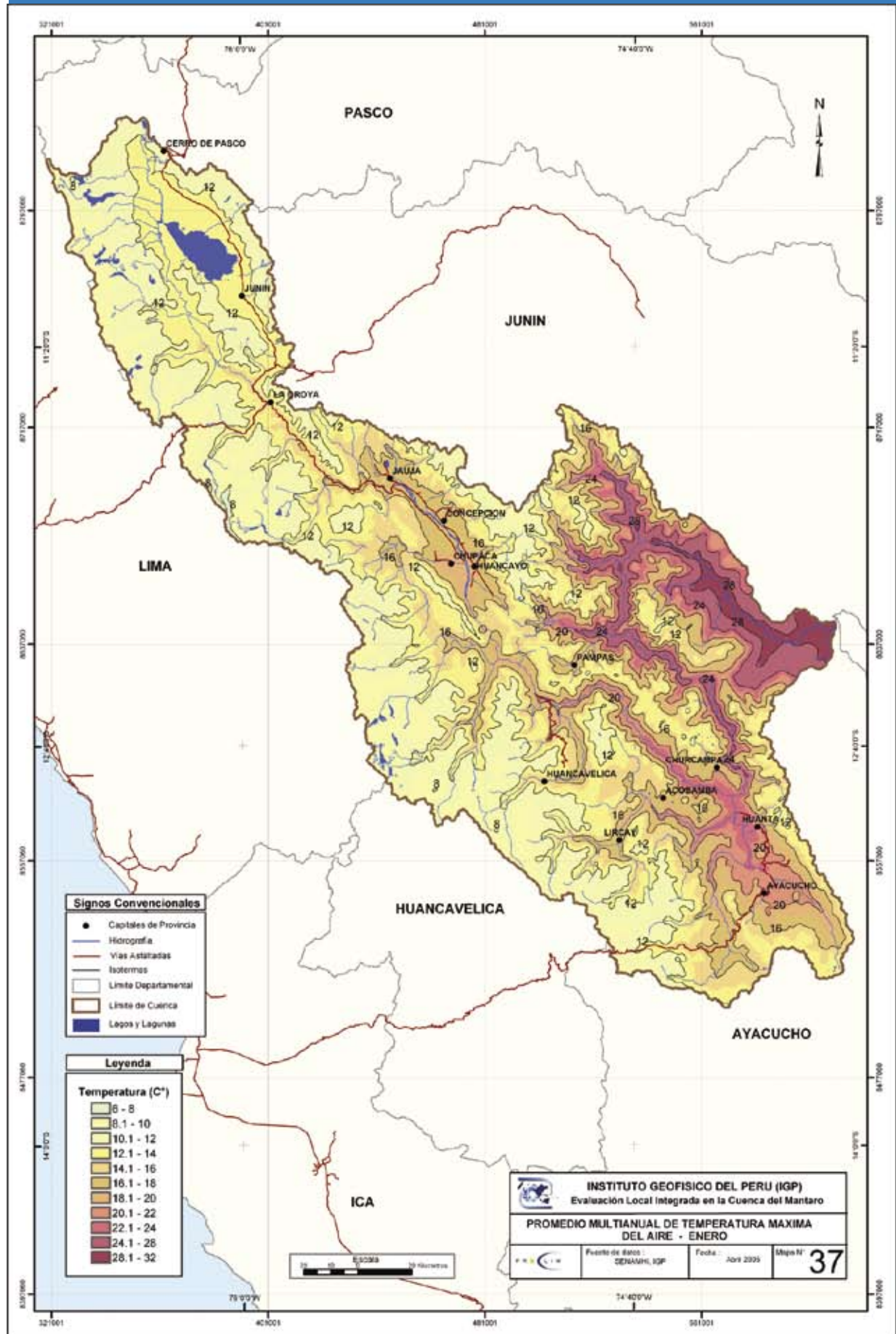


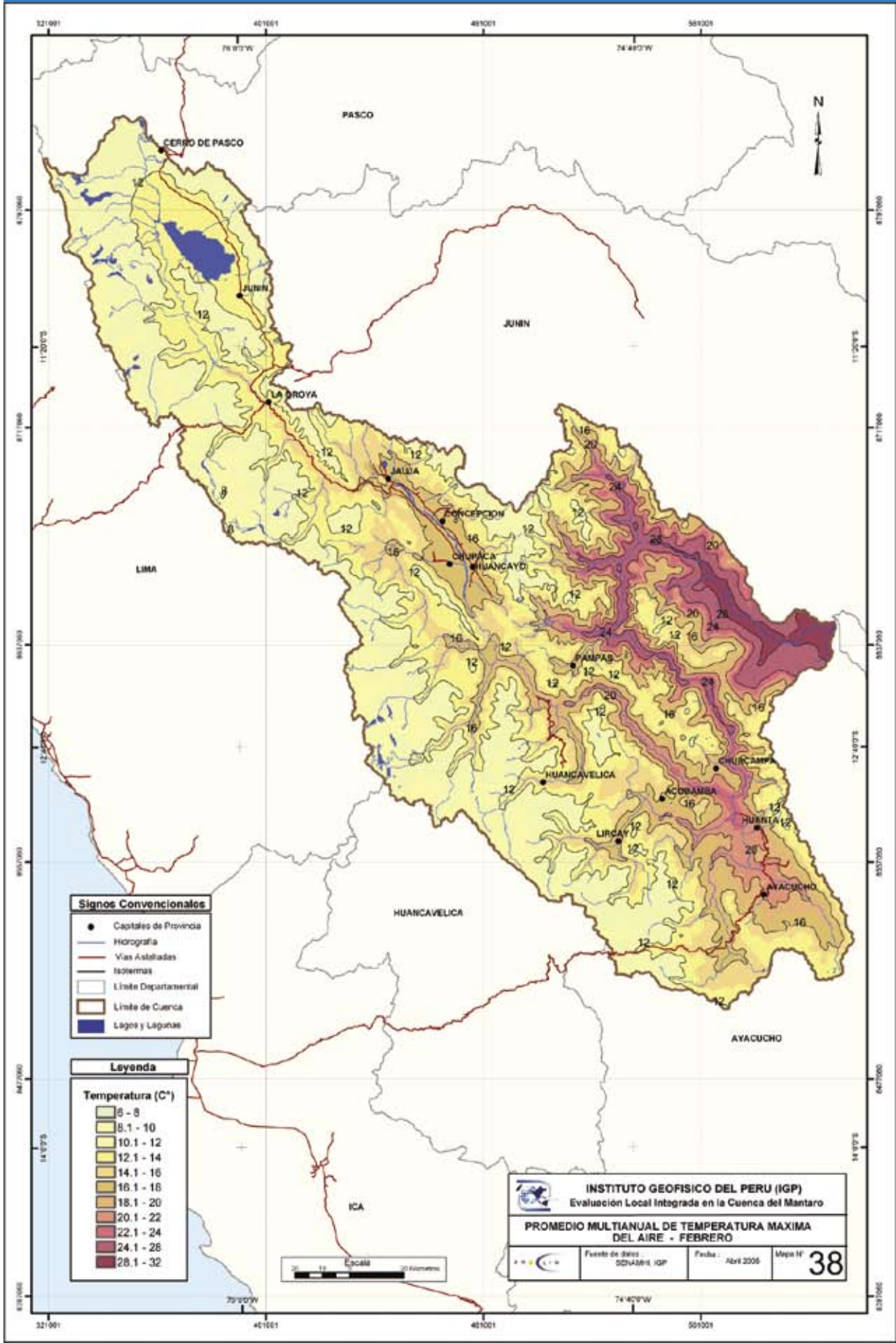


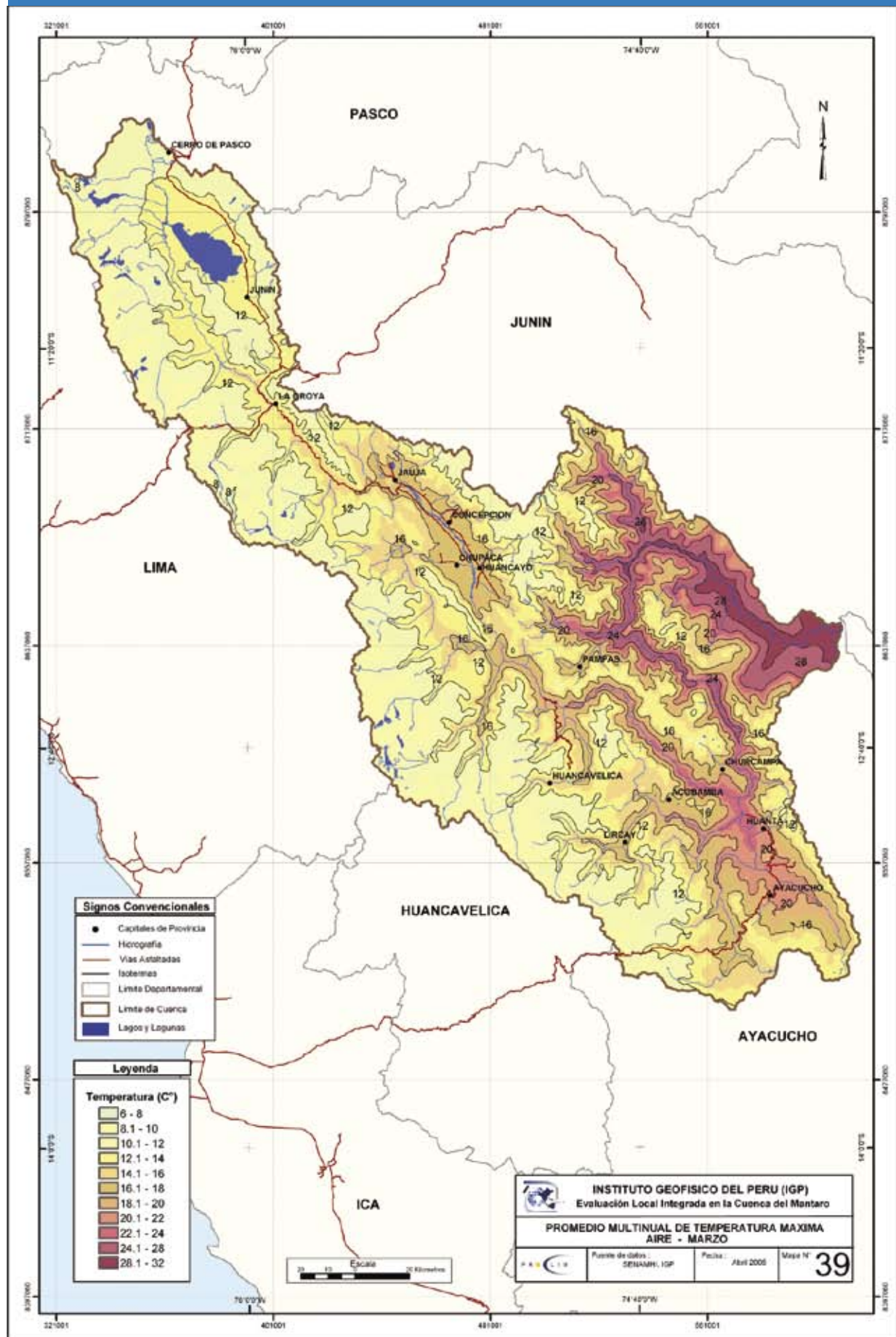
MAPA N° 34: Promedio multianual de temperatura mínima del aire para noviembre

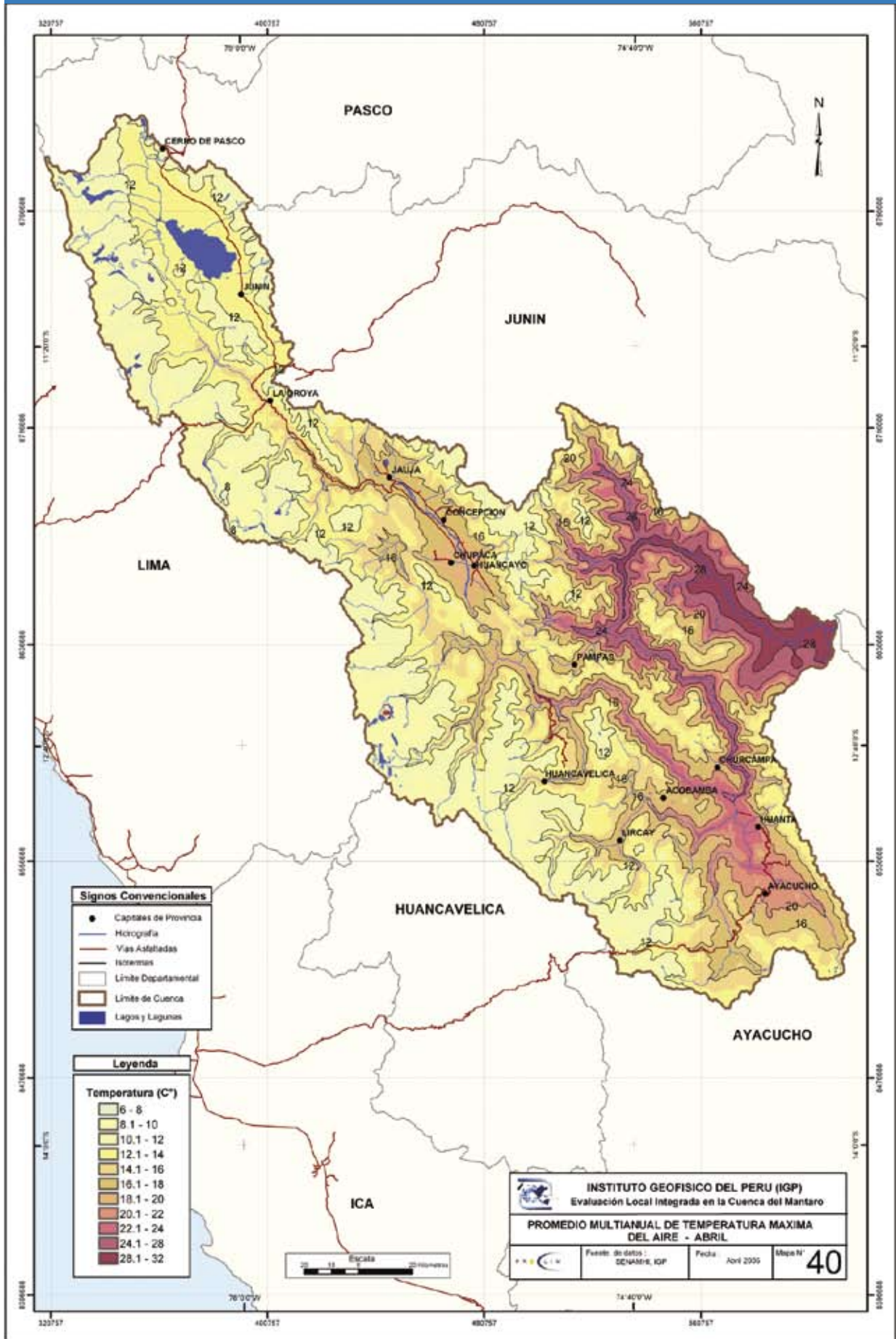


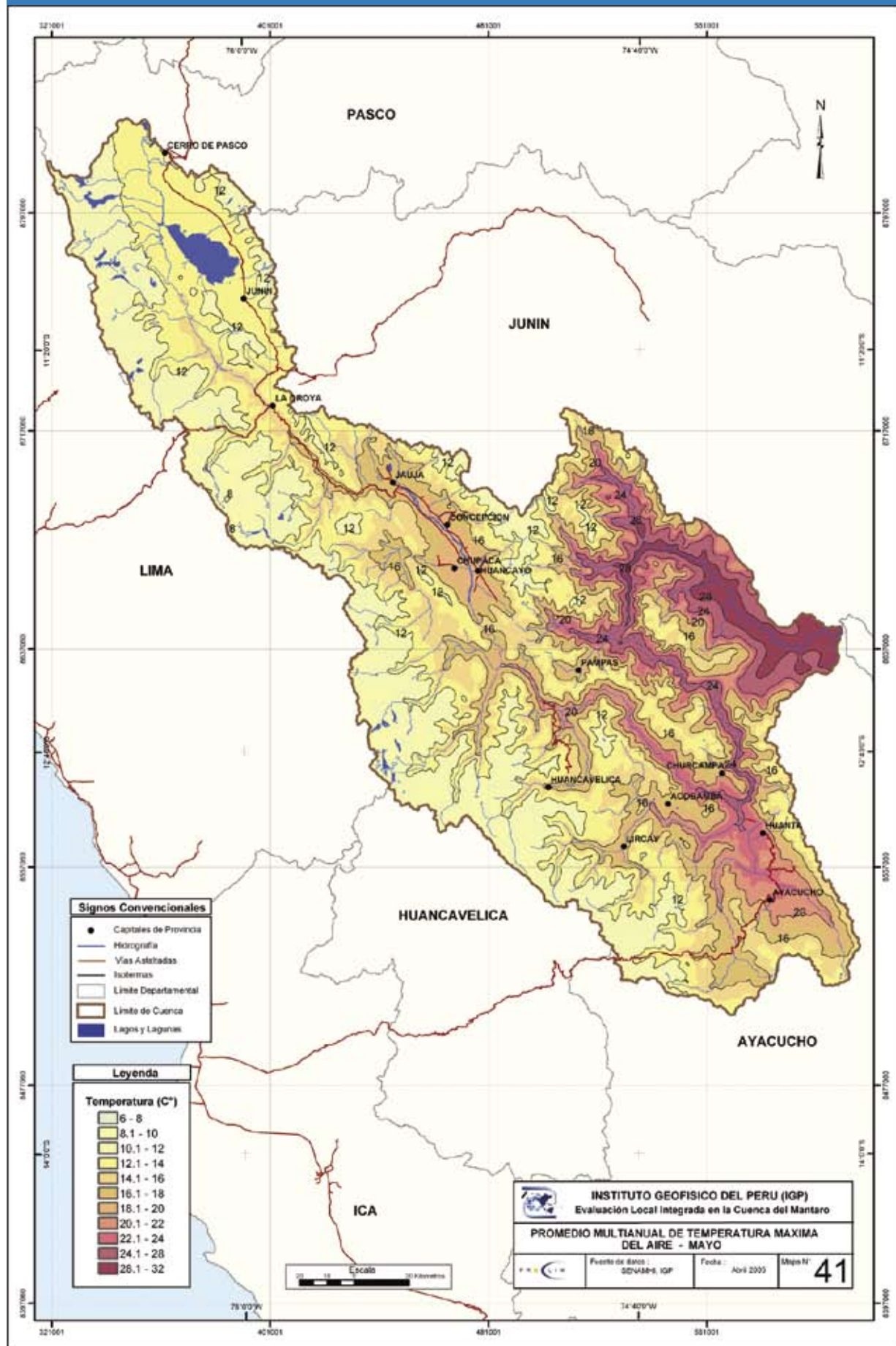


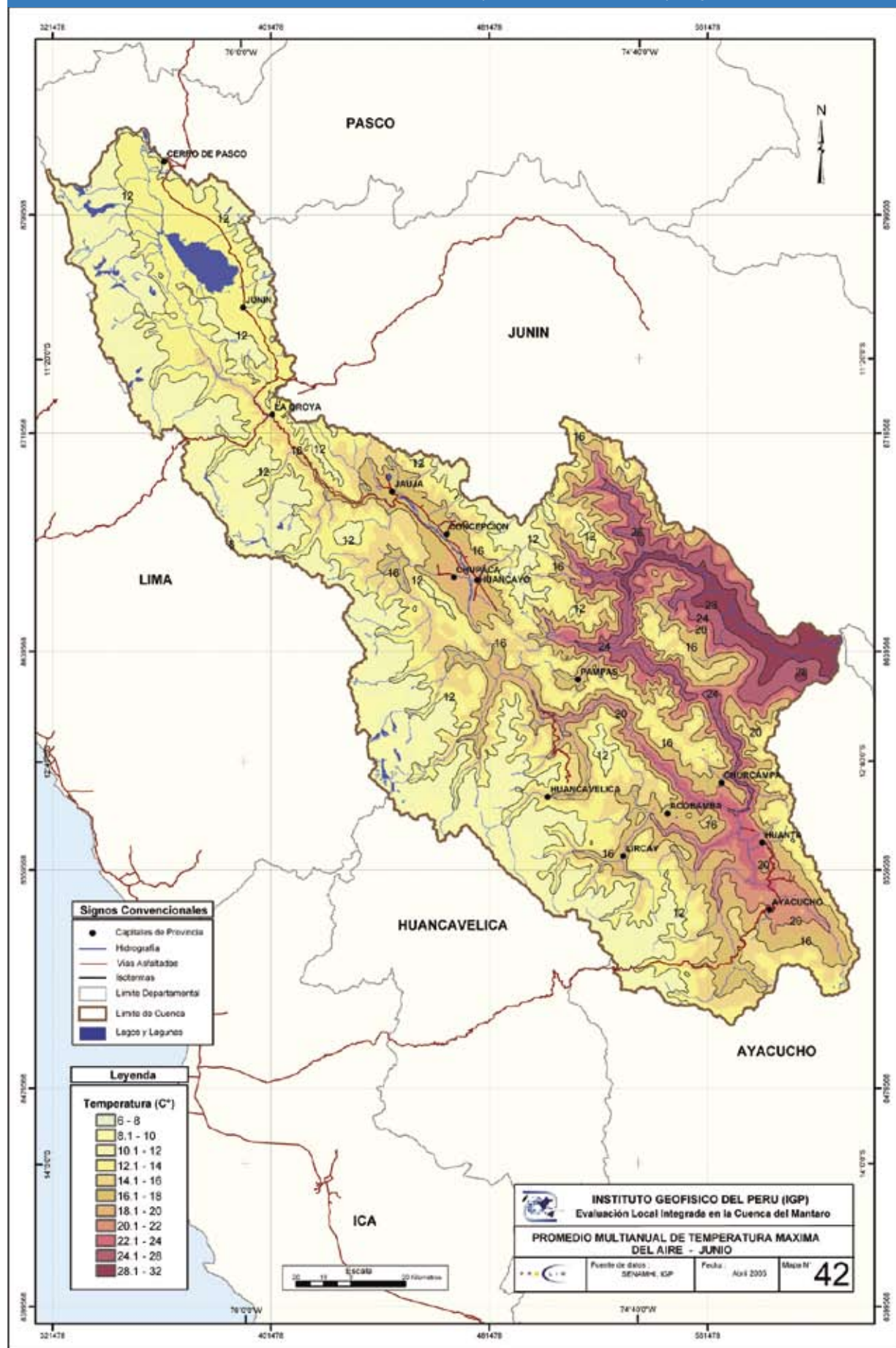


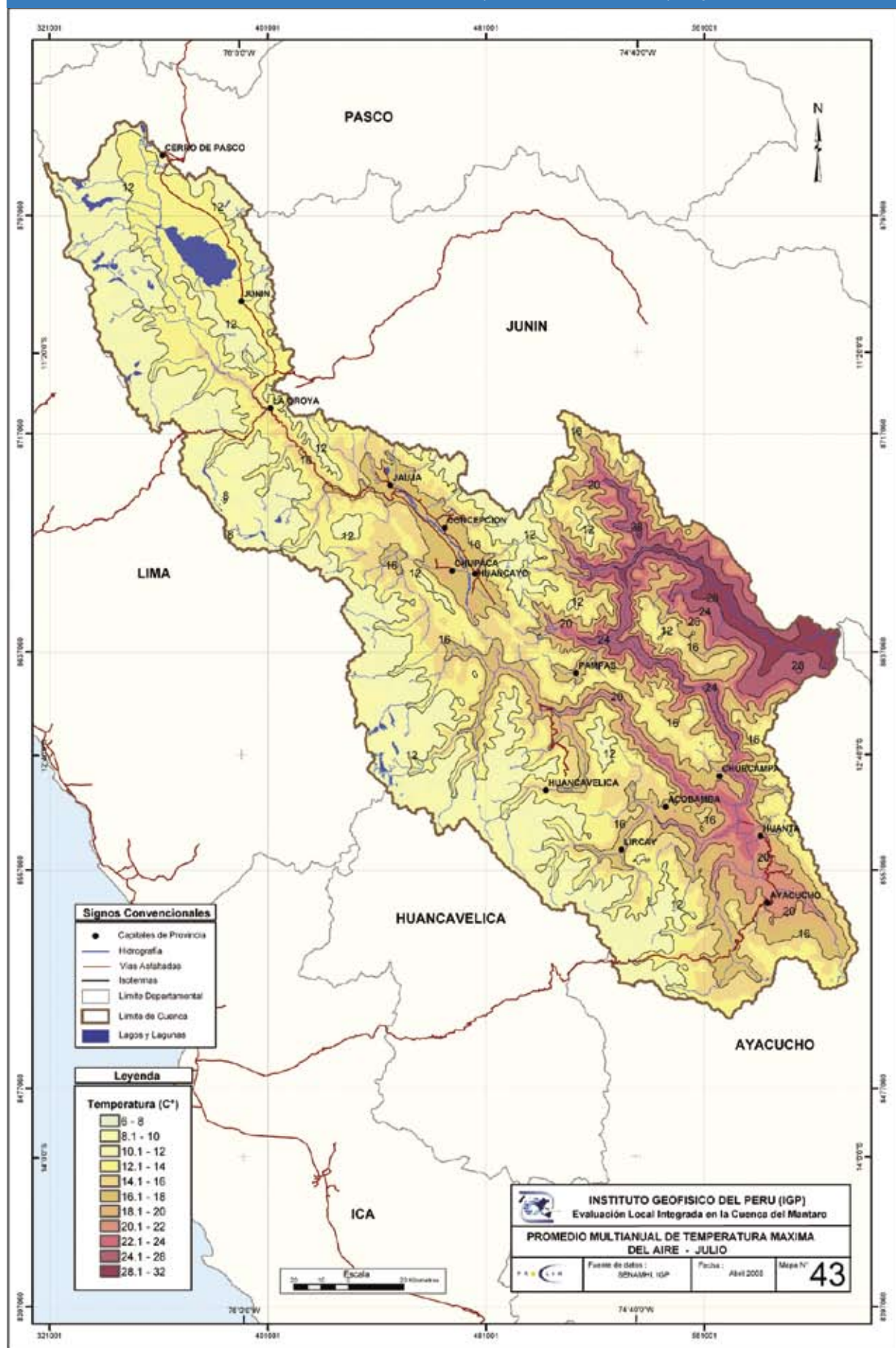


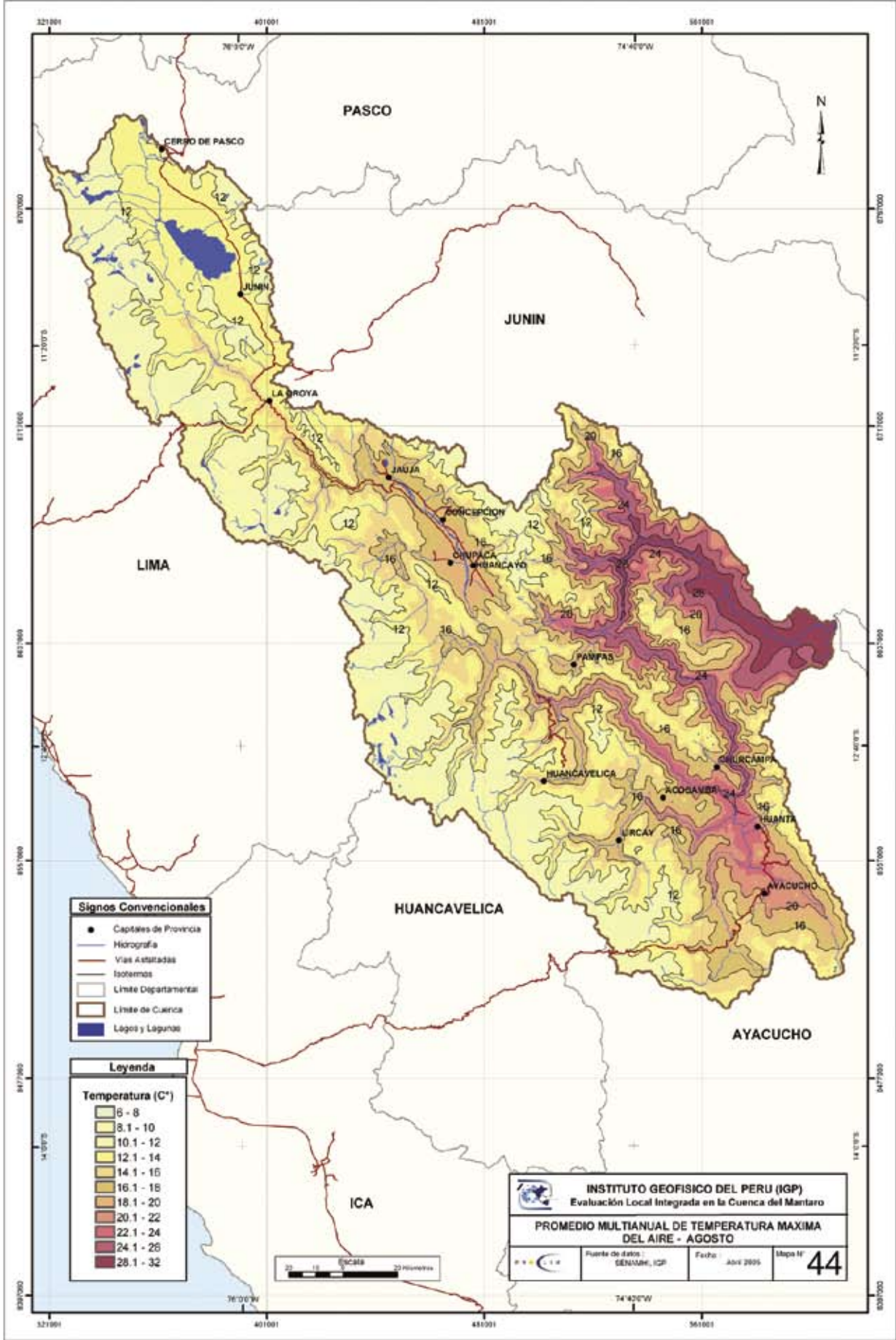


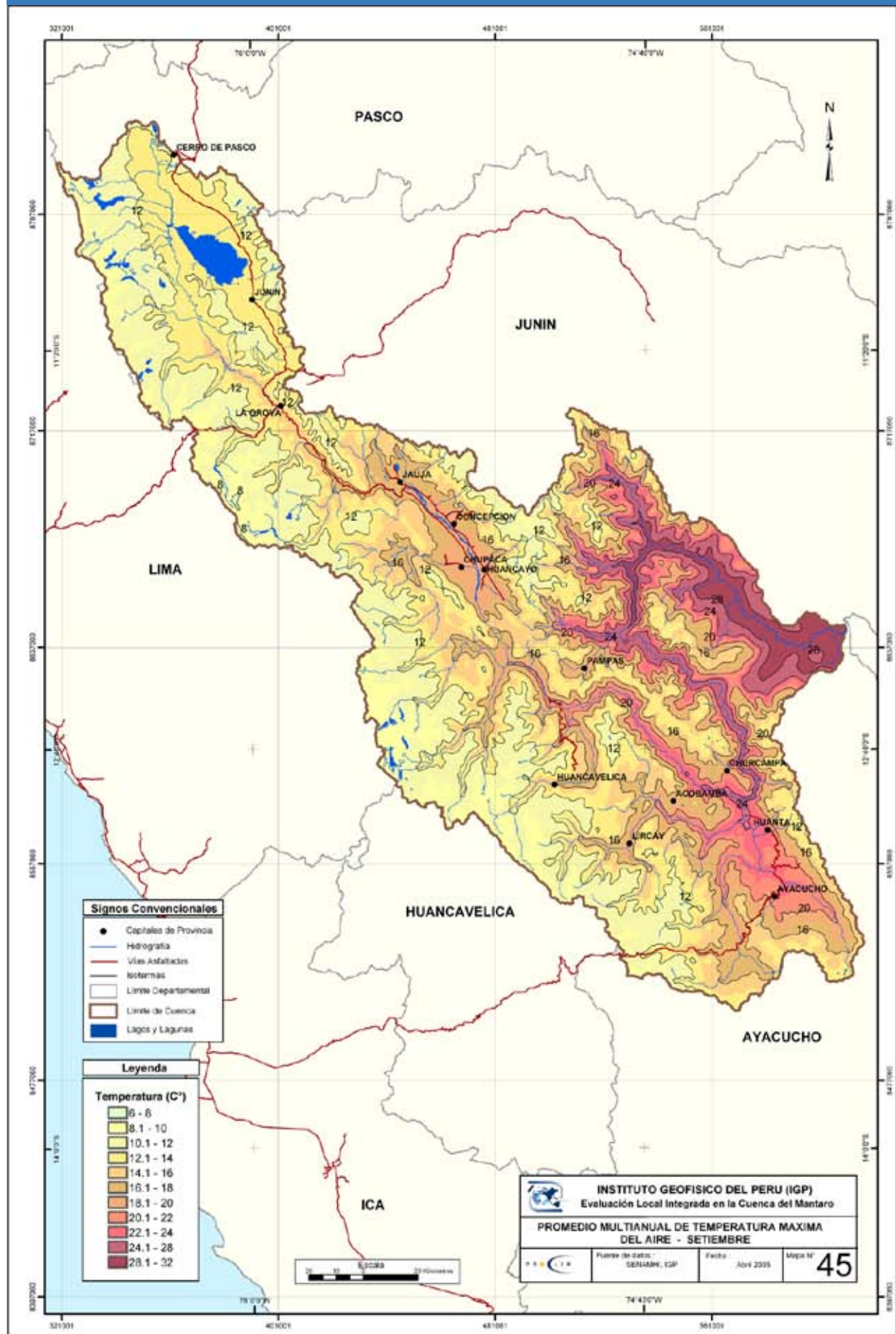


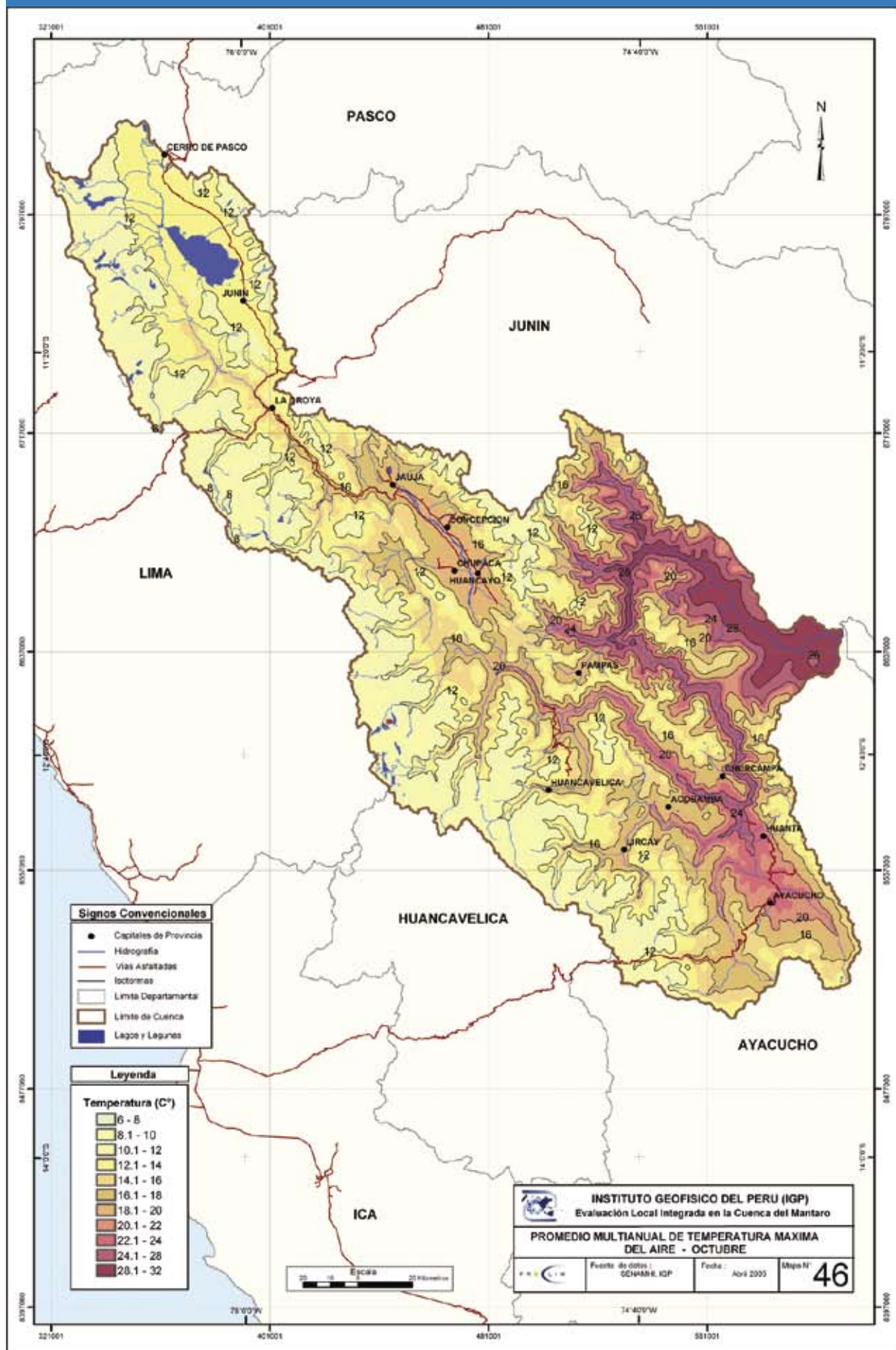


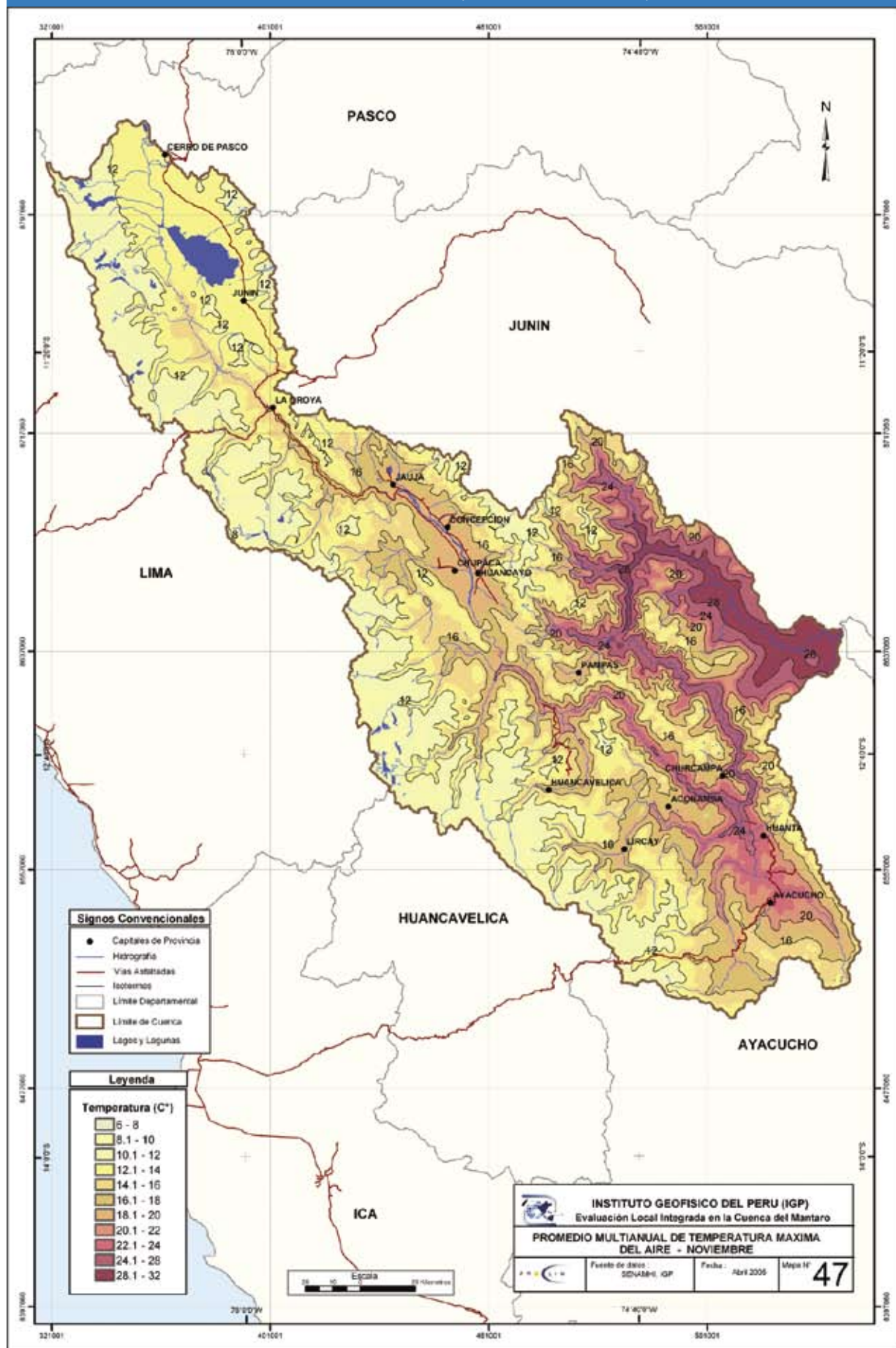


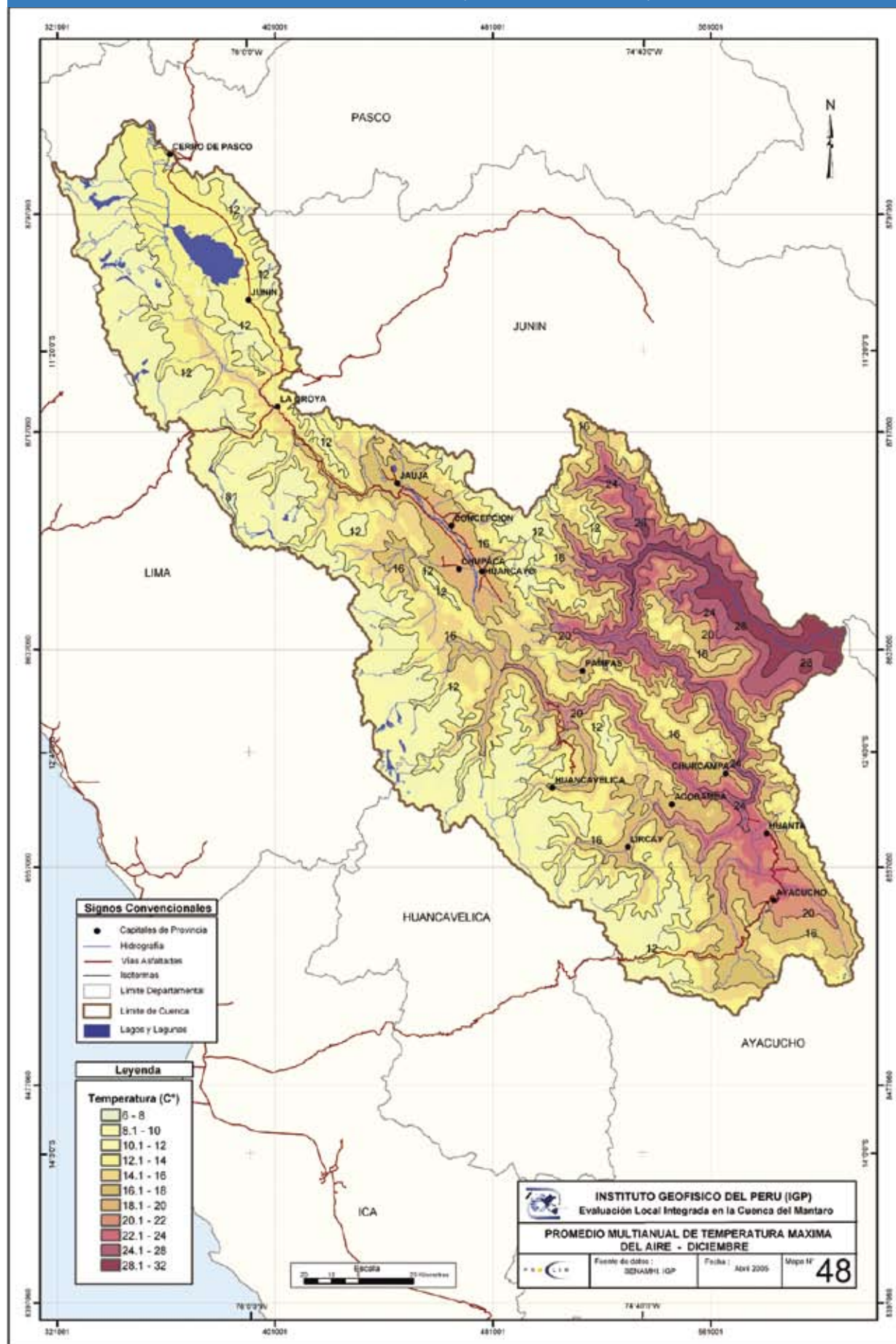


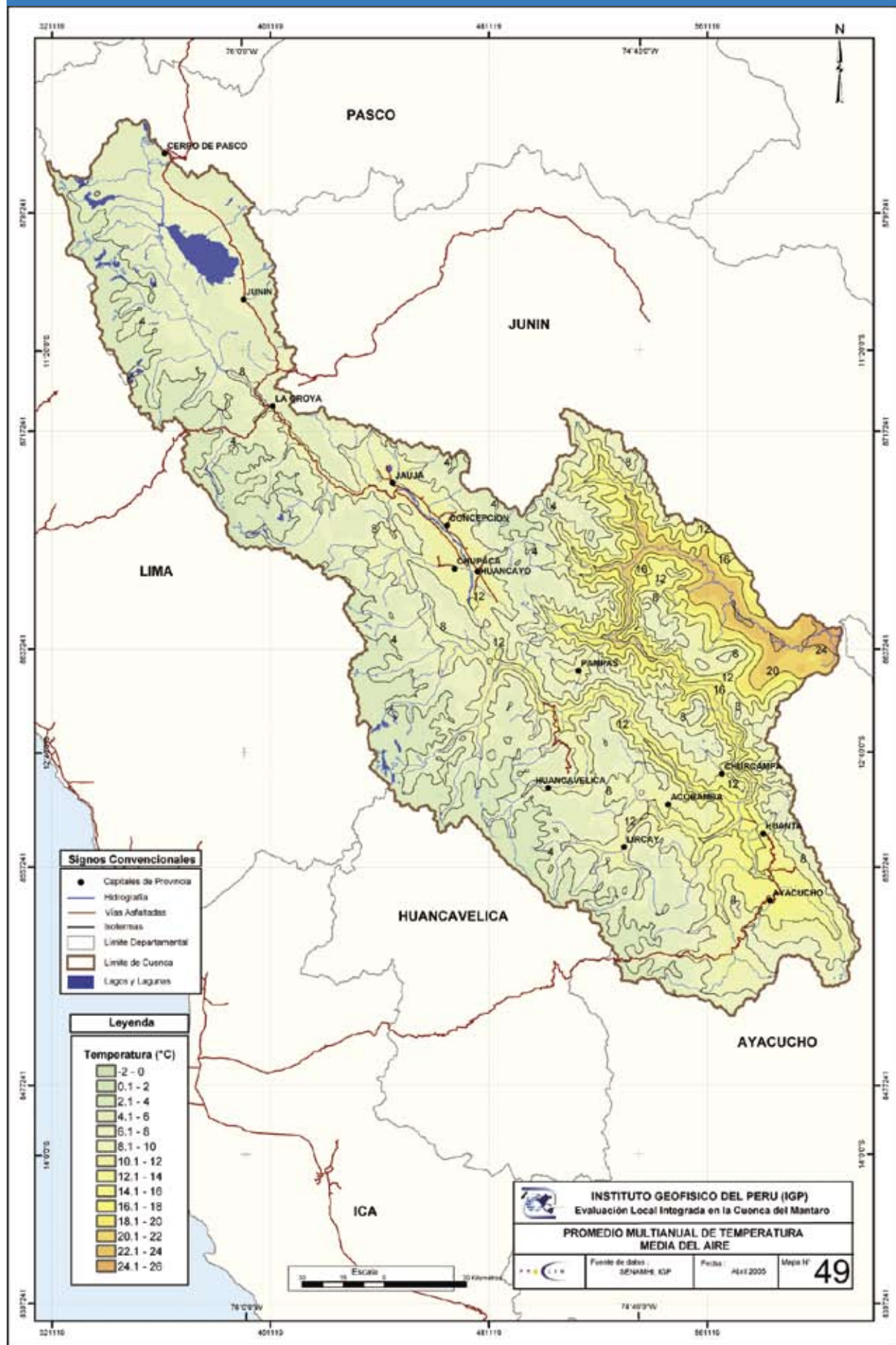


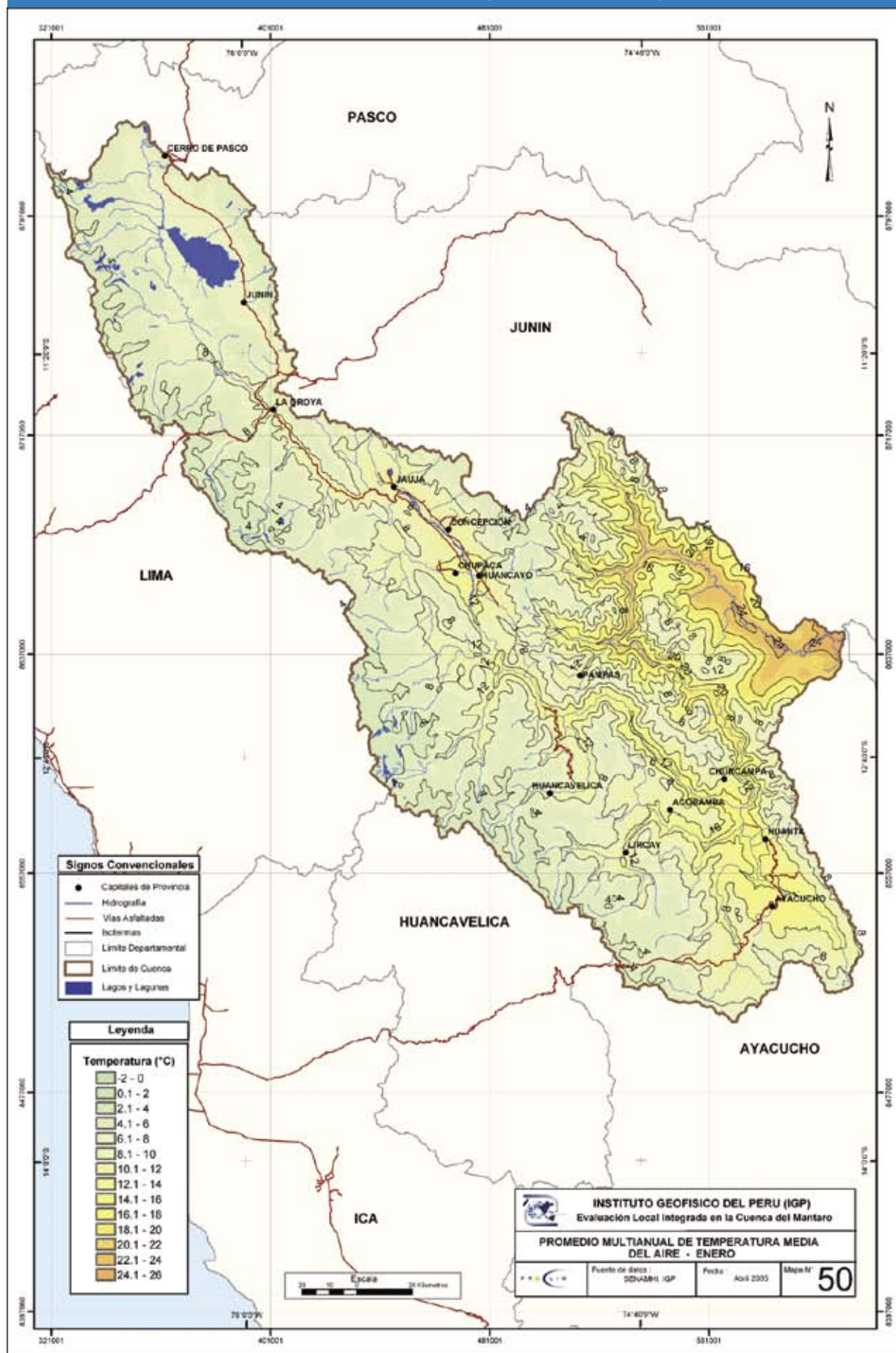


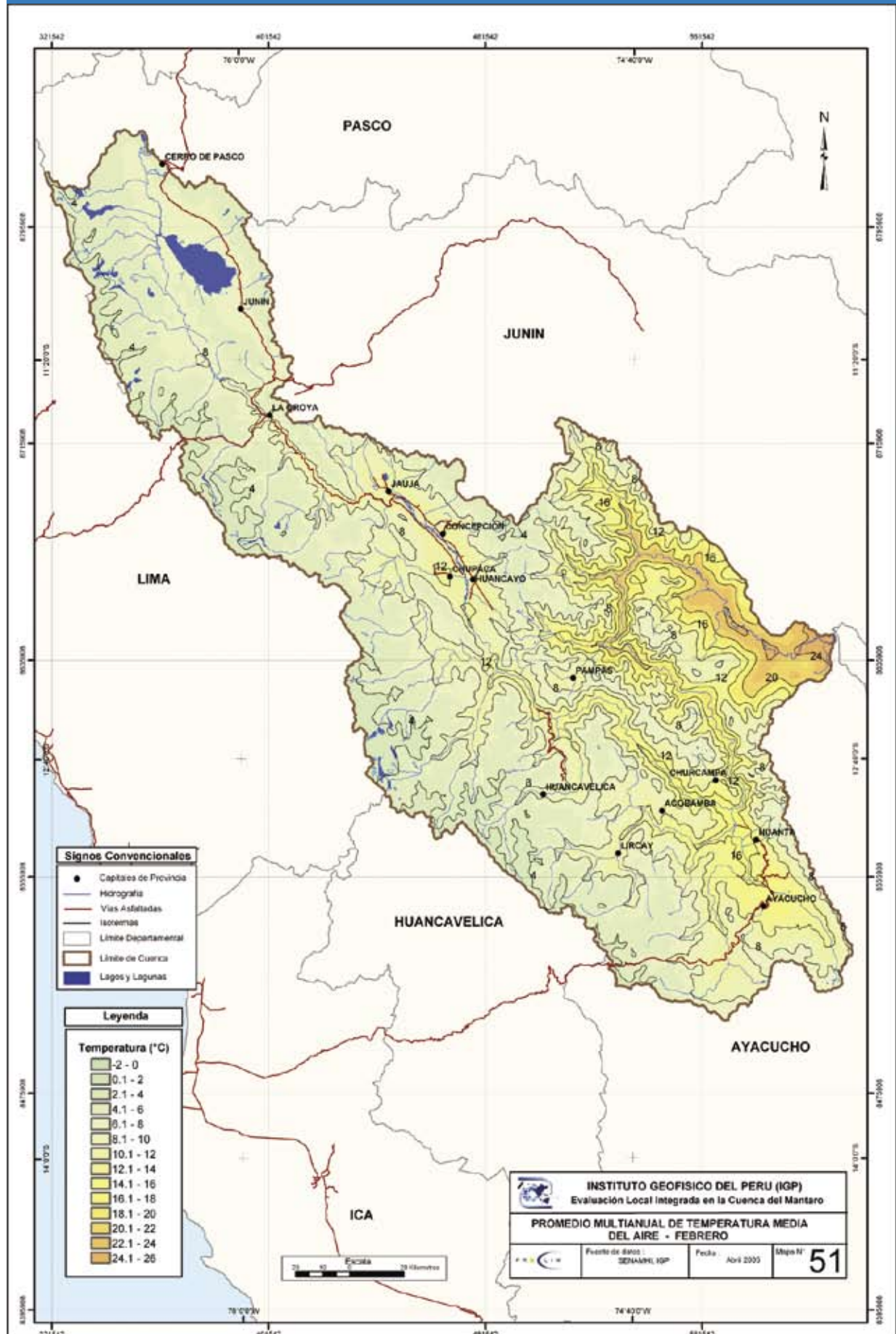


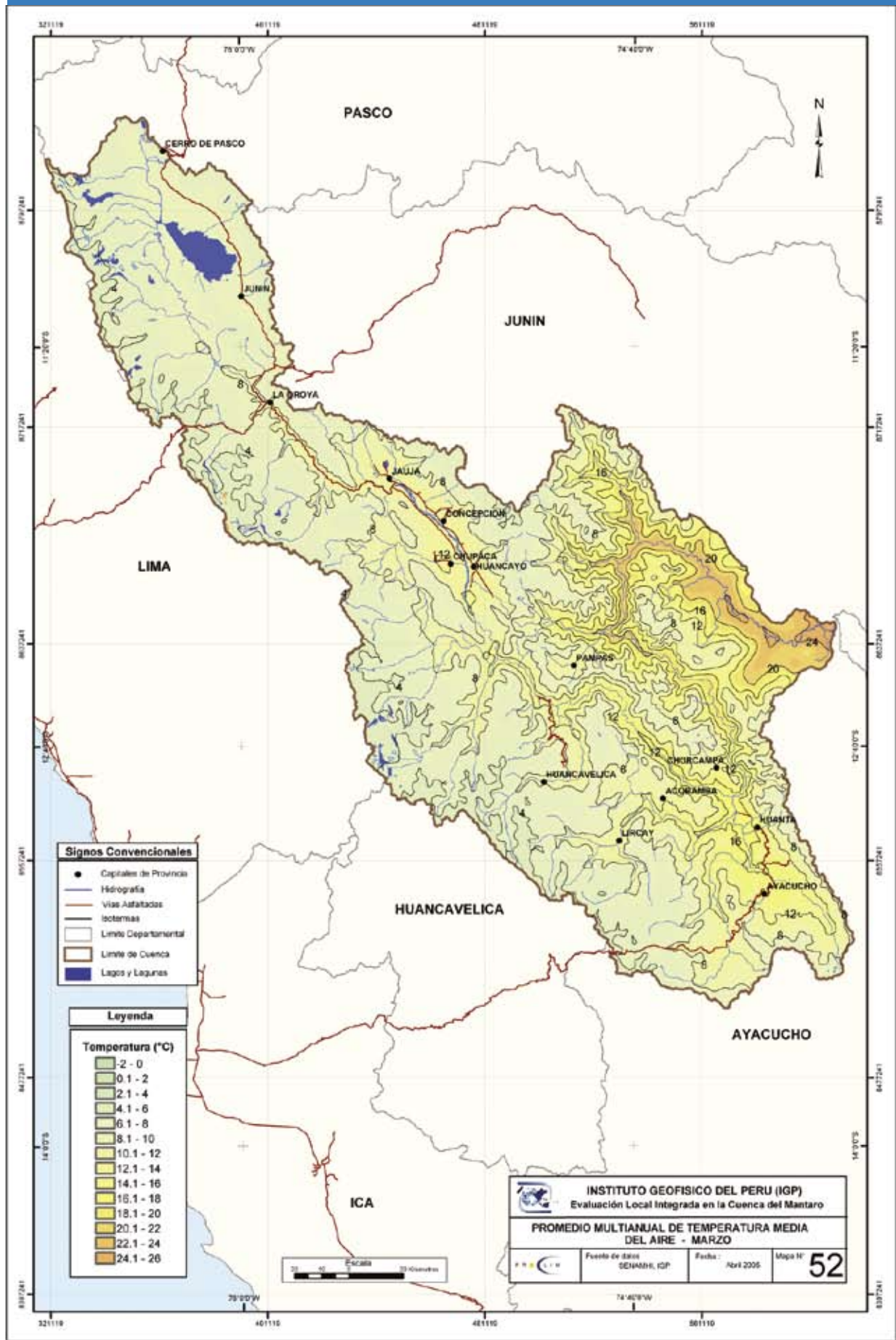


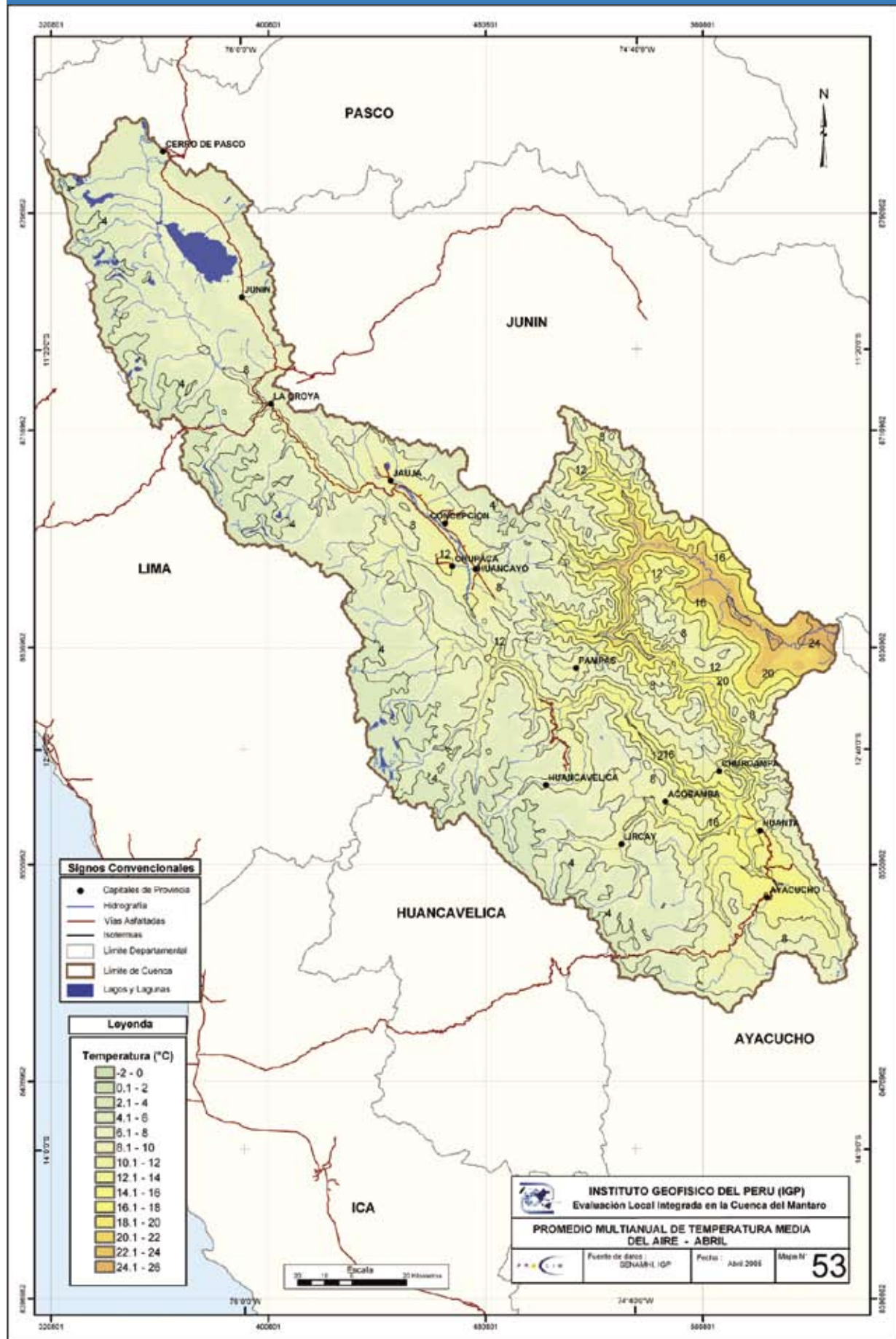




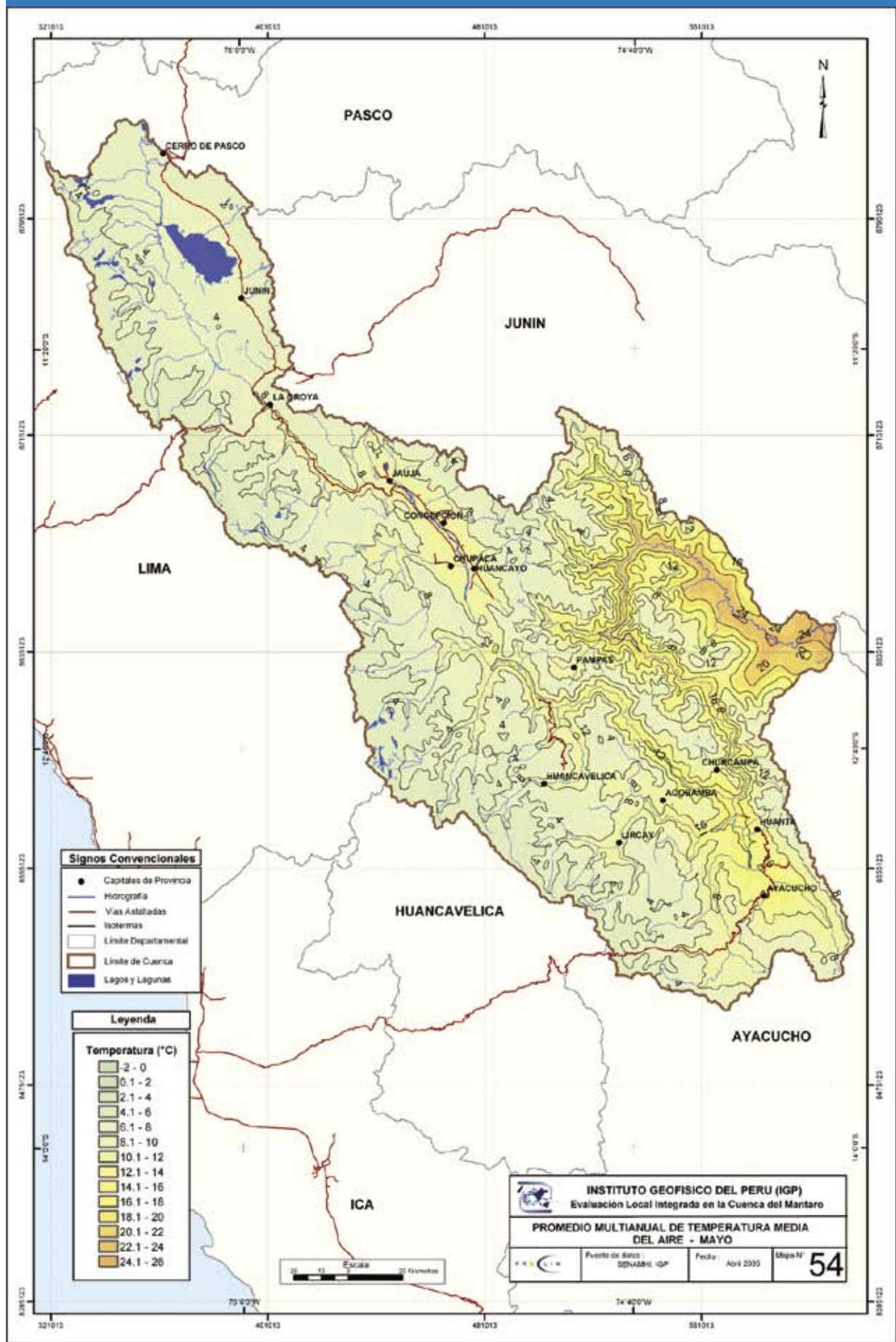


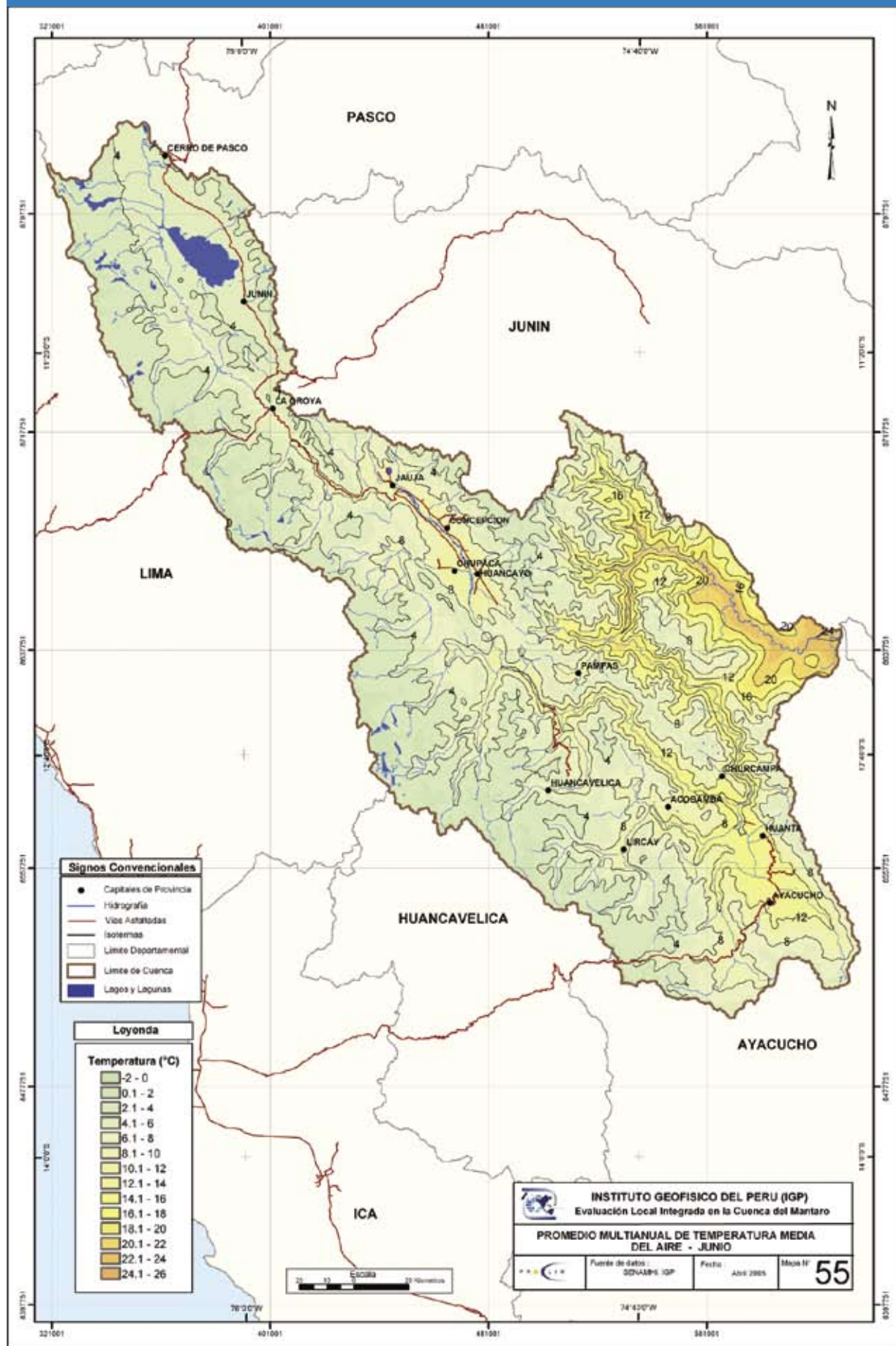


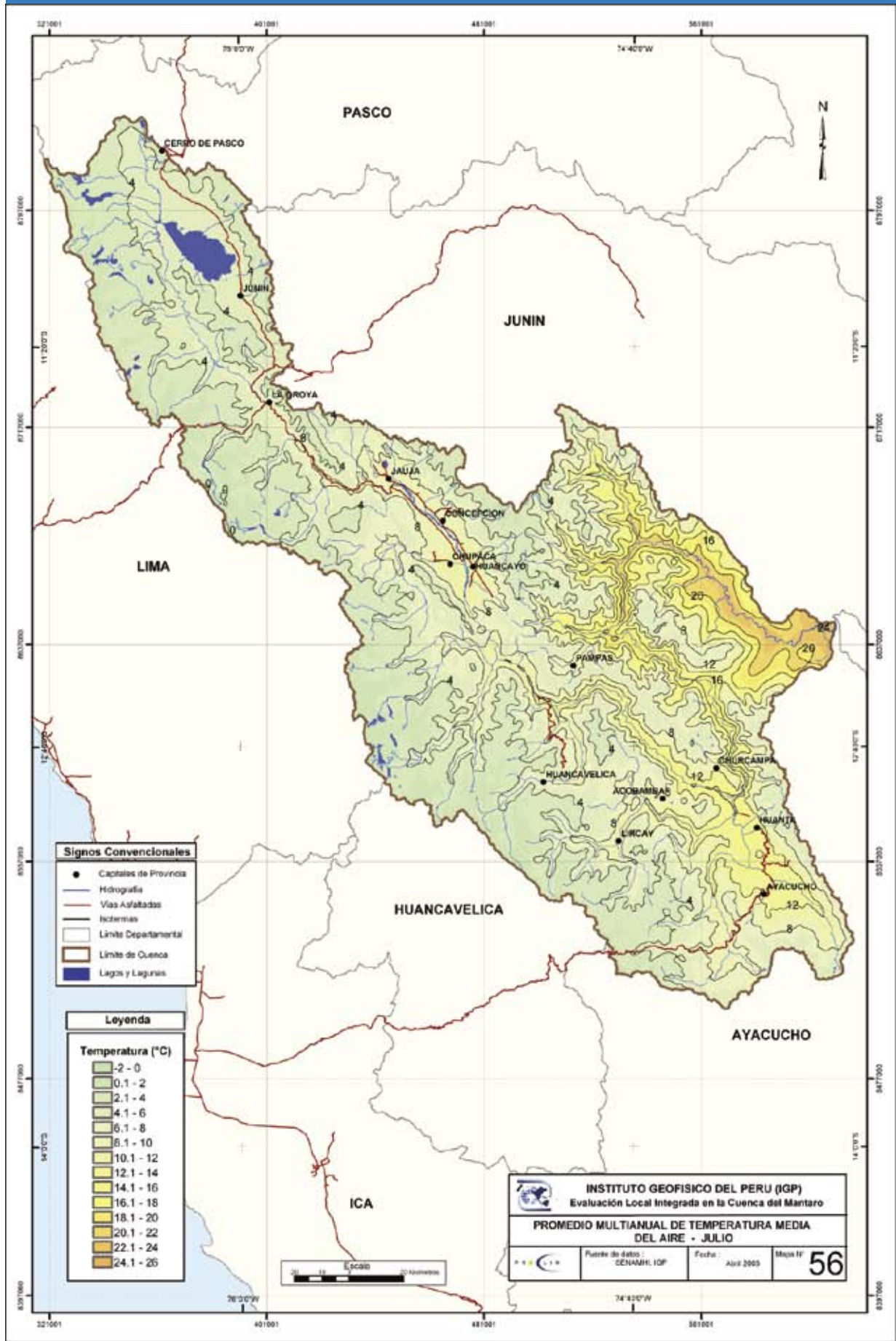


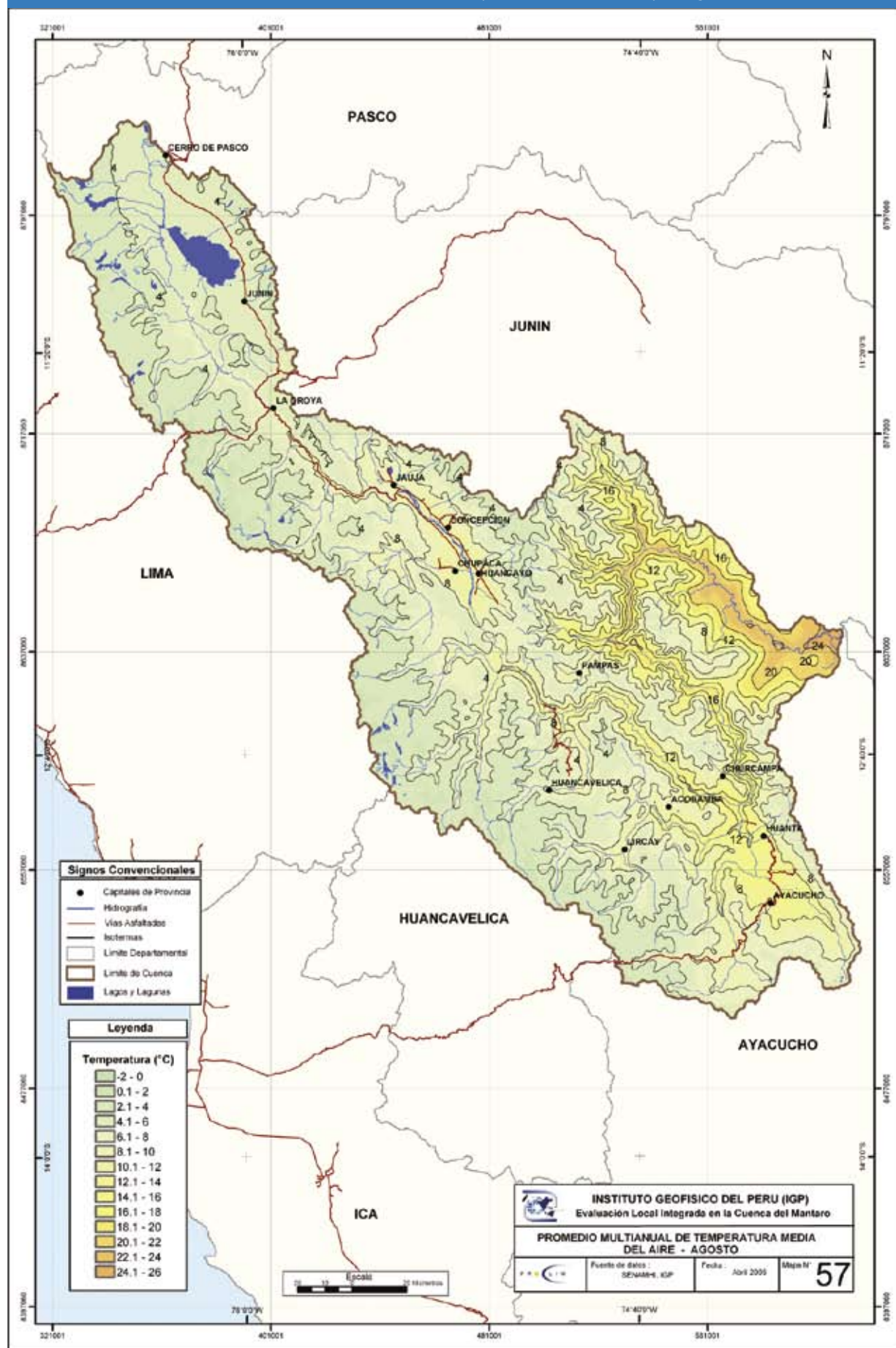


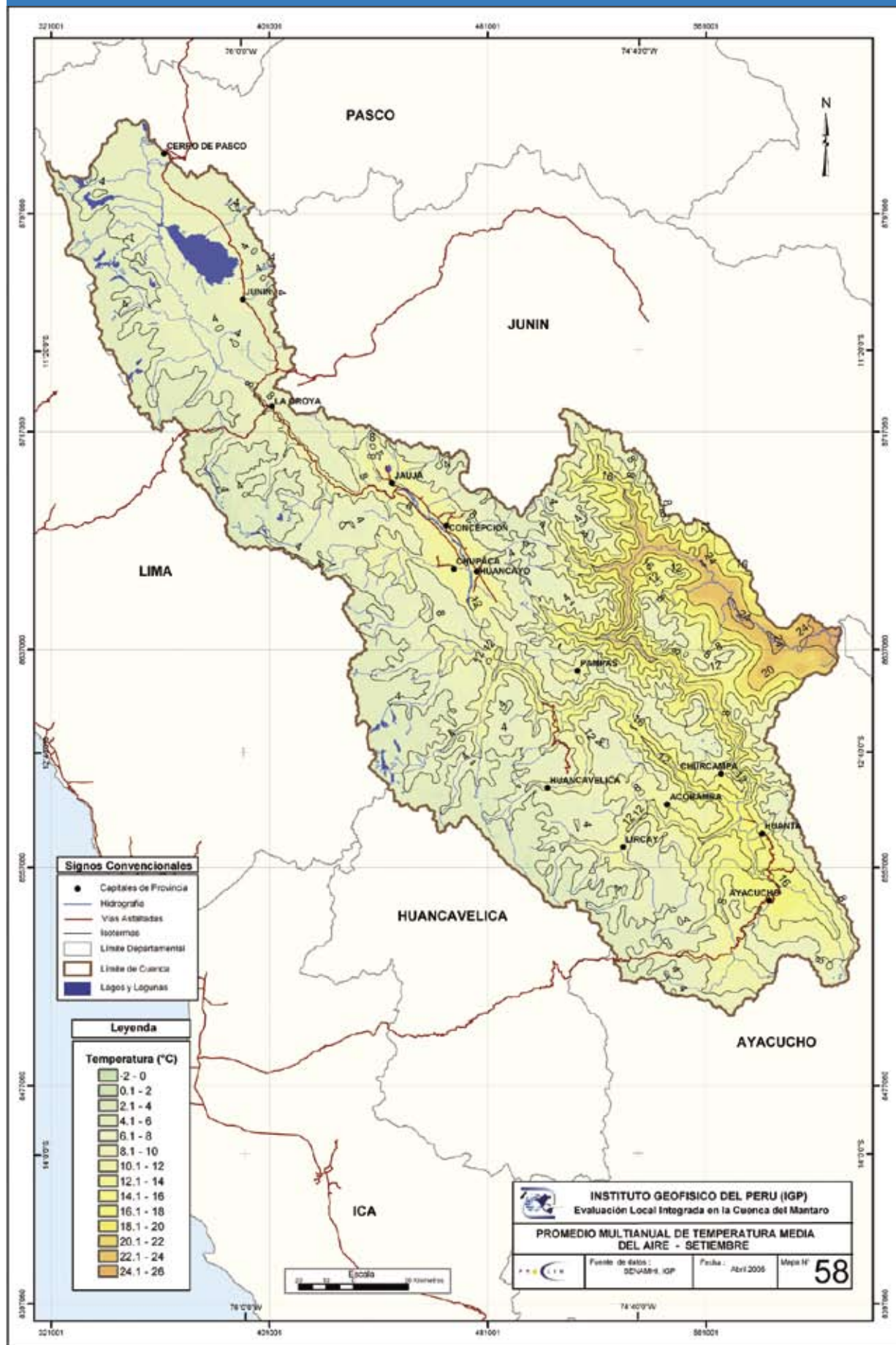
MAPA N° 54: Promedio multianual de temperatura media del aire para mayo

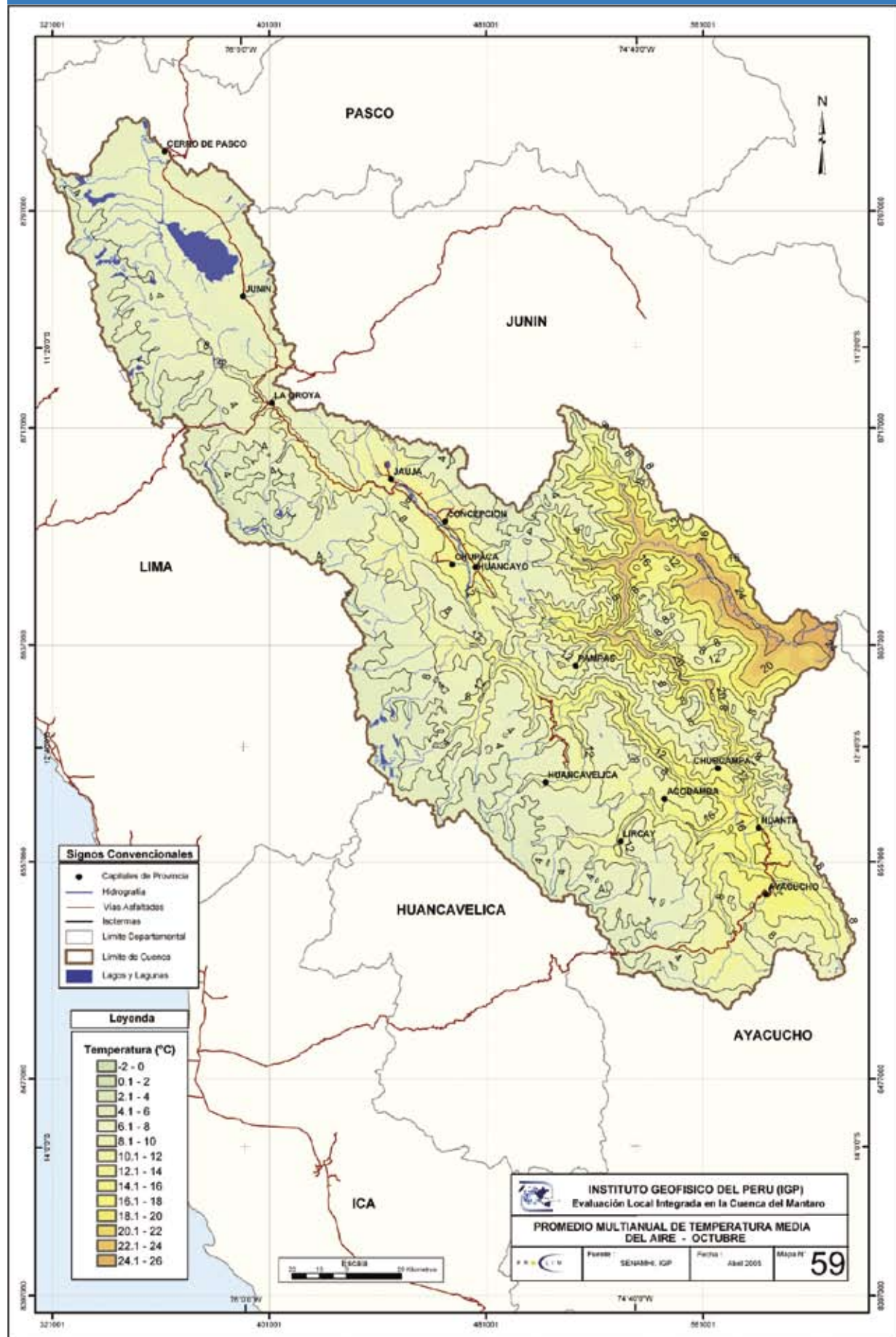


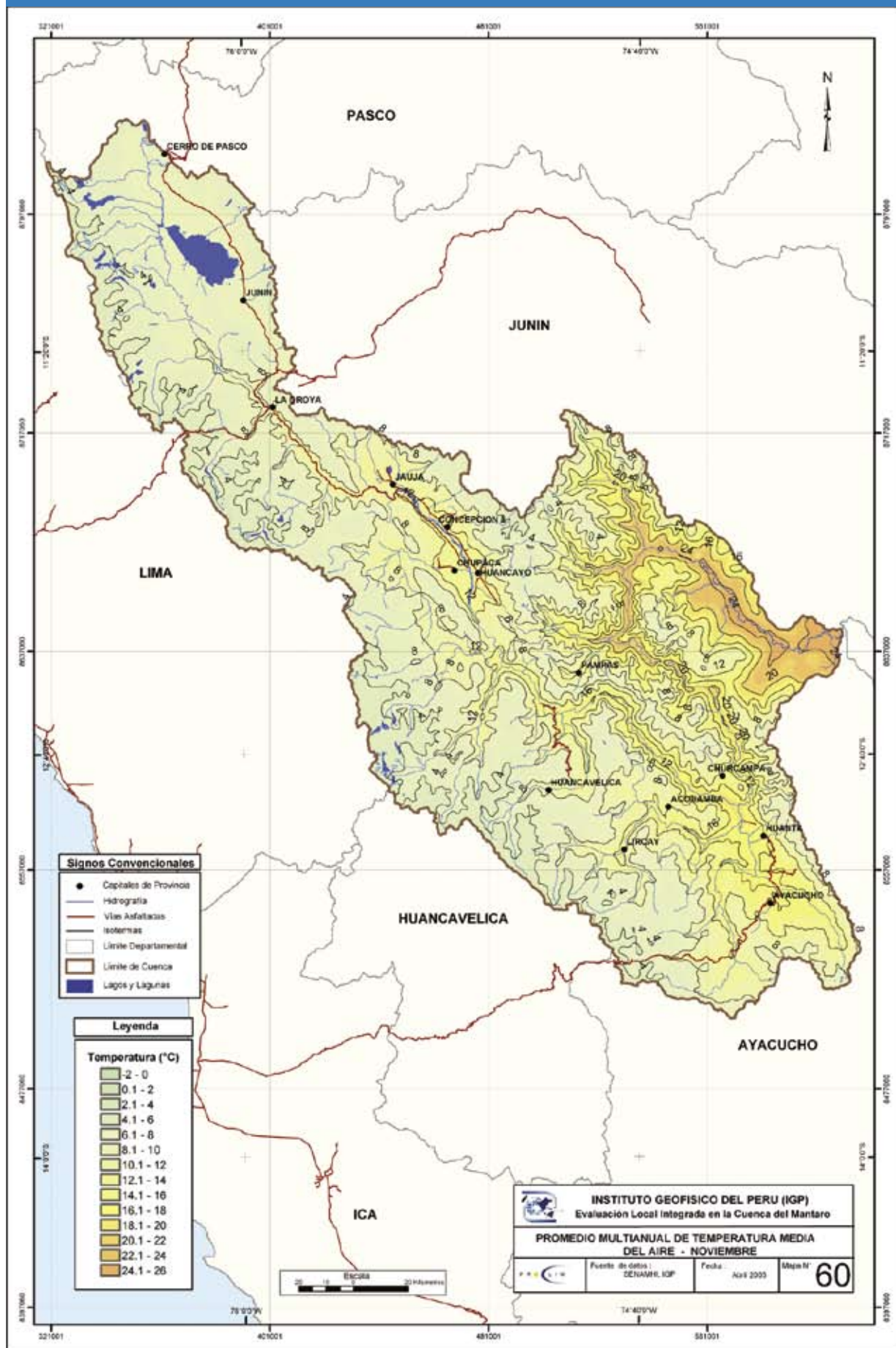


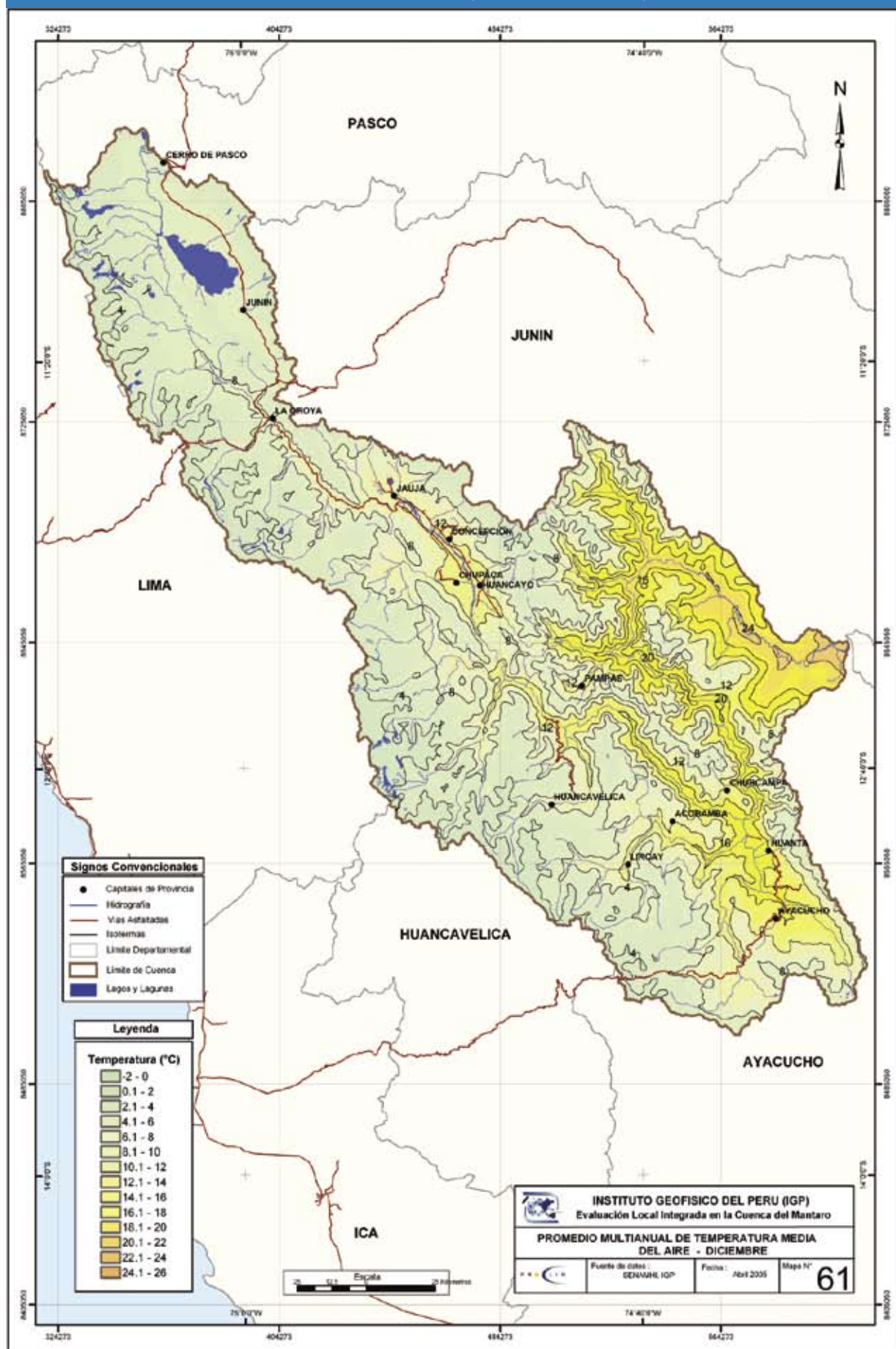






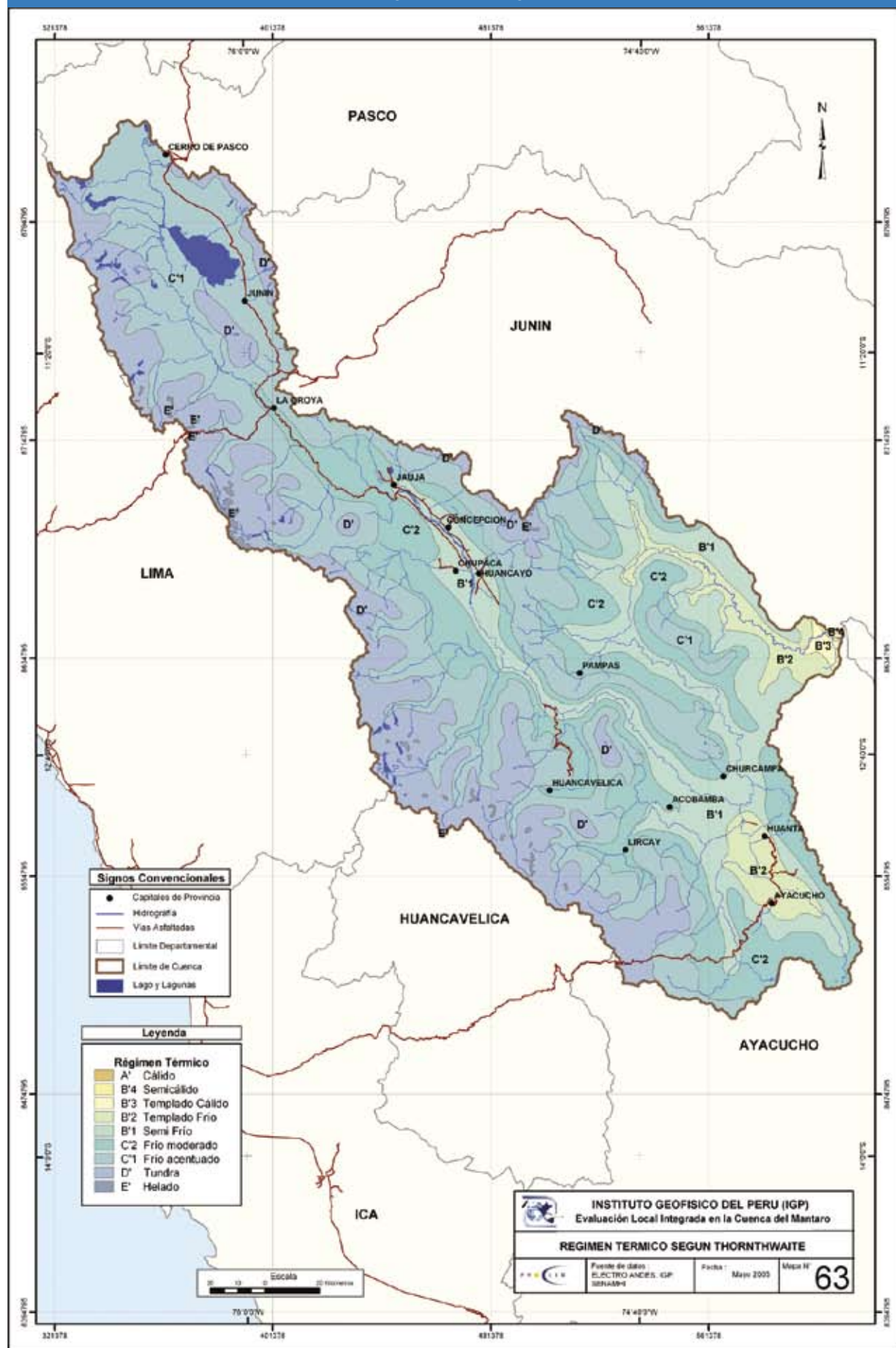




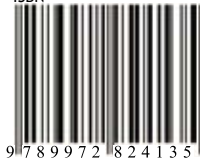


MAPA N° 62: Régimen de precipitación y humedad según Thornthwaite





ISBN



9 789972 824135



La Cuenca del Valle del Mantaro tiene una importancia estratégica para la seguridad energética y alimentaria del Perú, pero presenta una alta vulnerabilidad ante los impactos del Cambio Climático.

Esta investigación, coordinada como parte del Programa de Cambio Climático y Calidad de Aire - PROCLIM por el Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, aporta las herramientas necesarias para incorporar la variable climática en los procesos de planificación y gestión del desarrollo de la zona, previniendo pérdidas humanas, de infraestructura y recursos con el fin de lograr un verdadero desarrollo sostenible.

Este primer volumen presenta una representación cartográfica de las características principales del clima en la Cuenca, realizada en base a datos climáticos históricos. El Atlas representa el punto de inicio para posteriores estudios de la variabilidad climática y escenarios climáticos futuros.



Este trabajo se realizó en el marco del PROCLIM, Programa de Cambio Climático y Calidad del Aire que fue desarrollado entre 14 instituciones públicas y privadas en 3 regiones priorizadas del país. El programa fortaleció capacidades nacionales para una gestión efectiva de los recursos humanos y financieros ante el Cambio Climático. El PROCLIM contó con el apoyo de la Cooperación Holandesa y fue coordinado por el CONAM.