



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología  
del Perú - SENAMHI



---

**ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA  
DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y  
TEMPERATURA DEL AIRE  
PARA LAS CUENCAS DE LOS RÍOS  
COATA E ILAVE**

---

**Por:  
Renny D. Díaz Aguilar**

**DIRECCIÓN REGIONAL SENAMHI-PUNO  
Y DIRECCIÓN GENERAL DE METEOROLOGÍA**

**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ  
– SENAMHI –**

**NOVIEMBRE 2013  
PUNO, PERÚ**

# **Estudio de Caracterización Climática de la Precipitación Pluvial y Temperatura del aire para las Cuencas de los ríos Coata e Ilave**

**Estudio técnico desarrollado en el marco del Programa Presupuestal de Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por desastres – PREVAED**

Por:

**Renny D. DIAZ AGUILAR**

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

**Dirección Regional de SENAMHI- Puno**

**Dirección General de Meteorología**

**SENAMHI**

**Noviembre 2013**

**Puno, Perú**

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>II.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	6
<b>III.</b>	<b>INFORMACIÓN BÁSICA</b> .....	6
3.1.	Información cartográfica.....	6
3.2.	Información meteorológica.....	6
<b>IV.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	7
4.1.	Ubicación.....	7
a.	Ubicación política .....	7
•	Cuenca Coata.....	7
•	Cuenca Ilave .....	8
b.	Ubicación geográfica e hidrográfica.....	9
•	Cuenca Coata.....	9
•	Cuenca Ilave .....	10
<b>V.</b>	<b>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.</b> .....	10
5.1.	Control de calidad de los datos .....	10
5.2.	Análisis estadístico de la información meteorológica.....	11
<b>VI.</b>	<b>CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA</b> .....	11
6.1.	Factores condicionantes del clima. ....	11
a.	Alta de Bolivia.....	11
b.	Sistemas frontales fríos.....	12
c.	El Lago Titicaca .....	12
6.2.	Precipitación.....	13
a.	Régimen de precipitación estacional .....	13
b.	Distribución espacial de la precipitación multianual .....	17
6.3.	Temperaturas máximas.....	24
a.	Variación estacional de las temperaturas máximas.....	25
b.	Distribución espacial de las temperaturas máximas promedio multianual.....	27
6.4.	Temperaturas mínimas .....	34
a.	Variación estacional de las temperaturas mínimas .....	35
b.	Distribución espacial de las temperaturas mínimas promedio multianual .....	37
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	44

<b>VIII. RECOMENDACIONES</b> .....	44
<b>IX. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	45

## **I. INTRODUCCIÓN**

El SENAMHI de acuerdo a sus funciones establecidas, cumple una labor técnica científica en apoyo a la gestión del riesgo de desastres, brindando información sobre el comportamiento hidrometeorológico que se registra en el país con la finalidad que las autoridades en los tres niveles de gobierno y ciudadanía en general, adopten medidas de prevención oportuna. Como parte de este proceso y como iniciativa del Ministerio de Economía y Finanzas, el SENAMHI participa en el Programa Presupuestal Multisectorial 068: Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencias (PREVAE).

Ante el problema identificado en el marco del PREVAE, el SENAMHI contribuye con la caracterización del peligro o amenaza asociados a eventos de origen hidrometeorológicos que pudieran generar escenarios de riesgo; así mismo, caracteriza las condiciones del clima local con el fin de gestionar adecuadamente el recurso clima y optimizar las actividades económicas del país.

Para el logro del producto: Zonas Geográficas Monitoreadas y Alertadas ante Peligros hidrometeorológicos, se ha previsto brindar servicios de monitoreo, pronósticos y alertas hidrometeorológicas en forma permanente y oportuna a las autoridades locales a través de sus centros de operaciones de emergencias dentro del ámbito de las cuencas de Chicama, Rímac y Provincias de Puno y San Román. En este marco, se realizan los estudios de caracterización climática, hidrológica y determinación de umbrales de las variables meteorológicas e hidrológicas a cargo del SENAMHI. Estos servicios serán entregados vía correos electrónicos, pagina Web del SENAMHI y/o fax por parte de las Direcciones Regionales del SENAMHI (Cajamarca, Lima y Puno) para lo cual se realizarán talleres sobre el uso de la información hidrometeorológica a las autoridades, medios de comunicación y público en general.

El presente estudio de caracterización de precipitación pluvial y de temperaturas del aire para las cuencas de los ríos Coata e Ilave ubicados dentro del departamento de Puno, contribuirán al conocimiento de las condiciones atmosféricas medias y además, a la identificación de los eventos meteorológicos extremos ocurridos en las cuencas intervenidas, lo que permitirá realizar una oportuna acción y planificación por parte de los tomadores de decisiones.

## II. OBJETIVO

El presente estudio tiene como objetivo realizar una descripción y caracterización de la precipitación pluvial y las temperaturas máximas y mínimas en las cuencas de los ríos Coata e Ilave del departamento de Puno.

## III. INFORMACIÓN BÁSICA

Se recurrió básicamente a información cartográfica, información de los registros de precipitación pluvial acumulada y temperaturas del aire de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de las cuencas de interés y zonas aledañas, así como referencias de estudios anteriores. En esta sección se realiza una descripción de la información que fuera utilizada.

### 3.1. Información cartográfica

Para el desarrollo del presente estudio, además de la ubicación geográficamente de las estaciones meteorológicas así como la generación de mapas temáticos para las cuencas de los ríos Coata e Ilave fue necesario contar con material cartográfico básico, el cual consistió en:

- Cartas Nacionales que abarcan las cuencas de los ríos Coata e Ilave a escala 1/100,000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN) digitalizado bajo el entorno de SIG con equidistancia mínima entre curvas de nivel de 50 metros.
- Modelo de elevación digital global (Global Digital Elevation Model - DEM) que abarcan las cuencas en estudio, creado a partir de imágenes captadas por el sensor Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), el cual se encuentra a bordo de la nave espacial TERRA, con resolución espacial de 30mx30m de tamaño del pixel. La primera versión del mapa fue lanzado por la NASA (National Aeronautics and Space Administration) de los Estados Unidos y el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (METI) del Japón en el año 2009 y en la versión significativamente mejorada que fue lanzada en octubre de 2011.
- Información cartográfica complementaria existente como mapa de delimitación administrativa con la demarcación de sectores de riego; mapa de ubicación de la Autoridad Local del Agua (ALA) Coata e Ilave en la Región Puno.
- Mapa de la Red de Estaciones Meteorológicas administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

### 3.2. Información meteorológica

La información meteorológica corresponde a la precipitación diaria, precipitación total mensual, temperatura máxima y temperatura mínima de estaciones meteorológicas ubicadas dentro de las cuencas de los ríos Coata e Ilave y estaciones que se ubican en zonas aledañas a las cuencas de

interés, además de algunas estaciones complementarias para la compleción de datos para aquellas estaciones que tienen registro de corto periodo. En la Tabla 1 se presenta la relación de estaciones que se seleccionaron para el presente estudio así como el período de registro de las variables meteorológicas.

**Tabla 1:** Estaciones meteorológicas de las cuencas de los ríos Coata e Ilave

ESTACIÓN	TIPO	UBICACIÓN POLITICA			UBICACIÓN HIDROGRÁFICA	ESTE	NORTE	ALTITUD	PERIODO DE
		Dpto.	Provincia	distrito	Cuenca	[m]	[m]	[m.s.n.m.]	registro
Arapa	CO	Puno	Azángaro	Arapa	Río Ramis	379823	8326267	3892	1964 - 2012
Ayaviri	CO	Puno	Melgar	Ayaviri	Río Ayaviri	328602	8355116	3921	1965 - 2012
Cabanillas	CO	Puno	San Román	Cabanillas	Río Coata	355675	8270502	3877	1964 - 2012
Capachica	CO	Puno	Puno	Capachica	Titicaca	409496	8273379	3827	1965 - 2012
Capazo	CO	Puno	El Collao	Capazo	Río Callacame	421758	8099499	4470	1964 - 2012
Chuquibambilla	CP	Puno	Melgar	Chiquibambilla	Río Ramis	313519	8364727	3899	1970 - 2012
Desaguadero	CO	Puno	Chucuito	Desaguadero	Titicaca	495691	8168147	3813	1965 - 2012
Ilave	CO	Puno	El Collao	Ilave	Río Ilave	430990	8221164	3837	1965 - 2012
Juli	CO	Puno	Chucuito	Juli	Titicaca	450813	8208437	3814	1965 - 2012
Juliaca	CO	Puno	San Román	Juliaca	Río Coata	374843	8289717	3828	2001 - 2012
Lampa	CO	Puno	Lampa	Lampa	Río Coata	352861	8301728	3929	1964 - 2012
Laraqueri	CO	Puno	Puno	Laraqueri	Río Ilave	385938	8213627	3952	1965 - 2012
Llally	CO	Puno	Melgar	Llally	Río Ramis	297126	8347800	4211	1994 - 2012
Mañazo	CO	Puno	Puno	Mañazo	Río Ilpa	357163	8252704	3910	1994 - 2012
Mazocruz	CO	Puno	El Collao	Mazocruz	Río Ilave	424708	8149030	3963	1965 - 2012
Pampahuta	CO	Puno	Lampa	Paratia	Río Coata	320200	8287459	4292	1970 - 2012
Pizacoma	CO	Puno	Chucuito	Pizacoma	Río Ilave	460721	8130662	3913	1965 - 2012
Pucara	CO	Puno	Lampa	Pucara	Río Huancané	353035	8336523	3869	1965 - 2012
Puno	CP	Puno	Puno	Puno	Titicaca	390979	8250334	3831	1965 - 2012
Rincón de la Cruz	CO	Puno	Puno	Acora	Titicaca	413212	8231906	3875	2008 - 2012
Santa Lucia	CO	Puno	San Román	Santa Lucia	Río Coata	327577	8263529	4035	1966 - 2012
Tahuaco Yunguyo	CO	Puno	Yunguyo	Yunguyo	Titicaca	491988	8196981	3864	1965 - 2012
Taraco	CO	Puno	Huancané	Taraco	Titicaca	395292	8307846	3817	1965 - 2012

**Leyenda:** CO = Climatológica ordinaria.

CP = Climatológica principal.

#### IV. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

##### 4.1. Ubicación

###### a. Ubicación política

En esta sección se presenta la ubicación política de las cuencas de los ríos Coata e Ilave. En la Figura 1 se observa el mapa de ubicación política de las cuencas.

- **Cuenca Coata**

La Cuenca del río Coata, políticamente se encuentra ubicada en:

Región: Puno



## b. Ubicación geográfica e hidrográfica.

En esta sección se realiza una descripción de la ubicación geográfica e hidrográfica de las cuencas. En la Figura 2 se observa la ubicación geográfica de las cuencas de los ríos Coata e Ilave y sus límites respectivos con otras cuencas hidrográficas.

- **Cuenca Coata**

Geográficamente la cuenca del río Coata se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (WGS84):

Norte : 8'328,509 – 8'239,696  
Este : 282,907 – 401,525  
Variación Altitudinal : 5 300 m.s.n.m. – 3 800 m.s.n.m.

Hidrográficamente la cuenca del río Coata limita con el Norte con la cuenca del río Ramis, por el Sur con la Cuenca del río Illpa, con el Este con el lago Titicaca y por el Oeste con las cuencas de los ríos Chili y el río Siguas.

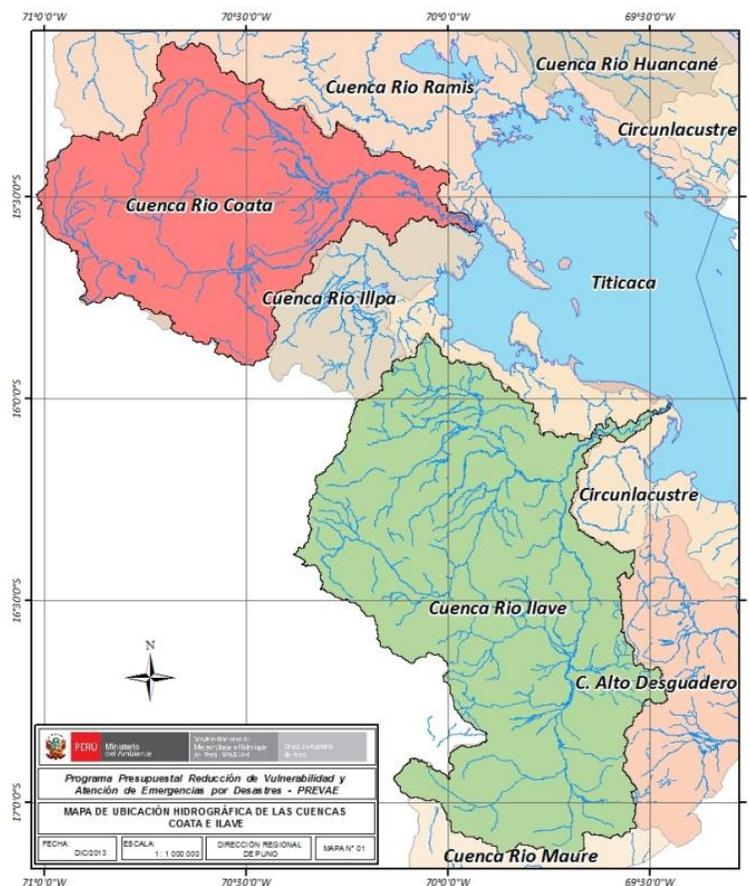


Figura 2: Mapa de ubicación hidrográfica de las cuencas de los ríos Coata e Ilave.

Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

- **Cuenca Ilave**

Geográficamente la cuenca del río Ilave se encuentra ubicada entre las coordenadas UTM (WGS84):

Este : 352,353.0 – 452,052.0  
Norte : 8'104,770.0 – 8'248,751.0  
Variación Altitudinal : 3 805 m.s.n.m. – 5 400 m.s.n.m.

Hidrográficamente la cuenca del río Ilave limita con el Norte con la cuenca del río Illpa, por el Sur con la Cuenca del río Maure, por el Este con el río Desaguadero y por el Oeste con el río Tambo.

## V. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA.

En esta sección se realizó una descripción del análisis de la información meteorológica y una validación de la información registrada contrastando con las planillas meteorológicas existentes para cada estación, así mismo, se realizó algunos test estadísticos para evaluar la consistencia de la información analizada.

### 5.1. Control de calidad de los datos.

Se realizó el control de calidad de datos contrastando los registros que se tienen con las planillas meteorológicas correspondientes a cada estación tanto para las variables de temperatura como de precipitación pluvial. Se utilizó parámetros estadísticos como la media, desviación estándar y métodos gráficos para la identificación de datos extremos y anómalos para su posterior contrastación con las planillas, en la Figura 3 se observan las planillas meteorológicas en pleno proceso de control de calidad de la información.

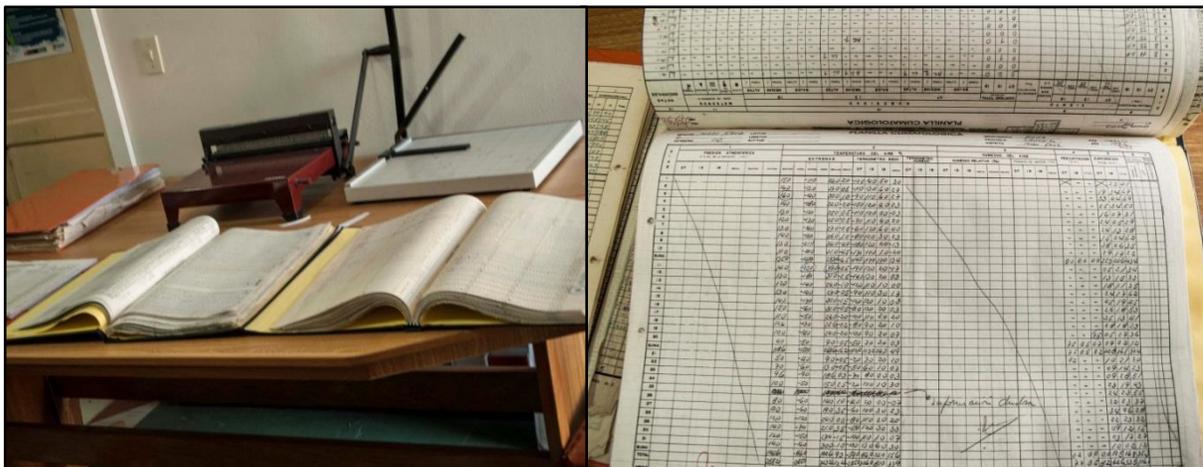


Figura 3: Control de calidad de las planillas meteorológicas

## 5.2. Análisis estadístico de la información meteorológica

Se realizó el análisis de los datos de precipitación pluvial acumulada y temperaturas con la finalidad de aplicar una técnica estadística. Se realizó primeramente un análisis exploratorio de los datos mediante el diagrama de cajas identificando valores atípicos, así mismo se identificó estaciones homogéneas y finalmente se realizó la compleción de datos faltantes para realizar el análisis de consistencia de datos. Para mayor referencia del análisis de los datos remitirse al Estudio Hidrológico Superficial de las Cuencas de los Ríos Ilave y Coata.

## VI. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA

La región del altiplano se extiende entre los 15 °S y 21 °S, aproximadamente, con una elevación entre los 3 800 m.s.n.m. y 6 000 m.s.n.m. La región esta bordeada por cadenas de montaña, que separan hacia el Oeste del desierto cortero Sur peruano y hacia el Este, de la región amazónica. Aceituno 1996, menciona que el lado más húmedo es el norte del Altiplano influenciado por el Lago Titicaca, sin embargo, en el sur del altiplano dominado por los salares de Uyuni y Coipasa presenta menor pluviosidad.

Estas diferencias dentro del área de estudio están determinadas en gran parte por factores tanto astronómicos (posición de la tierra con respecto al sol) como geográficos (cadenas montañosas, meseta, etc.) y en gran parte del conjunto de factores producto del intercambio de energía entre la superficie de la tierra y la atmósfera, estos factores condicionan los regímenes de precipitación y los periodos de elevada temperatura. A continuación se realizara una descripción de estos factores que condicionan el clima regional, así como la caracterización de la precipitación y de las temperaturas máximas y mínimas.

### 6.1. Factores condicionantes del clima.

#### a. Alta de Bolivia

Es un sistema atmosférico de circulación antihoraria, ubicado principalmente sobre Bolivia aproximadamente a 12 kilómetros sobre el nivel del mar (figura 4); formado como consecuencia del calentamiento de la superficie terrestre del altiplano peruano, boliviano y chileno (calor sensible) y de las cantidades de calor liberado en la atmósfera media y alta cuando el vapor de agua cambia de estado, es decir de vapor a líquido y de líquido a solido (hielo). La principal característica es que provoca circulaciones predominantes de sureste arrastrando gran parte de la humedad de la Amazonía hacia los Andes que actúa como barrera provocando el ascenso de la humedad y producción de lluvias en toda la cadena montañosa.

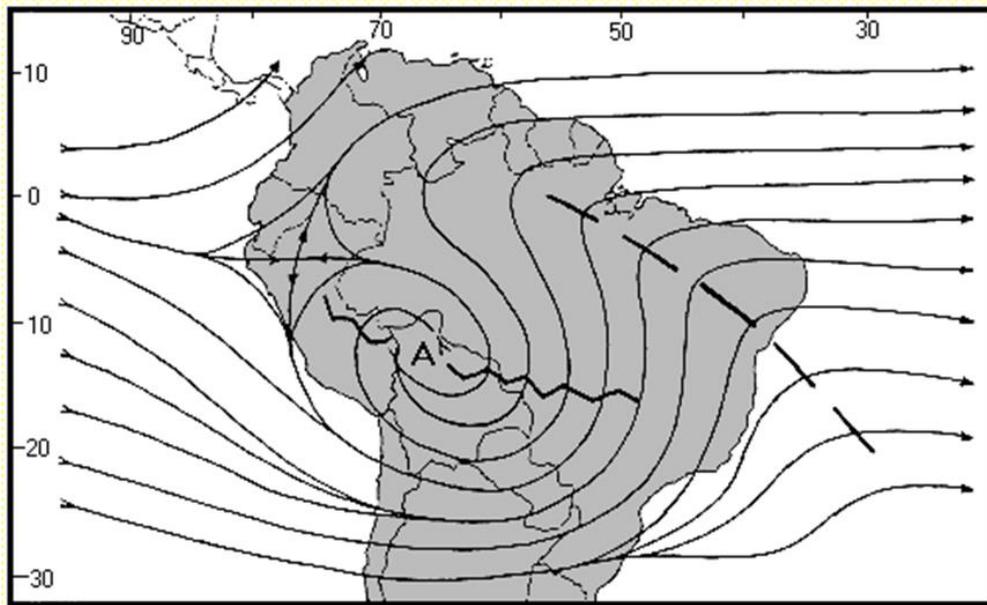


Figura 4: Sistema de circulación anticiclónica "Alta de Bolivia" (A).

#### b. Sistemas frontales Fríos

Un sistema frontal frío, es una franja de inestabilidad que ocurre cuando una masa de aire frío se acerca a una masa de aire caliente. El aire frío, siendo más denso, genera una "cuña" y se mete por debajo del aire cálido y menos denso. Los frentes fríos se mueven rápidamente. Se las puede observar como bandas nubosas de miles de kilómetros de longitud que se extienden desde el Océano Atlántico Sur hacia el continente Sudamericano, cuando son intensas, incentivan inclusive inestabilidad atmosférica a la sierra boliviana y sur del Perú, promoviendo la inestabilidad necesaria para que la humedad atmosférica que llega a la vertiente oriental de los Andes desde la Amazonia presente una mayor dinámica en los movimientos verticales para el desarrollo de nubes convectivas de gran extensión vertical y consecuente lluvias de moderada a fuerte intensidad.

#### c. El Lago Titicaca

El Lago Titicaca es el lago navegable más alto en el mundo (3 800 m.s.n.m.) y posee una profundidad de 280 m. Por su ubicación en la parte central de la meseta del Collao, sobre los Andes del sur del Perú, genera una diversidad de ecosistemas a su alrededor. Su temperatura oscila entre 12 °C y 13 °C, la cual regula la temperatura del aire circundante principalmente en la noche y siendo fuente de humedad que sumado a los sistemas convectivos locales generan precipitación en las localidades aledañas.

## **6.2. Precipitación**

La precipitación podría ser considerada como la primera variable hidrológica ya que es la entrada natural de agua dentro del balance hídrico en las cuencas hidrográficas de la región. El régimen de precipitaciones en el altiplano presenta dos estaciones bien marcadas, una estación húmeda (Noviembre a Marzo), otra seca (Junio a Agosto), así mismo se presentan los periodos de transición (Septiembre – Octubre y Abril – Mayo).

En esta sección se realizó un análisis de la precipitación con la información pluviométrica proveniente de los registros de 23 estaciones meteorológicas (ver Tabla 1), de los cuales 5 estaciones están ubicadas dentro de la cuenca del río Coata y 3 estaciones están ubicadas dentro de la cuenca del río Ilave, sin embargo, se utilizaron 15 estaciones que se encuentran en las inmediaciones tanto de las cuencas del Coata e Ilave. Para el análisis general de la precipitación media anual en el área de estudio, se han utilizado los promedios multianuales de precipitación total entre los periodos del 1965 – 2012.

### **a. Régimen de precipitación estacional**

Las características estacionales del clima en la región de las cuencas del río Coata e Ilave, se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. En la Tabla 2 se observa el promedio de la precipitación mensual multianual correspondiente al periodo comprendido entre los años 1965–2012 de cada una de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de las cuencas y en zonas aledañas, de la tabla se observa que la precipitación total anual para la cuenca del río Coata (sombreado en color verde) varía de 652 mm (Juliaca) a 813 mm (Pampahuta); para el caso de la cuenca del río Ilave (sombreado en color naranja) se observa que la precipitación total anual varía entre 518 mm (Mazocruz) y 759 mm (Laraqueri). Para el caso de la cuenca del río Coata se observan valores altos en el entorno del Lago Titicaca y en el parte Alta de la cuenca sin embargo en la cuenca del río Ilave se registran precipitaciones más altas en zonas aledañas al Lago Titicaca y precipitaciones menores en la cuenca alta, esta particularidad podría deberse a la alta radiación y los vientos generalmente más fuertes a niveles más bajos, los que originan una intensa evaporación del Lago, favoreciendo una alta concentración de humedad para la formación de masas nubosas que precipitaran en el mismo Lago o en zonas aledañas.

Tabla 2: Precipitación total mensual – Promedio multimensual (1965 - 2012)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Arapa	139,9	116,2	112,5	46,1	11,1	5,8	3,7	11,9	25,6	49,5	65,0	100,8	688
Ayaviri	141,7	120,1	104,6	45,7	8,3	3,7	2,1	6,9	15,0	56,2	79,5	105,0	689
Cabanillas	151,8	135,8	110,8	43,8	6,1	2,4	1,7	7,5	17,6	35,1	55,4	102,0	670
Capachica	172,7	161,7	143,8	50,1	12,0	4,4	3,6	9,8	24,7	40,1	59,0	118,2	800
Capazo	151,1	135,7	99,4	22,1	4,0	2,6	1,8	4,4	4,1	15,5	26,5	81,1	548
Chuquibambilla	156,8	118,4	122,1	55,1	7,4	4,1	1,5	7,0	20,9	47,7	69,0	114,1	724
Desaguadero	181,2	155,6	122,6	37,2	8,3	7,0	5,6	12,5	21,3	30,9	51,0	97,8	731
Ilave	167,6	137,7	117,8	44,8	10,8	6,4	5,2	16,9	24,8	33,7	47,4	92,7	706
Juli	201,4	178,8	157,7	55,3	11,1	5,5	5,7	15,5	27,7	39,6	58,7	123,6	881
Juliaca	140,3	128,2	109,1	31,1	5,0	1,2	3,0	6,6	15,8	49,5	49,2	113,4	652
Lampa	154,6	137,7	112,4	45,9	6,5	3,8	1,6	8,3	21,4	44,5	62,8	115,4	715
Laraqueri	175,3	161,7	123,3	44,8	10,2	4,1	3,8	9,8	22,1	34,7	55,7	113,5	759
Llally	177,8	159,8	141,5	54,6	9,2	2,0	3,0	9,4	19,8	48,1	65,3	129,6	820
Mañazo	142,8	142,7	109,2	37,7	7,8	2,1	1,6	6,1	16,4	28,8	54,7	106,4	656
Mazacruz	138,4	118,6	87,4	24,8	5,3	2,0	1,9	7,8	7,3	15,8	32,3	76,6	518
Pampahuta	185,6	164,0	135,3	55,5	9,3	3,4	2,9	8,8	14,5	38,3	67,5	127,4	813
Pizacoma	136,9	160,0	92,7	23,8	7,7	2,2	2,0	10,7	10,3	13,8	31,8	109,6	602
Pucara	154,1	132,4	121,4	49,0	8,3	4,2	3,0	8,6	22,6	55,3	66,3	120,0	745
Puno	161,6	146,6	135,9	51,0	8,9	4,1	2,6	10,7	24,6	43,2	52,1	93,8	735
Rincon de la Cruz	166,4	209,2	141,5	72,2	8,7	0,8	3,9	7,2	26,8	49,6	49,7	151,3	887
Santa Lucia	186,0	162,3	139,8	41,6	8,1	3,2	3,7	8,2	14,9	30,0	61,5	129,3	789
Tahuaco Yunguyo	178,2	141,2	123,0	42,2	15,6	9,3	7,9	17,3	30,0	43,5	58,9	118,4	786
Taraco	133,3	105,6	88,9	37,2	6,3	5,2	2,2	7,0	22,2	38,0	51,2	89,6	587

Elaborado: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

En la Figura 5 se observa la variación estacional de la precipitación para cada una de las estaciones confirmándose el carácter estacional de la precipitación en toda la región, se puede definir dos periodos marcados en el régimen de las precipitaciones, periodo de lluvias, periodo sin lluvias y un periodo de transición, a continuación se realizará un análisis del porcentaje de precipitación que ocurre en cada estación con respecto a su total.

El período de lluvias de mayor intensidad comienza a partir del mes de diciembre y se prolonga hasta marzo, el porcentaje de precipitación en dicho período oscila de 70,9 % a 88,0 % del total de precipitación que cae durante el año. El período seco está comprendido entre los meses de mayo a agosto, en el que las precipitaciones son escasas. El porcentaje de precipitación en este periodo oscila de 2,4 % a 5,3 % del total de precipitación que cae durante el año. Los meses

transitorios corresponden a abril y de setiembre a noviembre, siendo el porcentaje de precipitación en estos periodos de entre 9,5 % a 24,3 % respectivamente del total de precipitación que cae durante el año.

En la Figura 6 se observa la distribución espacial de las estaciones y el régimen de precipitación para cada estación. En ellas, se observa claramente la estacionalidad de las precipitaciones, así mismo se observa que las estaciones al norte de la cuenca del río Coata presentan mayor precipitación acumulada mensual en comparación a las estaciones ubicadas al sur de la cuenca del río Ilave.

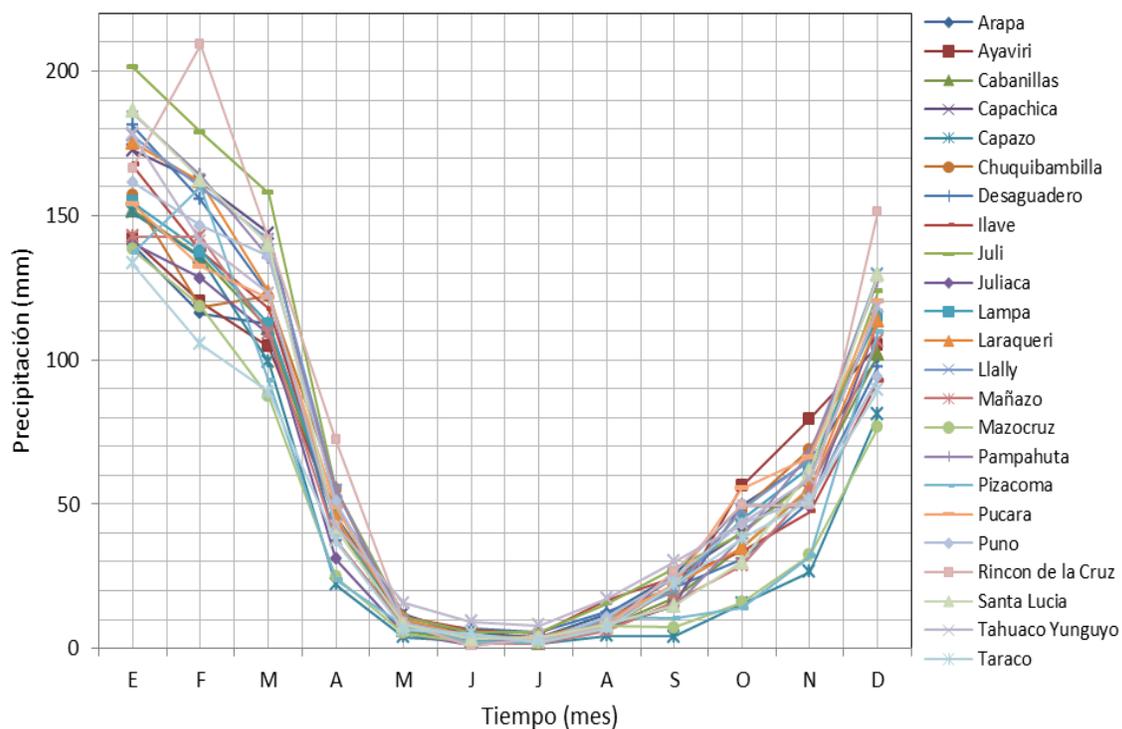


Figura 5: Precipitación acumulada promedio mensual (Periodo 1965 - 2012)

Elaborado: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

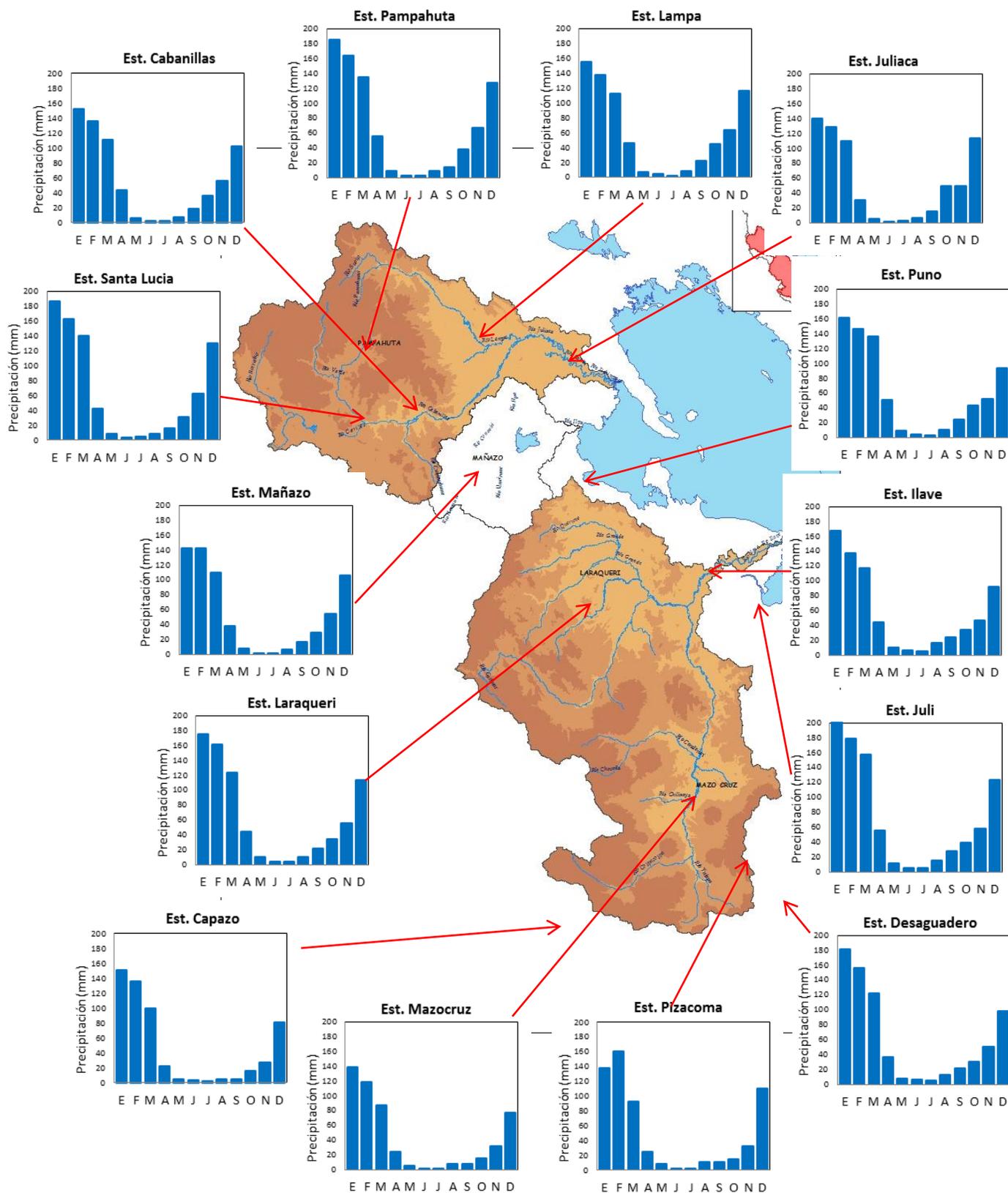


Figura 6: Precipitación media multimensual de estaciones de las cuencas de los ríos Ilave y Coata

Elaborado: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

### b. Distribución espacial de la precipitación multianual.

En esta sección se realiza un análisis de la distribución espacial de la precipitación para cada una de las cuencas, dicho análisis se centró en la precipitación total anual y la precipitación estacional para los periodos de invierno y verano para las cuencas de los ríos Coata e Ilave.

Del análisis se puede observar que para la cuenca del río Coata la estación más húmeda está comprendida entre los meses de diciembre-febrero, ocurriendo el 56,7 % del total de precipitación anual. La estación más seca está comprendida entre los meses de junio-agosto, ocurriendo el 2,1 % del total de precipitación anual. Por otro lado, en la estación de otoño (marzo-mayo) ocurre el 24,1 % de la precipitación total y en la estación de primavera (setiembre-noviembre) el 17,1 % de la precipitación total anual.

En la Tabla 3 se observa la precipitación por periodos (verano, invierno, otoño y primavera), así mismo se observa la precipitación total anual registrada en las estaciones seleccionadas, para realizar la interpolación de la precipitación en la cuenca del río Coata. Los coeficientes de correlación obtenidos están entre los valores de 0,9 para un nivel de confianza al 95%.

**Tabla 3:** Precipitación total anual y estacional par la cuenca del río Coata.

ESTACIÓN	TOTAL ANUAL (mm)	VERANO - DEF (mm)	INVIERNO - JJA (mm)	PRIMAVERA - SON (mm)	OTOÑO - MAM (mm)
Arapa	688,0	356,8	21,4	140,2	169,6
Ayaviri	688,9	366,8	12,7	150,8	158,6
Cabanillas	669,9	389,5	11,5	108,1	160,7
Chuquibambilla	724,1	389,4	12,6	137,5	184,6
Ilave	705,7	398,0	28,4	105,9	173,3
Juliaca	652,4	381,9	10,9	114,5	145,2
Lampa	714,9	407,8	13,7	128,7	164,7
Laraqueri	759,1	450,6	17,7	112,4	178,4
Llally	820,2	467,2	14,4	133,3	205,4
Mañazo	656,1	391,8	9,8	99,9	154,6
Pampahuta	812,4	477,0	15,0	120,3	200,1
Pucara	745,1	406,5	15,7	144,2	178,7
Puno	735,0	402,0	17,4	119,8	195,8
Santa Lucia	788,8	477,7	15,1	106,4	189,6
Taraco	586,7	328,5	14,5	111,4	132,4

Elaborado: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

Para el caso de la cuenca del río Ilave, se observa de la tabla 4 que el mayor porcentaje de precipitación se da en la estación de verano entre los meses de diciembre-febrero con el 59,5 % del total de precipitación siendo la estación más húmeda del año. La estación más seca es la estación de invierno entre los meses de junio-agosto con el 2,6 % del total de precipitación anual. En la estación de otoño comprendido entre los meses de marzo-abril ocurre el 23,9 % de la

precipitación total y en la estación de primavera (setiembre-noviembre) se da el 14,1 % de la precipitación total anual.

En la Tabla 4 se observan las estaciones utilizadas para la interpolación de la precipitación para la cuenca del río Ilave, el método utilizado fue el de regresión múltiple lineal, los coeficientes de correlación oscilan alrededor de 0,8 para un nivel de confianza al 95 %.

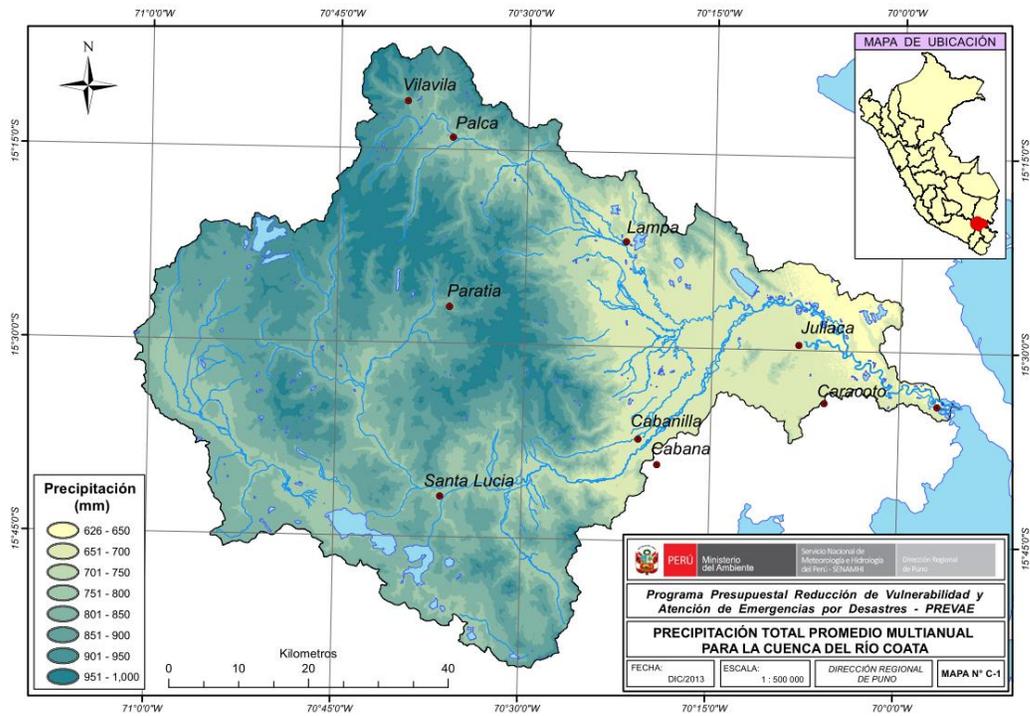
**Tabla 4:** Precipitación total acumulada anual y estacional para la cuenca del río Ilave.

ESTACIÓN	TOTAL ANUAL (mm)	VERANO - DEF (mm)	INVIERNO - JJA (mm)	PRIMAVERA - SON (mm)	OTOÑO - MAM (mm)
Cabanillas	669,9	389,5	11,5	108,1	160,7
Capazo	548,4	367,9	8,8	46,2	125,5
Desaguadero	731,0	434,6	25,1	103,2	168,0
Ilave	705,7	398,0	28,4	105,9	173,3
Juli	880,4	503,7	26,7	126,0	224,0
Laraqueri	759,1	450,6	17,7	112,4	178,4
Mañazo	656,1	391,8	9,8	99,9	154,6
Mazocruz	518,1	333,6	11,7	55,4	117,4
Pizacoma	601,5	406,6	14,9	56,0	124,1
Puno	735,0	402,0	17,4	119,8	195,8
Rincón de la Cruz	887,2	526,9	11,9	126,0	222,4
Tahuaco Yunguyo	785,5	437,8	34,5	132,4	180,9

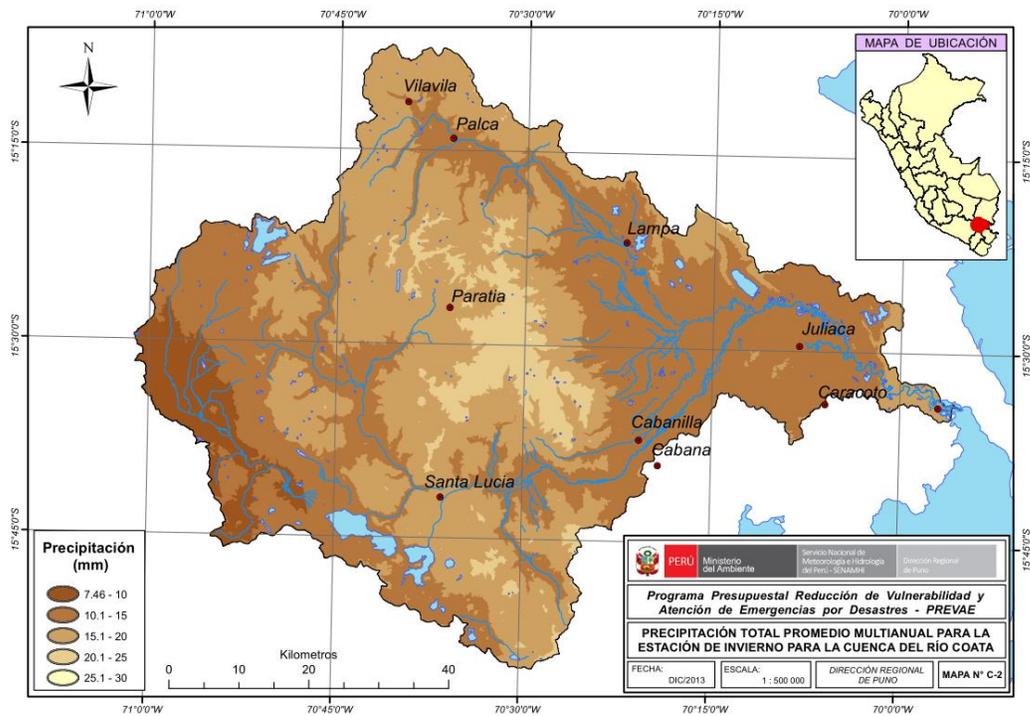
Elaborado: Dirección Regional de Puno -SENAMHI

- **Distribución espacial de la precipitación para la cuenca del río Coata.**

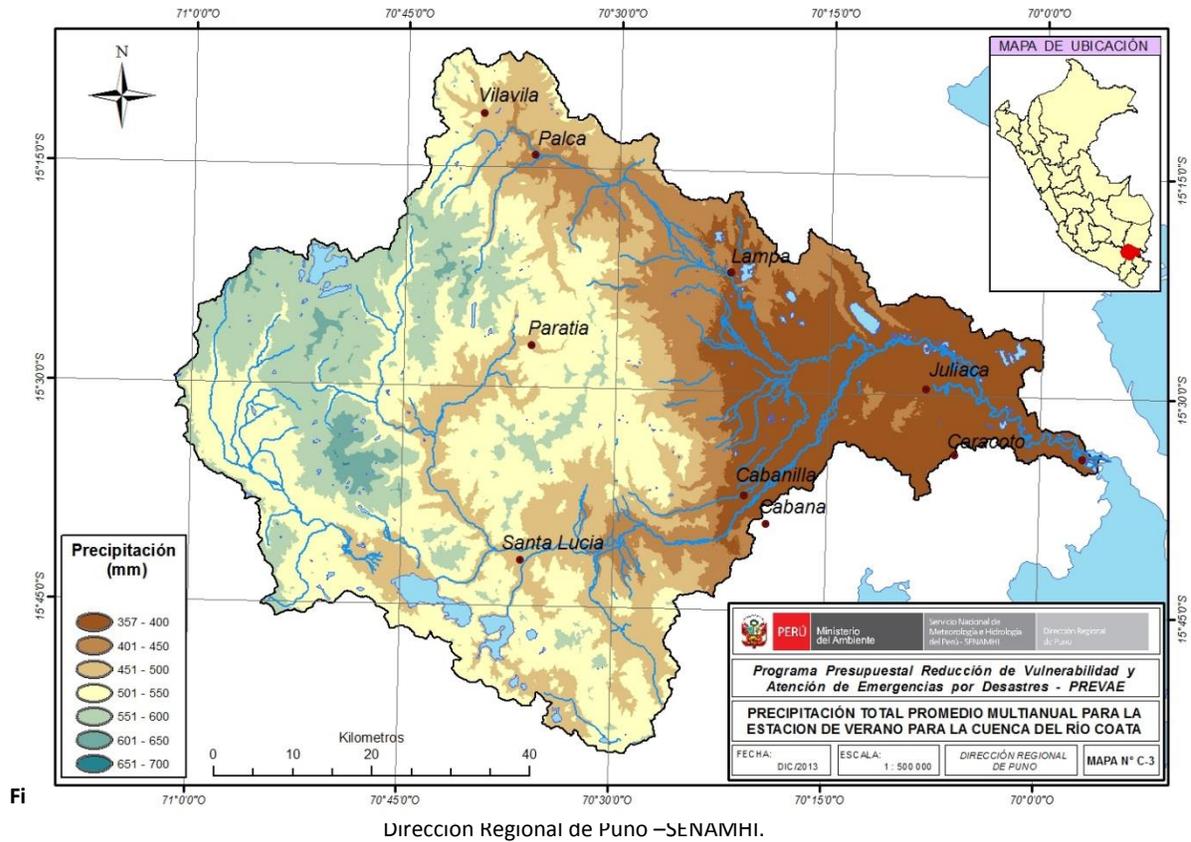
En esta sección se realiza un análisis de la distribución espacial de la precipitación para la cuenca del río Coata, es así que en la Figura 7 se observa el mapa **C-1** de la distribución espacial del precipitación total multianual para la cuenca del río Coata, en ella se observa que la precipitación total anual es mayor en la cuenca alta con precipitaciones que varían entre los 800 mm y 1 000 mm al año, en cambio en la cuenca baja la precipitación anual oscila entre los 626 mm a 650 mm, es necesario señalar que no se cuenta con estaciones en los puntos más altos de la cuenca por lo que los valores de 1 000 mm que figuran en los mapas son estimaciones que se obtuvo mediante la interpolación de regresión lineal múltiple. En la Figura 7 se observa en el mapa **C-2** de la distribución espacial de la precipitación para la estación de invierno comprendido entre los meses de junio-agosto (estación más seca) con precipitaciones alrededor de los 7,6 mm a 30 mm en toda la cuenca, sin embargo se observa que al Este de la cuenca alta, las precipitaciones son inferiores a 10 mm, mientras que las mayores precipitaciones se dan en lo alto de la cadena montañosa. En la Figura 8 se observa el mapa **C-3** de la distribución de la precipitación espacial para la estación de verano comprendido entre los meses de diciembre-febrero (estación más húmeda del año), cuya precipitación oscila entre los 357 mm a 700 mm, en ella se observa que la zona de la cuenca media y baja presentan menor precipitación a diferencia de la cuenca alta que presenta mayor cantidad de precipitación.



**Figura 7:** Distribución espacial de la precipitación total multianual para la cuenca del río Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



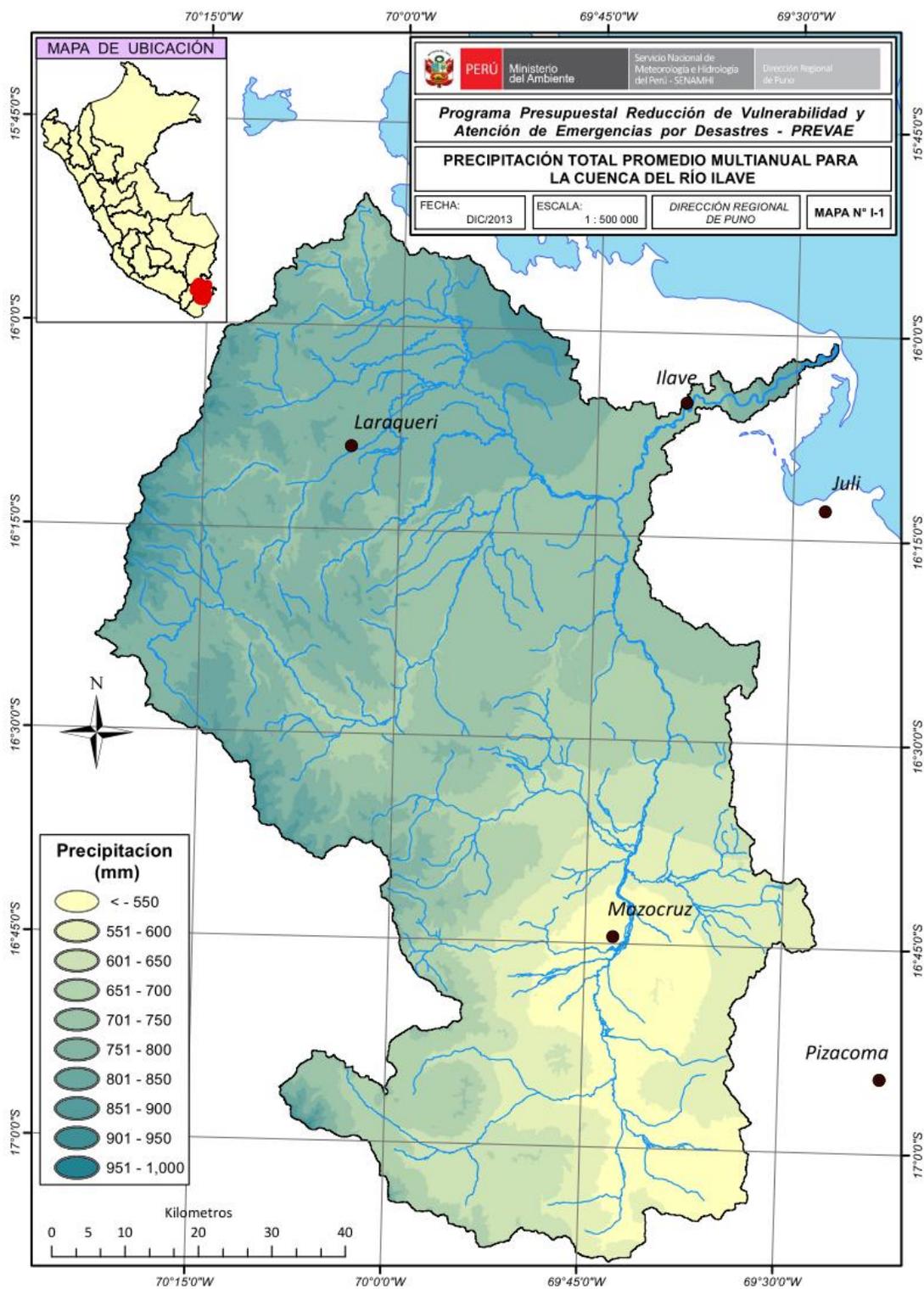
**Figura 8:** Distribución espacial de la precipitación para la estación de invierno para la cuenca del río Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



- **Distribución espacial de la precipitación para la cuenca del río Ilave.**

En la Figura 10 se observa el mapa I-1 de la distribución espacial de la precipitación total anual para la cuenca del río Ilave. En ella, se observa que la precipitación total anual es mayor en la cuenca alta con precipitaciones alrededor de los 800 mm a 1 000 mm al año, sin embargo al sur de la cuenca, se encuentra la zona más seca con precipitaciones que varían entre los 500 mm y 550 mm (observándose marcada relación entre la latitud y la precipitación), mientras que en la cuenca baja, la precipitación anual oscila entre los 600 mm a 650 mm. Cabe resaltar que en la cuenca media y en puntos altos de la cuenca alta no se cuenta con estaciones meteorológicas, por ello los valores de 1 000 mm que figuran en los mapas de precipitación son estimaciones que se obtuvieron mediante la interpolación con regresión lineal múltiple. En la Figura 11 se observa el mapa I-2 de la distribución espacial de la precipitación para la estación de invierno comprendido entre los meses de junio-agosto (estación más seca) con precipitaciones alrededor de los 9 mm a 30 mm en toda la cuenca, sin embargo se observa que al sur de la cuenca media y alta las precipitaciones son inferiores a 10 mm, el sector con los más altos acumulados de precipitación pluvial se presenta en la zona norte de la cuenca y en la cuenca baja más cercana al Lago Titicaca. En la figura 12 correspondiente al mapa I-3 de la distribución de la precipitación espacial para la estación de verano comprendido entre los meses de diciembre-febrero (estación más húmeda) cuya precipitación oscila entre los 357 mm a 650 mm, se observa que la zona de menor precipitación

para esta estación, se presenta al sur de la cuenca que contrasta con el norte de la cuenca en donde se registra las mayores precipitaciones de toda la cuenca.



**Figura 10:** Distribución espacial de la precipitación total multianual para la cuenca del río Ilave. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

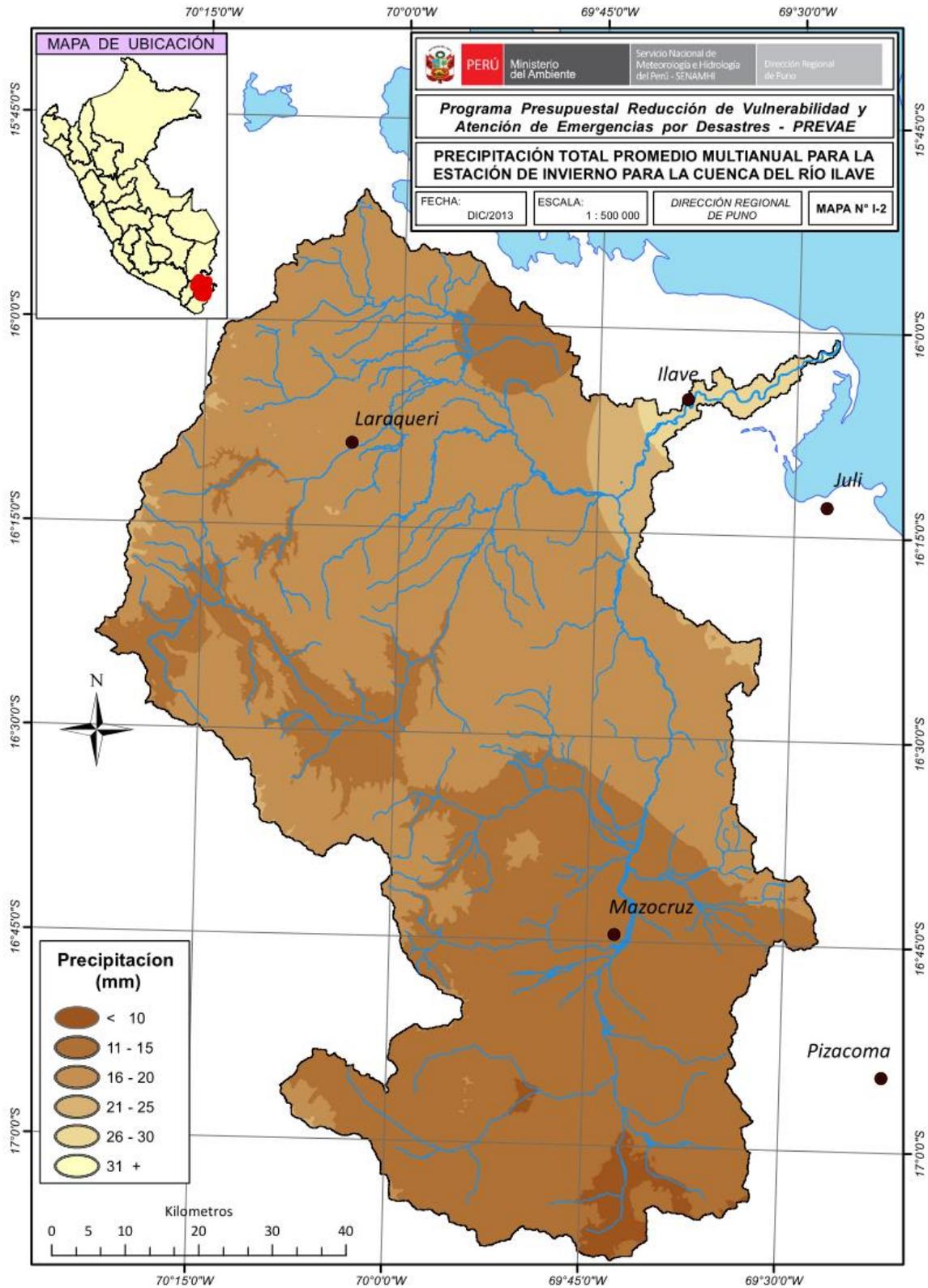
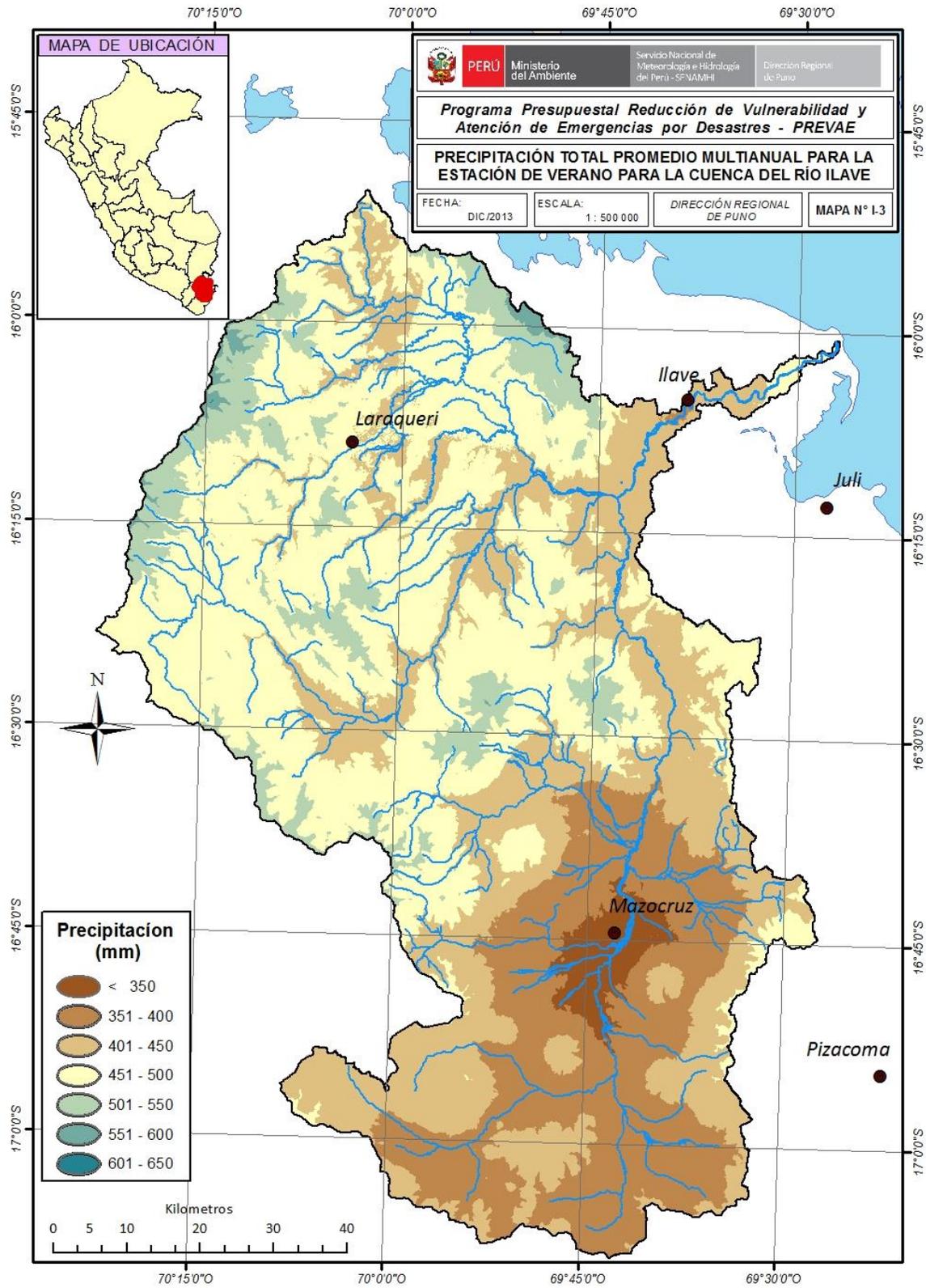


Figura 11: Distribución espacial de la precipitación para la estación de invierno para la cuenca del río Ilave. Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



**Figura 12:** Distribución espacial de la precipitación para la estación de verano para la cuenca del río Ilave. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

### 6.3. Temperaturas máximas.

Dentro de la cuenca del río Coata las temperaturas máximas están alrededor de 17,7 °C, 16,6 °C y 16,4 °C para las estaciones de Juliaca, Cabanillas y Santa Lucía respectivamente, sin embargo en la zona aledaña al Lago Titicaca las estaciones de Puno y Acora registran temperaturas entre los 15,1 °C y 15,3 °C respectivamente, la estación Pampahuta al encontrarse en una zona más elevada y dentro de un valle sobre los 4 292 m.s.n.m. presenta temperaturas máximas más bajas siendo el promedio 13,8 °C.

Para la cuenca del río Ilave, las zonas más cálidas se presentan en los sectores de Laraqueri y Mazocruz con 16,2 °C y 16,0 °C respectivamente, de temperatura máxima media. En el caso de las zonas cercanas al Lago Titicaca, las temperaturas máximas son más bajas, registrándose en las estaciones de Juli e Ilave temperaturas máximas de 13,8 °C y 14,9 °C respectivamente, probablemente las temperaturas bajas se deban a la cercanía de las estaciones al lago siendo afectados directamente por las brisas.

En la Tabla 5 se observa los promedios mensuales de las temperaturas máximas multianuales de las estaciones utilizadas en el presente estudio.

**Tabla 5:** Promedio multianual de las temperaturas máximas (°C)

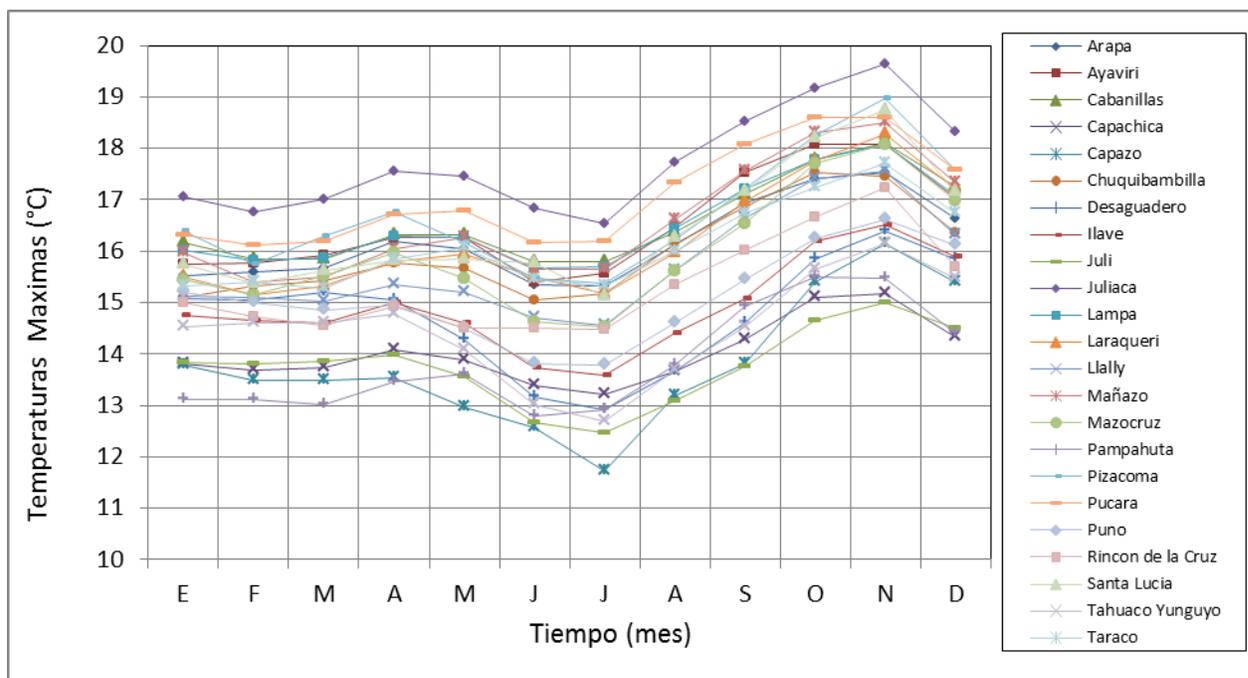
ESTACIÓN	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	PROMEDIO
Arapa	15,5	15,6	15,7	16,2	16,0	15,4	15,3	16,1	16,9	17,4	17,5	16,6	16,2
Ayaviri	15,8	15,8	15,9	16,3	16,3	15,4	15,6	16,5	17,5	18,1	18,1	17,0	16,5
Cabanillas	16,2	15,9	15,9	16,3	16,3	15,8	15,8	16,4	17,1	17,8	18,1	17,3	16,6
Capachica	13,8	13,7	13,7	14,1	13,9	13,4	13,2	13,7	14,3	15,1	15,2	14,3	14,0
Capazo	13,8	13,5	13,5	13,5	13,0	12,6	11,7	13,2	13,8	15,4	16,1	15,4	13,8
Chuquibambilla	15,1	15,3	15,4	15,8	15,7	15,0	15,2	16,1	16,9	17,5	17,5	16,4	16,0
Desaguadero	15,1	15,1	15,2	15,1	14,3	13,2	12,9	13,7	14,6	15,8	16,4	15,8	14,8
Ilave	14,8	14,7	14,6	15,0	14,6	13,7	13,6	14,4	15,1	16,2	16,5	15,9	14,9
Juli	13,8	13,8	13,9	14,0	13,6	12,7	12,5	13,1	13,8	14,7	15,0	14,5	13,8
Juliaca	17,1	16,8	17,0	17,6	17,5	16,8	16,5	17,7	18,5	19,2	19,6	18,3	17,7
Lampa	16,0	15,8	15,9	16,3	16,3	15,7	15,7	16,4	17,2	17,8	18,1	17,1	16,5
Laraqueri	15,5	15,1	15,3	15,8	16,0	15,5	15,2	16,0	17,0	17,8	18,3	17,2	16,2
Llally	15,1	15,1	15,0	15,3	15,2	14,7	14,6	15,6	16,6	17,4	17,6	16,3	15,7
Mañazo	16,0	15,4	15,5	16,1	16,3	15,6	15,6	16,6	17,6	18,3	18,5	17,3	16,6
Mazocruz	15,5	15,1	15,5	16,0	15,5	14,6	14,5	15,6	16,6	17,7	18,1	17,0	16,0
Pampahuta	13,1	13,1	13,0	13,5	13,6	12,8	12,9	13,8	14,9	15,5	15,5	14,4	13,8
Pizacoma	16,4	15,8	16,3	16,8	16,2	15,5	15,4	16,2	17,2	18,3	19,0	17,6	16,7
Pucara	16,3	16,1	16,2	16,7	16,8	16,2	16,2	17,3	18,1	18,6	18,6	17,6	17,1
Puno	15,2	15,0	14,8	14,9	14,5	13,8	13,8	14,6	15,5	16,2	16,6	16,1	15,1
Rincon de la Cruz	15,0	14,7	14,5	14,9	14,5	14,5	14,5	15,3	16,0	16,7	17,2	15,7	15,3
Santa Lucia	15,8	15,4	15,6	15,8	15,8	15,8	15,1	16,3	17,2	18,2	18,7	17,2	16,4
Tahuaco Yunguyo	14,5	14,6	14,6	14,8	14,1	13,0	12,7	13,7	14,5	15,6	16,1	15,5	14,5
Taraco	15,3	15,4	15,3	15,8	16,1	15,5	15,3	16,0	16,7	17,2	17,7	16,7	16,1

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

**a. Variación estacional de las temperaturas máximas.**

Del análisis se observa que las temperaturas máximas tienden a ser más bajas en sectores aledaños al lago en comparación a las estaciones que se encuentran alejadas del lago y en zonas de planicie, esta diferencia se debe a que el Lago Titicaca actúa como termorregulador de las temperaturas en zonas de influencia directa, sin embargo los sectores que se encuentran alejadas del lago y más elevadas presentan temperaturas máximas más bajas como en el caso de la estación de Capazo y Pampahuta debido principalmente a un factor de altura.

En la figura 13 se presentan las temperaturas máximas de las estaciones que se tomaron en cuenta para el presente estudio, observándose que las temperaturas máximas más elevadas se presentan en el mes de noviembre.



**Figura 13:** Variación estacional de las temperaturas máximas multianual. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno – SENAMHI.

En la figura 14 se observa la distribución espacial de las estaciones con sus respectivas temperaturas máximas promedios mensuales.

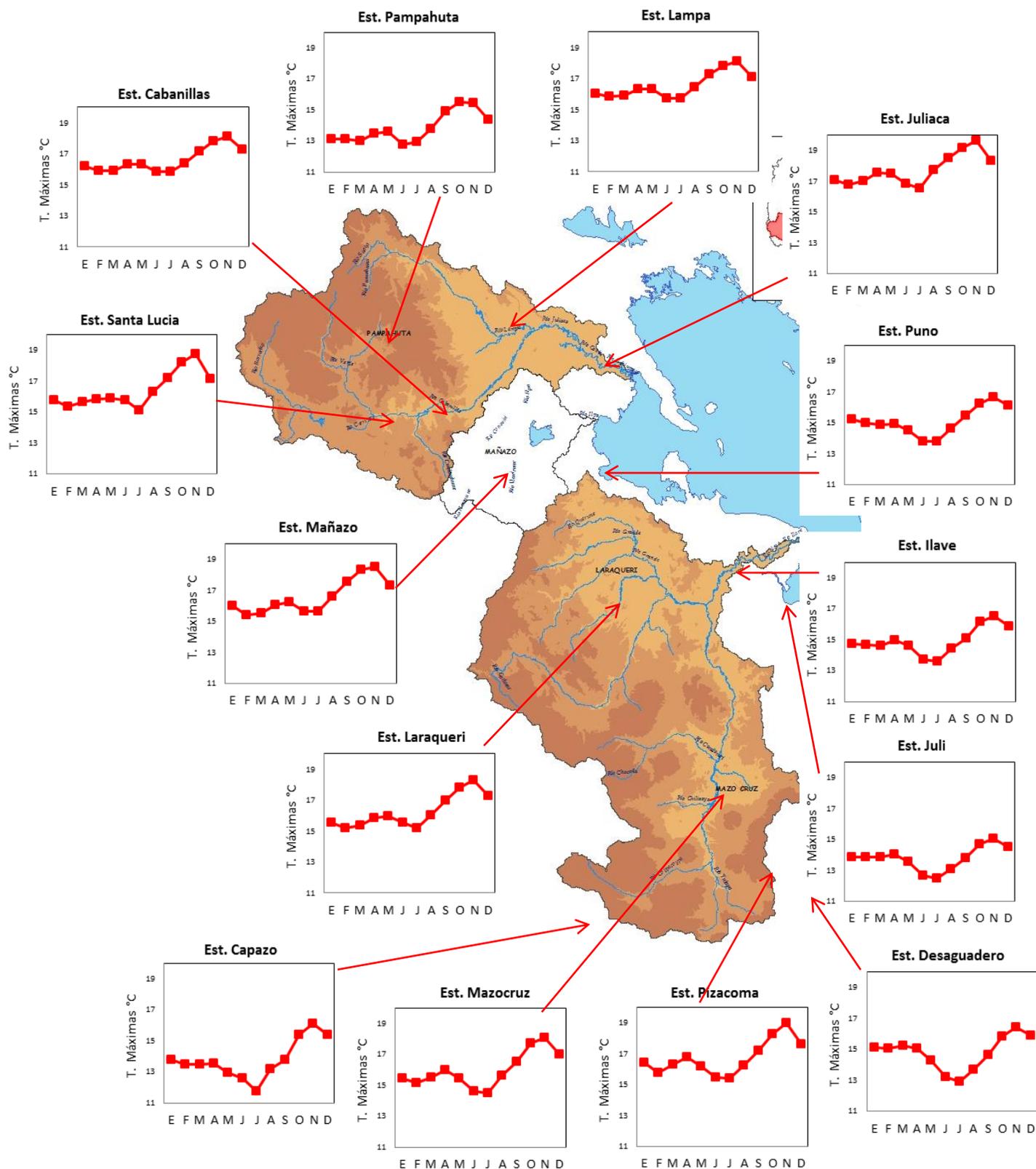


Figura 14: Temperaturas máximas medias mensuales de estaciones de las cuencas Ilave y Coata.

Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

**b. Distribución espacial de las temperaturas máximas multianual.**

En esta sección se realizó un análisis de la distribución espacial de la temperatura máxima para las cuencas de los ríos Coata e Ilave, dicho análisis se centró en la distribución de las temperaturas en las cuencas realizando un énfasis en las temperaturas para la estaciones de invierno y verano.

Del análisis se observa que la distribución de las temperaturas máximas no presentan variaciones considerables tanto para la cuenca del río Coata e Ilave, así mismo también se pudo observar que las variaciones entre las estaciones de verano e invierno no presentan mayor diferencia, tanto es así que, para la estación de verano la temperatura máxima media es de 14,9 °C y para la estación de invierno la media de la temperatura máxima presenta 15,6 °C. En la Tabla 6 se observa las estaciones utilizadas para la interpolación de las temperaturas máximas mediante el método de regresión lineal múltiple. Para obtener los mapas de temperatura, las interpolaciones presentaron un coeficiente de correlación mayor a 0,9 con niveles de confianza al 95 %.

**Tabla 6:** Promedio multianual de las temperaturas máximas (°C) para las cuatro estaciones del año.

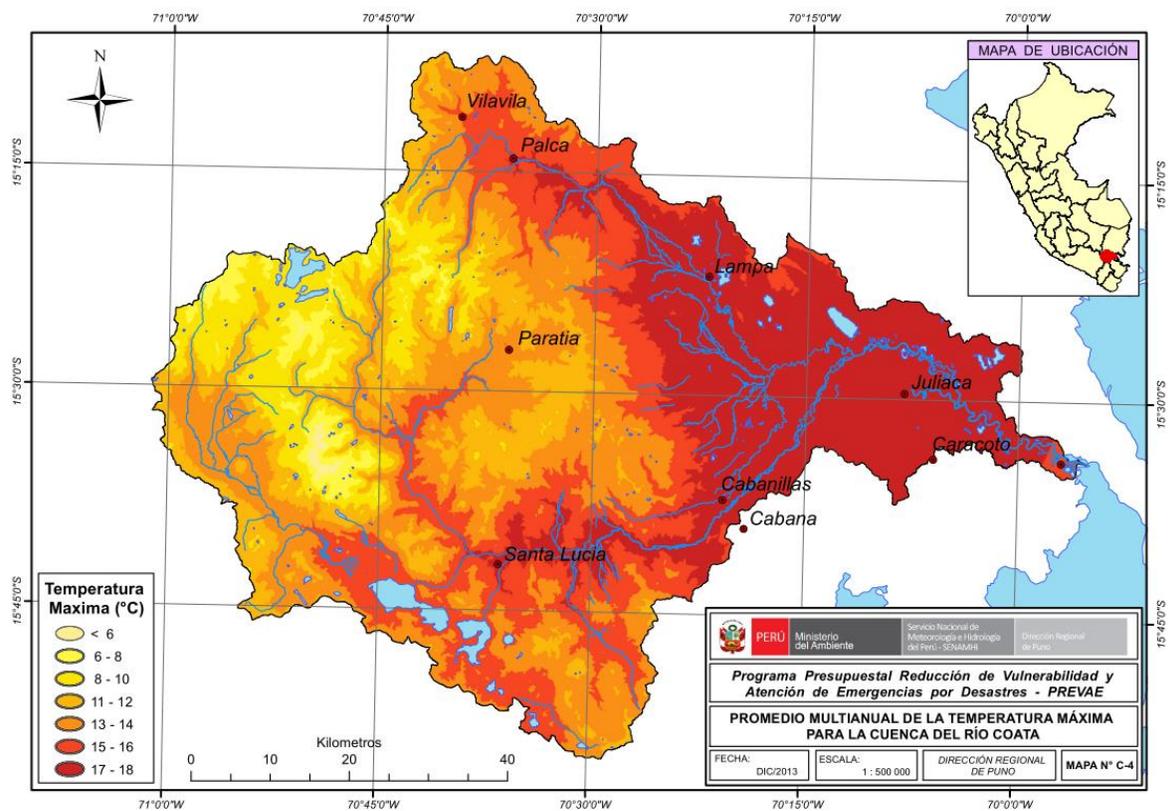
ESTACIÓN	PROMEDIO	VERANO (DEF)	INVIERNO (JJA)	PRIMAVERA (SON)	OTOÑO (MAM)	ALTITUD (m.s.n.m.)
Arapa	16,2	15,6	15,9	17,3	16,0	3 892
Ayaviri	16,5	15,8	16,2	17,9	16,2	3 921
Cabanillas	16,6	16,0	16,4	17,7	16,2	3 877
Capazo	13,8	12,5	14,2	15,1	13,3	4 470
Chuquibambilla	16,0	15,5	15,6	17,3	15,6	3 899
Desaguadero	14,8	13,3	15,3	15,6	14,8	3 813
Ilave	14,9	13,9	15,1	15,9	14,7	3 837
Juli	13,8	12,7	14,0	14,5	13,8	3 814
Juliaca	17,7	17,0	17,4	19,1	17,3	3 828
Lampa	16,5	15,9	16,3	17,7	16,1	3 929
Laraqueri	16,2	15,5	16,0	17,7	15,7	3 952
Llally	15,7	15,0	15,5	17,2	15,2	4 211
Mañazo	16,6	16,0	16,2	18,1	15,9	3 910
Mazocruz	16,0	14,9	15,9	17,4	15,7	3 963
Pampahuta	13,8	13,2	13,5	15,3	13,4	4 292
Pizacoma	16,7	15,7	16,6	18,2	16,4	3 913
Pucara	17,1	16,6	16,7	18,4	16,6	3 869
Puno	15,1	14,1	15,4	16,1	14,8	3 831
Rincon de la Cruz	15,3	14,8	15,1	16,6	14,7	3 875
Santa Lucia	16,4	15,7	16,1	18,0	15,8	4 035
Tahuaco Yunguyo	14,5	13,1	14,9	15,4	14,5	3 864
Taraco	16,1	15,6	15,8	17,2	15,7	3 817

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

- **Distribución espacial de la temperatura máxima para la cuenca del río Coata.**

Del análisis se observó que la temperatura máxima en la cuenca del río Coata no presentó variación considerable entre la estación de invierno y verano, es decir que, la variación de la temperatura entre ambas estaciones presentó un rango menor a 1 °C; así mismo, se observó que existe una alta relación de las temperaturas con respecto a la altura (las temperaturas disminuyen con la altura).

En la Figura 15 se observa el mapa C-4 de la distribución espacial de las temperaturas máximas media anual. Las zonas de mayor temperatura se presentan en la cuenca baja registrándose temperaturas por encima de los 16 °C, pudiendo sobrepasar los 20 °C como es en el caso de la estación de Juliaca. Por otro lado, en la cuenca alta se registran temperaturas máximas más bajas, estando estas entre los 10 °C y 6 °C. En la figura 16 se observa el mapa C-5 con la distribución espacial de las temperaturas máximas para la estación de invierno. En este mapa se observó que no hay gran variación entre las temperaturas de las dos estaciones. Se puede observar que las temperaturas para la estación de verano suelen ser ligeramente inferiores a las temperaturas de la estación de invierno. En la figura 17 se observa el mapa C-6 de la distribución espacial de las temperaturas máximas para la estación de verano.



**Figura 15:** Promedio multianual de las temperaturas máximas para la cuenca del río Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

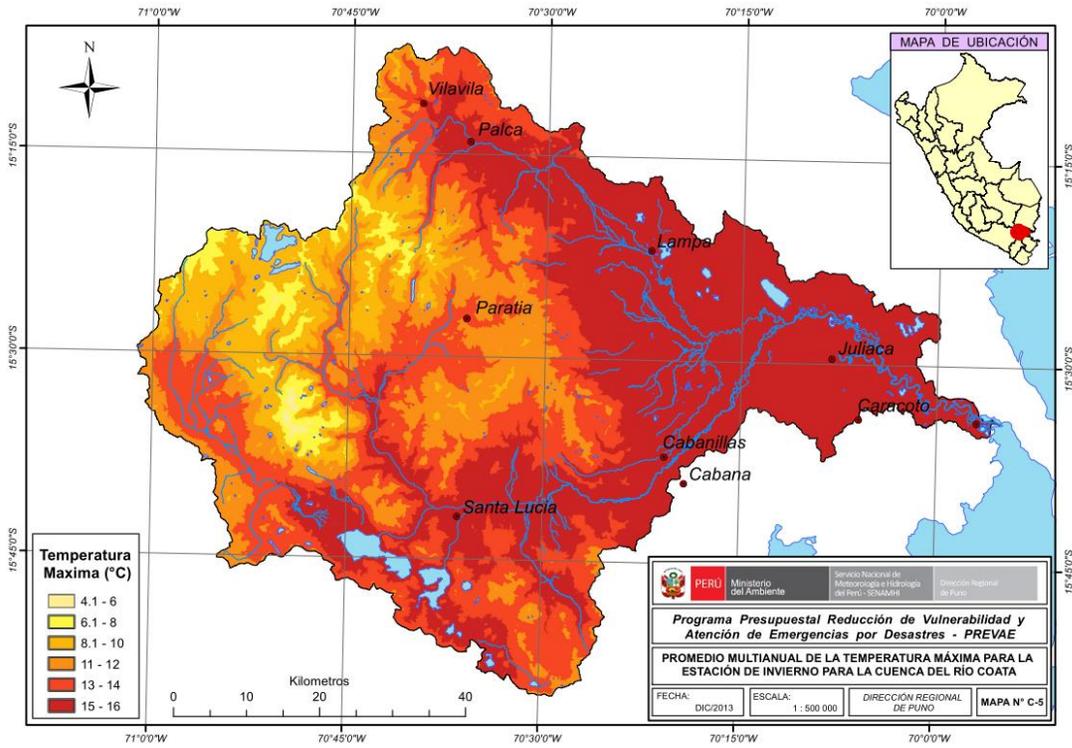


Figura 16: Promedio multianual de las temperaturas máximas para la estación de invierno para la cuenca del río Coata.  
Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

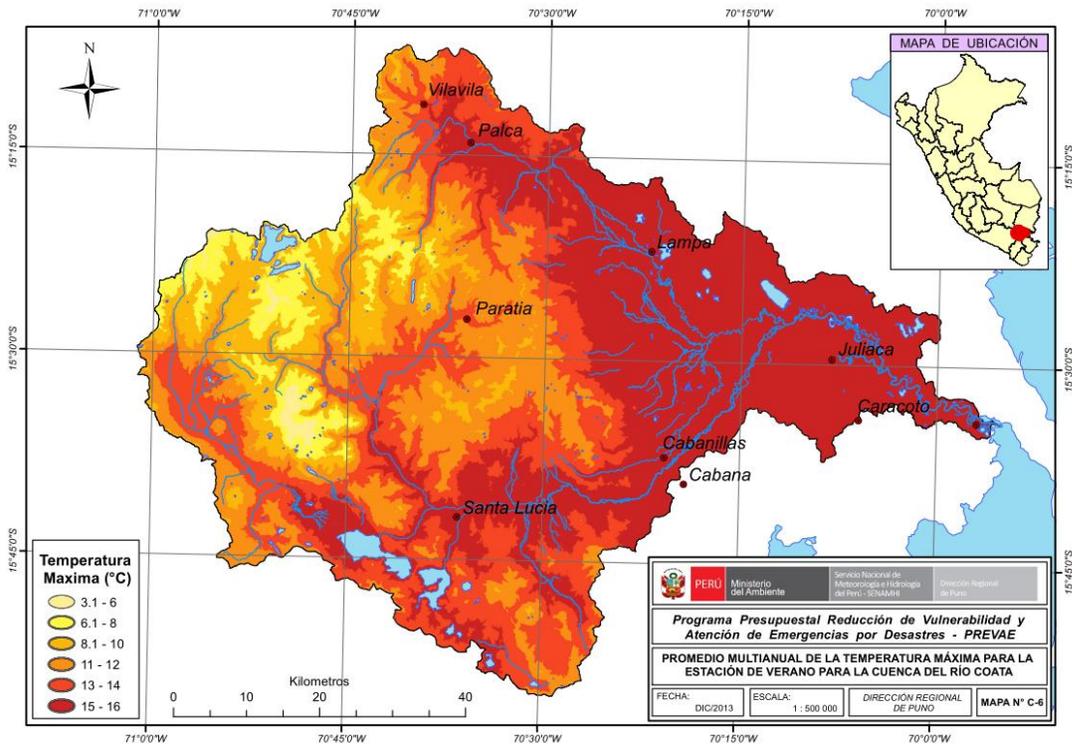


Figura 17: Promedio multianual de las temperaturas máximas para la estación de verano para la cuenca del río Coata.  
Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

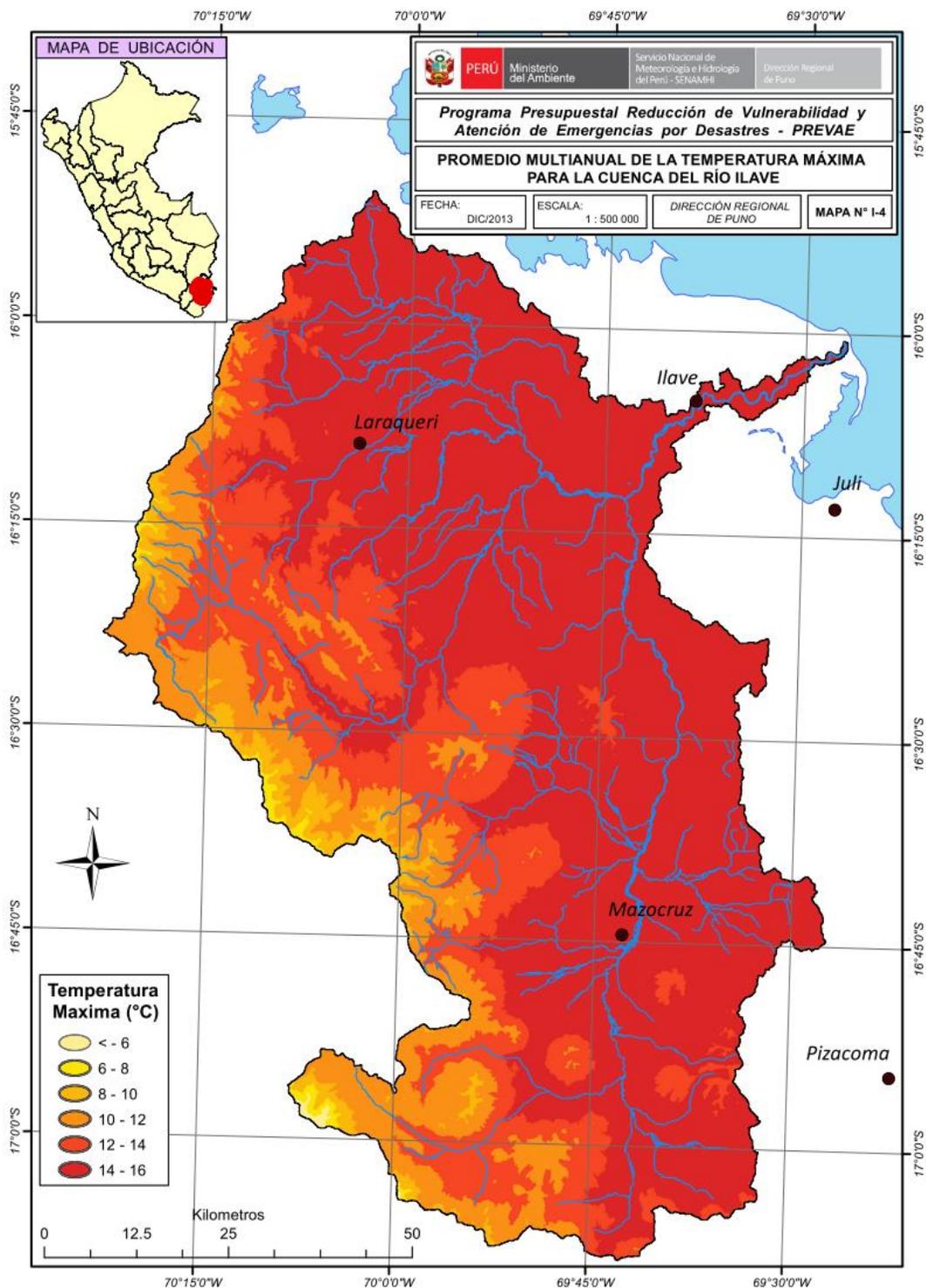
Una de las explicaciones del porque la temperatura máxima pueda ser ligeramente menor en la estación de verano con respecto a la estación de invierno es que, en la estación de verano hay mayor presencia de nubes que mantienen cubierto el cielo impidiendo de esta forma que los rayos solares incidan directamente a la superficie de la tierra, en cambio en la estación de invierno las temperaturas son ligeramente más elevadas debido a la presencia de cielos sin cobertura de nubes (mayormente despejados) permitiendo que los rayos del sol incidan directamente sobre la superficie y haya mayor tiempo de exposición al sol permitiendo un mayor calentamiento de la superficie terrestre.

- **Distribución espacial de la temperatura máxima para la cuenca del río llave.**

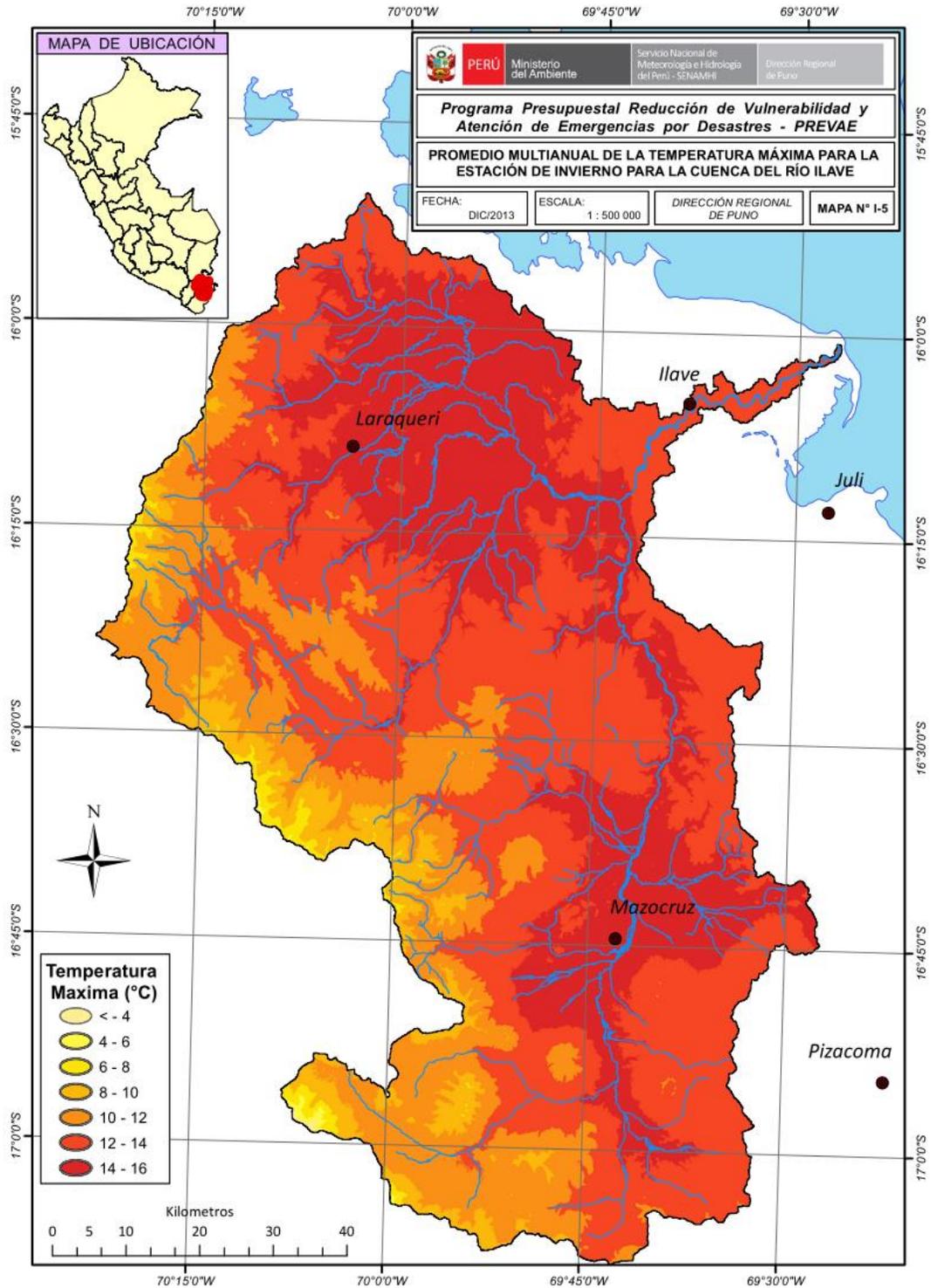
Del análisis se observó que, la temperatura máxima en la cuenca del río llave no presenta variación significativa entre las estaciones de invierno y verano, es decir que la variación de la temperatura entre ambas estaciones estuvo en un rango menor a 1 °C, así mismo se observó que existe una alta relación de las temperaturas con respecto a la altura (la temperatura disminuye con la altura).

En la figura 18 se observa el mapa I-4 de la distribución espacial de las temperaturas máximas media anual. Las zonas de mayor temperatura se presentan en la cuenca media y especialmente en zonas de planicie, registrándose temperaturas por encima de los 16 °C, en cambio en la cuenca alta se registran temperaturas máximas inferiores a los 6 °C.

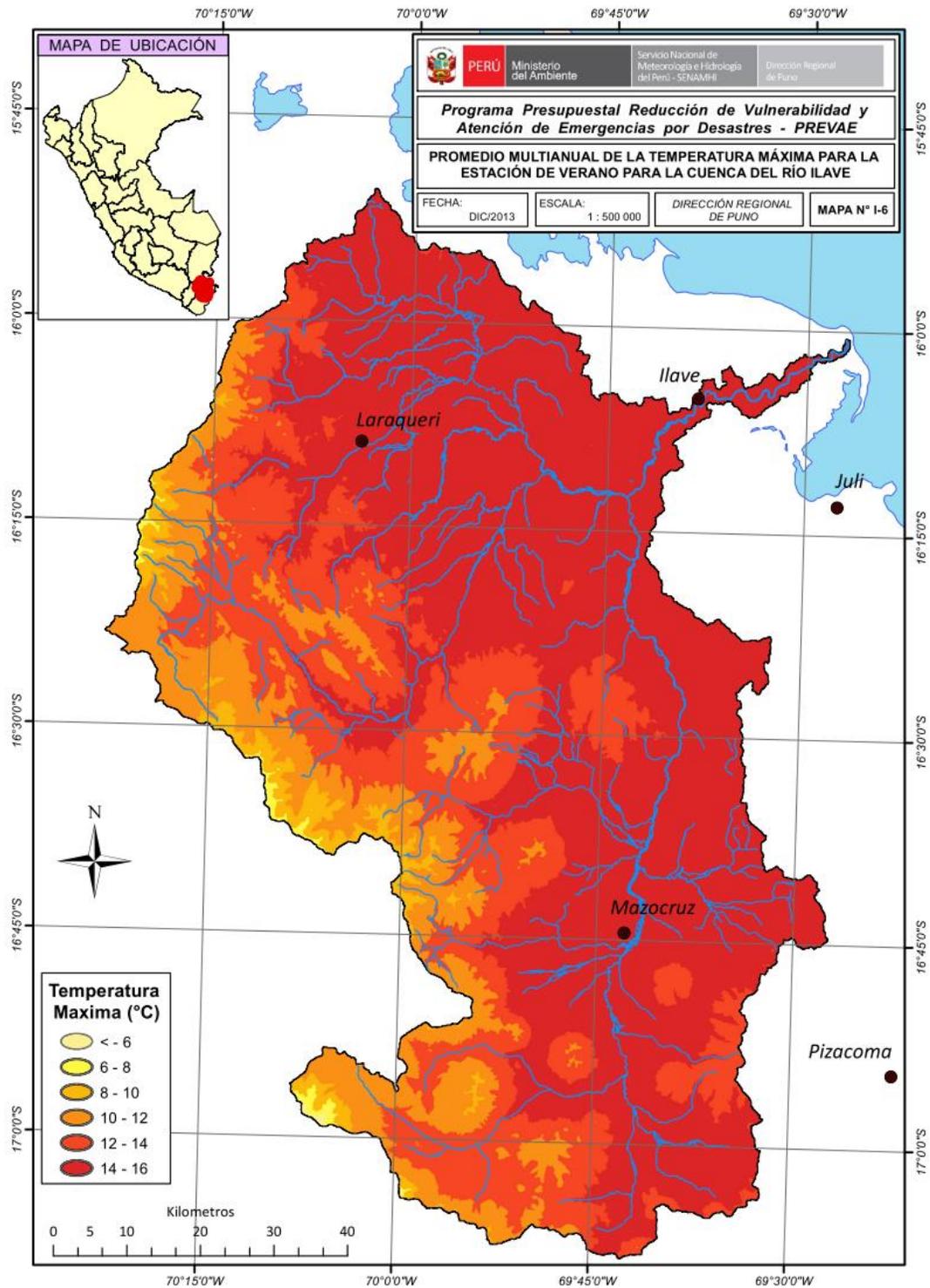
En la figura 19 se observa el mapa I-5 de la distribución espacial de las temperaturas máximas para la estación de invierno y en la figura 20 se observa el mapa I-6 de la distribución espacial de las temperaturas máximas para la estación de verano, en dichos mapas se observó que las temperaturas máximas no presentaron gran variación entre una y otra estación, sin embargo a diferencia de la cuenca del río Coata, en la cuenca del río llave se observó que las temperaturas máximas para la estación de verano suelen ser ligeramente superiores a las temperaturas máximas de la estación de invierno. Esta diferencia posiblemente se deba a que la cuenca del río llave es una cuenca con menor humedad por tanto en el periodo de verano la cantidad de cobertura de nubes no es suficiente para generar una disminución de la temperatura, además la cuenca de llave es una zona más llana, estando su superficie más expuesta al sol para un mayor calentamiento diurno.



**Figura 18:** Promedio multianual de las temperaturas máximas para la cuenca del río Ilave. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



**Figura 19:** Promedio multianual de las temperaturas máximas para la estación de invierno para la cuenca del río Ilave.  
**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



**Figura 20:** Promedio multianual de las temperaturas máximas para la estación de verano para la cuenca del río Ilave.  
**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

#### 6.4. Temperaturas mínimas

Del análisis de las temperaturas mínimas se observa que dentro de la cuenca del Coata las temperaturas más bajas se presentan en zonas elevadas y más alejadas del Lago Titicaca, tal es así que, las temperaturas mínimas varían entre los -5,3 °C y -3,6 °C para las estaciones de Pampahuta y Santa Lucía, respectivamente. Sin embargo en zonas aledañas al Lago Titicaca las estaciones de Acora y Puno registran temperaturas entre los 1,7 °C y 2,8 °C

Para el caso de la cuenca del río Ilave, las zonas más frías se presentan en el sur de la cuenca y en zonas alejadas del Lago Titicaca con temperaturas entre los -6,7 °C y -6,2 °C en las estaciones de Mazocruz y Capazo, respectivamente. En el caso de las zonas cercanas al Lago Titicaca, las temperaturas mínimas varían entre 1,4 °C y 2,7 °C en las estaciones de Ilave y Juli, respectivamente.

**Tabla 7:** Promedio mensual multianual de las temperaturas mínimas (°C)

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC	PROMEDIO
Arapa	4,9	4,9	4,5	2,9	0,1	-1,9	-2,4	-1,1	1,3	2,8	3,7	4,5	2,0
Ayaviri	3,4	3,4	2,9	0,8	-3,4	-6,7	-7,1	-5,2	-1,7	0,7	1,7	2,8	-0,7
Cabanillas	4,6	4,6	4,2	2,9	0,4	-1,6	-2,1	-0,5	1,4	2,7	3,5	4,3	2,0
Capachica	4,8	4,9	4,5	3,1	0,2	-1,7	-2,1	-1,0	1,3	2,7	3,3	4,2	2,0
Capazo	-1,0	-1,0	-1,7	-4,7	-8,2	-10,9	-11,6	-10,7	-8,6	-7,4	-5,7	-3,0	-6,2
Chuquibambilla	3,0	3,0	2,6	0,1	-5,4	-8,6	-9,4	-7,2	-3,7	-1,3	0,1	1,8	-2,1
Desaguadero	4,9	4,9	4,7	2,3	-2,0	-4,9	-5,0	-3,3	-0,4	1,5	2,6	4,2	0,8
Ilave	4,5	4,6	4,3	2,7	-0,7	-2,8	-3,3	-1,9	0,3	2,0	3,0	4,0	1,4
Juli	5,0	4,8	4,7	3,4	1,0	-0,7	-1,1	0,1	2,0	3,4	4,3	5,0	2,7
Juliaca	4,3	4,6	3,6	1,0	-4,1	-7,1	-7,7	-6,2	-3,0	-0,2	1,5	3,4	-0,8
Lampa	4,0	3,9	3,4	1,0	-3,3	-5,7	-6,3	-4,6	-1,9	-0,1	1,1	2,9	-0,5
Laraqueri	2,4	2,5	1,8	-0,3	-4,3	-6,9	-7,3	-5,6	-3,2	-0,9	0,2	1,4	-1,7
Llally	3,0	3,2	2,6	0,5	-3,4	-5,8	-6,3	-5,0	-2,1	-0,4	0,5	2,2	-0,9
Mañazo	4,3	4,3	3,6	1,8	-0,9	-2,7	-2,9	-1,9	0,0	1,8	2,8	3,8	1,1
Mazocruz	0,5	0,4	-0,4	-4,8	-10,4	-13,4	-14,2	-12,6	-9,8	-7,8	-5,4	-1,9	-6,7
Pampahuta	-0,1	-0,2	-0,6	-2,8	-7,4	-10,3	-11,5	-10,3	-8,2	-5,9	-4,2	-1,8	-5,3
Pizacoma	2,4	2,7	1,8	-0,2	-4,0	-6,7	-6,9	-5,1	-2,5	-1,3	0,4	2,0	-1,5
Pucara	4,3	4,4	3,5	0,9	-4,2	-7,5	-7,5	-5,5	-1,8	0,7	1,8	3,2	-0,7
Puno	5,5	5,4	5,1	3,6	0,8	-0,8	-1,3	0,1	1,9	3,4	4,3	5,1	2,8
Rincón de la Cruz	4,5	4,6	5,8	2,5	-0,3	-2,1	-2,9	-2,2	0,2	2,3	3,8	4,2	1,7
Santa Lucía	2,3	2,8	1,8	-1,0	-6,0	-9,0	-9,4	-8,6	-5,7	-3,5	-1,8	1,2	-3,1
Tahuaco Yunguyo	3,9	3,9	3,7	2,2	-0,5	-2,2	-2,5	-1,2	0,8	2,1	3,2	3,7	1,4
Taraco	5,2	5,0	3,9	0,1	-5,2	-7,7	-8,0	-6,1	-2,1	1,7	2,9	4,3	-0,5

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

**a. Variación estacional de las temperaturas mínimas.**

Del análisis se observa que las temperaturas mínimas tienden a ser mayores en zonas aledañas al lago en comparación a las temperaturas mínimas registradas en las estaciones que se encuentran alejadas del lago y en zonas altas del altiplano. Esto tendría una explicación debido a que el Lago Titicaca juega un papel termorregulador de las temperaturas en zonas aledañas.

En la Tabla 6 se observa los promedios de las temperaturas mínimas multianuales para todas las estaciones analizadas en el presente estudio. En la figura 21 se muestra la variación estacional de las temperaturas mínimas de las estaciones analizadas tanto para la cuenca del río Coata e Ilave. Se observa que las temperaturas mínimas descienden a partir del mes del mes de abril llegándose a registrar temperaturas más bajas durante los meses de junio a agosto; las temperaturas mínimas más elevadas, se registran entre los meses de noviembre a marzo.

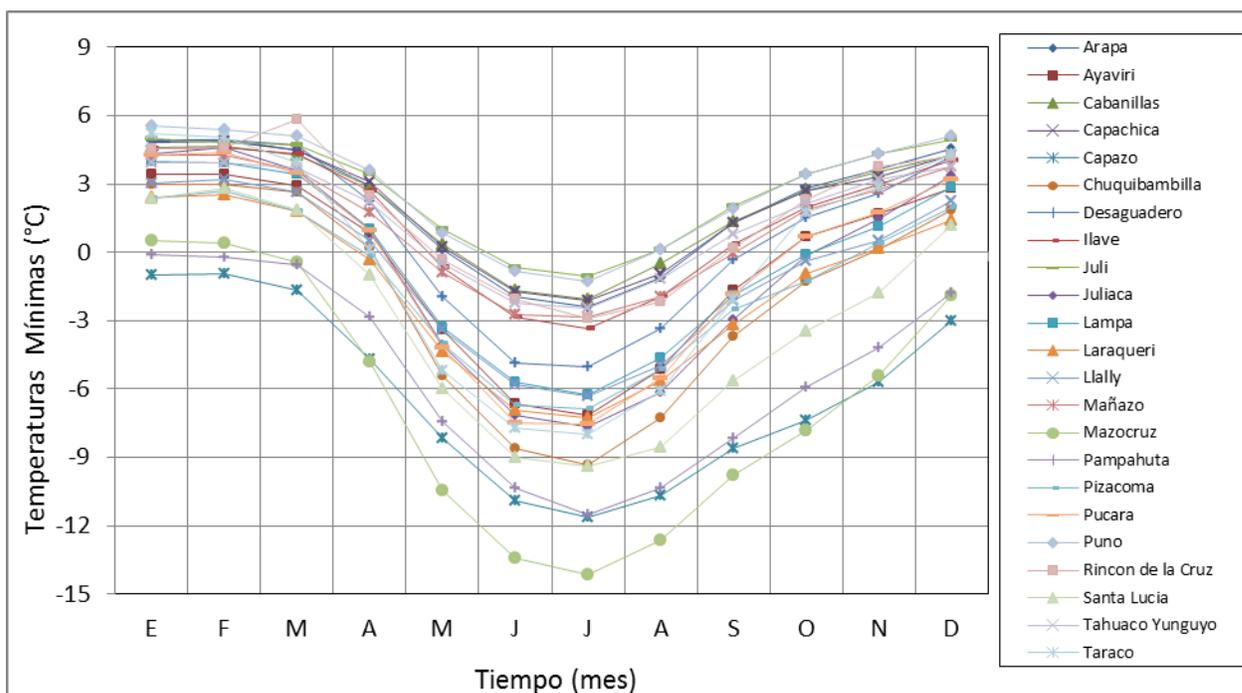


Figura 21: Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la estación de verano para la cuenca del río Ilave.

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

En la figura 22 se observa la distribución espacial de las estaciones con sus respectivos histogramas de temperaturas mínimas promedio multianual. Se observa que en estaciones que se ubican en zonas alejadas del Lago Titicaca, las cuales están ubicadas en zonas más elevadas de la región, presentan temperaturas mínimas más extremas, tal es el caso de las estaciones de Pampahuta y Mazocruz.

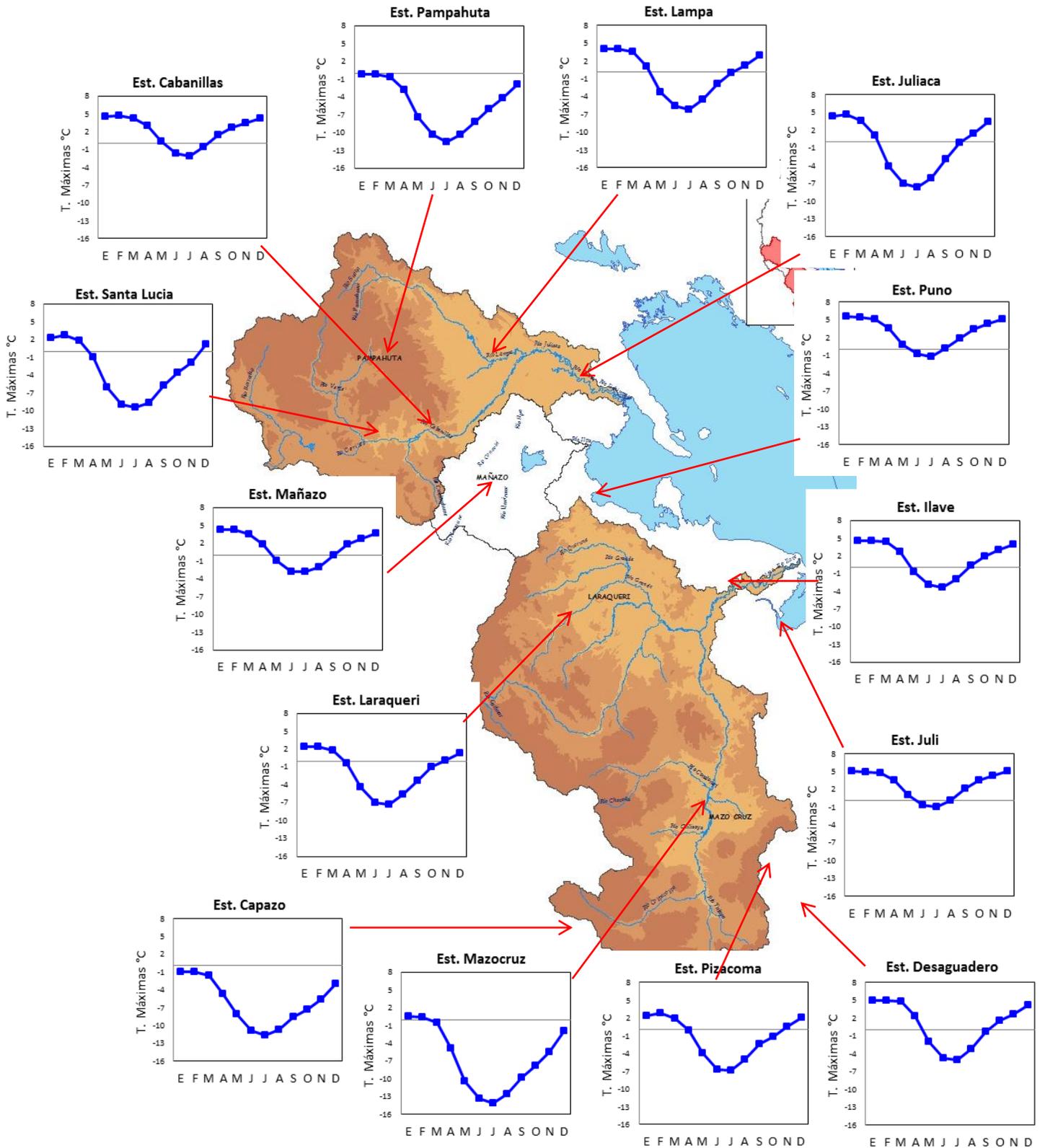


Figura 22 Temperaturas mínima medias mensuales de estaciones de las cuencas Ilave y Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

**b. Distribución espacial de las temperaturas mínimas promedio multianual.**

En esta sección se realizó un análisis de la distribución espacial de las temperaturas mínimas para las cuencas de los ríos Coata e Ilave, dicho análisis se centró en la distribución de las temperaturas en las cuencas realizando un énfasis en las temperaturas mínimas para la estación de invierno y verano.

Del análisis se observa que la distribución de las temperaturas mínimas a diferencia de las temperaturas máximas, presentan variaciones considerables tanto para la cuenca del río Coata y del Ilave, así mismo se pudo observar que las variaciones entre las estaciones de verano e invierno presentan diferencias considerables tanto es así que para la estación de verano la media de temperatura mínima es de 3,2 °C y para la estación de invierno la media de la temperatura máxima fue de -5,6 °C.

En la Tabla N° 08 se observa las estaciones utilizadas para la interpolación de las temperaturas máximas mediante el método de regresión lineal múltiple en la obtención de los mapas de temperatura; estas interpolaciones presentaron un coeficiente de correlación mayor a 0,9 y con nivel de confianza al 95%.

Tabla 8: Promedio multianual de las temperaturas mínimas para las cuatro estaciones

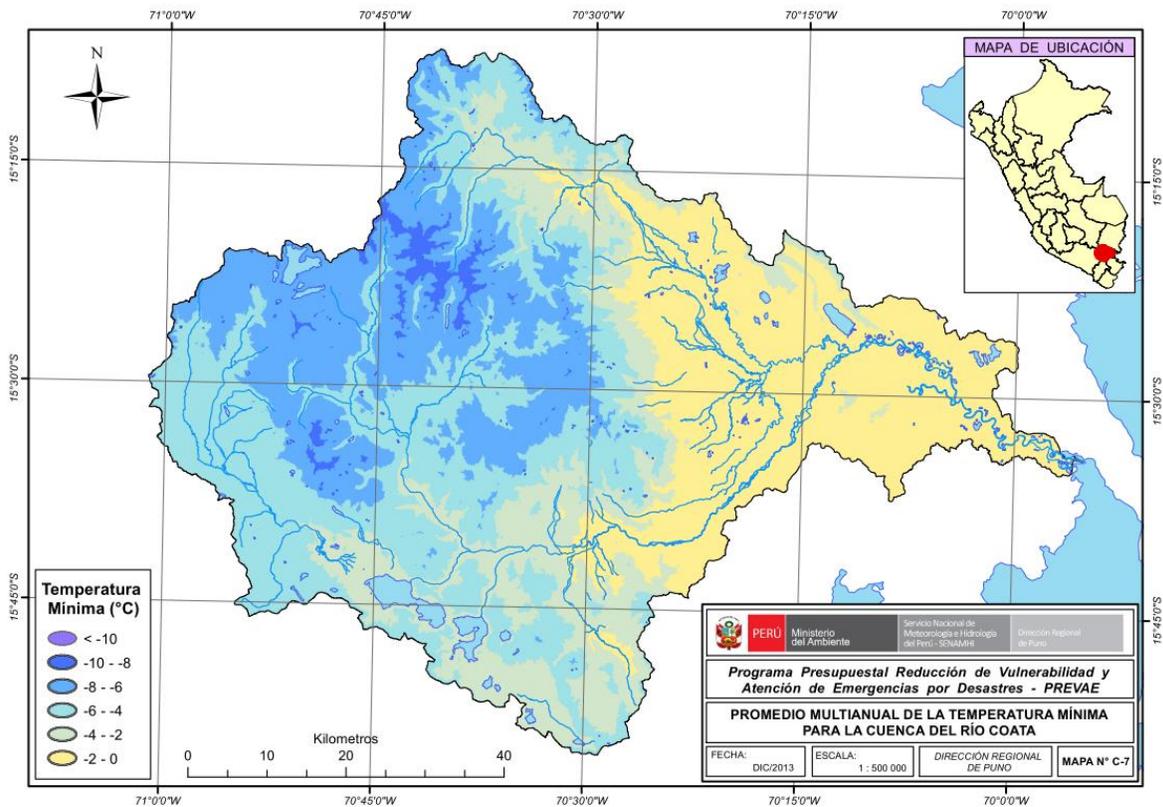
ESTACIÓN	PROMEDIO	VERANO (DEF)	INVIERNO (JJA)	PRIMAVERA (SON)	OTOÑO (MAM)	ALTITUD
Arapa	2,0	4,8	-1,8	2,6	2,5	3 892
Ayaviri	-0,7	3,2	-6,3	0,2	0,1	3 921
Cabanillas	2,0	4,5	-1,4	2,5	2,5	3 877
Capazo	-6,2	-1,7	-11,1	-7,2	-4,9	4 470
Chuquibambilla	-2,1	2,6	-8,4	-1,6	-0,9	3 899
Desaguadero	0,8	4,7	-4,4	1,2	1,7	3 813
Ilave	1,4	4,4	-2,7	1,8	2,1	3 837
Juli	2,7	4,9	-0,5	3,2	3,1	3 814
Juliaca	-0,8	4,1	-7,0	-0,6	0,2	3 828
Lampa	-0,5	3,6	-5,5	-0,3	0,4	3 929
Laraqueri	-1,7	2,1	-6,6	-1,3	-0,9	3 952
Llally	-0,9	2,8	-5,7	-0,7	-0,1	4 211
Mañazo	1,1	4,1	-2,5	1,5	1,5	3 910
Mazocruz	-6,7	-0,3	-13,4	-7,7	-5,2	3 963
Pampahuta	-5,3	-0,7	-10,7	-6,1	-3,6	4 292
Pizacoma	-1,5	2,4	-6,3	-1,1	-0,8	3 913
Pucara	-0,7	3,9	-6,9	0,2	0,1	3 869
Puno	2,8	5,3	-0,7	3,2	3,2	3 831
Rincón de la Cruz	1,7	4,4	-2,4	2,1	2,7	3 875
Santa Lucía	-3,1	2,1	-9,0	-3,6	-1,7	4 035
Tahuaco Yunguyo	1,4	3,9	-1,9	2,0	1,8	3 864
Taraco	-0,5	4,9	-7,3	0,8	-0,4	3 817

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

- **Distribución espacial de la temperatura mínima para la cuenca del río Coata.**

Del análisis se observó que la temperatura mínima en la cuenca del río Coata presentó variaciones considerables entre la estación de invierno y la de verano, es decir, que la variación de la temperatura mínima entre ambas estaciones estuvo en un rango mayor a 8 °C, así mismo se observó que existe una alta relación de las temperaturas con respecto a la altura disminuyendo la temperatura con la altura.

En la Figura 23 se observa la distribución espacial de las temperaturas mínimas media multianual. Se observa que las zonas en donde se registra temperaturas mínimas más elevadas están en la cuenca baja, registrándose temperaturas por encima de los -2 °C, en cambio las temperaturas mínimas más bajas son registradas en los puntos más altos de la cuenca alta, llegándose a registrar temperaturas inferiores a los -10 °C.

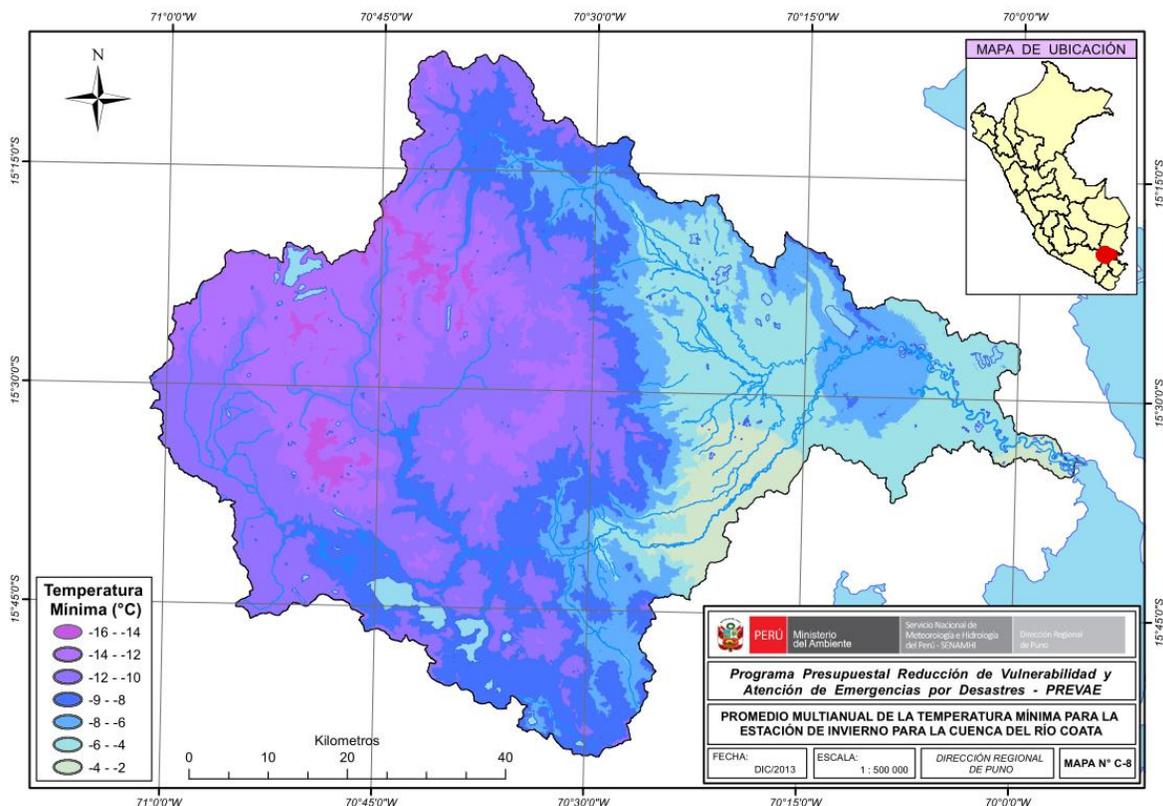


**Figura 23:** Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la cuenca del río Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

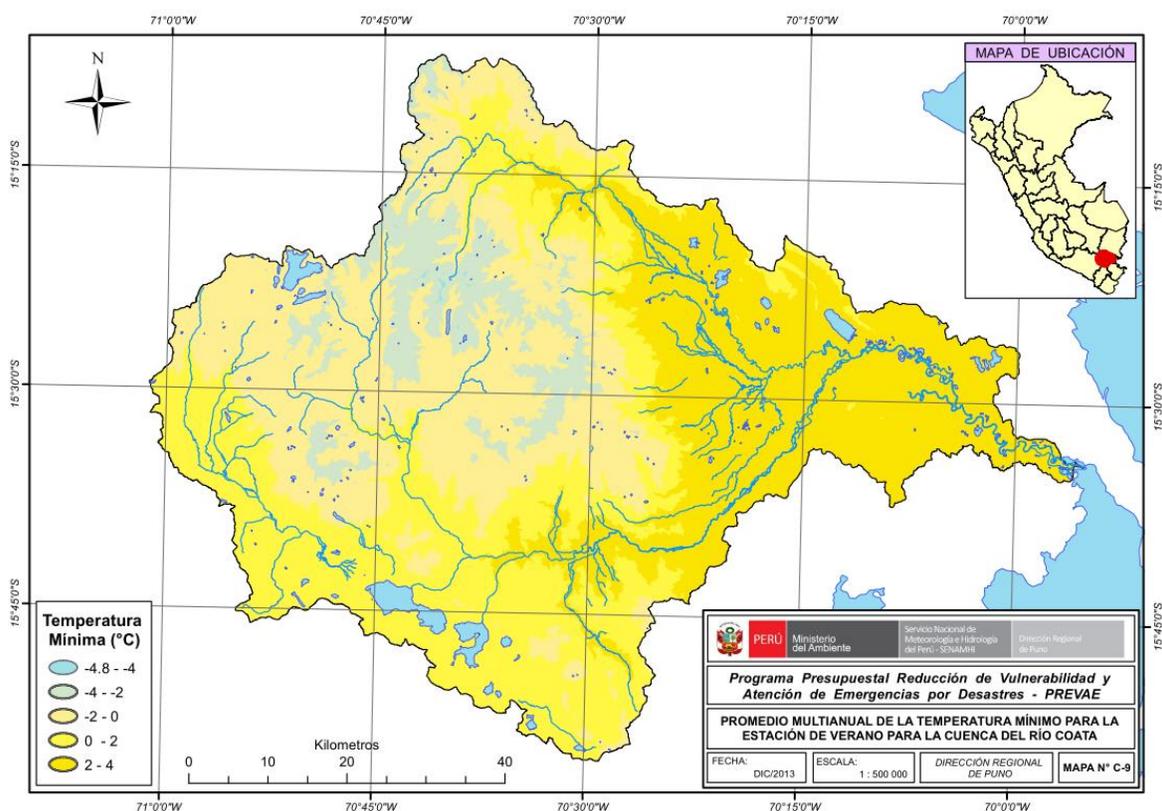
En la figura 24 se observa el mapa de la distribución espacial de las temperaturas mínimas para la estación de invierno. La variación de las temperaturas oscila entre los  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas más bajas son registradas en los puntos más altos de la cuenca alta y en zonas de montaña. Las temperaturas mínimas más altas se registran en la cuenca baja y en zonas aledañas al lago.

En la Figura 25 se observa el mapa de la distribución espacial de las temperaturas mínimas para la estación de verano. En la imagen se puede observar que hay mayor variación con referencia a la estación de invierno. En la estación de verano la temperatura mínima oscila entre los  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas mínimas más bajas se registran en zonas de montaña de la cuenca alta, mientras que las temperaturas mínimas más altas son registradas en la cuenca baja.

Se puede observar que las temperaturas mínimas en la estación de verano contrastan con las temperaturas mínimas en la estación de invierno, siendo las temperaturas mínimas más extremas para la estación de invierno.



**Figura 24:** Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la estación de invierno para la cuenca del río Coata.  
**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



**Figura 25:** Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la estación de verano para la cuenca del río Coata.

**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

- **Distribución espacial de la temperatura mínima para la cuenca del río Ilave.**

Del análisis se observó que las temperaturas mínimas en la cuenca del río Ilave presentaron variaciones considerables entre la estación de invierno y verano. La variación de la temperatura mínima entre ambas estaciones presento un rango mayor a 8 °C, así mismo se observó que existe una alta relación de las temperaturas con respecto a la altura, disminuyendo estas con la altura.

En la Figura 26 se observa la distribución espacial de las temperaturas mínimas media multianual, se observa en la figura que las zonas que registran temperaturas mínimas más elevadas se presentan en la cuenca baja y al norte de la cuenca, registrándose temperaturas por encima de los 0 °C, en cambio las temperaturas mínimas más bajas, son registradas en los puntos más altos de la cuenca alta y en especial en la zona sur de la cuenca, llegándose a registrar temperaturas mínimas inferiores a los -12 °C. En la Figura 27 se observa el mapa de la distribución espacial de las temperaturas mínimas para la estación de invierno; la variación de las temperaturas oscila entre los -18 °C y -2 °C. Las temperaturas más bajas son registradas al sur de la cuenca, en los puntos más altos y en zonas de montaña, mientras que las temperaturas mínimas más altas, son registradas en la cuenca baja y en zonas aledañas al lago.

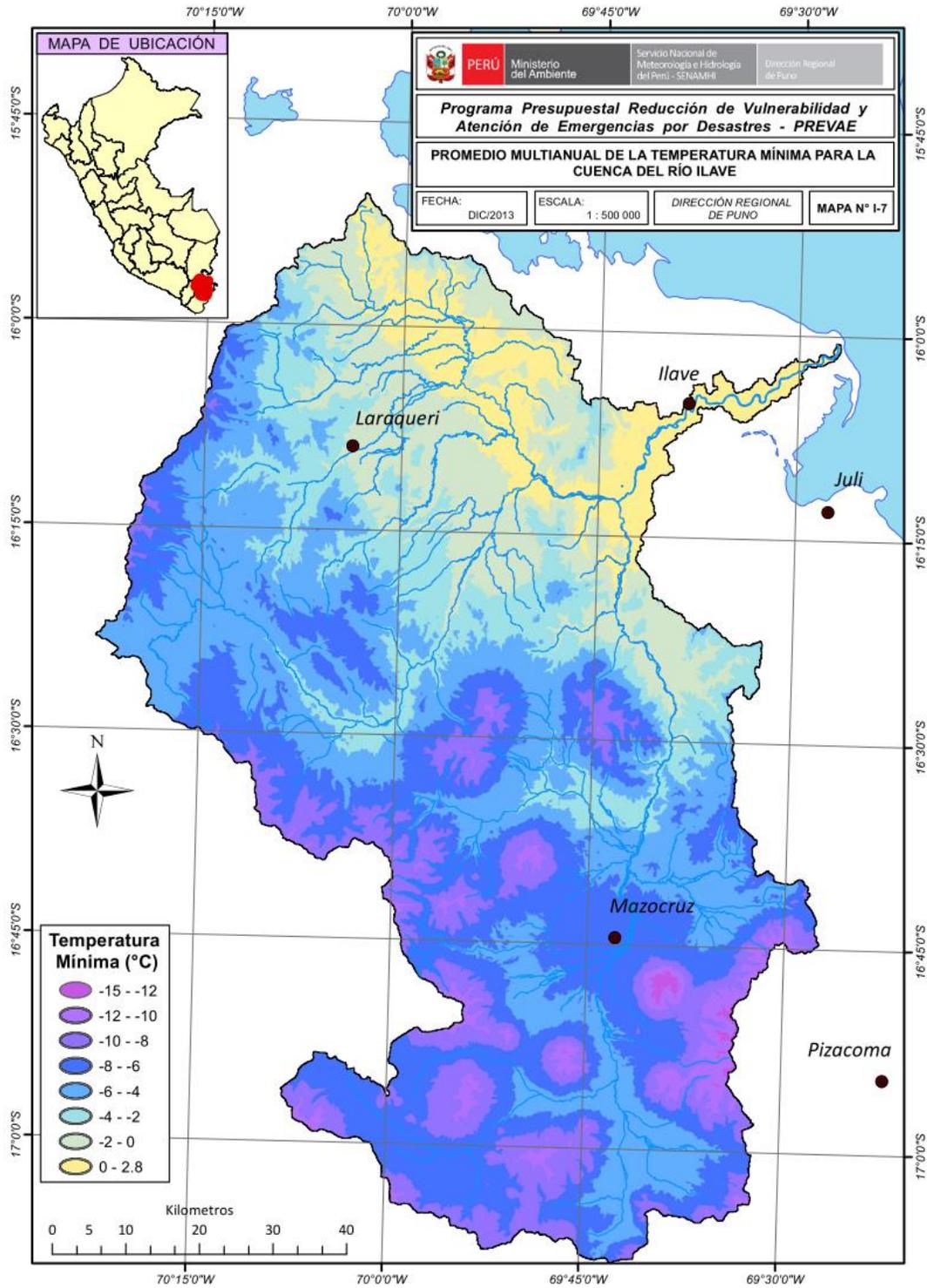
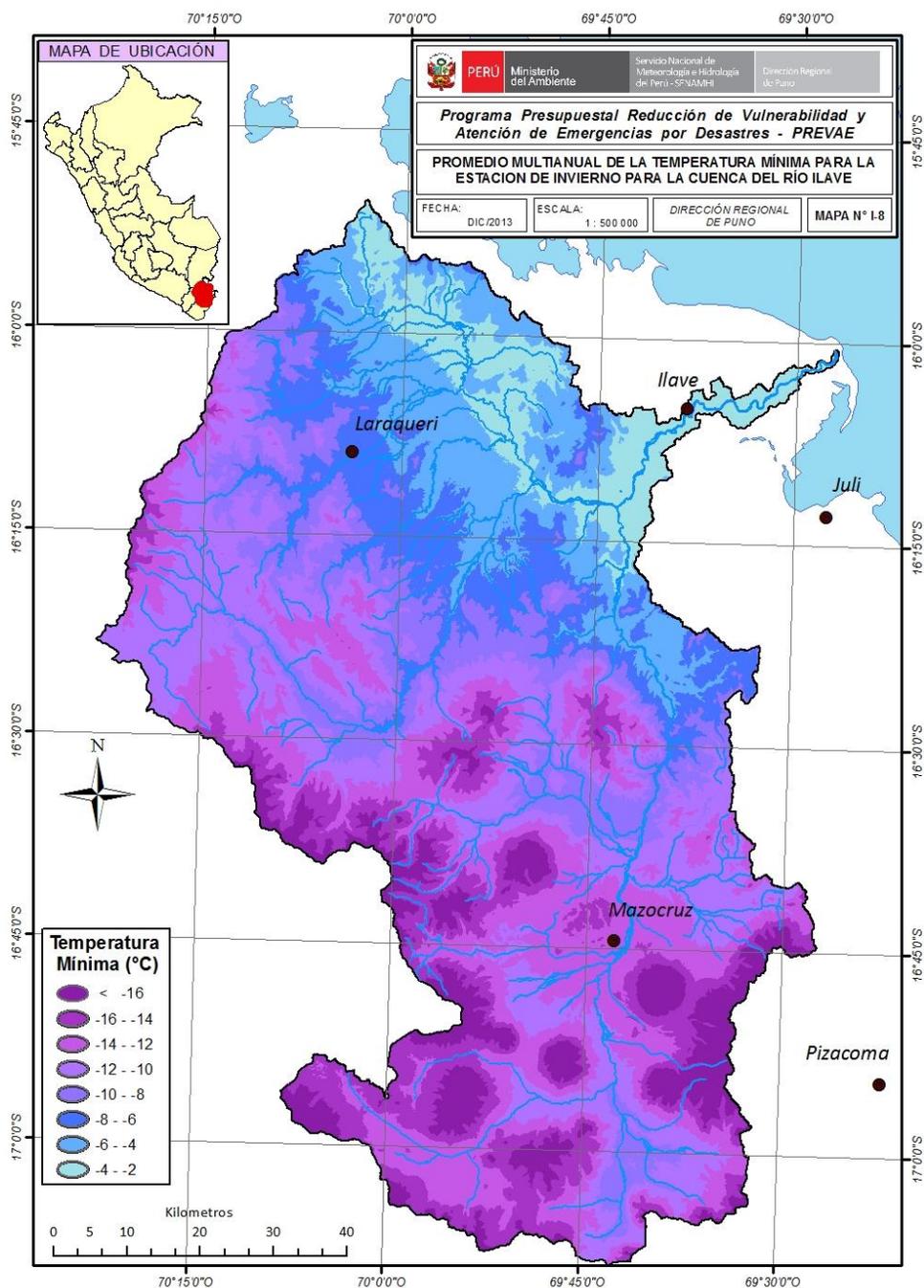
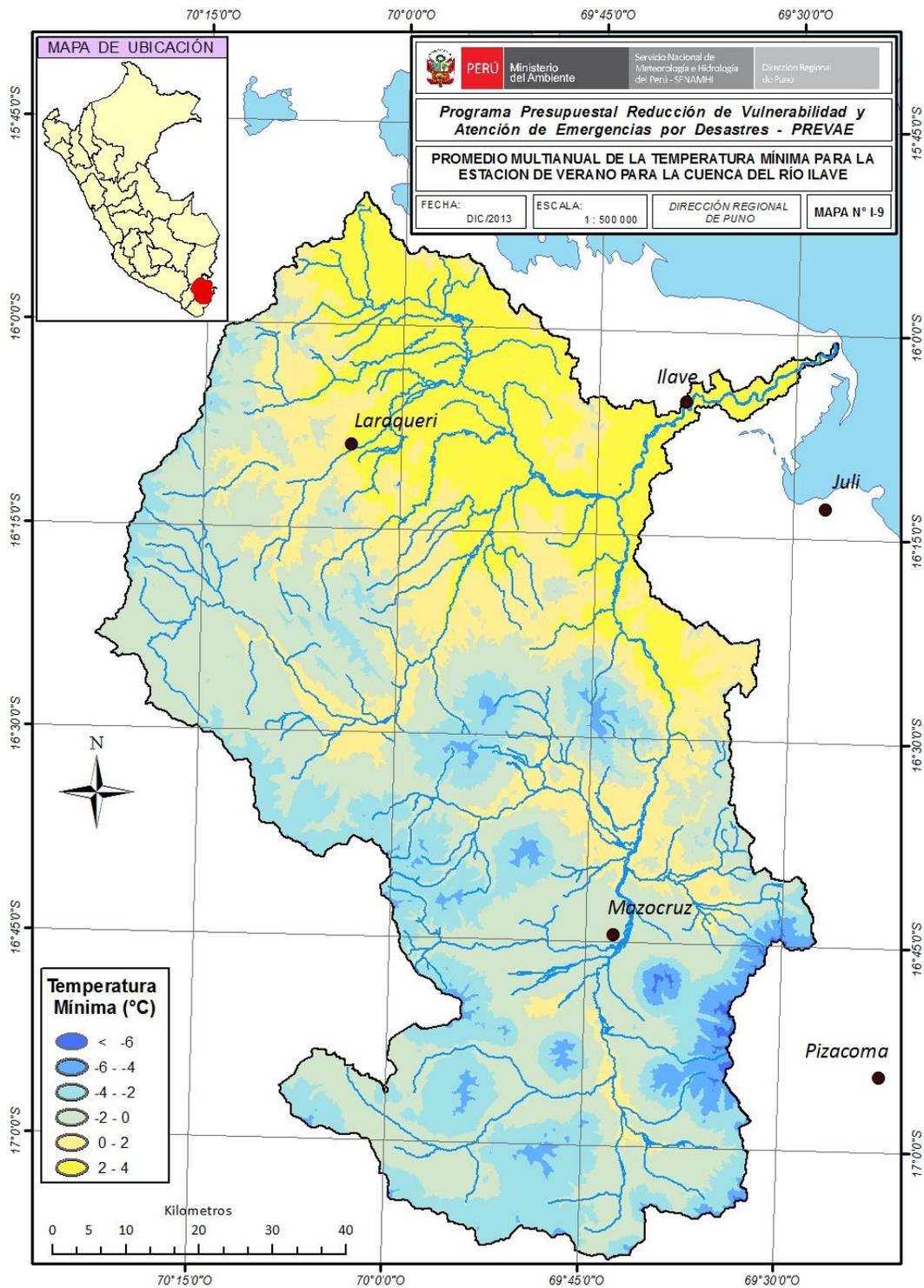


Figura 26: Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la cuenca del río Ilave. Elaborado: Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

En la Figura 28 se observa el mapa de la distribución espacial de las temperaturas mínimas para la estación de verano. En ella se puede observar que hay una mayor diferencia con respecto a la estación de invierno. En la estación de verano la temperatura mínima oscila entre los  $-6^{\circ}\text{C}$  y  $4^{\circ}\text{C}$ . Las temperaturas mínimas más bajas se registran al sur de la cuenca y en las zonas de montaña, mientras que las temperaturas mínimas más altas, son registradas en la cuenca media y baja.



**Figura 27:** Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la estación de invierno para la cuenca del río Coata. **Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.



**Figura 28:** Promedio multianual de las temperaturas mínimas para la estación de invierno para la cuenca del río Coata.  
**Elaborado:** Dirección Regional de Puno –SENAMHI.

## VII. CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización climática de las precipitaciones pluviales y las temperaturas para las cuencas de los ríos Coata e Ilave, obteniéndose que para la cuenca del río Coata la precipitación oscila entre los 626 mm a 1 000 mm de precipitación total anual, mientras que para la cuenca del río Ilave la precipitación total anual oscila entre los 550 mm y 950 mm.
- El periodo de máximas precipitaciones se presenta entre los meses de diciembre a febrero (temporada húmeda), cuando se registra más del 55 % de la precipitación total anual, en tanto que en la temporada seca comprendida entre los meses de junio y agosto, sólo se registra el 5 % de la precipitación total anual.
- Las temperaturas máximas del aire, tanto para la cuenca del río Coata como para cuenca del río Ilave, no presentan variaciones considerables durante todo el año; las temperaturas máximas alcanzan su valor más alto en la estación de primavera con temperaturas alrededor de los 17 °C en promedio. Para el caso de las temperaturas mínimas del aire es observado un marcado ciclo anual, en donde las diferencias entre el verano e invierno, presentan un rango de variación del orden de 10 °C, aproximadamente.
- En relación a la temporada de bajas temperaturas, la temperatura mínima más extrema registrada corresponde a -16 °C, mientras que para el verano (temporada de lluvias) las temperaturas mínimas varían entre los 0 °C y 6 °C.

## VIII. RECOMENDACIONES

- El estudio se realizó tomando el registro histórico de todas las estaciones que están comprendidos entre los años 1965 al 2012; sin embargo, se recomienda analizar la variación tanto de las precipitación como de las temperaturas para el periodo climatológico comprendido entre los años 1971 a 2000.
- En el presente estudio solo se realizó un análisis de las variables de precipitación y de temperaturas, sin embargo por falta de tiempo y disponibilidad de información como: humedad, viento y radiación solar, no se pudo tomar en cuenta estas variables que hubieran ayudado a realizar una mejor caracterización climatológica de las cuencas.

- La distribución espacial de los parámetros meteorológicos, requiere de un ingreso de datos observados en diferentes puntos de una zona geográfica, por lo general a cada 25 km, por tal motivo es necesario instalare estaciones meteorológicas en zonas altas de la cuenca Ilave, debido a la baja densidad de estaciones que se tiene. Desde este punto de vista la ubicación de estaciones nuevas como propuesta serian en el Centro poblado de San Antonio de Esquilache y Jancolaya, ubicado a 4 670 m.s.n.m. y 4 430 m.s.n.m. respectivamente.

## IX. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- COMPAGNUCCI, Rosa H. y ARANEO, Diego C. Identificación de áreas de homogeneidad estadística para los caudales de ríos andinos argentinos y su relación con la circulación atmosférica y la temperatura superficial del mar. *Meteorológica* [online]. 2005, vol.30, n.1-2, pp. 41-53. ISSN 1850-468X.
- Ministerio de agricultura (MINAG) y Autoridad Nacional del Agua (ANA). “Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Ilave”, Puno enero del 2009.
- Ministerio de agricultura (MINAG) y Autoridad nacional del Agua (ANA), “Evaluación de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Cabanillas y Lampa”, Puno diciembre del 2007.
- Patricio Aceituno 1996. Elementos del clima en el altiplano Sudamérica. Revista geofísica 44.