

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO  
COROPUNA Y SU RELACIÓN CON EL ENTORNO CLIMÁTICO”**

**Presentada por:**

**ROBERT BARTOLOME RAMOS ALONZO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE EN RECURSOS HÍDRICOS**

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“EVOLUCIÓN DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO  
COROPUNA Y SU RELACIÓN CON EL ENTORNO CLIMÁTICO”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGISTER SCIENTIAE**

**Presentada por:**

**ROBERT BARTOLOME RAMOS ALONZO**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Absalón Vásquez Villanueva  
**PRESIDENTE**

Dr. Wilson Suarez Alayza  
**PATROCINADOR**

Ph.D. Jhan Carlo Espinoza Villar  
**MIEMBRO**

Mg.Sc. Ricardo Apaclla Nalvarte  
**MIEMBRO**

## **DEDICATORIA**

A mis hijos Alonso y Matheo quienes me inspiran a seguir adelante; a mis padres, Bartolome y Francisca por el gran amor que me tienen y que gracias a sus enseñanzas me he podido desarrollar como profesional y persona de bien.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial al Dr. Wilson Suarez, por su tiempo y su orientación en estos meses dedicados al desarrollo de esta investigación. Así mismo al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI quienes me facilitaron los datos de precipitación y temperatura de las estaciones ubicadas en el departamento de Arequipa; también a la ONG Asociación Especializada para el Desarrollo Sostenible AEDES por haberme invitado a desarrollar esta investigación en el Nevado Coropuna y además me permitieron realizar el trabajo de campo.

A mi esposa Daria por su paciencia y comprensión, a mis hermanos por su apoyo incondicional; y finalmente a mis colegas quienes con sus comentarios y aportes que permitieron mejorar esta investigación.

## RESUMEN

Los glaciares son la reserva hídrica de los ecosistemas andinos caracterizados por su fragilidad ante los eventos climáticos; el objetivo de la presente investigación ha sido determinar la dinámica de cobertura glaciar del Nevado Coropuna (región Arequipa al sur del Perú) y su relación con el entorno climático, para lo cual se analizó la precipitación y temperatura de las estaciones ubicadas en el entorno de este nevado, así mismo se ha considerado los principales factores climáticos, representados por los índices climáticos que pudieran afectar el clima en esta región, y específicamente en las zonas de alta montaña, región donde se ubica este nevado. Mediante el uso de imágenes de satélite *Landsat 5 TM* y *Landsat 8 OLI*, entre el periodo de 1987 hasta el 2015, con una frecuencia de cinco a seis años entre cada imagen, se logró determinar mediante el NDSI que este nevado había perdido  $10.39 \text{ km}^2$ , con ello se ha establecido también una aproximación del volumen glaciar, evidenciándose además que en este periodo el Nevado Coropuna presentó una pérdida de  $0.73 \text{ km}^3$ . Del mismo modo se ha analizado datos de precipitación y temperatura correspondiente a 47 y 38 estaciones respectivamente, con una disponibilidad de información desde 1965 hasta el 2014, en base a estas se logró caracterizar la precipitación regional, mostrando diferencias muy marcadas entre los regímenes de precipitación de la parte alta y baja del valle donde se encuentra este nevado. También se realizó el análisis de tendencia de esta variable, estableciéndose que solo algunas estaciones evaluadas presentan tendencia al incremento o descenso de la precipitación; sin embargo, los datos de temperatura de la gran mayoría de las estaciones presentan tendencias significativas y positivas. Así mismo se relacionó estas variables con diferentes índices climáticos observándose correlaciones inversas principalmente en los índices ligados al ENSO con la precipitación y correlaciones directas con los valores de temperatura.

**Palabras claves:** Dinámica glaciar, regionalización climática, índices climáticos, tendencia de precipitación, tendencia de temperatura, variabilidad climática.

## SUMMARY

The glaciers are the water reserve of the Andean ecosystems characterized by their fragility in the face of climatic events; The objective of the present investigation was to determine the dynamics of glacier coverage of Nevado Coropuna (Arequipa region in southern Peru) and its relationship with the climatic environment, for which the precipitation and temperature of the stations located in the vicinity of This snowy season, likewise, has been considered the main climatic factors, represented by climatic indices that could affect the climate in this region, and specifically in the high mountain areas, region where this snow is located. Through the use of satellite images *Landsat 5 TM* and *Landsat 8 OLI*, between the period from 1987 to 2015, with a frequency of five to six years between each image, it was possible to determine through the NDSI that this snow had lost 10.39 km<sup>2</sup>, with this, an approximation of the glacier volume has also been established, evidencing also that in this period the Nevado Coropuna presented a loss of 0.73 km<sup>3</sup>. In the same way we have analyzed precipitation and temperature data corresponding to 47 and 38 stations respectively, with an availability of information from 1965 to 2014, based on these we managed to characterize the regional precipitation, showing very marked differences between the precipitation regimes from the upper and lower part of the valley where this snowy mountain is located. The trend analysis of this variable was also carried out, establishing that only some stations evaluated show a tendency to increase or decrease precipitation; However, the temperature data of the vast majority of the stations show significant and positive trends. Likewise, these variables were related to different climatic indices, with inverse correlations being observed mainly in the indexes linked to ENSO with precipitation and direct correlations with temperature values.

**Keywords:** Glacier dynamics, climatic regionalization, climatic indices, precipitation trend, temperature trend, climatic variability.

# ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	3
2.1.	LA REGIÓN TROPICAL .....	3
2.1.1.	Zona de Convergencia Intertropical .....	3
2.1.2.	El Océano Pacífico y el Anticiclón del Pacífico Sur .....	4
2.1.3.	Clima en los Andes del Sur .....	5
2.2.	INDICADORES CLIMÁTICOS .....	7
2.2.1.	El Niño Oscilación Sur .....	7
2.2.2.	Génesis y Desarrollo de un Episodio El Niño .....	8
2.2.3.	Sucesión del Fenómeno El Niño a La Niña.....	10
2.2.4.	Niño y La Niña y las lluvias del Perú .....	12
2.3.	ÍNDICES CLIMÁTICOS .....	14
2.3.1.	Índices Climáticos Basados en la Temperatura Superficial del Mar .....	15
2.3.2.	Índices Climáticos Basados en la Presión Atmosférica.....	17
2.4.	VARIABILIDAD CLIMÁTICA .....	19
2.5.	LA REGIONALIZACIÓN .....	19
2.5.1.	Análisis del Vector Regional .....	19
2.6.	ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES .....	20
2.6.1.	Hipótesis .....	21
2.6.2.	Test Estadísticos .....	21
2.6.3.	Nivel de Significancia.....	21
2.6.4.	Descripción de los Test Estadísticos.....	21
2.7.	GLACIARES .....	24
2.8.	CLASIFICACIÓN DE LOS GLACIARES .....	26
2.8.1.	Según su Forma .....	26
2.8.2.	Según su Temperatura o Dinámica.....	27
2.8.3.	Según su Posición en el Planeta.....	29
2.9.	GLACIARES TROPICALES.....	29
2.9.1.	Distribución de los Glaciares Tropicales .....	31
2.9.2.	Retroceso Glaciar.....	35
2.10.	TELEDETECCIÓN Y PERCEPCIÓN REMOTA.....	38
2.10.1.	Satélite Landsat.....	38

III.	MATERIALES Y METODOS.....	41
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL NEVADO COROPUNA .....	41
3.1.1.	Ubicación.....	41
3.1.2.	Accesibilidad y límite .....	43
3.1.3.	Hidrografía.....	44
3.1.4.	Clima.....	44
3.1.5.	Geología.....	46
3.2.	MATERIALES .....	47
3.2.1.	Información Cartografía .....	47
3.2.2.	Análisis de información disponible .....	48
3.2.3.	Procesamiento de información .....	50
3.3.	METODOLOGÍA.....	57
3.3.1.	Análisis de información de precipitación y temperatura .....	57
3.3.2.	Análisis del Vector Regional .....	57
3.3.3.	Análisis de tendencia y quiebres de la precipitación y temperatura.....	58
3.3.4.	Análisis de Teleconexiones .....	59
3.3.5.	Coefficiente de correlación de Pearson.....	60
3.3.6.	Teledetección y percepción remota .....	60
3.3.7.	Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (NDSI).....	62
3.3.8.	Volumen .....	63
3.3.9.	Teleconexiones y Variabilidad climática.....	64
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	65
4.1.	ANÁLISIS REGIONAL.....	65
4.2.	COMPORTAMIENTO DE LAS SERIES TEMPORALES DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA.....	69
4.2.1.	Análisis del comportamiento temporal de la precipitación .....	70
4.2.2.	Análisis de tendencia de la temperatura máxima media.....	71
4.2.3.	Análisis de tendencia de la temperatura media.....	72
4.2.4.	Análisis de tendencia de la temperatura mínima media .....	73
4.3.	TELECONEXIONES .....	74
4.3.1.	Índice de precipitación.....	74
4.3.2.	Índice de la Temperatura .....	77
4.4.	VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA E INDICADORES CLIMÁTICOS.....	79

4.4.1.	Variabilidad de la precipitación.....	82
4.4.2.	Variabilidad de la temperatura media.....	90
4.5.	VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO COROPUNA .....	94
4.5.1.	Glaciares del Nevado Coropuna .....	96
4.6.	VOLUMEN DEL NEVADO COROPUNA.....	105
4.7.1.	Aporte de agua de los glaciares del Nevado Coropuna hacia la cuenca del Río Ocoña.....	115
4.7.2.	Aporte de agua de los glaciares del Nevado Coropuna hacia la cuenca del Río Camana-Majes .....	117
4.8.	APORTE TOTAL DE AGUA DEL NEVADO COROPUNA .....	119
4.8.1.	Hacia la cuenca del río Ocoña .....	119
4.8.2.	Hacia la cuenca del río Camana.....	120
V.	CONCLUSIONES .....	122
VI.	RECOMENDACIONES .....	124
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
VIII.	ANEXOS .....	132

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estimación de las áreas y volúmenes de las masas de hielo en el planeta. ....	29
Tabla 2: Características de las imágenes Landsat 5 TM .....	40
Tabla 3: Características de las imágenes Landsat 8 OLI.....	40
Tabla 4: Relación de estaciones meteorológicas disponibles.....	49
Tabla 5: Disponibilidad de información de la precipitación .....	51
Tabla 6: Disponibilidad de información de la temperatura máxima .....	53
Tabla 7: Disponibilidad de información de la temperatura media .....	54
Tabla 8: Disponibilidad de información de la temperatura mínima.....	55
Tabla 9: Fechas de adquisición de las imágenes Landsat.....	61
Tabla 10: Parámetros de escala para el cálculo del Volumen Glaciar.....	63
Tabla 11: Estaciones y datos estadísticos de la “Región 1” .....	67
Tabla 12: Estaciones y datos estadísticos de la segunda región – “Región 2” .....	68
Tabla 13: Estaciones y datos estadísticos de la tercera región – “Región 3” .....	69
Tabla 14: Análisis de tendencia y quiebre de la precipitación .....	70
Tabla 15: Análisis de tendencia de la temperatura máxima .....	71
Tabla 16: Análisis de tendencia de la temperatura media .....	72
Tabla 17: Análisis de tendencia de la temperatura mínima.....	73
Tabla 18: Correlación al 95% de grado de confianza entre los índices climáticos y los valores de precipitación anual y de los trimestres SON y DEF. ....	75
Tabla 19: Correlación al 95% de grado de confianza entre los índices climáticos y los valores de precipitación en los trimestres MAM y JJA. ....	76
Tabla 20: Correlación al 95% de grado de confianza entre los índices climáticos y la temperatura media mensual. ....	78
Tabla 21: Eventos El Niño/La Niña según los índices ONI y Niño 3.4.....	79
Tabla 22: Eventos El Niño/La Niña según el índice SOI.....	79
Tabla 23: Límites considerados en el análisis de la variabilidad de la precipitación.....	81
Tabla 24: Límites considerados en análisis de la variabilidad de la temperatura.....	81
Tabla 25: Variabilidad de la precipitación anual por los índices Niño 3.4 y ONI .....	83
Tabla 26: Variabilidad de la precipitación anual por el índice SOI .....	83
Tabla 27: Variabilidad de la precipitación en el trimestre SON - índices Niño 3.4 y ONI. 84	
Tabla 28: Variabilidad de la precipitación en el trimestre SON - índice SOI.....	85

Tabla 29: Variabilidad de la precipitación en el trimestre DEF - índices Niño 3.4 y ONI .	86
Tabla 30: Variabilidad de la precipitación en el trimestre DEF - índice SOI .....	86
Tabla 31: Variabilidad de la precipitación en el trimestre MAM, índices Niño 3.4 y ONI	87
Tabla 32: Variabilidad de la precipitación en el trimestre MAM - índice SOI.....	88
Tabla 33: Variabilidad de la precipitación en el trimestre JJA - índices Niño 3.4 y ONI...	89
Tabla 34: Variabilidad de la precipitación en el trimestre JJA - índice SOI.....	89
Tabla 35: Variabilidad de la temperatura media anual – índices Niño 3.4 y ONI .....	90
Tabla 36: Variabilidad de la temperatura media anual – índice SOI.....	90
Tabla 37: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre SON – índices Niño 3.4 y ONI .....	91
Tabla 38: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre SON – índice SOI .....	91
Tabla 39: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre DEF – índices Niño 3.4 y ONI .....	92
Tabla 40: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre DEF – índice SOI.....	92
Tabla 41: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre MAM – índices Niño 3.4 y ONI .....	92
Tabla 42: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre MAM – índice SOI .....	93
Tabla 43: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre JJA – índices Niño 3.4 y ONI .....	93
Tabla 44: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre JJA – índice SOI .....	93
Tabla 45: Área del Nevado Coropuna y la pérdida por cada periodo de análisis.....	94
Tabla 46: Glaciares que conforman el Nevado Coropuna.....	96
Tabla 47: Evolución de los glaciares del Nevado Coropuna, en negrita la perdida porcentual respecto al año 1987.....	98
Tabla 48: Variación de la altitud del “frente” de los glaciares ordenado en forma descendente según su variación altitudinal entre 1987 a 2015. ....	100
Tabla 49: Variación del área glaciar del Nevado Coropuna según su orientación.....	104
Tabla 50: Evolución del volumen del Nevado Coropuna, según diversos métodos. ....	106
Tabla 51: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Bahr et al. (1997).....	108
Tabla 52: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Chen y Ohmura (1990).....	109
Tabla 53: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Ligg et al. (1988).....	110
Tabla 54: Volumen y pérdida de agua de los glaciares hacia la cuenca del río Ocoña. ....	116
Tabla 55: Volumen y pérdida de agua de los glaciares hacia la cuenca del río Camana. .	118
Tabla 56: Aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Ocoña. ....	119

Tabla 57: Aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Camana.....	120
Tabla 58: pérdida acumulada de área glaciár entre periodos de imágenes de satélite.....	121

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Posición de la Zona de Convergencia Intertropical .....	4
Figura 2: Curvas de presión a nivel del mar en el Océano Pacífico y Sudamérica. Se muestra la posición del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur en verano e invierno. ....	5
Figura 3: Dirección general de los vientos en los Andes centrales y del sur.....	7
Figura 4: Zonas Niño .....	8
Figura 5: Interacción océano-atmósfera sobre el Pacífico Tropical: Condiciones “normales” y Condiciones “El Niño”. ....	10
Figura 6: Modelo de convección, temperatura del mar y “surgencia”, bajo condiciones de El Niño, La Niña y Media.....	11
Figura 7: Gráfica espacial de los cambios en mm de las medias de lluvias anuales respecto a su serie histórica (1965-2007), para los diferentes eventos: ENF, LNF, El Niño Moderado (ENM) y La Niña Moderada (LNM) .....	12
Figura 8: Correlación de anomalías de precipitación y anomalías de TSM en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 para febrero.....	13
Figura 9: Posición de los índices climáticos próximos a América.....	15
Figura 10: Dinámica glacial .....	25
Figura 11: Distribución del agua existente en el planeta.....	25
Figura 12: Tipos de glaciares según su forma .....	27
Figura 13: Clasificación de glaciares según la temperatura de la masa de hielo.....	28
Figura 14: Distribución de los glaciares tropicales en América del Sur. ....	30
Figura 15: Distribución de los glaciares en tres grupos de clima en los Andes tropicales..	33
Figura 16: Ubicación del Nevado Coropuna .....	42
Figura 17: Acceso al Nevado Coropuna.....	43
Figura 18: Precipitación mensual en las zonas altas de Arequipa – estación Caylloma ....	45
Figura 19: Temperatura media anual de la temperatura – estación Caylloma .....	45
Figura 20: Temperatura promedio mensual a 500 hPa – 5500 msnm. ....	46
Figura 21: Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	56
Figura 22: Mapa de regiones climáticas .....	66
Figura 23: Vector Regional para la “Región 1” .....	67
Figura 24: Vector Regional para la “Región 2” .....	68
Figura 25: Vector Regional para la “Región 3” .....	69

Figura 26: Dinámica espacial del Nevado Coropuna y pérdida acumulada.....	94
Figura 27: Mapa de Evolución de la cobertura glaciár del Nevado Coropuna.....	95
Figura 28: Mapa de Glaciares del Nevado Coropuna.....	97
Figura 29: Retroceso acumulado de los glaciares del Nevado Coropuna .....	99
Figura 30: Dinámica de la precipitación, temperatura, altitud de la isoterma 0°C y la altitud de los frentes glaciares del Nevado Coropuna.....	101
Figura 31: Ubicación altitudinal de los glaciares del Nevado Coropuna. ....	102
Figura 32: Distribución y reducción de las áreas de los glaciares según su orientación. ....	104
Figura 33: Pérdida del área en km <sup>2</sup> de los glaciares según su orientación. ....	105
Figura 34: Pérdida del área porcentual (%) de los glaciares según su orientación. ....	105
Figura 35: Evolución del volumen del Nevado Coropuna .....	107
Figura 36: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Bahr et al. (1997).....	109
Figura 37: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Chen y Ohmura (1990).....	110
Figura 38: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Ligg et al. (1988).....	111
Figura 39: Mapa de Cuencas Hidrograficas. ....	113
Figura 40: Mapa de pendientes del Nevado Coropuna.....	114
Figura 41: Evolución de aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Ocoña.....	119
Figura 42: Evolución de aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Camana-Majes .....	120

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I.	Disponibilidad de información.....	132
ANEXO II.	Índices climáticos.....	157
ANEXO III.	Variabilidad climática.....	166
ANEXO IV.	Valores de la precipitación en cada evento El Niño.....	171
ANEXO V.	Valores de temperatura media en cada evento el niño.....	174
ANEXO VI.	Imágenes de satélite del Nevado Coropuna.....	174

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

MEI :	Índice Multivariado del ENSO
ONI:	Índice Oceánico del Niño
PDO:	Oscilación Decadal del Pacífico
NTA:	Índice del Nor-Atlántico Tropical
TSA:	Índice Atlántico Tropical Sur
NAO:	Oscilación del Atlántico Norte
SOI:	Índice de Oscilación del Sur
NOI:	Oscilación del Norte
DEF:	Meses del trimestre Diciembre, Enero y Febrero
MAM:	Meses del trimestre Marzo, Abril y Mayo
JJA:	Meses del trimestre Junio, Julio y Agosto
SON:	Meses del trimestre Setiembre, Octubre y Noviembre

## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas los glaciares tropicales han sufrido importantes pérdidas de sus áreas (Francou et al., 2014), debido a la variación de las condiciones climáticas medias ocurridas en los Andes tropicales durante el siglo XX, la temperatura se ha incrementado alrededor de 0.7 °C entre 1939 y 2006, y a nivel más regional presenta una tendencias al incremento de sus valores; la precipitación por su parte presenta un comportamiento mucho más variable, no pudiéndose establecer con claridad su dinámica en las últimas décadas, aun cuando en algunos casos se evidencia una oscilación de su tendencias, ya sea al incremento o al descenso aunque muy débiles y mucho menos coherentes que la temperatura (Vuille, 2013).

A consecuencia de ello los glaciares tropicales se están reduciendo dramáticamente, tal como lo reporta la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2014). Desde 1970, los glaciares de la Cordillera Blanca cubrían una superficie de 723 km<sup>2</sup>, pero para el 2002 esa cifra se había reducido a menos de 527 km<sup>2</sup>; se encuentran cifras comparables entre 1962 y 2000 en el Coropuna, al sur del Perú, del orden de 26 por ciento de desaparición de las superficies glaciares (Francou et al., 2014). Esta pérdida glacial ha estado generando un incremento en los caudales de los ríos, siendo este aporte más significativo en los meses de estiaje. (Vuille, 2013) señalan que entre el 30 a 45 por ciento del caudal que fluye de la Cordillera Blanca al río Santa en la estación seca se puede atribuir al derretimiento de glaciares que no se renueva.

La variabilidad climática se explica entre otros factores por los índices referidos al ENSO, Lagos et al. (2008), presentaron los resultados de la correlación entre las precipitaciones que se producen en el Perú y los 4 índices de anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) que son El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4. Las precipitaciones extremas en la costa norte del Perú están alta y positivamente correlacionadas con anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) de El Niño 1+2, principalmente en el período enero-marzo. El coeficiente de correlación entre el índice El Niño 3.4 y la precipitación

que ocurre en los andes septentrionales son mínimos y positivos, en la región central y meridional presentan una correlación ligera negativa, particularmente en febrero.

La reducción del nevado se refleja también en un retroceso de los glaciares, evidenciándose que estos también presentan una disminución de sus áreas, lo mismo sucede con la dinámica del volumen glaciar, esto se traduce en cambio en el aporte de agua hacia las cuencas de los ríos Ocoña y Camana.

La dinámica del nevado y los glaciares es explicada por la influencia de la precipitación y temperatura, mostrando que estos presentan cierta tendencia en su comportamiento; así mismo en un análisis más regional referido a las teleconexiones se ha establecido que muchos de los índices climáticos definen de manera directa el carácter del clima en la región de análisis.

Como resultado de la investigación se concluye que el Nevado Coropuna está en franco retroceso y que existe una relación directa con la dinámica del clima de algunas regiones del planeta, así como las características climáticas y geográficas locales.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el proceso dinámico del Nevado Coropuna durante los últimos 30 años y su relación con el entorno climático.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar las características del régimen pluviométrico próximo al Nevado Coropuna.
- Determinar el comportamiento histórico de las series de precipitación y temperatura de las estaciones próximas al nevado Coropuna.
- Determinar los principales indicadores climáticos que influyen en las variables climáticas que controlan la dinámica del Nevado Coropuna.
- Determinar el nivel de influencia de los principales índices climáticos en la variabilidad de la precipitación y temperatura.
- Evaluar la dinámica de la cobertura glaciar de los glaciares pertenecientes al Nevado Coropuna.
- Determinar el aporte hídrico del Nevado Coropuna hacia las cuencas hidrográficas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. LA REGIÓN TROPICAL**

La región tropical es la zona del planeta ubicada entre el Trópico de Cáncer (23°5' Latitud Norte) y el Trópico de Capricornio (23°5' Latitud Sur), los paralelos de latitud donde la declinación del sol, presentan un alto grado de incidencia y en algunos casos muy próximos a 90°. En América esta región está atravesada por la cordillera de los andes, que se eleva desde el nivel del mar hasta los picos más elevados. Las cumbres más altas son el Popocatepetl en México (5400 m), Huila en Colombia (5800 m), Chimborazo en Ecuador (6300 m) y Huascarán en Perú (6770 m). Por el contrario, extensas llanuras a menos de 500 msnm, se encuentran al este de la Cordillera en la Península de Yucatán, México, en los llanos del Orinoco, Venezuela y en la cuenca del Amazonas (Wadsworth, 2000).

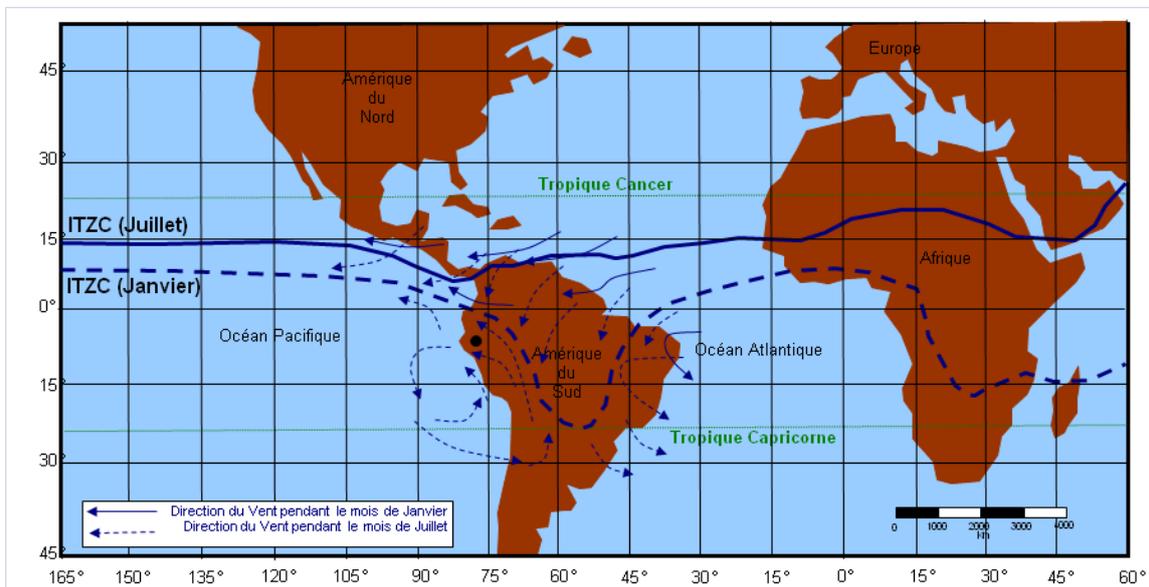
#### **2.1.1. Zona de Convergencia Intertropical**

La Zona de Confluencia Intertropical (ITZC) está definido como una estrecha banda zonal de vigorosa convección, que se manifiesta por el desarrollo de nubes cúmulus, ampliamente confirmado mediante el uso de las imágenes de satélite, y señala la convergencia entre el aire de los hemisferios norte y sur. En la ITZC los vientos Alisios del Noreste que se originan como un flujo alrededor de las altas presiones del Atlántico Norte se reúnen con los vientos alisios del Sureste generados como un flujo alrededor de las altas del Pacífico Sur y Atlántico Sur (León et al., 2000).

Las observaciones indican que, dentro de la ITZC, la precipitación excede de manera importante la humedad suministrada por la evaporación desde el océano, situado por debajo de ella. Así, gran parte del vapor necesario para mantener la convección en la ITZC es suministrado por el flujo convergente de los vientos tropicales del Este (Alisios) en la baja tropósfera: de esta forma, el flujo a gran escala proporciona el calor latente necesario para la convección, y el calentamiento convectivo produce a su vez el campo de presión a gran escala que mantiene el flujo de bajo nivel. Sobre los océanos la ITZC rara vez aparece

como una larga banda continua de nubosidad convectiva compacta y casi nunca se encuentra centrada en el ecuador. Más bien consiste en un número de distintos conglomerados de nubes con escalas del orden de los cientos de kilómetros, que están separadas por regiones de cielos relativamente despejados. La intensidad de la ITZC es también muy variable, tanto en el espacio como en el tiempo. (CIOH, 2010).

En el verano del hemisferio Sur alcanza su posición más austral, ubicándose entre los 2°N a 5°N sobre el Pacífico y 10°S en el continente. Durante el invierno su posición es más septentrional, alcanzando hasta los 15°N sobre el Pacífico y hasta los 10°N sobre el Atlántico (ver Figura 1). Dependiendo de su posición, es determinante de las estaciones lluviosas o secas en el territorio nacional (CAF, 2000).



**Figura 1: Posición de la Zona de Convergencia Intertropical**

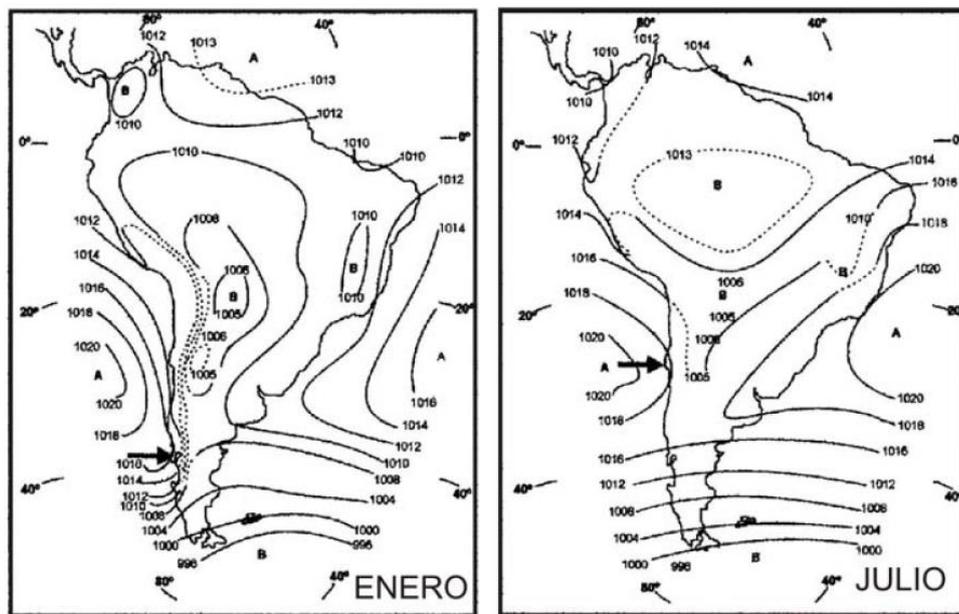
FUENTE: Suarez, 2012.

### 2.1.2. El Océano Pacífico y el Anticiclón del Pacífico Sur

Las aguas del Pacífico que bordean el Perú son anormalmente frías a causa de la corriente de Humboldt que se extiende a lo largo de la costa del Perú, trayendo aguas frías del sur y por la presencia del *upwelling* (surgencia de aguas frías del fondo del océano). Estas aguas frías hacen que las capas inferiores de la atmósfera sobre el océano y la parte baja de la zona costera sean anormalmente frías (fenómeno de inversión térmica) que impide la formación de nubes de origen convectivo que podría provocar lluvias intensas. Esta inversión térmica origina nubes bajas y estables (estratos) e incluso neblinas que

permanecen frecuentemente cerca del océano y que apenas provocan garuas o llovizna (Rau, 2009).

Además, al suroeste del Perú se estaciona el Anticiclón del Pacífico Sur. Centro de alta presión, caracterizado por presentar masas de aire frío y seco, lo cual impide la generación de lluvias en la región, se sitúa aproximadamente a 30°S, frente a las Costas de Chile, ejerce gran influencia sobre la Costa Occidental de América del Sur, especialmente de mayo a octubre. Durante el verano se encuentra ubicado a 33°S con 93°W. En invierno el centro es más amplio y se localiza a 27°S y entre los 95 a 100°W, con intensidades algo más bajas que las de verano (CAF, 2000). La ubicación del Anticiclón del Pacífico Sur se presenta en la Figura 2.



**Figura 2: Curvas de presión a nivel del mar en el Océano Pacífico y Suramérica. Se muestra la posición del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur en verano e invierno.**

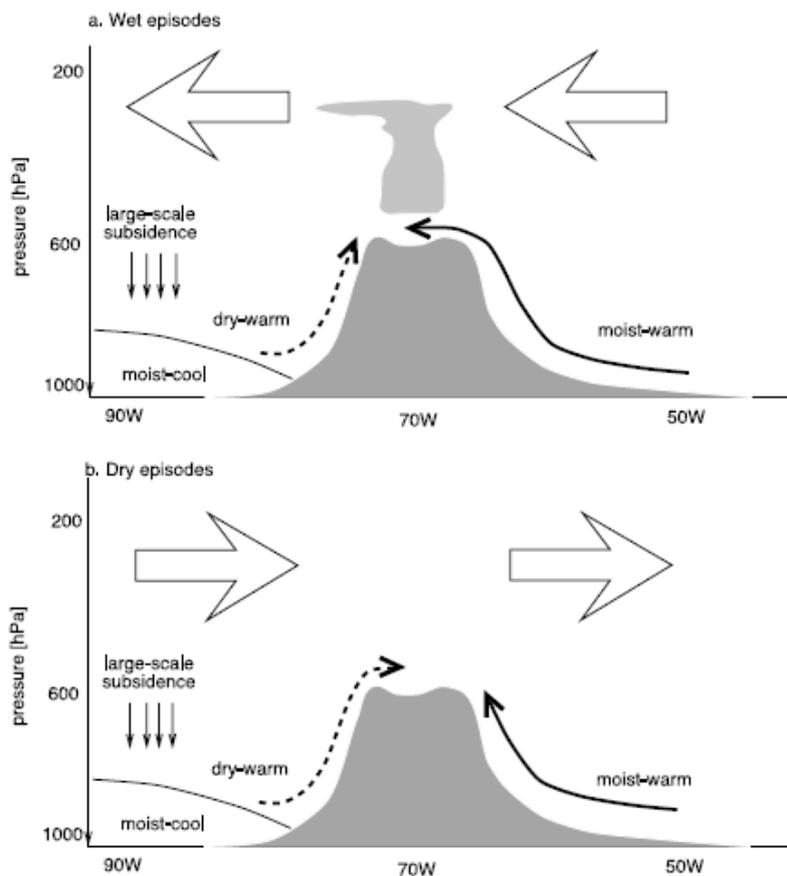
FUENTE: Minetti, 2007.

### 2.1.3. Clima en los Andes del Sur

En los andes del sur del Perú, la disposición de las cadenas montañosas condiciona la distribución climática, siendo muy árido en la vertiente occidental por el efecto barrera de los Andes, que impide la circulación de masas de aire húmedo provenientes del Este. Las precipitaciones en la vertiente occidental son muy escasas, con valores anuales entre mm (en la costa) a poco más de 600 mm en las regiones montañosas.

El gradiente térmico altitudinal es ligeramente superior al normal desde el Pacífico hacia los Andes, debido a la escasa distancia que separa la costa de las cumbres de la Cordillera, separándose rápidamente de condiciones climáticas costeras a condiciones de alta montaña con desniveles de más de 6000 msnm, en poco más de 100 kilómetros (Úbeda, 2011). La variación de los valores de la precipitación se debe a la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical, mediante el desplazamiento de masas de aire húmedas provenientes del este amazónico, por lo que en los meses de verano (enero a marzo) se producen entre 70 a 80 por ciento de la precipitación anual, por el contrario, en los meses comprendidos entre junio hasta agosto se presentan el dominio de masas de aire secos provenientes del suroeste, lo que genera una nula o escasa precipitación. Los valores de la temperatura presentan sus valores más elevados entre los meses de setiembre hasta marzo, esto se ve favorecido por la influencia de las masas de aire húmedo y cálido, además del mayor ángulo de incidencia de la radiación solar, mientras que los valores más bajos se dan entre los meses de junio hasta agosto, esto ocurre por la escasa humedad y la pérdida del calor por irradiación además de la influencia de los vientos fríos y secos provenientes de otras latitudes (Herrerros et al., 2009).

La región de estudio está influenciada muy fuertemente por el Anticiclón del Pacífico Sur, que le confieren un clima de montaña notablemente árido, a su vez es una zona que da inicio a la extensa región del desierto de Atacama. Así mismo por su ubicación recibe también la influencia de los factores climáticos de la región tropical. En la Figura 3 se presenta la dirección general de los vientos en los andes del sur del Perú.



**Figura 3: Dirección general de los vientos en los andes centrales y del sur**

FUENTE: Garreaud et al., 2003.

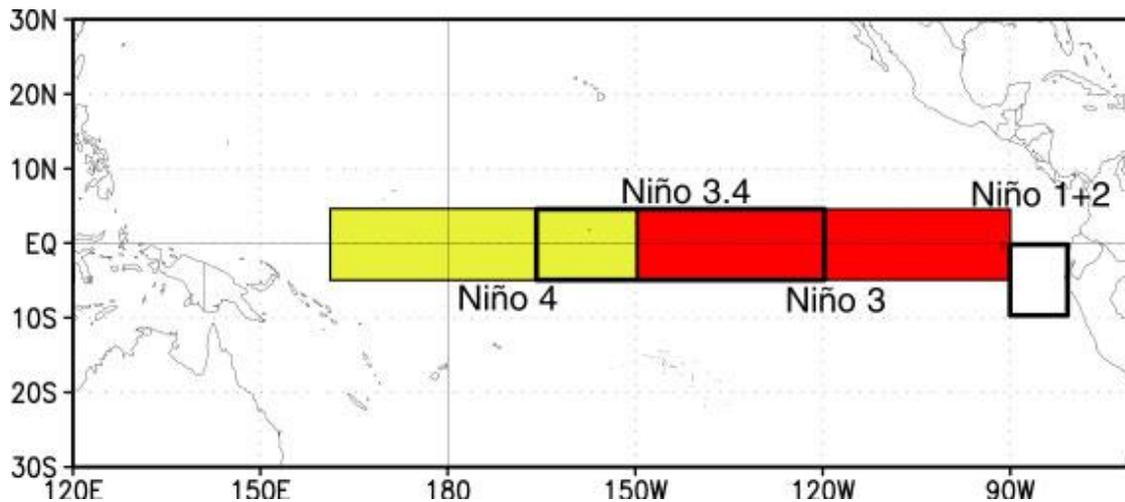
## 2.2. INDICADORES CLIMÁTICOS

### 2.2.1. El Niño Oscilación Sur

El ENSO se manifiesta por las variaciones de temperatura de las aguas de superficie en el Pacífico este y central: aumento de temperaturas en fase caliente (El Niño) y disminución en fase fría (La Niña). Estas variaciones térmicas están acopladas a una oscilación de presiones atmosféricas entre la Polinesia francesa (Tahití) y el norte de Australia (Darwin). En tanto las presiones atmosféricas provoca una modificación simultánea del régimen de los vientos y de las corrientes a lo largo del Ecuador, así como el desplazamiento de una reserva de aguas calientes situada al oeste del Pacífico ecuatorial (Pouyaud et al., 2001).

A inicios de 1980, el entonces conocido Centro de Análisis Climático (CAC) y actualmente Centro de Predicción Climática (CPC) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos de América, determinó cuatro

regiones en el Pacífico Tropical para el monitoreo del este fenómeno. Estas regiones fueron: región Niño 1 (80°-90°W y 5°-10°S), Niño 2 (80°- 90°W y 0°-5°S), Niño 3 (90°-150°W y 5°N-5°S) y Niño 4 (150°W-160°E y 5°N-5°S). De la combinación de las regiones Niño 3 y Niño 4 se obtuvo la región Niño 3.4 (120°W-170°W y 5°N-5°S) y de la suma de las regiones Niño 1 y Niño 2 se obtuvo la región Niño 1+2 (80°W-90°W y 0°-10°S); estas dos últimas son las más usadas localmente en los estudios asociados al fenómeno El Niño. En la Figura 4 se presenta la ubicación de las regiones El Niño.



**Figura 4: Zonas Niño**

FUENTE: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov>

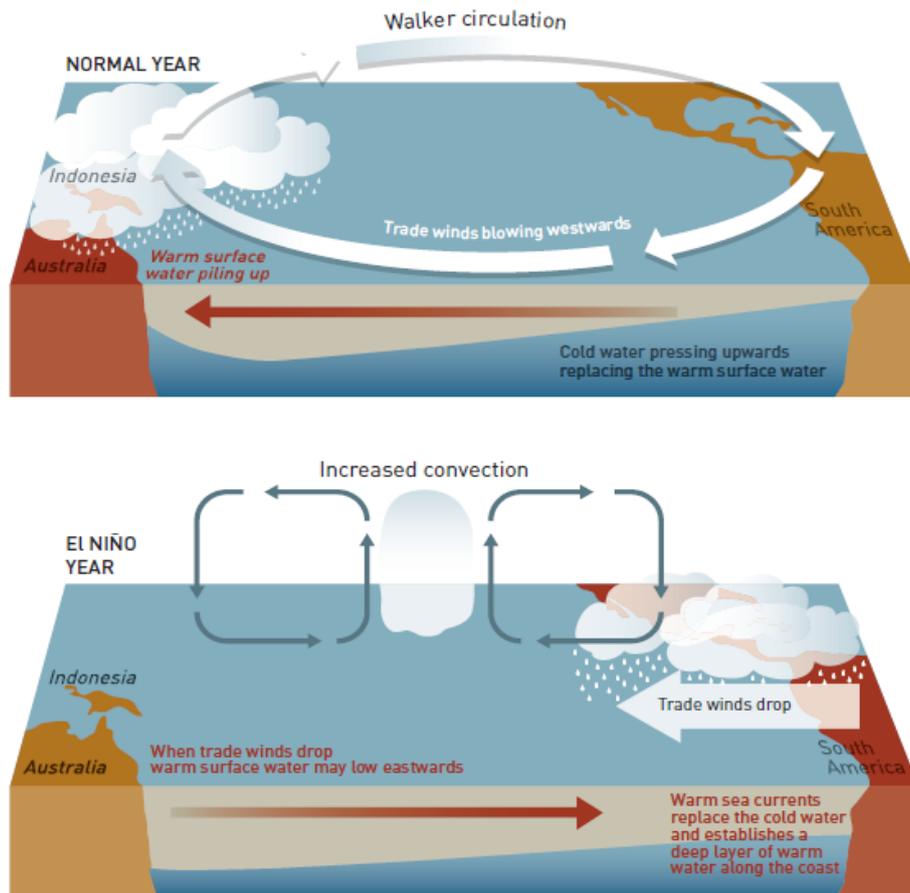
### 2.2.2. Génesis y Desarrollo de un Episodio El Niño

En el océano Pacífico tropical, los vientos dominantes cerca de la superficie son del este y se denominan *Vientos Alisios*. Tales vientos tienden a acumular el agua tropical más caliente hacia el lado oeste, es decir, en la región de Indonesia. Por ser la temperatura de superficie del mar elevada (mayor a 28°C) en esta región, el aire es más ligero formando una atmósfera inestable en la que hay gran formación de nubes y lluvias intensas. Por otro lado, el Pacífico tropical del este es en general más frío (menor a 27°C), por presentarse surgencias del fondo del océano, las cuales son ricas en nutrientes, razón por la cual algunas de las pescas más ricas se presentan frente a las costas de Perú. Sin embargo, la presencia de aguas relativamente frías inhibe la formación de nubes por lo que en las costas de Perú y Chile solo se tienen nubes estratos bajas que producen muy poca lluvia (Magaña et al., 1997).

Durante un episodio *El Niño*, el borde oriental de la reserva de aguas calientes, situado normalmente a un promedio de 180°W de longitud al nivel del ecuador, avanza alrededor de 3000 km. con dirección al este. La reserva se desplaza, bajo el efecto de las variaciones de vientos y de corrientes, con mayor facilidad dado que estas aguas calientes y poco saladas, y de poca densidad, flotan literalmente por encima de las aguas subyacentes, frías y saladas, por lo tanto, más densas.

De acuerdo con el modelo elaborado por los oceanógrafos del Institute de Recherche pour le Développenmet (IRD), este desplazamiento del oeste hacia el este de la reserva de aguas calientes nace a consecuencia de cortes de vientos del oeste en el Pacífico y del debilitamiento de los alisios. Estos vientos del oeste provocan la formación de corrientes de superficie que arrastran el borde oriental de la reserva hacia el este. Desplazándose hacia el este, la reserva de aguas calientes se extiende tanto en superficie como en profundidad. El fenómeno de convección atmosférica se refuerza entonces y por continuidad los vientos del oeste se amplifican. Por eso, las corrientes de superficie aumentan y la reserva de aguas calientes progresa todavía más hacia el este. En la Figura 5 se presenta las condiciones *Normales* y las condiciones *El Niño*.

Simultáneamente, los vientos del oeste generan en la interfase de las aguas calientes de superficie y de las aguas frías profundas (50 a 150 metros de profundidad), un *tren* de ondas ecuatoriales propagándose hacia el este a una velocidad de 250 km/día, llamadas ondas “Kelvin”. Llegando a las inmediaciones de las costas occidentales de América latina al cabo de dos a tres meses, estas ondas detienen la subida de aguas frías profundas *upwelling* que vuelven a enfriar habitualmente esta región costera y contribuyen así al recalentamiento de la parte este de la cuenca del Pacífico. El Niño está entonces en su fase de pleno desarrollo (Pouyaud et al., 2001).



**Figura 5: Interacción océano-atmósfera sobre el Pacífico Tropical: Condiciones Normales y Condiciones El Niño.**

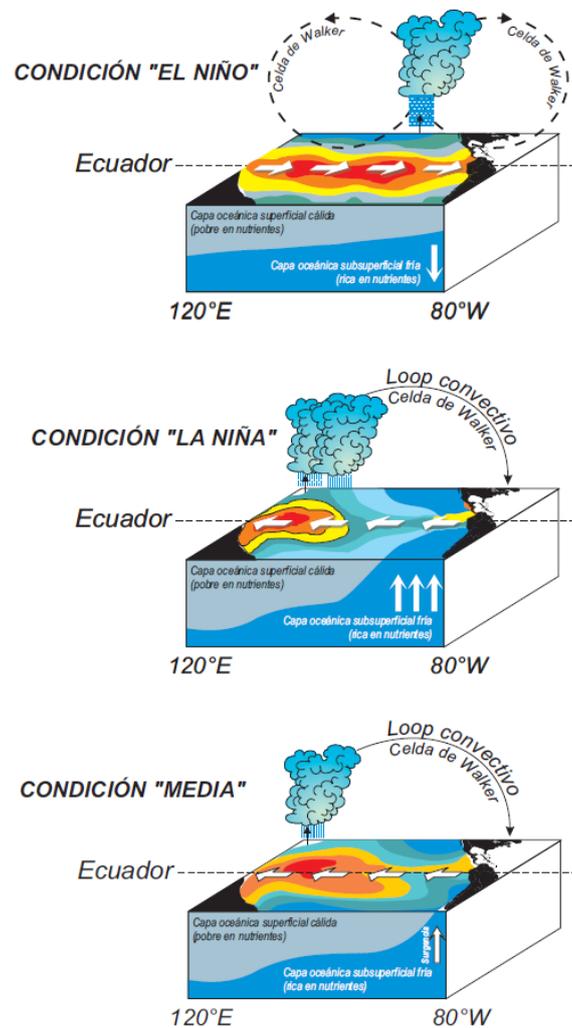
FUENTE: CPC/NCEP, NOAA <http://www.grida.no/publications/vg/africa/page/3105.aspx>

### 2.2.3. Sucesión del Fenómeno El Niño a La Niña

La llegada de ondas ecuatoriales sobre las costas latinoamericanas ayuda a detener la progresión del borde oriental de la reserva de aguas calientes hacia el este. En efecto, *rebotando* contra estas costas que forman un verdadero muro, estas ondas llamadas ahora *Rossby*, simultáneamente con corrientes que les son asociadas, retornan nuevamente a una velocidad de propagación más baja de 100 km/día hacia el centro del Pacífico, se detienen al cabo de un año aproximadamente y luego rechazan progresivamente el borde este de la reserva de aguas calientes hasta su punto de partida (180°W de longitud) y finalmente avanza más al oeste. El drenaje resultante de este “retorno” de la masa de aguas calientes hacia el oeste permite la subida de aguas frías profundas para efectuarse de nuevo a lo largo de las costas occidentales de América latina. Nuevamente las temperaturas de la parte este de la cuenca del Pacífico están frías. De uno a dos años después de su partida, El Niño da lugar a La Niña, fase fría de ENSO. Con este sistema, los vientos, las corrientes y las

ondas ecuatoriales y sus reflexiones continúan, pero con variaciones de vientos (reforzamiento de los alisios, vientos del oeste débiles o inexistentes) y de corrientes de un sentido opuesto al observado durante El Niño. En la Figura 6 se muestra las condiciones Niño y Niña.

La Niña es seguida, siempre bajo el efecto de rebotes sucesivos de las ondas ecuatoriales sobre las costas de América latina, de corrientes asociadas y de nuevos vientos del oeste, por otro episodio caliente de ENSO. Según este modelo, las fases *calientes* y *frías* de ENSO se suceden globalmente con un intervalo de cuarenta meses. Pero, entre las fases calientes (El Niño) y frías (La Niña) se pueden también destacar periodos *normales* (es decir sin El Niño y sin La Niña) donde los vientos y las corrientes están también *normales*. (Pouyaud et al., 2001).

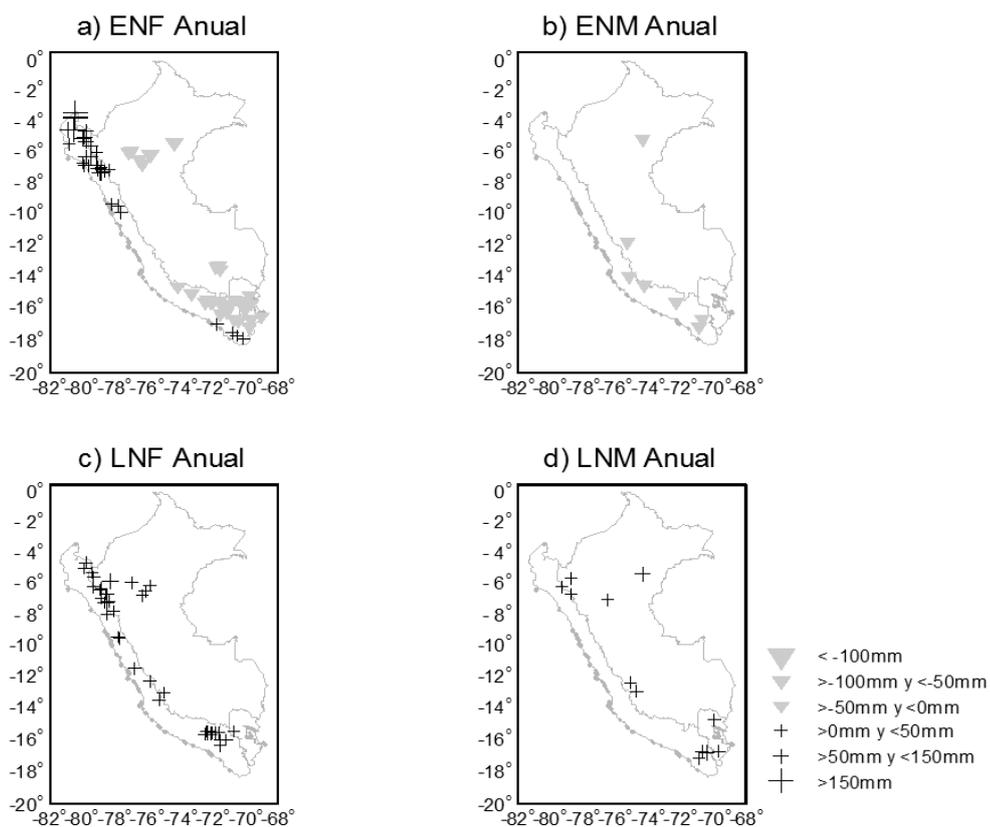


**Figura 6: Modelo de convección, temperatura del mar y surgencia, bajo condiciones de El Niño, La Niña y Media.**

FUENTE: Maturana et al., 2004.

## 2.2.4. Niño y La Niña y las lluvias del Perú

Lavado y Espinoza (2014), evaluaron los impactos de El Niño y La Niña en el Perú en función del Índice de Oscilación del Sur (SOI), confirmando que en la parte norte de la Vertiente del Pacífico (VP) presenta un aumento de las lluvias durante El Niño Fuerte (ENF), comprendidos entre los meses de septiembre a mayo, mientras que la región sur andina de la VP presenta una disminución de lluvias durante ENF en el periodo de diciembre a agosto, esta investigación reveló también que esta región sufre un aumento de lluvias durante La Niña Fuerte (LNF), la cual se da principalmente entre los meses de diciembre hasta agosto. La Vertiente del Titicaca (VT), por su parte, presenta un importante déficit de lluvias durante ENF entre los meses de diciembre a mayo. La variación de la precipitación en la Vertiente del Atlántico (VA) en cambio, es más sensible a los eventos de LNF, durante la cual se observan lluvias más importantes de lo normal, en especial durante el periodo de diciembre a agosto. En la Figura 7 se presenta los cambios de la precipitación durante los eventos El Niño/La Niña.

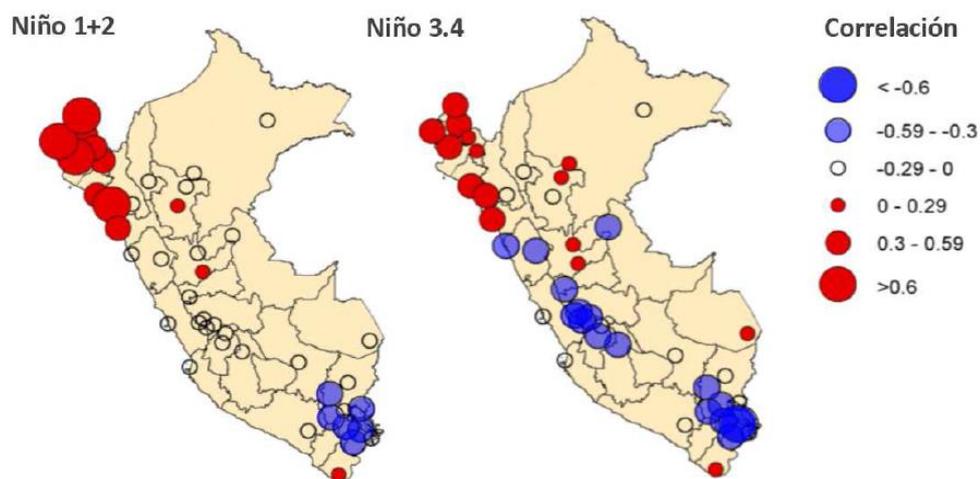


**Figura 7: Gráfica espacial de los cambios en mm de las medias de lluvias anuales respecto a su serie histórica (1965-2007), para los diferentes eventos: ENF, LNF, El Niño Moderado (ENM) y La Niña Moderada (LNM)**

FUENTE: Lavado y Espinoza, 2014.

Lagos et al. (2008), presentaron los resultados de la correlación entre las precipitaciones que se producen en el Perú y los 4 índices de anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) que son El Niño 1+2, Niño 3, Niño 3.4 y Niño 4 correspondientes a la temporada lluviosa de octubre a marzo.

Las precipitaciones extremas en la costa norte del Perú están alta y positivamente correlacionadas con anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) de El Niño 1+2, principalmente en el período enero-marzo. El coeficiente de correlación entre el índice El Niño 3.4 y la precipitación que ocurre en los andes septentrionales son mínimos y positivos, en la región central y meridional presentan una correlación ligera negativa, particularmente en febrero. El coeficiente de correlación entre los índices de precipitación en la región El Niño 4 son moderadamente negativos en las regiones central y sur, especialmente en febrero. Durante los eventos de El Niño, los coeficientes de correlación entre los índices de precipitación en la región de la amazonia peruana y los índices de anomalía de TSM para las regiones de los cuatro índices El Niño son de pequeña magnitud. En la Figura 8 se muestra la correlación entre la precipitación y la TSM en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4.



**Figura 8: Correlación de anomalías de precipitación y anomalías de TSM en las regiones Niño 1+2 y Niño 3.4 para febrero.**

FUENTE: Lagos et al., 2008.

### 2.3. ÍNDICES CLIMÁTICOS

Un índice climático es un valor que puede ser usado para describir el estado y los cambios en el sistema climático. El clima de un sitio en particular es el estado promedio de la atmósfera durante un periodo prolongado de tiempo por lo que los cambios en el clima son mucho más lentos que los del estado del tiempo ya que éste puede cambiar bruscamente día con día. Cada uno de ellos es definido por una ecuación que utiliza variables que son determinantes en el sistema climático ya sea de tipo atmosférico, como la presión, temperatura, precipitación y la radiación solar, o de otro tipo, como la temperatura superficial marina o la cobertura de hielo (Jiménez, 2014).

Los índices climáticos más simples son los valores promedio y extremos, las tendencias lineales y las desviaciones estándar de series de tiempo prolongadas de la(s) variable(s) de interés. Los índices climáticos basados en la temperatura del aire y la precipitación se calculan a partir de datos medidos durante largo tiempo y aunque los resultados corresponden a una localidad en particular, es posible, dependiendo de la homogeneidad del medio, extrapolarlos a áreas más extensas. Sin embargo, hay información, como la temperatura mínima o los eventos de lluvia, que es característica de áreas pequeñas y altamente variables por lo que no puede extrapolarse.

Los índices climáticos más comunes se elaboran a partir de la presión atmosférica y a diferencia de los descritos en el párrafo anterior, están basados en los gradientes de presión que existen entre dos o más localidades, por lo que se requieren registros de al menos, dos estaciones meteorológicas. Lo mismo aplica a la temperatura superficial. Para calcular algunos índices se utiliza un “periodo base”, el cual es un intervalo de referencia que abarca 30 años de datos, según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (WMO); cabe señalar que: (a) para que los resultados sean comparables deben estar referidos al mismo periodo base; (b) que el utilizado con más frecuencia abarca de 1961 a 1990 y que (c) al promedio se le denomina *normal* (Jiménez, 2014). En la Figura 9 se presenta los índices climáticos próximos a América.



**Figura 9: Posición de los índices climáticos próximos a América**

FUENTE: Jiménez, 2014.

### 2.3.1. Índices Climáticos Basados en la Temperatura Superficial del Mar

#### A. Índices El Niño 1+2, Niño 3.4 y Niño 4

De acuerdo con SENAMHI (2014), El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) es un evento natural de la variabilidad climática en el que se interrelacionan el océano y la atmósfera en la región tropical del Océano Pacífico. Este término se hizo conocido a partir de los años ochenta, cuando la comunidad científica demostró que había una interacción entre el océano y la atmósfera que lo explicaba. La fase cálida del ENOS corresponde a El Niño (calentamiento oceánico), mientras que la fase fría del ENOS, corresponde a La Niña (enfriamiento oceánico).

Durante la fase cálida del ENOS (El Niño), la atmósfera tropical se calienta y humedece alterando las zonas de tormentas, las que se desplazan hacia el Pacífico oriental (costa sudamericana). El impacto de las anomalías océano-atmosféricas en la franja ecuatorial del Océano Pacífico asociadas al ENOS no solo se limita a los trópicos, sino que tienen repercusiones en otras regiones del mundo a través de las teleconexiones, estableciéndose índices para 3 regiones climáticas.

- Región Occidental: (Región Niño 4): Entre las latitudes 5° Norte y 5° Sur y las Longitudes 160°E y 150°W.
- Región Centro-occidental: (Región Niño 3.4): Entre las Latitudes 5° Norte y 5° Sur y las Longitudes 120° y 170°W.
- Región Oriental: (Región Niño 1+2): Entre las Latitudes 0° y 10°S y las Longitudes 90° y 80°W.

## **B. Índice Multivariado del ENSO**

De acuerdo con Montealegre (2012), el Índice Multivariado del ENSO (MEI) puede ser entendido como la media ponderada de seis variables sobre el Pacífico tropical, a saber: presión atmosférica a nivel del mar, componente zonal (este-oeste) y meridional (norte-sur) del viento en superficie, temperatura de la superficie del mar, temperatura del aire en superficie, y cantidad total de nubosidad. Los valores positivos del MEI representan la fase caliente de ENSO (El Niño).

## **C. Índice Oceánico del Niño**

Este índice Oceánico del Niño (ONI) fue calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3.4. Valores positivos del ONI, mayores o iguales a 0.5 por cinco meses consecutivos o más indican la ocurrencia de un evento El Niño. Valores negativos del ONI, inferiores o iguales a -0.5 por cinco meses consecutivos o más indican la ocurrencia de un evento La Niña (Motealegre, 2012).

## **D. Oscilación Decadal del Pacífico Norte**

El Índice de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), resume las variaciones mensuales de la temperatura superficial marina en el Océano Pacífico al norte de los 20°N. La periodicidad de este evento es de 15 a 20 años. Los cambios de temperatura en esa región tienen un gran impacto en el clima de Norteamérica porque alteran el patrón de vientos, particularmente la ubicación de la corriente de chorro y de las tormentas.

El índice es positivo cuando la temperatura es anómalamente cálida a lo largo de la costa de Norteamérica, Centroamérica y el Ecuador y fría en el interior del Pacífico Norte, y negativo cuando esa distribución se invierte (Jiménez, 2014).

### **E. Índice del Nor-Atlántico Tropical**

Según Jiménez (2014), el Índice del Nor-Atlántico Tropical (NTA) es una serie de tiempo de las anomalías de la temperatura superficial marina promediadas sobre un cuadrante comprendido entre las coordenadas de 20 a 10°W, y de 6 a 10°N.

Este índice está estrechamente relacionado con los procesos globales que se producen en el trópico, en particular con las condiciones en la región El Niño 3 (Jiménez, 2014).

### **F. Índice Atlántico Tropical Sur**

El índice Atlántico Tropical Sur (TSA) representa la anomalía de la media mensual de la Temperatura Superficial del agua de mar (SST) en la región comprendida entre el Ecuador y los 20°S, y en longitud 10°E y 30°W (CEPAL, 2011).

## **2.3.2. Índices Climáticos Basados en la Presión Atmosférica**

### **A. La Oscilación del Atlántico Norte**

Este índice Oscilación del Atlántico Norte (NAO) describe la variabilidad de la circulación atmosférica de una amplia región que abarca desde el centro de Norteamérica hasta Europa e incluso parte del norte de Asia. La NAO consiste en un dipolo norte-sur de anomalías, con un centro situado sobre Groenlandia y el otro centro del signo opuesto que abarca las latitudes centrales del Atlántico Norte entre 35°N y 40°N. La fase positiva de la NAO refleja alturas y presiones inferiores a lo normal a través de las altas latitudes del Atlántico Norte y sobre las alturas y presiones sobre el Atlántico Norte central, el este de Estados Unidos y Europa occidental. La fase negativa refleja un patrón opuesto de anomalías de altura y presión sobre estas regiones. Ambas fases de la NAO están asociadas con cambios en la cuenca en la intensidad y localización de la corriente de chorro y de la tormenta del Atlántico Norte y en las modulaciones a gran escala de los patrones normales de transporte de calor y humedad en zonas y meridionales. Lo que a su vez provoca cambios en los patrones de temperatura y precipitación, que a menudo se extienden desde el este de Norteamérica hasta Europa occidental y central.

Las fuertes fases positivas de la NAO tienden a estar asociadas con temperaturas por encima de la media en el este de los Estados Unidos y en el norte de Europa y temperaturas por debajo del promedio en Groenlandia y muchas veces en el sur de Europa y Oriente Medio. También se asocian con una precipitación superior a la media en el norte de Europa y Escandinavia en invierno, y una precipitación por debajo del promedio en el sur y centro de Europa. Los patrones opuestos de las anomalías de la temperatura y de la precipitación se observan típicamente durante las fases negativas fuertes del NAO. Durante períodos particularmente prolongados dominados por una fase particular del NAO, los patrones anómalos de la altura y de la temperatura también se ven a menudo extendiéndose bien en Rusia central y Siberia del centro-norte.

Disponible: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>

### **B. Índice de Oscilación del Sur**

El Índice de Oscilación del Sur, o SOI por sus siglas en inglés, da una indicación del desarrollo y la intensidad de los fenómenos de El Niño o La Niña en el Océano Pacífico. El SOI se calcula utilizando los valores normalizados de las diferencias de presión entre Tahití y Darwin.

Disponible: <http://www.bom.gov.au/climate/glossary/soi.shtml>

Se presenta debido al efecto de subibaja que ocurre en el Pacífico Ecuatorial. Con frecuencia la magnitud de esta oscilación está relacionada con el desarrollo e intensidad de los eventos de El Niño y La Niña. Los valores negativos de las diferencias de presión sin normalizar menores a (-8) indican los episodios El Niño, en tanto que los valores positivos mayores a ocho son típicos de La Niña; sin embargo, cuando los datos son normalizados los valores límite son -0.5 y 0.5 (Jiménez, 2012).

### **C. Índice de Oscilación del Norte**

La Oscilación del Norte (NOI) y su análogo el Índice de la Oscilación del Sur (SOI), son nuevos índices de las fluctuaciones climáticas de latitudes medias. Reflejan la variabilidad en teleconexiones ecuatoriales (en la región Darwin) y extratropicales (región noreste del pacífico), estos presentan una fuerte correlación negativa.

El NOI está dominado por las variaciones interanuales asociadas con el evento El Niño y

La Niña (EL/LN), los valores positivos (negativos) de este índice se asocian generalmente con estos eventos. La fase negativa de la NOI se asocia con una serie de fuertes anomalías atmosféricas y oceánicas en el Noreste del Pacífico (NEP), incluyendo vientos alisios más débiles, afloramiento costero esfuerzo del viento favorable débil, elevación de las TSM y temperaturas subsuperficiales.

Disponible: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/NOIx/noix.html>

## **2.4. VARIABILIDAD CLIMÁTICA**

La Variabilidad Climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal. La Normal Climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años. A la diferencia entre el valor registrado de la variable y su promedio se le conoce como Anomalía. (Montealegre y Pabón, 2000).

En diferentes años, los valores de las variables climatológicas (temperatura, precipitación, etc.) fluctúan por encima o por debajo de lo normal. La secuencia de estas oscilaciones alrededor de los valores normales se conoce como variabilidad climática y su valoración se logra mediante la determinación de las anomalías.

## **2.5. LA REGIONALIZACIÓN**

De acuerdo con Romero (2013), la regionalización es el proceso de agregación de áreas en regiones homogéneas mediante un conjunto de criterios definidos, que permite analizar un fenómeno en un ámbito territorial específico lo que contribuye a la comprensión de la dinámica global del fenómeno bajo estudio.

### **2.5.1. Análisis del Vector Regional**

El Vector Regional (VR) es, ante todo, un método de análisis de datos (y ocasionalmente de reconstitución de datos faltantes). Fue elaborado por personal del ORSTOM – IRD en los años setenta, como lo indican Brunet Moret (1979) y Hiez (1977), con el objeto de homogenizar los datos pluviométricos. Sin embargo, se puede utilizar este método para otros datos que no sean lluvias, con tal que éstos sean relativamente independientes entre sí

de un año a otro, y que sean pseudo - proporcionales. Esta última condición significa que los datos de las diferentes estaciones deben variar en el mismo sentido y en proporciones similares, con variaciones ligeras debidas a las perturbaciones o señales que pueden existir en los datos de análisis (Freile y Manciat, 2007).

De acuerdo a Espinoza (2005), es un método de cálculo orientado a tres tareas definidas: La crítica de datos, la homogenización y la extensión-completación de datos de precipitación. La hipótesis fundamental en la que se basa, consiste en asumir que para una misma zona climática sometida a un mismo régimen de precipitaciones, los totales pluviométricos anuales son pseudo-proporcionales, con una pequeña variación aleatoria cada año debido a la repartición de las lluvias dentro de la zona.

El método del vector regional consiste en lo siguiente: en lugar de comparar dos por dos estaciones por correlación o doble masa como en otros casos, aquí se elabora una estación ficticia que sea una «especie de promedio» de todas las estaciones de la zona con la cual se compara cada una de las estaciones. El VR emplea para el cálculo de esta estación “Vector” el concepto de precipitación media extendida al periodo de trabajo. Se emplea el método de mínimos cuadrados para encontrar los índices pluviométricos regionales anuales  $Z_i$  y la precipitación media extendida  $P_j$  el que se muestra en la siguiente ecuación matemática.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( \frac{P_{ij}}{P_i} - Z_i \right)^2$$

Donde  $i$  es el índice de año,  $j$  el índice de estación,  $n$  el número de años y  $m$  el número de estaciones  $P_{ij}$  es la precipitación anual en la estación  $j$  el año  $i$ ,  $P_j$  es la precipitación media extendida al periodo de  $n$  años y finalmente  $Z_i$  es el índice pluviométrico regional del año  $i$  (Brunet y Moret, 1979).

## 2.6. ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES

Una serie temporal es una secuencia de  $N$  observaciones (datos) ordenadas y equidistantes cronológicamente sobre una característica (serie univariante o escalar) o sobre varias características (serie multivariante) de una unidad observable en diferentes momentos (Mauricio, 2007).

### 2.6.1. Hipótesis

El punto de partida de una prueba estadística es definir una *hipótesis nula* ( $H_0$ ) y una *alternativa*. *Hipótesis* ( $H_1$ ). Por ejemplo, para probar la tendencia en una serie de tiempo,  $H_0$  sería que no hay Tendencia en los datos, y  $H_1$  sería que hay una tendencia creciente o decreciente (Chiew y Siriwardena, 2005).

### 2.6.2. Test Estadísticos

El test estadístico es una forma de comparar  $H_0$  y  $H_1$ . Es un valor numérico calculado a partir de la serie de datos que se está probando (Chiew y Siriwardena, 2005).

### 2.6.3. Nivel de Significancia

Específicamente, el nivel de significación es la probabilidad de un valor estadístico de prueba tan extremo como, o más extrema que el valor observado suponiendo que no hay tendencia/cambio ( $H_0$ ). Por ejemplo, para  $\alpha = 0,05$ , el valor estadístico crítico de la prueba es el valor que se excedería en un 5 por ciento de la prueba los valores estadísticos obtenidos a partir de datos generados al azar. Si el valor estadístico de la prueba es mayor que el valor estadístico de ensayo crítico, se rechaza  $H_0$  (Chiew y Siriwardena, 2005).

Por lo tanto, el nivel de significancia es la probabilidad de que una prueba detecte una tendencia/cambio (rechazo  $H_0$ ), cuando no hay ninguno (error de tipo I).

$\alpha > 0.1$  poca evidencia contra  $H_0$

$0.05 < \alpha < 0.1$  posible evidencia contra  $H_0$

$0.01 < \alpha < 0.05$  fuerte evidencia contra  $H_0$

$\alpha < 0.01$  evidencia muy fuerte contra  $H_0$ .

### 2.6.4. Descripción de los Test Estadísticos

#### A. Mann Kendall

Este método, prueba si hay una tendencia en los datos de series temporales. Es una prueba *no paramétrica*. Los valores de las series de tiempo “n” ( $X_1, X_2, X_3, X_n$ ) se sustituyen por sus filas relativas ( $R_1, R_2, R_3, R_n$ ), empezando por 1 para el más bajo hasta  $n$  (Chiew y Siriwardena, 2005).

La prueba estadística S es:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left[ \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_j - R_i) \right]$$

Donde

$$\text{sgn}(x) = 1 \text{ for } x > 0$$

$$\text{sgn}(x) = 0 \text{ for } x = 0$$

$$\text{sgn}(x) = -1 \text{ for } x < 0$$

Si la hipótesis nula  $H_0$  es cierto, entonces S es una distribución aproximadamente normal con:

$$\mu = 0$$

$$\sigma = n(n-1) (2n+5)/18$$

Por tanto, el estadístico “Z” es: valores estadísticos de prueba críticos para varios niveles de significación pueden ser obtenido a partir de tablas de probabilidad normal:

$$Z = |S| / \sigma^{0.5}$$

Un valor positivo de S indica que hay una tendencia creciente y viceversa.

## B. Test de Regresión Lineal

Es una prueba *paramétrica* que asume que los datos se distribuyen normalmente. Comprueba si hay una tendencia lineal mediante el examen de la relación entre el tiempo (x) y la variable de interés (y), (Chiew y Siriwardena, 2005).

El gradiente de regresión se calcula por:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

y el punto de intersección se calcula como:

$$\alpha = \bar{y} - b\bar{x}$$

El estadístico de prueba es:

$$S = b / \sigma$$

Donde

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n(n-2)(n^2-1)}}$$

La prueba estadística  $S$  sigue una distribución *t de Student*  $n-2$  grados de libertad bajo la hipótesis nula (valores estadísticos prueba crítica para varios niveles de significación pueden ser obtenidos a partir de tablas estadísticas *t de Student*).

La prueba de regresión lineal asume una distribución normalmente distribuida y que los errores (desviaciones de la tendencia) son independientes y sigue la misma distribución normal con media cero.

### C. Distribución CUSUM

Este método prueba el quiebre, si los medios en dos partes de un registro son diferentes (para un cambio desconocido en el tiempo). Es una prueba *no paramétrica* (distribución gratuita).

Dado un tiempo de datos de la serie  $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ , la estadística de prueba se define como:

$$V_k = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{median}}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, n$$

Donde

$$\text{Sgn}(x) = 1 \text{ for } x > 0$$

$$\text{Sgn}(x) = 0 \text{ for } x = 0$$

$$\text{Sgn}(x) = -1 \text{ for } x < 0$$

$X_{\text{median}}$ : es el valor de la mediana del conjunto de datos  $x_i$ .

La distribución de  $V_k$  sigue la estadística de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (KS =  $(2/n) \max |V_k|$ ) con los valores críticos de  $\max |V_k|$  dada por:

$$\alpha = 0.10 \quad 1.22\sqrt{n}$$

$$\alpha = 0.05 \quad 1.36\sqrt{n}$$

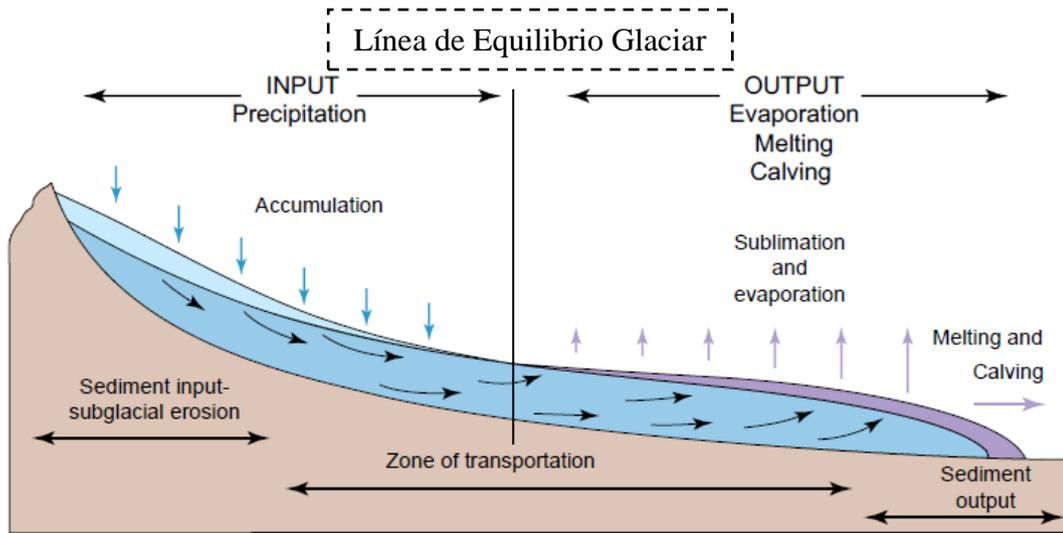
$$\alpha = 0.01 \quad 1.63\sqrt{n}$$

Un valor negativo de  $K$  indica que la última parte del registro tiene una media más alta que la anteriormente parte y viceversa, (Chiew y Siriwardena, 2005).

## 2.7. GLACIARES

De acuerdo con UNESCO el Glaciar es toda masa de hielo perenne, y posiblemente neviza y nieve, originada sobre la superficie por la recristalización de nieve y otras formas de precipitación sólida, y mostrando evidencia de flujo en el pasado o presente (Ferrando, 2014).

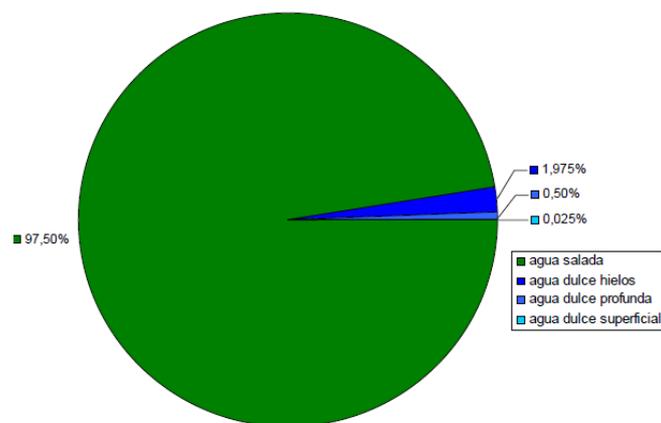
Un glaciar es una masa de hielo que transforma agua sólida (nieve, granizo o escarcha) en hielo y la restituye en forma de vapor (por evaporación o sublimación) o en forma líquida (agua escurrida por el torrente emisario). La relación entre estas ganancias y pérdidas de masa se conoce como el balance de masa de un glaciar. Debido a que la acumulación neta es generalmente positiva en las partes altas de un glaciar (zona de acumulación), un exceso de carga produce flujos de hielo hacia la parte baja (zona de ablación); en la Figura 10 se presenta la dinámica glaciar. Este fenómeno se produce debido a que el hielo, desde un punto de vista mecánico, se comporta como un cuerpo visco-plástico que se deforma bajo el efecto de su propio peso (Bernard y Bernard, 2008). Todos los continentes, excepto Australia, ofrecen ejemplos de campos de cobertura glaciar. Su altitud varía con la latitud, desde el nivel del mar en las regiones polares hasta 5 200 – 5 550 msnm, en los altos picos ecuatoriales de África y los Andes. La baja temperatura por sí sola no es suficiente para asegurar el desarrollo de la cobertura glaciar, así estos se forman y persisten allí donde las nevadas invernales son tan copiosas que la fusión estival y la evaporación no llegan a borrarlas del todo. A medida que la nieve suelta y liviana queda enterrada bajo nevadas posteriores gradualmente se convierte en neviza, el que se va formando en forma de empaquetado. Al aumentar la compactación se expulsa más aire y el agua de fusión procedente de arriba penetra y se congela, hasta que las capas más profundas se convierten en hielo (Holmes, 1987).



**Figura 10: Dinámica glaciar**

FUENTE: Fernández, 2014.

La superficie de agua sobre el planeta supera abundantemente a la continental y más del 70 por ciento corresponde a mares y océanos, pero esta abundancia es relativa. El 97.5 por ciento del total existente en el planeta es agua salada, mientras que solo el 2.5 por ciento restante es agua dulce. Del porcentaje total de agua dulce casi el 79 por ciento se encuentra en forma de hielo permanente en los hielos polares y glaciares. Del agua dulce en estado líquido, el 20 por ciento se encuentra en acuíferos de difícil acceso por el nivel de profundidad en el que se hallan (algunos casos superan los 2000 metros bajo el nivel del mar). Sólo el 1 por ciento restante es agua dulce superficial de fácil acceso. Esto representa el 0.025 por ciento del agua del planeta. (Greenpeace, 2010). En la Figura 11 se muestra la distribución del agua en el planeta.



**Figura 11: Distribución del agua existente en el planeta.**

FUENTE: Greenpeace, 2010.

## **2.8. CLASIFICACIÓN DE LOS GLACIARES**

Los glaciares se pueden clasificar de numerosas maneras, pero existen varios tipos básicos de glaciares con sus respectivos modelados:

### **2.8.1. Según su Forma**

#### **A. Inlandsis**

Masa de hielo que se extiende de forma continua y que se mueve en todas direcciones, incluye los mantos continentales de la Antártida y Groenlandia y el Hielo Continental Patagónico. Los hielos correspondientes al Inlandsis cubren extensas superficies rellenando todas las depresiones y tapando inclusive el relieve orográfico. La gravedad tiene poca o ninguna influencia en la dinámica de este tipo de glaciares, los hielos de los Inlandsis se mueven por la fuerza de empuje ejercida desde los centros de dispersión, donde se producen grandes acumulaciones de hielo, hacia la periferia (Segovia, 2014).

#### **B. Glaciares de Montaña**

Se comportan en forma muy parecida a los otros glaciares y su evolución depende del balance de masa. Las parcelas de hielo fluyen continuamente desde lo alto hasta alturas menores donde el agua se descongela. Debido a su menor masa estos glaciares responden más rápidamente a cambios climáticos. Están localizados en las partes altas de la cordillera, con formas variables, y donde la evacuación desde las zonas de acumulación se da por medio de una lengua glacial pequeña, se compara con un glaciar de valle (Segovia, 2014).

#### **C. Glaciares de Valle**

Son grandes mantos glaciares que cubren la parte superior de montañas y bajan limitados por los valles montañosos hasta alcanzar la llanura, pueden tener una extensión de varios km. Se caracterizan por tener una o más zonas de acumulación, ubicadas en subcuencas o circos, las cuales confluyen en un valle, el cual permite el flujo de hielo aguas abajo. No poseen lóbulo de derrame y su frente queda circunscrito al valle (Segovia, 2014).

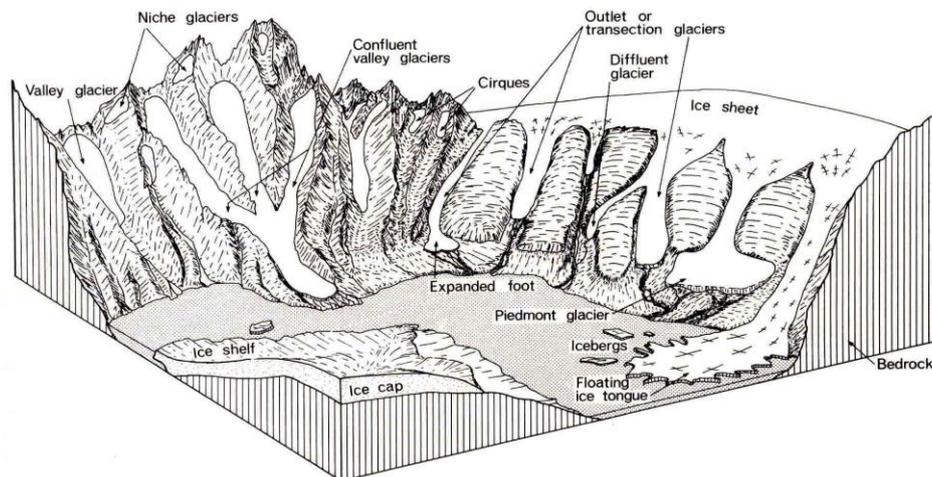
## D. Glaciares de Piedemonte

Se caracterizan por un inmenso glaciar al pie de las montañas alimentado por dos o más glaciares tributarios de mayor tamaño que descienden de la parte alta de las montañas, van formando un gigantesco manto de hielo en forma de abanico por los movimientos radiales que caracterizan a este manto. (Greenpace, 2004).

## E. Glaciares en Domo

Ocupan la cima de un centro montañoso, teniendo una distribución radial que es típica de algunos volcanes. (Fernández, 2014).

En la Figura 12 se presentan los diferentes tipos de glaciares



**Figura 12: Tipos de glaciares según su forma**

FUENTE: Fernández, 2014.

## 2.8.2. Según su Temperatura o Dinámica

### A. Glaciares Templados

Un glaciar templado posee en toda su masa la temperatura de fusión del hielo. La temperatura del punto de fusión varía con la presión, que depende en forma directa del espesor de hielo, su densidad y la aceleración de gravedad. La acumulación en este tipo de glaciares se da por una variada gama de procesos deposicionales, incluyendo nieve húmeda, seca, avalanchas laterales, granizo, y eventualmente recongelamiento. La ablación

es principalmente por derretimiento, pero también por sublimación, calving y deflación. (Herr, 2014).

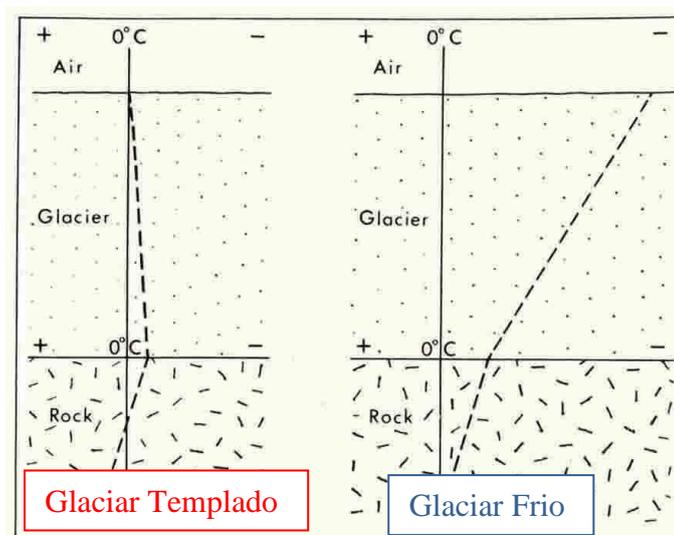
### B. Glaciares Fríos

Aquellos que poseen una temperatura del hielo muy inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ . La ablación es por lo general escasa, y generada por ocasionales eventos cálidos, que no alcanzan a afectar la temperatura de toda la masa de hielo, sino que sólo la superficie. Una parte importante de pérdida de masa se genera por sublimación y deflación (Herr, 2014).

### C. Glaciares Politermales

Se caracterizan por tener temperaturas más bajas en profundidad que en su superficie. Es decir, son fríos en la parte superior, y templados en su parte inferior, pues la masa de hielo se halla a temperaturas inferiores a los  $0^{\circ}\text{C}$ , propio de los glaciares fríos, pero en la base de la lengua terminal pueden alcanzar temperaturas cercanas a  $0^{\circ}\text{C}$ , lo que origina una pequeña fusión estival. Esto se debe a que el calor estival sólo permite el derretimiento parcial del hielo, dado que la temperatura no logra subir hasta el punto de fusión, desarticulando las consecuencias de la onda fría que afecta a los glaciares en los meses de invierno (Herr, 2014).

En la Figura 13 se muestra la variación de la temperatura a profundidad según los tipos de glaciares.



**Figura 13: Clasificación de glaciares según la temperatura de la masa de hielo**

FUENTE: Fernández, 2014.

### 2.8.3. Según su Posición en el Planeta

Las masas de hielo cubren casi el 6 por ciento de la superficie terrestre. Incluye regiones como la Antártida, el Océano Ártico, Groenlandia, el Norte de Canadá, el Norte de Siberia y la mayor parte de las cumbres de las cadenas montañosas donde las temperaturas bajo 0°C persisten durante la mayor parte del año. (Greenpeace, 2010). Según su ubicación en el planeta, se clasifican en glaciares polares, subtropicales y tropicales. En la Tabla 1 se presenta la estimación del área y volumen de las masas de hielo.

Los glaciares polares, se ubican en las regiones extremadamente frías que impera en ambos polos del planeta y que es responsable de la presencia del manto de hielo continental. Los glaciares subtropicales se ubican en las latitudes medias, la condición climática es semi-humedo y de fuerte radiación solar.

**Tabla 1: Estimación de las áreas y volúmenes de las masas de hielo en el planeta**

Componentes de la criosfera	Área en km <sup>2</sup>	Volumen en km <sup>3</sup>
Cobertura de nieve	4-46 millones	500-5000
Hielo de mar	15-22 millones	19000-25000
Permafrost	25 millones	0.4 millon
Antartida	12.4 millones	27 millones
Groenlandia	1.8 millones	2.7 millones
Glaciares de montaña	0.43 millon	0.08 millon
Glaciares tropicales	1900	Menos de 100

FUENTE: Francou et al., 2014.

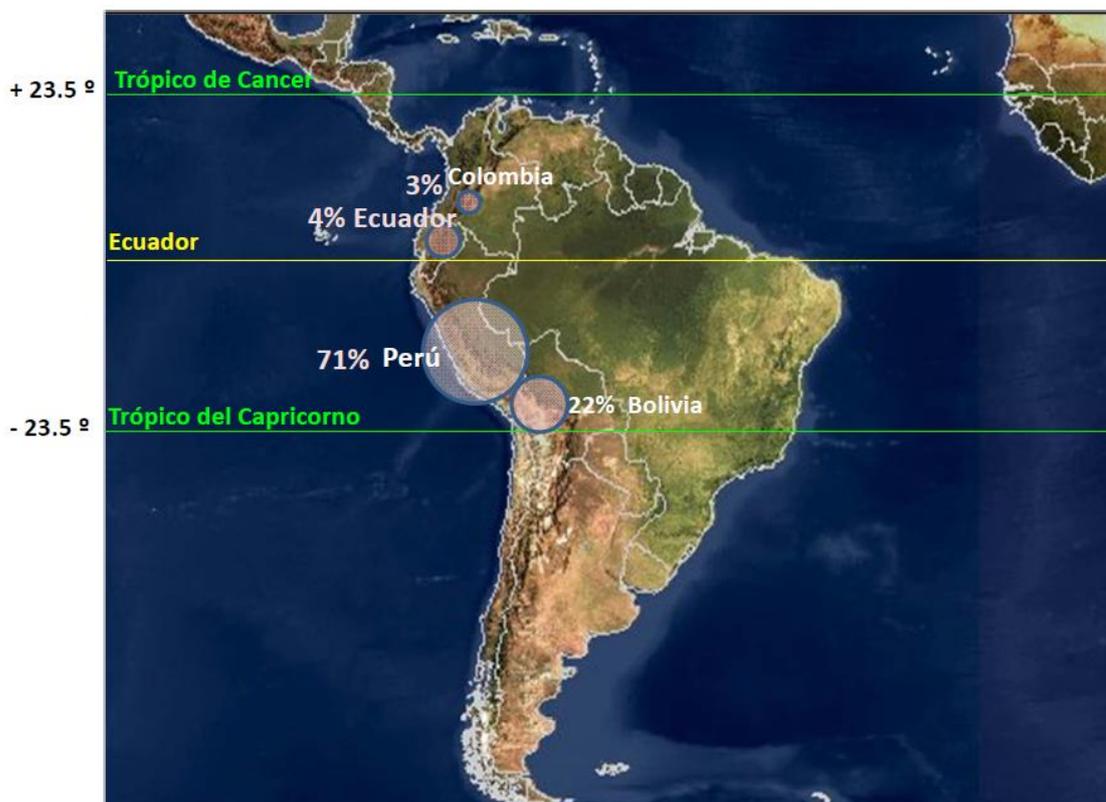
## 2.9. GLACIARES TROPICALES

Los glaciares tropicales se ubican dentro de la región ecuatorial, en esta zona se encuentra el 50 por ciento de la superficie terrestre, habita el 70 por ciento de la población mundial; se generan factores climáticos como los monzones, los huracanes y el fenómeno El Niño, por lo que se trata del motor climático del mundo. (Santillana y García, 2015).

La sensibilidad de los glaciares tropicales al clima es más fuerte cuando estos son “templados”, es decir, que la totalidad de su masa de hielo está a temperatura de fusión: un aporte mínimo de energía es entonces suficiente para causar el cambio de fase, o sea para convertir el hielo o la nieve en agua, la cual fluye hacia el torrente emisario. La mayoría de

los glaciares andinos entran en esta categoría, a excepción de las partes que superan los 5800 msnm, que generalmente son glaciares “fríos”.

En la Figura 14 se muestra la distribución de los glaciares tropicales en América del Sur.



**Figura 14: Distribución de los glaciares tropicales en América del sur**

FUENTE: Santillana y García, 2015.

Es importante indicar que Dyurgerov y Meier (1997) concluyeron que los niveles actuales de glaciación en la región tropical, es decir, el área cubierta por glaciares es en realidad poco extensa. Si se sumaran las áreas de todos los glaciares tropicales ubicados en América del Sur, África e Indonesia, la superficie total sería menor a los 2500 km<sup>2</sup>; un área comparable a la que cubren los glaciares alpinos. Los glaciares de los Himalaya, por ejemplo, sumarían una superficie glaciaria cercana a los 33000 km<sup>2</sup>, es decir una cifra más de trece veces mayor.

A pesar de su modesta dimensión, los glaciares tropicales despiertan un gran interés, en particular aquellos ubicados en los Andes. Varias son las razones que sustentan este interés. En primer lugar, los glaciares son importantes indicadores del cambio climático; en

especial aquellos ubicados por encima de los 4000 msnm, en donde existen muy pocos sistemas instrumentales de medición. En segundo lugar, los glaciares andinos desempeñan un rol importante en el manejo del recurso hídrico. Son proveedores de agua en regiones de lluvias escasas, tal como sucede en el desierto costeño del Perú. Actúan también como reguladores del régimen hidrológico en casi todas las regiones andinas, particularmente aquellas que están sometidas a largas estaciones secas Francou et al. (2014). Francou et al. (2014), estimaron el área de los glaciares tropicales, a nivel mundial su extensión es muy desequilibrada, aunque con una evidente preponderancia de los Andes Centrales, con más del 99 por ciento de los glaciares tropicales que se ubican en los andes centrales, y que una gran mayoría se encuentran en el Perú, que concentra más del 70 por ciento de la superficie total y, en consecuencia, probablemente un mayor porcentaje del volumen.

Tal como ocurre en otras regiones climáticas, los glaciares tropicales son muy diversos. Algunos están constituidos por casquetes extendidos que cubren cumbres de montañas, como el Nevado Huascarán (norte del Perú) o el complejo volcánico del Coropuna en Arequipa (sur del Perú). Otros son glaciares cónicos que carecen de lenguas claramente individualizadas, como los glaciares del volcán Cotopaxi en Ecuador. Por otro lado, existen glaciares circulares y de tamaño reducido, así como otros que se extienden en forma de lenguas. En general, las lenguas glaciares son de pocos kilómetros. La mayoría de los glaciares terminan en un mismo rango altitudinal: entre 4900 y 5000 msnm, en el norte de Bolivia, 4800 y 4900 msnm, en la Cordillera Blanca, o entre 4800 y 4900 msnm en el Ecuador. Esta altura corresponde más o menos a la posición anual de la isoterma 0°C, es decir, la línea que marca el área en donde la temperatura oscila alrededor del punto de congelación del agua, (Francou et al. 2014).

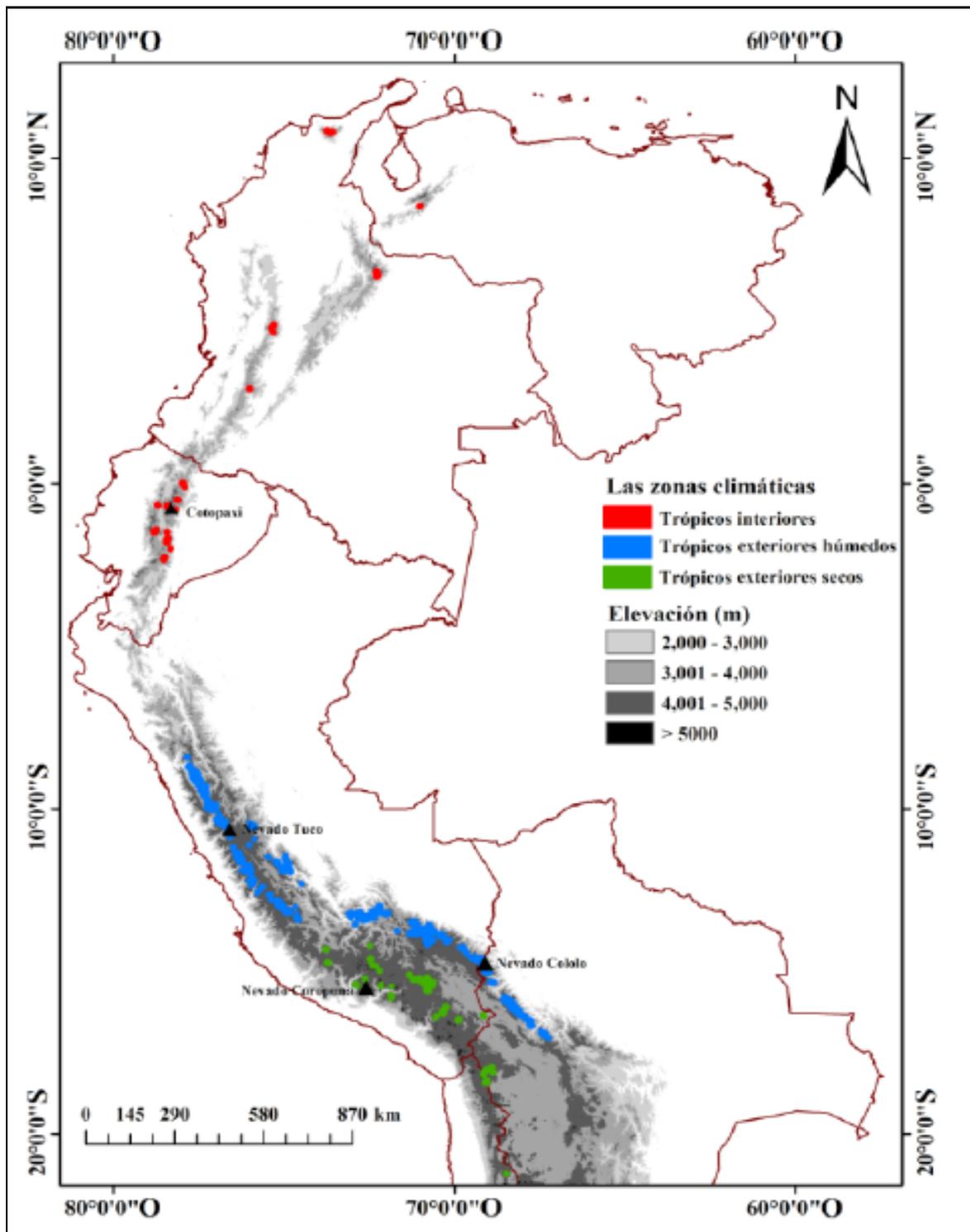
### **2.9.1. Distribución de los Glaciares Tropicales**

La zona tropical de Suramérica se puede dividir en dos sub-áreas basándose en las características de precipitación y la ubicación geográfica: los trópicos interiores (Venezuela, Colombia y Ecuador), donde la ablación y acumulación de los glaciares ocurren simultáneamente en todo el año, sin estacionalidad de las precipitaciones (Veettil et al., 2014); y los trópicos exteriores (Perú y Bolivia), donde la estación seca se produce de mayo a septiembre, con condiciones subtropicales y la estación lluviosa de octubre a marzo, con prevaecía de condiciones tropicales (Veettil et al., 2016); en esta última ocurre una acumulación notable sólo durante la temporada de lluvias (ver Figura 15).

Sagredo y Lowell (2012) clasificaron los Andes en siete grupos climáticos, con base en el análisis estadístico de tres variables climáticas (temperatura, lluvia y humedad) y en un número seleccionado de glaciares con geometría simple. Tres de los siete grupos definidos en esta clasificación pertenecen a los Andes Tropicales: los trópicos interiores (Venezuela, Colombia y Ecuador), los trópicos exteriores húmedos (cordilleras orientales de Perú y Bolivia), y los trópicos exteriores secos que comprenden las cordilleras occidentales de Bolivia y sur de Perú.

En los trópicos interiores, la temperatura y la elevación de la isoterma 0°C varían poco a lo largo del año, la acumulación y ablación se producen durante todo el año. Aunque la lluvia se produce también durante todo el año, existen dos máximos de precipitación durante marzo-abril y octubre, y un mínimo entre junio y agosto. La línea de nieve en esta región oscila entre 4500 y 5000 msnm (Francou et al., 2004). Los trópicos exteriores húmedos, donde la cota de nieve se sitúa a una altitud aproximada de 5000 msnm, se pueden dividir en dos grupos, como trópicos exteriores húmedos del norte (Cordillera Occidental del norte de Perú) y como trópicos exteriores húmedos del sur (Cordillera Oriental de Perú y Bolivia), con base principalmente en características de la precipitación (Sagredo y Lowell 2012).

La precipitación en los trópicos exteriores húmedos del norte se relaciona principalmente con el cambio de la zona de convección hacia el sur (Garreaud, 2009), mientras que la precipitación en los trópicos exteriores húmedos del sur es más compleja y depende del desplazamiento de la zona de convergencia intertropical (ITZC) hacia el sur (Sagredo y Lowell, 2012). Los trópicos exteriores secos se caracterizan por presentar estaciones secas y lluviosas específicas.



**Figura 15: Distribución de los glaciares en tres grupos de clima en los andes tropicales.**

FUENTE: Veettil et al., 2016.

### **A. Trópicos interiores**

Se extienden desde Venezuela hasta Ecuador. En este último país, los glaciares de los trópicos interiores se encuentran en la Cordillera Occidental ( $0^{\circ}22' \text{ N} - 1^{\circ}29' \text{ S}$ ;  $78^{\circ}20' \text{ O} - 78^{\circ}48' \text{ O}$ ) como en la Cordillera Oriental ( $0^{\circ}1' \text{ N} - 2^{\circ}20' \text{ S}$ ;  $77^{\circ}54' \text{ O} - 78^{\circ}33' \text{ O}$ ). Sobre la Cordillera Oriental, y a unos de 60 km al sureste de la ciudad de Quito, se ubica el volcán Cotopaxi, uno de los volcanes activos más grandes del mundo y es el segundo pico más alto de Ecuador ( $5897 \text{ msnm}$ ;  $0^{\circ}40' \text{ S} - 78^{\circ}25' \text{ O}$ ). La Cordillera Oriental está directamente expuesta a los vientos húmedos del este de la cuenca del Amazonas (Veettil et al., 2016).

### **B. Trópicos exteriores húmedos del norte**

Esta región de los Andes se ubica la Cordillera Blanca, con una extensión de 180 km de largo y 30 km de ancho ( $8^{\circ}30' \text{ S} - 10^{\circ}10' \text{ S}$ ;  $77^{\circ}00' \text{ O} - 78^{\circ}00' \text{ O}$ ). Ubicada en la región Ancash, a 400 kilómetros al norte de la capital Lima. Cuenta con 27 picos que alcanzan alturas superiores a los 6000 msnm y más de 200 picos que superan los 5000 msnm, Destaca los nevados el Tucu, Pastoruri, Queullaraju, Jenhuararca, Challwa, Condorjitanca y Santun (Veettil et al., 2016).

La Cordillera Blanca se caracteriza por una estacionalidad poco acentuada de la temperatura anual (pero con grandes variaciones diarias) y el clima alterna entre una estación seca (Mayo a Septiembre) y una estación lluviosa (Octubre a Abril). La mayor parte de la precipitación anual (70 a 80 por ciento) ocurre durante la temporada de lluvias (Kaser y Georges, 1997). Por otro lado, la estación seca en las zonas tropicales de los Andes se produce durante el invierno austral. A pesar de la proximidad de los glaciares con el Océano Pacífico, los vientos persistentes desde el este determinan la fuente de humedad para la precipitación andina y se derivan principalmente del Atlántico y el clima está fuertemente influenciado por las montañas de los Andes. Aun cuando el ENSO es principalmente un fenómeno de la temperatura superficial del mar en la cuenca del Pacífico ecuatorial, a menudo se reflejan los eventos de calentamiento/enfriamiento en el Atlántico tropical con seis a ocho meses de retraso.

### **C. Trópicos exteriores húmedos del sur**

Los glaciares de la cordillera oriental del Perú y los glaciares bolivianos se encuentran en la región definida como trópicos exteriores húmedos del sur, y se caracterizan por la baja variabilidad de la temperatura, alta afluencia de radiación solar durante todo el año, alta variabilidad de la humedad y la precipitación estacional (Rabatel et al., 2012). El Nevado Cololo (14°50'S; 69°06'O; 5859 m.s.n.m.) de la Cordillera de Apolobamba se encuentra en esta región. Desde una perspectiva glaciológica, existen tres tipos de cambios de ablación (Rabatel et al., 2012): (1) los de tasa de fusión más alta debido a la radiación solar (Octubre - Diciembre), (2) los de tasa de ablación mayor debido a la fusión (Enero - Abril) y (3) los de tasa de ablación limitada debido a la pérdida de energía por radiación de onda larga (Mayo - Agosto). Teniendo en cuenta que si la nieve se produce entre Mayo y Agosto pueden permanecer durante la estación seca (Rabatel et al., 2012).

### **D. Trópicos exteriores secos**

La Zona Volcánica Central de la Cordillera Ampato, al sur de Perú, forma parte de esta región de los Andes Tropicales. Esta cordillera se compone de 93 glaciares, con un espesor medio de 40 m y una superficie total de 146.73 km<sup>2</sup> (basado en fotografías aéreas de 1962). El Coropuna, con 6426 msnm, es el pico más alto de esta cordillera y el volcán más alto de Perú (Racoviteanu et al., 2007). El balance de masa glacial en esta región es muy dependiente de las variaciones en la precipitación (Wagnon et al., 1999).

Las precipitaciones en la región del Coropuna dependen principalmente de la circulación de las masas de aire desde el Océano Atlántico hacia el oriente tropical (Herreros et al. 2009). Sin embargo, en el Pacífico, los patrones de circulación de aire son importantes en la determinación del clima en esta región. Al igual que los glaciares de las regiones de trópicos exteriores y subtrópicos, el Coropuna tiende también tener una línea de equilibrio (LE) por encima de la isoterma de 0°C.

## **2.9.2. Retroceso Glaciar**

### **2.9.2.1. Retroceso Glaciar en el Planeta**

El estado de los glaciares está en regresión acelerada, ocho de cada nueve glaciares europeos están en retroceso. De hecho, desde 1850 a 1980 los glaciares de los Alpes han

perdido un tercio de su superficie y la mitad de su masa. El cálido y seco verano de 2003 indujo a la pérdida de un 10 por ciento de la masa glaciaria remanente de los Alpes, de manera que su retroceso está alcanzando niveles que superan los de los últimos 5000 años. Se calcula que cerca del 75 por ciento de los glaciares de los Alpes suizos habrán desaparecido para el 2050. (Greenpeace, 2004).

El estudio satelital del glaciar de la isla de Pinos, en la región occidental de la Antártida, determinó que la superficie de hielo está desapareciendo a un ritmo de 16 metros por año, frente a los 4 metros que perdía de acuerdo con los informes de hace un decenio. Desde 1994, el glaciar perdió 90 metros de grosor, un hecho que según los expertos tendrá graves consecuencias para el nivel de los mares y potenciales efectos catastróficos para el medio ambiente del planeta (Greenpeace, 2010).

### **2.9.2.2. Retroceso de los Glaciares Tropicales Andinos**

De acuerdo a información presentada por Suarez et al. (2015), la temperatura del aire en los Andes tropicales se ha incrementado con una tasa de  $0.1^{\circ}\text{C}/\text{década}$  desde 1939. Así también Suarez et al. (2015) mostraron que en la Cordillera Blanca del Perú la temperatura del aire se incrementó con una tasa de  $0.35$  a  $0.39^{\circ}\text{C}/\text{década}$  entre 1951 a 1999.

Entre 1940 y 1960, no se cuenta con información continua, sobre los glaciares tropicales andinos, pero las evidencias en Perú, Bolivia y Colombia muestran un retroceso moderado, alrededor del 0.5 por ciento a nivel anual. De mediados de 1960 a mediados de 1970, los glaciares presentaron condiciones estables y algunos mostraron ciertos avances. A partir de 1976-1980, se atraviesa una etapa decisiva con un retroceso muy importante para glaciares de pequeño tamaño, que no tuvo equivalente desde la pequeña edad de hielo. Exceptuando algunos años húmedos y fríos (1999, 2000, 2008 y 2009), este retroceso es ininterrumpido. Por extrapolación de estas tasas de retroceso, se puede prever la desaparición de muchos “pequeños glaciares” cuyos picos están muy cerca de su línea de equilibrio, como el Chacaltaya en Bolivia (desaparecido en 2010), el Broggi en la Cordillera Blanca (Perú), reducido a un gran volumen de hielo residual, o el Carihuayrazo y el Illiniza Sur (Ecuador) que deberían desaparecer en los próximos años (Francou et al., 2014).

De acuerdo con Francou et al. (2014) en los años 1950, los glaciares colombianos alcanzaban alrededor de  $113\text{ km}^2$  y en 2011 solamente quedaban  $45\text{ km}^2$  o sea una pérdida

de 68 km<sup>2</sup>, lo que representa el 60 por ciento de las superficies. La Sierra Nevada de El Cocuy y el Parque Los Nevados son los grandes contribuyentes a estas pérdidas (59 y 65 por ciento), más que la Sierra Nevada de Santa Marta a causa de su altitud (5775 msnm). Las tasas de retroceso se han acelerado en estos 15 últimos años y los glaciares de Colombia podrían desaparecer en el transcurso de tres a cuatro décadas. Las cumbres de la mayoría de estos glaciares tienen una altura cercana a su línea de equilibrio, lo que hace que estos glaciares estén en total desequilibrio con las condiciones climáticas actuales.

En Venezuela, la superficie glaciar ha disminuido de 2.03 km<sup>2</sup> en 1952, a 0.3 km<sup>2</sup> en 2003, lo que representa una pérdida del 87 por ciento. Hoy en día, solo un glaciar con una superficie de aproximadamente 0.1 km<sup>2</sup> queda en los Andes venezolanos cerca la ciudad de Mérida, este probablemente desaparecerá en la presente década (Francou et al., 2014).

En Ecuador, de acuerdo con Francou et al. (2014), el Cotopaxi pasó respectivamente de 21.3 km<sup>2</sup> en 1976, a 14.6 km<sup>2</sup> en 1997 y a 11.8 km<sup>2</sup> en 2006, una pérdida de 31 por ciento para 1976-1997 y de 45 por ciento para 1976-2006 respectivamente. Las pérdidas de superficie del Chimborazo (un poco menos de 12 km<sup>2</sup> de glaciares en 1997), que han sido medidas son del 60 por ciento entre 1962 y 1997. Respecto al Antisana, el macizo glaciar más grande de Ecuador (15.3 km<sup>2</sup> en 1997), los glaciares registraron una pérdida del 50 por ciento de sus superficies desde 1956. En total, las estimaciones actuales muestran que cerca de la mitad de los glaciares de Ecuador habrían desaparecido durante estos últimos 30-40 años. La forma cónica de estos glaciares y el hecho que pocos estén cubiertos de escombros acentúa las pérdidas en relación a otros macizos andinos.

Según Francou et al. (2014) contabilizó que en Bolivia alrededor de 1826 glaciares con una superficie glaciar de 560 km<sup>2</sup>, concentrados principalmente en las Cordilleras de Apolobamba, Real, Quimza Cruz. Desde entonces, el trabajos más sistemáticos fueron realizados para un total de 376 glaciares con aproximadamente 64.9 km<sup>2</sup> en 1975.

### **2.9.2.3. Retroceso de los Glaciares Peruanos**

El Perú debido a su posición geográfica se encuentra íntegramente dentro del cinturón tropical del planeta y es indefectiblemente sensible a las fluctuaciones climáticas que se observan en los últimos años (Suarez et al., 2015).

Francou et al. (2014) indicaba que, en la Cordillera Blanca, los diversos inventarios de los glaciares realizados por varios grupos, entre los cuales están la Unidad de Glaciología y

Recursos Hídricos (UGRH), mostraban una disminución general de las superficies glaciares del 27 por ciento entre 1960 y 2000 (las superficies pasan de 723 km<sup>2</sup> a 527 km<sup>2</sup>). Los estudios de desglaciación por macizos van entre 20-30 a 35 por ciento. La dispersión de los resultados es grande según los macizos glaciares, esto se debe a que las grandes lenguas glaciares en la Cordillera Blanca están frecuentemente cubiertas por escombros, condición que tiende a reducir las pérdidas en relación a las observadas en glaciares no cubiertos. En la Cordillera de Vilcanota, en Quelccaya (Brecher y Thompson, 1993) observaron un aumento de 1 a 10 de las pérdidas entre 1963-1978 y 1991-2005, mientras que Salzmann et al. (2013) midieron un retroceso de 30 por ciento en área y 45 por ciento en volumen de los glaciares desde 1985.

Se encuentran cifras comparables entre 1962 y 2000 en el Coropuna, al sur del Perú, del orden de 26 por ciento de desaparición de las superficies glaciares (Racoviteanu et al., 2007). Todo indica que en los macizos del Perú han desaparecido entre un cuarto y un tercio de sus glaciares durante el último tercio del siglo XX. El hito que marca esta evolución tuvo lugar entre 1976 y 1980, donde de una situación más o menos equilibrada se observa una tendencia clara a una situación de completo desequilibrio.

## **2.10. TELEDETECCIÓN Y PERCEPCIÓN REMOTA**

La Percepción Remota *Remote Sensing* o Teledetección es la ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto.

La teledetección es una técnica a través de la cual se obtiene información de un objeto sin tener contacto directo con él, esto es posible gracias a la relación sensor-cobertura, la cual en el caso de los barredores *multiespectrales* se expresa a través de la llamada radiación electromagnética. Esta relación se puede presentar en tres formas: Emisión, Reflexión y Emisión-Reflexión, el flujo de energía que se produce por alguna de estas formas va a estar en función de la transmisión de energía térmica (Martínez, 2005).

### **2.10.1. Satélite Landsat**

Las imágenes LANDSAT están compuestas por siete u ocho bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo las resoluciones espaciales varían de 15, 30, 60 y 120 m.

Disponible:

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>

La constelación de satélites LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite), que inicialmente se llamaron Earth Resources Technology Satellites (ERTS), fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres. La forman 8 satélites de los cuales sólo se encuentran activos el cinco y el ocho. Su mantenimiento y operación está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) en tanto que la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).

Los satélites LANDSAT llevan a bordo diferentes instrumentos. Su evolución buscó siempre captar más información de la superficie terrestre, con mayor precisión y detalle, de ahí las mejoras radiométricas, geométricas y espaciales que se incorporaron a los sensores pasivos; el primero, conocido como Multispectral Scanner Sensor (MSS), seguido de Thematic Mapper (TM) que tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor y por último, Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) que entre sus mejoras técnicas destaca una banda espectral (pancromática) con resolución de 15 metros.

Los sensores más utilizados son el *Landsat 5* y el *Landsat 8*.

#### - **Características de *Landsat 5***

El sensor TM es un avanzado sensor de barrido multiespectral, concebido para proporcionar una mayor resolución espacial, mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre, mayor fidelidad geométrica y mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS. Opera simultáneamente en siete bandas espectrales, siendo tres en el visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Tiene una resolución espacial de 30 metros en las bandas del visible e infrarrojo medio y 120 metros en la banda del infrarrojo termal. La escena terrestre registrada por este sensor es de 85 km. En la Tabla 2 se presentan las características de este sensor.

**Tabla 2: Características de las imágenes Landsat 5 TM**

Modo espectral	Resolución espacial (m)	Espectral (micras)		Radiométrica	Temporal
Multiespectral	30	Banda 1 azul	0.45 – 0.52	8 BITS	16 Dias
		Banda 2 verde	0.52 – 0.60		
		Banda 3 roja	0.63 – 0.69		
		Banda 4 infrarrojo cercano 1	0.76 – 0.90		
		Banda 5 Infrarrojo cercano 2	1.55 – 1.75		
		Banda 7 Infrarrojo medio	2.08 – 2.35		
Termal	120		10.4 – 12.5	8 BITS	16 Dias

FUENTE: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>

**- Características de Landsat 8**

Las imágenes *Landsat 8* obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (Ariza, 2013). En la Tabla 3 se presenta el detalle de este satélite.

**Tabla 3: Características de las imágenes Landsat 8 OLI**

Sensor	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 8	Banda 1 – Aerosol costero	0.43 – 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 – 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 – 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 – 0.67	30
	Banda 5 – Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 – 0.88	30
	Banda 6 – SWIR 1	1.57 – 1.65	30
	Banda 7 – SWIR 2	2.11 – 2.29	30
	Banda 8 - Pancromatico	0.50 – 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 – 1.38	30
	*Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 – 11.19	100
	* Banda 11 – Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100

FUENTE: Ariza, 2013.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DEL NEVADO COROPUNA**

##### **3.1.1. Ubicación**

El Nevado Coropuna forma parte de la cordillera de Ampato, se ubica en la vertiente occidental de los Andes del Perú, entre las coordenadas geográficas desde su centro 15°33' de Latitud Sur y 72° 38' de Longitud Oeste, con una altitud máxima de 6426 msnm. Es parte de la vertiente occidental de los andes, esta región se caracteriza por presentar sectores de altiplanicie, laderas empinadas y cimas muy elevadas que sobrepasan con facilidad los 5000 msnm.

Políticamente este nevado se ubica al noreste de la región Arequipa, en las cimas más elevadas entre los distritos de Andaray y Salamanca, pertenecientes a la provincia de Condesuyos, así mismo comprende los distritos de Pampacolca y Viraco, en la provincia de Castilla. En la Figura 16 se muestra su mapa de ubicación.

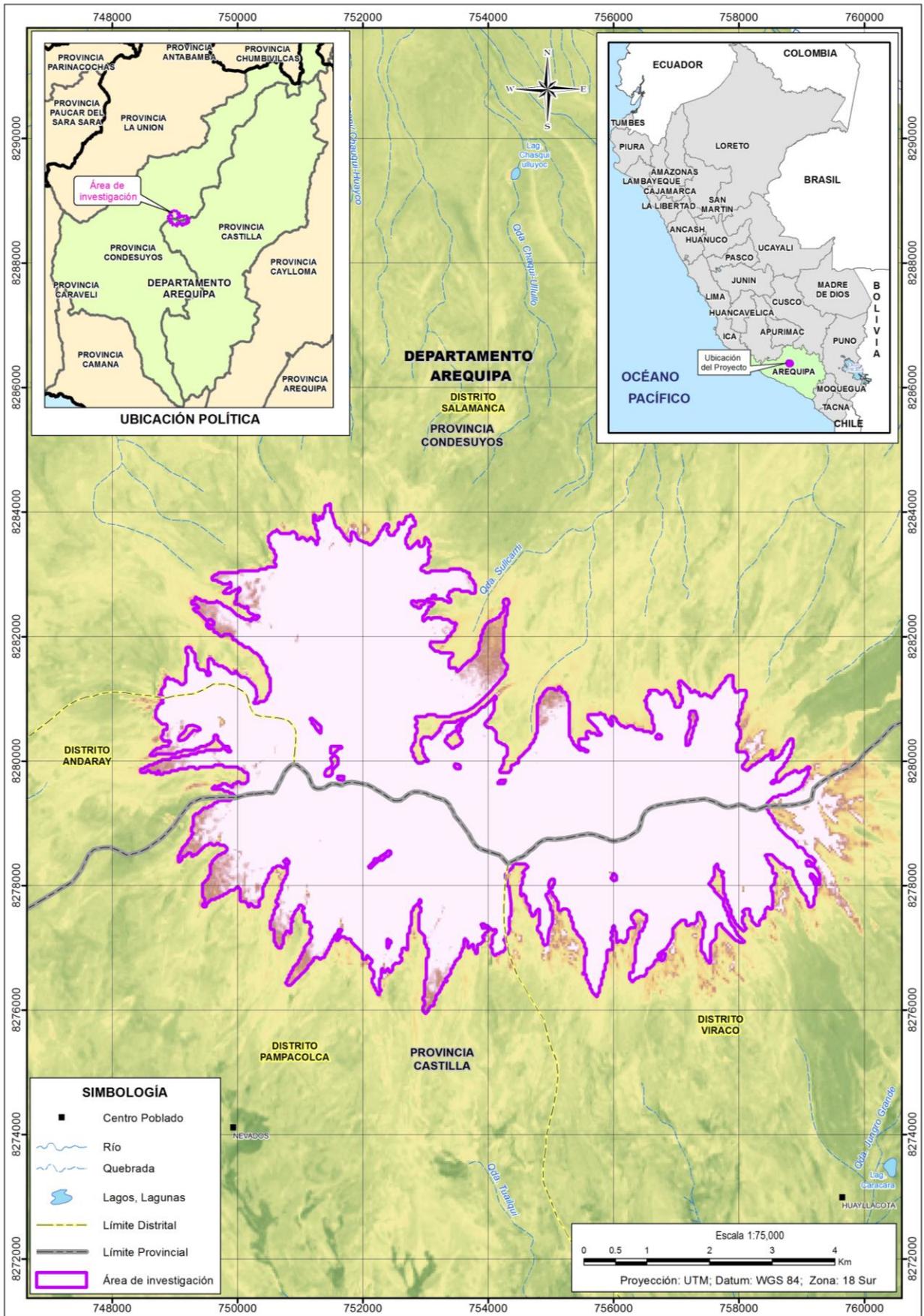


Figura 16: Ubicación del Nevado Coropuna

### 3.1.2. Accesibilidad y límite

Se puede acceder mediante dos rutas:

La primera, desde Lima, se sigue en dirección sur la carretera Panamericana Sur hasta el Km 847, desde este punto se ingresa al Valle de Majes-Camaná, siguiendo una ruta asfaltada, hasta la localidad de Aplao, desviándose luego hacia la villa de Chuquibamba (capital del distrito del mismo nombre), desde el desvío de la Panamericana Sur hasta el pueblo de Chuquibamba presenta una distancia de 100 Km. Para acceder al nevado se continua por una vía de trocha carrozable de una longitud de 97 km hasta la localidad de Allco Llacta ubicado en el sector noreste del nevado (punto hasta donde llega la carretera), para luego ascender hacia las cimas más elevadas.

La segunda, se parte desde la ciudad de Arequipa, hacia el norte, siguiendo en dirección norte la carretera Panamericana Sur, hasta el Km 847, desde la ciudad de Arequipa hasta este desvío es aproximadamente 110 Km, a partir de este punto se continúa por la ruta del valle de Majes- Camaná, descrito previamente. En la Figura 17 se muestra el acceso al Nevado Coropuna.



**Figura 17: Acceso al Nevado Coropuna**

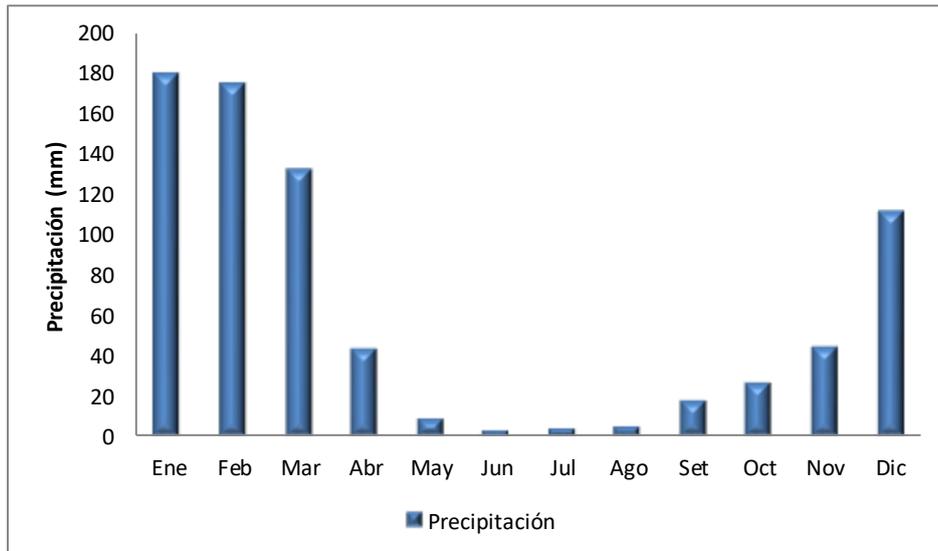
### **3.1.3. Hidrografía**

El Nevado Coropuna descarga sus aguas hacia dos regiones hidrográficas claramente establecidas; la primera corresponde a las sub-cuencas Arma y Churunga pertenecientes a la cuenca del río Ocoña, mientras que el otro sector hacia las sub-cuencas Grande y Capiza que son parte de la cuenca del río Majes, a su vez ambas cuencas drenan sus aguas hacia el Océano Pacífico. Las quebradas y ríos de estas cuencas presentan un régimen de caudal estacional, con valores elevados en los meses de verano y mínimos en los meses de invierno. El caudal promedio del río Ocoña es de 36.3 m<sup>3</sup>/s, mientras que el caudal promedio del río Camana-Majes es de 80.0 m<sup>3</sup>/s (MINAGRI, 2007).

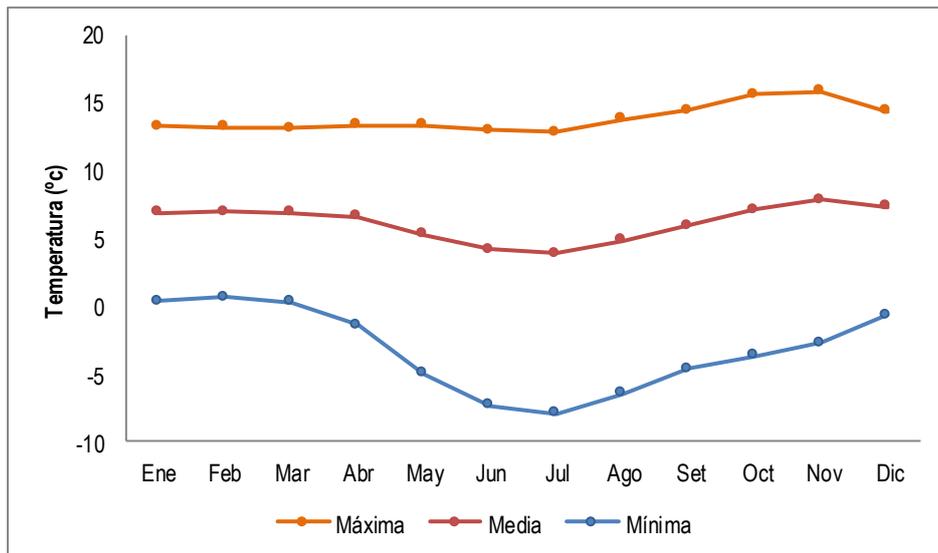
### **3.1.4. Clima**

En la región Arequipa, la disposición de las cadenas montañosas condiciona la distribución climática, siendo muy árido en la vertiente occidental por el efecto barrera de los Andes, que impide la circulación de masas de aire húmedo provenientes desde el Atlántico, además la influencia del anticiclón del pacífico sur inhibe la distribución de la humedad.

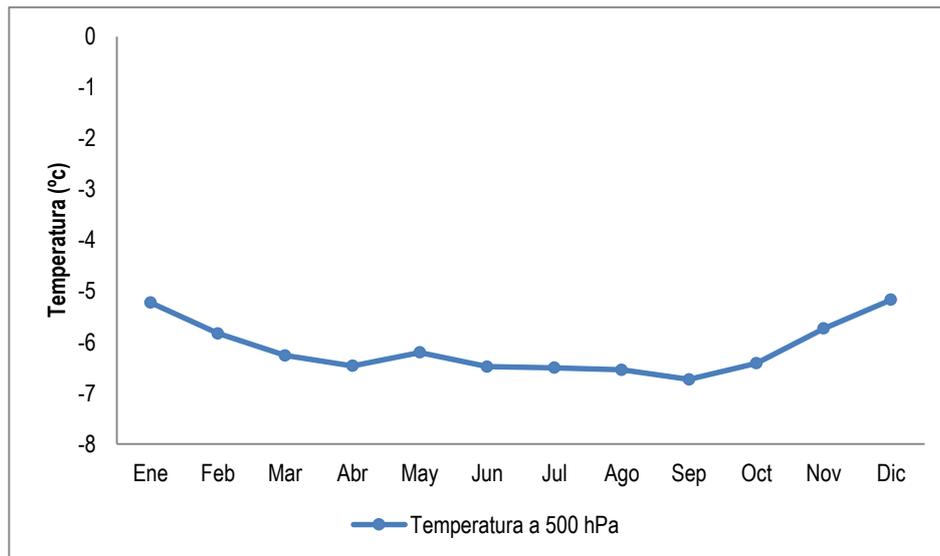
Las precipitaciones varían según su ubicación altitudinal, siendo muy escasas en la costa, incrementándose paulatinamente a mayor altitud, así en las regiones montañosas como es el caso de la zona de investigación, la precipitación anual está próxima a 420 mm. El régimen anual de la precipitación responde a la dinámica de los factores atmosféricos, con valores elevados que se producen en los meses de verano con un promedio de 170 mm, por el contrario, en los meses de invierno las precipitaciones son muy escasas o simplemente no se dan, los meses que comprenden el otoño y la primavera son transicionales entre cada estación (lluvioso y seco). En las regiones próximas a 4300 msnm, el promedio anual de la temperatura es de 6°C, la máxima media de 14°C y la mínima de -3°C. Con fines de establecer la temperatura promedio a una altitud próxima a los 6 000 msnm, se ha tomado los datos del Reanálisis NCEP NCAR (National Centers for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research), verificándose que la temperatura promedio anual a estas altitudes es de -6°C (Figura 19). El régimen anual indica que los máximos valores se dan entre los meses primavera y verano y los mínimos en los meses de invierno. En la Figura 18 se presenta la distribución anual de la precipitación, mientras que en las figuras 19 y 20 la distribución de la temperatura (región por encima de los 4000 msnm).



**Figura 18: Precipitación mensual en las zonas altas de Arequipa – estación Caylloma**



**Figura 19: Temperatura media anual de la temperatura – estación Caylloma**



**Figura 20: Temperatura promedio mensual a 500 hPa – 5500 msnm**

### 3.1.5. Geología

El complejo volcánico Nevado Coropuna es parte de un grupo de estratovolcanes coalescentes que superan los 6200 metros de altitud. La cumbre del edificio Noroeste alcanza 6426 msnm, y es la cota culminante del complejo volcánico. Durante el Holoceno se registraron tres erupciones que emitieron las cenizas que recubren la rampa pro-glaciar del sector norte del Nevado Coropuna, además de tres coladas de lava que se canalizaron por el interior de los valles glaciares de las vertientes Oeste, Noreste y Sureste del complejo volcánico (Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N° 62, 2013). Las coladas de lava sólo están afectadas por las acciones erosivas de las masas de hielo en el sector de cabecera delimitado por las morrenas depositadas en la Pequeña Edad de Hielo (Úbeda, 2013).

#### A. Grupo Barroso

De acuerdo al Boletín Geológico del Cuadrángulo de Chuquibamba, el Nevado Coropuna yace sobre el Grupo Barroso. Según Díaz et al. (2011), el Grupo Barroso se originó por fases diferentes de actividad volcánica; en la primera tuvo lugar la efusión de flujos andesíticos que forman la mayor parte de los conos volcánicos; en la segunda fase se produjo la emisión de derrames piroclásticos, probablemente en algunos casos a través de los conductos primitivos y en otros por medio de conductos laterales, dando lugar a conos compuestos.

## **B. Depósitos Morrenicos**

Durante el pleistoceno, esta región presentaba una mayor área cubierta por hielo, la cual fue desapareciendo hasta situarse en el lugar que ocupa actualmente. Las morrenas se muestran a una altitud promedio de 5000 msnm, se considera que desde el pleistoceno, las morrenas han terminado de modelar el relieve actual. La acción erosiva se observa en los afloramientos del Grupo Barroso que bordean el nevado y se presentan completamente fracturados y afectados por la acción abrasiva de los glaciares. Las morrenas se presentan en las partes más altas. Estas en su mayor parte, han sido destruidas dando lugar a depósitos glacio-fluviales antiguos. Su composición es mayormente de fragmentos volcánicos dentro de una matriz arcillosa a limo-arenosa (INGEMMET, 1994).

### **3.2. MATERIALES**

#### **3.2.1. Información Cartografía**

##### **a. Cartografía**

Las Cartas Nacionales han sido obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), lográndose descargar las hojas 32P, 32Q, 32R, 33P, 33Q y 33R, pertenecientes al departamento de Arequipa, así mismo se ha descargado las cuencas hidrográficas, límites departamentales, provinciales y distritales, todo ello para poder definir el área de investigación y que su vez sirvieron de suministro para la generación de los mapas temáticos.

##### **b. Modelo de Elevación Digital del Terreno**

El Modelo de Elevación Digital del Terreno (DEM) se ha obtenido de la Misión Topográfica Radar Shuttle, NASA-NGA, EE.UU. (SRTM), el cual es una misión para la obtención de un modelo digital de elevación de la zona del globo terráqueo comprendida entre 56°S a 60°N. La resolución equivale a 0.0008° ó 90 m x 90 m de grilla de resolución. Esta información se encuentra disponible en la base de datos de la página web del CGIAR – CSI (Consortio para la Información espacial). Página web: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>

### **3.2.2. Análisis de información disponible**

Para el desarrollo de la investigación se ha dispuesto de información de precipitación y temperatura de la región Arequipa (ver Figura 21), proporcionados por el SENAMHI (Tabla 4). En las Tablas 6, 7, 8 y 9 se presentan la disponibilidad de información según las siguientes consideraciones:

- Las estaciones que cuentan con datos de los doce meses del año se le ha identificado en un recuadro con el número “12”, indicando que cuentan con información completa.
- Las estaciones que cuentan con datos solo para algunos meses del año se les ha indicado con los números “1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 u 11”, así, si en un año solo se cuenta con datos de un mes se indica “uno”, si por el contrario en un año se cuenta con datos de once meses se indica “once” y así según la disponibilidad de información por año.
- Las estaciones que no cuentan con información alguna se le identifica con el numero “cero”.
- Por lo que la disponibilidad inicial de los datos muestra estas tres posibilidades por año: información completa (color celeste), información parcial (color verde) y sin información (color amarillo).

#### **a. Precipitación**

Se ha dispuesto de 47 estaciones (periodo 1965-2014), de estas, algunas estaciones no cuentan con datos completos a nivel mensual y tampoco durante varios años; en la Tabla 4 se presenta el detalle de la disponibilidad de información por cada estación.

#### **b. Temperatura**

Se ha contado con información de 37 estaciones para los valores de temperatura media, y 38 estaciones de temperatura máxima y mínima, de estos solo algunas cuentan con datos desde 1965 hasta el 2014, mientras que la mayoría de estas estaciones cuentan con datos más actualizados, el detalle de la disponibilidad de información se muestra en las tablas 5 al 8.

**Tabla 4: Relación de estaciones meteorológicas disponibles**

Estación	Lat. °S	Long. °W	Altitud (msnm)	Región	Provincia	Variable
ANDAGUA	-15.49	-72.34	3528	Arequipa	Castilla	PP, T°
ANGOSTURA	-15.17	-71.64	4256	Arequipa	Caylloma	PP
APLAO	-16.06	-72.48	645	Arequipa	Castilla	T°
AYO	-15.67	-72.27	1956	Arequipa	Castilla	PP, T°
CABANACONDE	-15.61	-71.96	3379	Arequipa	Caylloma	PP, T°
CAMANA	-16.6	-72.68	15	Arequipa	Camana	PP, T°
CARAVELI	-15.77	-73.36	1774	Arequipa	Caravelí	T°
CAYLLOMA	-15.18	-71.78	4450	Arequipa	Caylloma	PP, T°
CHACHAS	-15.49	-72.27	3130	Arequipa	Castilla	PP, T°
CHALA	-15.85	-74.23	94	Arequipa	Caravelí	PP
CHAPARRA	-15.75	-73.86	1033	Arequipa	Caravelí	PP
CHICHAS	-15.54	-72.91	2120	Arequipa	Condesuyos	T°
CHIGUATA	-16.4	-71.4	2943	Arequipa	Arequipa	PP, T°
CHINCHAYLLAPA	-14.91	-72.73	4497	Arequipa	La Unión	PP
CHIVAY	-15.63	-71.59	3661	Arequipa	Caylloma	PP, T°
CHOCO	-15.56	-72.11	3192	Arequipa	Castilla	PP, T°
CHUQUIBAMBA	-15.22	-72.89	2832	Arequipa	Condesuyos	PP, T°
CONDOROMA	-15.4	-71.3	4287	Arequipa	Caylloma	PP, T°
COTAHUASI	-14.91	-72.73	2675	Arequipa	La Unión	PP, T°
CRUCERO ALTO	-17.76	-70.91	4470	Arequipa	Caylloma	T°
EL FRAYLE	-15.15	-71.18	4119	Arequipa	Caylloma	PP, T°
HUAMBO	-15.73	-73	3500	Arequipa	Caylloma	PP, T°
HUANCA	-16.18	-71.87	3075	Arequipa	Caylloma	T°
HUASACACHE	-16.45	-71.55	2242	Arequipa	Arequipa	T°
IMATA	-15.83	-71.08	4445	Arequipa	Caylloma	PP, T°
LA HACIENDITA	-16.98	-71.58	282	Arequipa	Arequipa	T°
LA JOYA	-16.58	-71.91	1292	Arequipa	Arequipa	T°
LA PAMPILLA	-16.4	-71.51	2400	Arequipa	Arequipa	T°
MACHAHUAY	-15.64	-72.5	3150	Arequipa	Castilla	PP, T°
MADRIGAL	-15.61	-71.81	3262	Arequipa	Caylloma	PP, T°
MOLLENDO	-17.01	-72	13	Arequipa	Islay	PP, T°
ORCOPAMPA	-15.26	-72.33	3801	Arequipa	Castilla	PP, T°
PAMPA BLANCA	-17.06	-71.71	100	Arequipa	Islay	PP, T°
PAMPA DE ARRIEROS	-16.51	-71.58	3715	Arequipa	Arequipa	PP
PAMPA DE MAJES	-16.31	-72.2	1434	Arequipa	Caylloma	PP
PAMPACOLCA	-15.71	-72.57	2950	Arequipa	Castilla	PP, T°
PILLONES	-15.98	-71.21	4431	Arequipa	Caylloma	PP, T°
PORPERA	-15.35	-71.31	4152	Arequipa	Caylloma	PP, T°

Estación	Lat. °S	Long. °W	Altitud (msnm)	Región	Provincia	Variable
PULLHUAY	-15.15	-72.76	3113	Arequipa	La Unión	PP, T°
PUNTA ATICO	-16.21	-73.68	20	Arequipa	Caraveli	T°
SAIROSA	-14.91	-72.66	4743	Arequipa	La Unión	PP
SALAMANCA	-15.5	-72.83	3303	Arequipa	Condesuyos	PP, T°
SALINAS	-16.33	-71.14	4322	Arequipa	Arequipa	PP
SIBAYO	-15.48	-71.45	3827	Arequipa	Caylloma	PP, T°
TISCO	-15.35	-71.45	4175	Arequipa	Caylloma	PP, T°
YANAQUIHUA	-15.77	-72.87	3007	Arequipa	Condesuyos	T°

PP: Precipitación

T°: Temperatura

### 3.2.3. Procesamiento de información

Para el desarrollo de la investigación se ha revisado información bibliográfica del área de estudio, además se ha se analizó los temas referidos al aspecto climático y los referidos a los glaciares, del mismo modo se ha realizado un trabajo de campo llevado a cabo en junio de 2015. Así mismo se ha procesado la información mediante equipos de cómputo: PC y Laptop.

Los softwares empleados son:

- MS Excel: sirvió de base para realizar diversos cálculos, generación y presentación de figuras.
- ARCGIS 10.4: en este software se definido las áreas del nevado, así mismo se ha generado los mapas temáticos
- PCI Geomatic 2016: Se realizó el procesamiento digital de las imágenes de satélite, del mismo modo se estableció el Índice Normalizado de Nieve (NDSI).
- Hydraccess: A partir de los datos disponibles se generó el Vector Regional para el parámetro de precipitación. Este programa fue descargado de la web: <http://www.ore-hybam.org/index.php/Software/Hydraccess>.
- TREND: software estadístico libre, para el análisis de tendencias y saltos. Se empleó la versión 1.0.2. El programa fue descargado de la web: <https://toolkit.ewater.org.au/trend>.











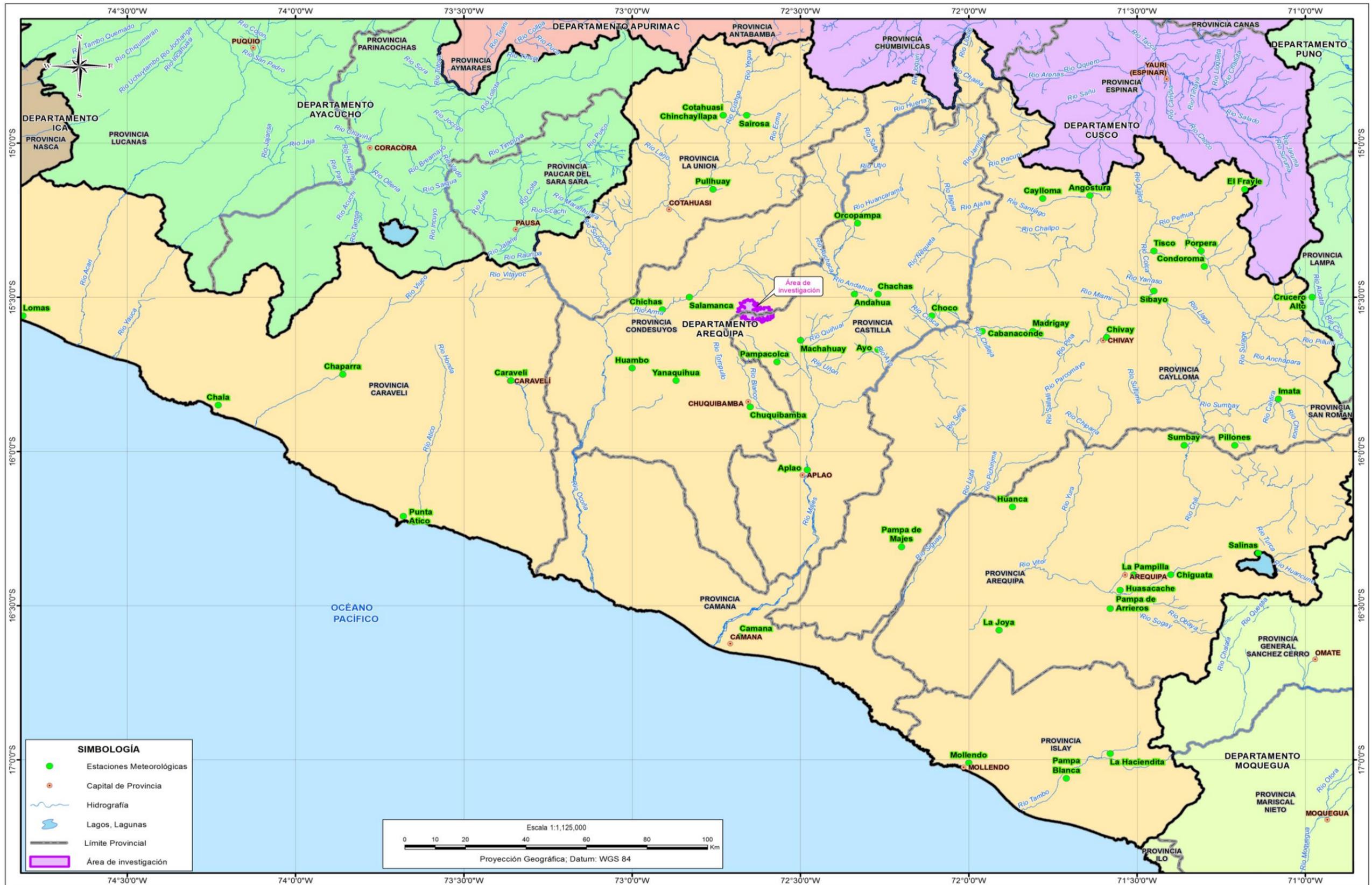


Figura 21: Ubicación de las estaciones meteorológica

### **3.3. METODOLOGÍA**

#### **3.3.1. Análisis de información de precipitación y temperatura**

Los datos obtenidos del SENAMHI, fueron analizados de la siguiente manera:

La precipitación total mensual y la temperatura media mensual fueron analizadas en su registro original, verificándose la confiabilidad de la misma a través del Método del Vector Regional (MVR).

El análisis consideró el periodo estacional según la climatología siguiente:

- Verano: Diciembre, Enero, Febrero (DEF).
- Otoño: Marzo, Abril, Mayo (MAM).
- Invierno: Junio, Julio, Agosto (JJA).
- Primavera: Setiembre, Octubre, Noviembre (SON)

Así mismo se ha realizado un análisis anual.

#### **3.3.2. Análisis del Vector Regional**

Con el objetivo de establecer la región climática del cual es parte de área de investigación, se consideró la aplicación del Método del Vector Regional.

El MVR consiste en elaborar, a partir del conjunto de la información disponible, una especie de estación ficticia que sea representativa de toda la zona de investigación. Para cada estación se calcula un promedio extendido sobre todo el período de estudio, y para cada año, se calcula un índice que será superior a “uno” cuando el año es excedentario, e inferior a “uno” cuando el año es deficitario. A esta serie de índices anuales o mensuales se le llama Vector Regional, ya que toma en cuenta la información de una región que se supone es climáticamente homogénea. (Freile, 2007).

Para la aplicación de este método se ha empleado el software hidrológico Hydraccess desarrollado por el Instituto de investigación para el desarrollo (IRD) de Francia, el cual tiene incluido un módulo para el cálculo del Vector Regional. Con el objetivo de obtener resultados confiables el método considera para su análisis de cuatro estaciones a más y

datos de entre 25 a 30 años como mínimo. Por lo que para la aplicación de este método se ha seguido las restricciones indicadas previamente, así mismo para elección de las estaciones, se ha considerado que sus datos sean mayores a 20 años.

### **3.3.3. Análisis de tendencia y quiebres de la precipitación y temperatura**

Como parte del análisis de los datos de precipitación y temperatura, se realizó el análisis de tendencia y quiebre de las variables consideradas (precipitación y temperatura), esto se realizó con el objetivo de verificar la existencia o no de tendencia y quiebre de los mismos, los cuales podrían estar dados principalmente por:

- Cambios climáticos como resultado del incremento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero.
- Cambio en el uso del suelo (manejo, deforestación, etc.)
- Errores en los registros de los datos (depurados durante el análisis del VR).

Para el análisis de tendencia se consideraron diversos métodos utilizando el programa TREND los cuales se indican a continuación:

#### **a. Tests para tendencias**

- Mann-Kendall (non-paramétrico)
- Regresión Linear (paramétrico)

#### **b. Tests para cambio en media/mediana**

- Distribución Free CUSUM (non-parametrico)

Los test para el análisis de tendencias, muestran si los datos analizados presentan tendencia o no, según se detalla a continuación.

Así:

- a.  $\alpha=5\%$ , existe 5% (0.05) de probabilidad de equivocarse y 95% (0.95) de confianza.
- b.  $\alpha=1\%$ , existe 1% (0.01) de probabilidad de equivocarse y 99% (0.99) de confianza.
- c.  $\alpha=10\%$ , existe 10% (0.1) de probabilidad de equivocarse y 90% (0.90) de confianza.

Para el análisis de la información, primero se organizó los datos trimestralmente (SON, DEF, MAM y JJA), respetándose lo usado en el análisis del VR, obteniéndose un promedio para la temperatura y volumen acumulado para la precipitación. Así mismo se analizó los datos anuales, considerando los totales anuales (precipitación) y los promedios anuales (temperatura), estos datos trimestrales y anuales se analizaron en el programa TREND, este programa fue diseñado para facilitar los tests estadísticos para la tendencia, cambio y aleatoriedad en las series de tiempo hidrológicas. Posee 12 pruebas estadísticas basadas en el Taller de Trabajo Experto de la WMO/UNESCO sobre Detección de Tendencias/Cambios y en la publicación llevada a cabo por el Centro de Investigación Cooperativa para la Hidrología de Cuencas en Australia, 2005). El formato del ingreso de datos es el CDT.

#### **3.3.4. Análisis de Teleconexiones**

Con el objetivo de verificar la relación entre los valores de precipitación y temperatura en el área de investigación, con los índices climáticos de la temperatura superficial del mar y la presión atmosférica, se ha analizado cada uno de estos considerando las características de su origen, según se indica a continuación, existe de igual manera el índice propuesto por Takahashi et al. (2011) para caracterizar el ENSO, el cual no será usado a causa que en el presente estudio se trabaja con índices de un uso más global.

##### **a. Índices climáticos basados en la temperatura superficial del mar**

- Índice Multivariado del ENSO (MEI)
- Índice Oceánico del Niño – ONI
- Oscilación Decadal del Pacífico Norte (PDO)
- Índice del Noratlántico Tropical (NTA)
- Índice Atlántico Tropical Sur (TSA)
- Índices El Niño 1+2, 3.4 y 4

##### **b. Índices climáticos basados en la presión atmosférica**

- La Oscilación del Atlántico Norte (NAO)
- Índice de la Oscilación del Sur (SOI)
- Índice de Oscilación del Norte (NOI)

Para obtener los resultados referidos a las teleconexiones, se organizaron los datos de cada estación de acuerdo al año hidrológico (de setiembre hasta agosto), los datos fueron organizados respetando la agrupación estacional propuesta anteriormente, luego se calcularon los valores para cada trimestre, así mismo se calculó el promedio anual de la temperatura y el total anual de la precipitación. Los resultados anuales y de cada trimestre fueron correlacionados con cada índice mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

### **3.3.5. Coeficiente de correlación de Pearson**

Este coeficiente, es un índice que mide el grado de covariación entre distintas variables relacionadas linealmente. Esto es, si tenemos dos variables X e Y. Tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariada conjunta (Restrepo y Gonzales, 2007). El coeficiente se define por la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad -1 \leq \rho \leq 1$$

$\sigma_x$  = Desviación típica de X

$\sigma_y$  = Desviación típica de Y

Cuando  $\rho = (+)$  la relación es directa entre las variables. Si  $\rho = (-)$  la relación es inversa y si  $\rho = 0$  son independientes.

### **3.3.6. Teledetección y percepción remota**

Como parte de la elaboración del proyecto de investigación, se ha realizado el análisis de evolución de la cobertura glaciaria mediante el tratamiento de imágenes de satélite (imágenes Landsat).

### a. Satélite Landsat

La base de la investigación ha sido las imágenes satelitales, de estos se ha considerado las imágenes *Landsat 5 TM* y *Landsat 8 OLI* de libre disponibilidad, a partir del cual se ha definido las áreas del Nevado Coropuna.

### b. Imágenes Utilizadas

Siguiendo la metodología de investigación se ha descargado imágenes de satélite (*Landsat 5 TM* y *Landsat 8 OLI*) del servidor del USGS Global Visualization Viewer (GloVis), las cuales están disponibles de forma gratuita desde la página web: <http://glovis.usgs.gov>, cabe precisar que la descarga de cada imagen se ha realizado según la disponibilidad de la misma y según los siguientes criterios:

- Las imágenes no debieron presentar cobertura de nubes y tampoco cobertura nival.
- Estar comprendidas en el periodo de análisis que es entre 1987 hasta 2015. Se consideró la descarga de imágenes a partir de 1987, debido a que las imágenes Landsat poseen la banda infrarroja recién a partir de dicho año en la región de análisis, ya que mediante la utilización de esta banda recién se puede aplicar el método del NDSI.
- Debido a que la resolución espacial de estas imágenes es de 30 metros, deben tener un distanciamiento temporal de entre cinco a seis años.

Las fechas de adquisición de las imágenes son presentadas en la Tabla 9.

**Tabla 9: Fechas de adquisición de las imágenes Landsat**

Satélite	Fecha
Landat 5 TM	11 de noviembre de 1987
Landat 5 TM	10 de diciembre de 1992
Landat 5 TM	06 de setiembre de 1998
Landat 5 TM	07 noviembre del 2003
Landat 5 TM	03 octubre del 2008
Landat 8 OLI	21 de noviembre del 2015

FUENTE: Elaboración propia.

### 3.3.7. Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (NDSI)

Para poder obtener el área de cobertura glaciar del Nevado Coropuna, se utilizó el Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (Normal Difference Index SNOW - NDSI), esto se ha realizado mediante la aplicación del Software PCI-Geomatic 2016.

La nieve se caracteriza por una alta reflexión en el rango visible (0.5-0.7  $\mu\text{m}$ ) y una fuerte absorción en el infrarrojo de onda corta (1.0-3.5  $\mu\text{m}$ ). En contraste, las nubes sólo poseen una alta reflexión cuasi uniforme en el rango visible. Así el filtro NDSI permitió distinguir las masas de nieve de otras cubiertas de la superficie terrestre (Cartes, 2009).

Para las imágenes de *Landsat 5 TM*, el NDSI está definido como la diferencia de reflexión observada en una banda visible, usualmente la banda verde, y la banda infrarroja de onda corta, dividido por la suma de las dos reflexiones. Los resultados se obtienen según la siguiente expresión:

$$NDSI = \frac{B_2 - B_5}{B_2 + B_5}$$

Donde,

B2: Banda 2 (Banda Verde)

B5: Banda 5 (Banda Infrarroja de Onda Corta)

Mientras que para el caso de las imágenes *Landsat 8 OLI*, el NDSI se calculó dividiendo la diferencia de reflectancia observada en la banda verde (0.53-0.59  $\mu\text{m}$ ) y la banda infrarroja de ondas cortas (1.57-1.65  $\mu\text{m}$ ) con la suma de las dos bandas según se detalla a continuación (Sibandze et al., 2014).

$$NDSI = \frac{B_3 - B_6}{B_3 + B_6}$$

Donde,

Green: Banda 3 (Banda Verde)

SWIR: Banda 6 (Banda Infrarroja de Onda Corta)

El valor del índice oscila entre un margen de (-1) a 1, siendo 1 un valor que indica 100 por ciento de cobertura nival o glaciar.

### 3.3.8. Volumen

Para obtener el volumen de una masa glaciar, se ha considerado el método o relación Volumen-Área (V-A), es el método más utilizado para estimaciones de volumen de hielo. Bahr, (2011), establecieron que el volumen de hielo se puede calcular como una función del área de una superficie, así mismo concluyeron que grandes glaciares tienden generalmente a ser más gruesos.

La fórmula general del volumen de un glaciar es:

$$V = cA^{\gamma}$$

V representa el volumen del glaciar, c y  $\gamma$  dos parámetros de escala. Mientras que el espesor de hielo se calcula según la relación Espesor-Área.

$$H = cA^{\beta}$$

Donde H es el grosor medio de hielo y  $\beta = \gamma - 1$ .

Para los fines de la investigación se ha considerado tres métodos derivados de esta metodología, partiendo de los propuestos por Frey et al. (2014) en el estudio de los montes Himalaya: (i) Chen y Ohmura (1990), que utiliza la medición de 63 glaciares para determinar los parámetros de escala relacionados; (ii) Bahr, (2011), que deriva de los parámetros en un estudio teórico; y (iii) Ligg et al. (1988), quien estableció una relación entre el espesor y el área en base a mediciones de hielo de espesor en 15 glaciares (Su et al., 1984).

Los parámetros utilizados según los autores indicados se presentan en la Tabla 10.

**Tabla 10: Parámetros de escala para el cálculo del Volumen Glaciar**

Fuente	c	$\gamma$
Chen and Ohmura (1990)	0.2055	1.36
Bahr et al. (1997)	0.191	1.375
LIGG et al. (1998)*	0.8433*	1.300*

\*Usado en la expresión  $H = \alpha + cA^{\gamma-1}$ , con  $\alpha = -11.32$  m.

FUENTE: Frey et al., 2011.

### **3.3.9. Teleconexiones y Variabilidad climática**

Con el objetivo de verificar la variabilidad climática en la región de investigación, se clasificaron los valores de precipitación y temperatura en base a diferentes índices representativos que son descritos en el capítulo II. Organizándolos determinando cuales son los que guardan mayor relación con las variables climáticas.

Los índices más correlacionados con las variables climáticas fueron analizados mediante relaciones directas a las variables climáticas asignando límites para caracterizar la magnitud de estos en las variables climáticas.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **4.1. ANÁLISIS REGIONAL**

Para el análisis del VR se ha seguido los lineamientos establecidos en el capítulo anterior. Así mismo los datos ingresados tuvieron las siguientes consideraciones; se analizaron los datos de precipitación de 47 estaciones disponibles, los cuales fueron analizados en su condición original, así mismo el periodo de análisis fue de 1965 al 2014, el número mínimo de estaciones consideradas por año para considerar la construcción del vector regional fue de tres y el número mínimo de años con datos por estación fue de 20.

Las estaciones que no cumplían con estas condiciones, además, aquellas en donde su grado de correlación no se ajustaba al vector o era baja, fueron desestimados, eliminándose un total de 11 estaciones.

De los resultados obtenidos se ha establecido que en el departamento de Arequipa se presentan tres regiones climáticas claramente diferenciadas; donde se destaca la primera que corresponde a la zona norte de este departamento (por encima de los 3000 msnm), en donde se identifican que los datos de 21 estaciones meteorológicas presentan un comportamiento particular y presentan una correlación alta entre ellas (por encima de 0.6), identificando que todos los valores mostrados guardan una semejanza con el Vector calculado, a esta primera región se le ha denominado “Región 1”. Es en esta región donde se ubica el Nevado Coropuna. En la Figura 22 se muestra las regiones climáticas identificadas, así mismo en la Figura 23 se presenta el índice del vector calculado para la “Región 1”, mientras que en la Tabla 11 los datos estadísticos de esta.

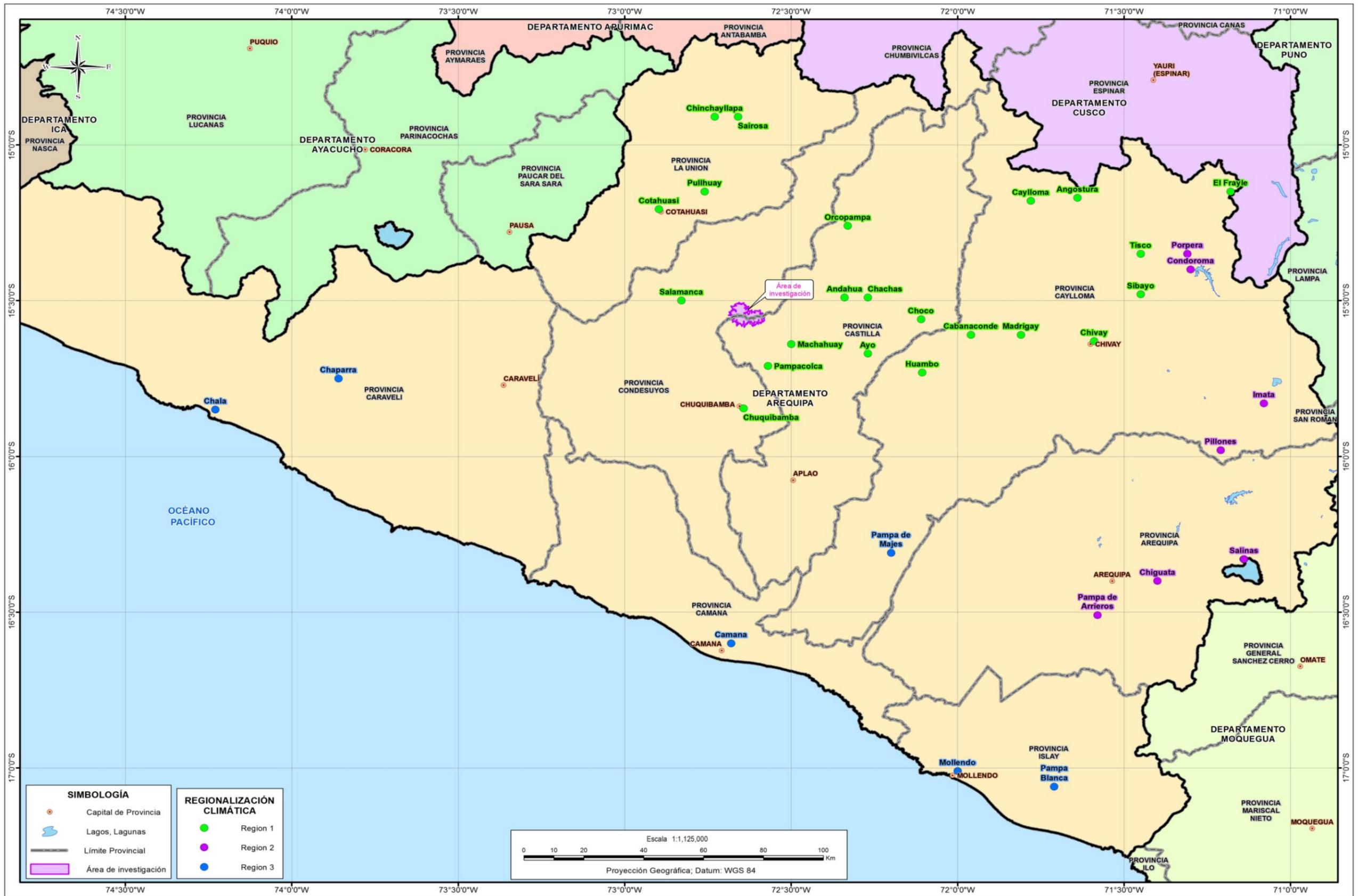
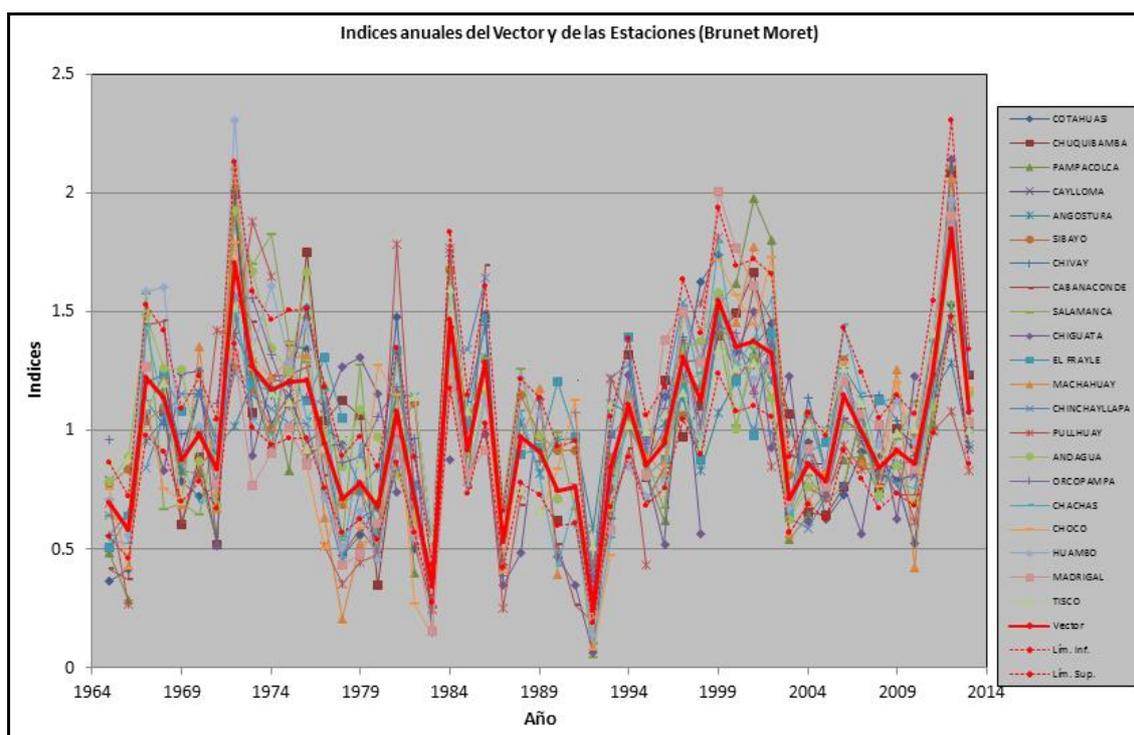


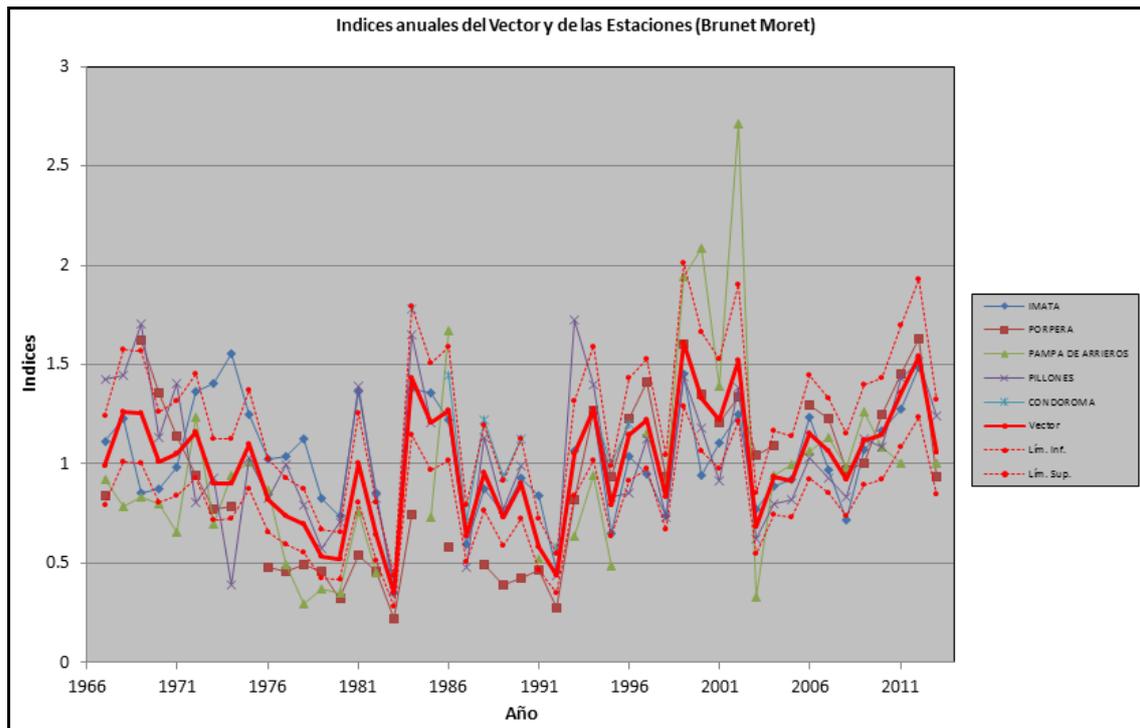
Figura 22: Mapa de regiones climáticas



**Tabla 11: Estaciones y datos estadísticos de la “Región 1”**

<b>Id Estación</b>	<b>Nº Años</b>	<b>D.E. Obs.</b>	<b>Coef. Variación</b>	<b>Media Obs.(mm)</b>	<b>D.E. Desvios</b>	<b>Correl. /Vector</b>
COTAHUASI	35	126.8	0.412	308.1	0.211	0.877
CHUQUIBAMBA	33	79	0.369	214.1	0.235	0.807
PAMPACOLCA	34	116.8	0.461	253.6	0.231	0.914
CAYLLOMA	22	140.3	0.186	754.4	0.149	0.818
ANGOSTURA	47	170.1	0.21	810.6	0.223	0.709
SIBAYO	46	148.4	0.252	588.4	0.151	0.867
CHIVAY	42	135.1	0.319	423.7	0.135	0.91
CABANACONDE	47	179.5	0.446	402.6	0.18	0.933
SALAMANCA	49	121.6	0.389	312.3	0.229	0.804
CHIGUATA	42	99.9	0.429	232.7	0.325	0.642
EL FRAYLE	40	80.4	0.258	311.1	0.186	0.792
MACHAHUAY	38	130.0	0.43	302.1	0.211	0.916
CHINCHAYLLAPA	38	248.8	0.338	736.1	0.214	0.771
PULLHUAY	37	319.4	0.526	607.8	0.335	0.725
ANDAGUA	45	121.9	0.337	361.5	0.186	0.849
ORCOPAMPA	40	117.6	0.267	440.1	0.158	0.893
CHACHAS	43	106.3	0.398	267.2	0.164	0.917
CHOCO	41	99.9	0.455	219.6	0.232	0.852
HUAMBO	47	110.7	0.405	273.4	0.19	0.899
MADRIGAL	40	180.2	0.417	431.9	0.22	0.85
TISCO	44	175.5	0.249	705	0.17	0.858

La segunda región se ubica hacia el sureste de la región andina, con un comportamiento similar de los valores de precipitación en cinco estaciones meteorológicas, así mismo presentan un grado de correlación por encima de 0.7 y los índices están próximos a uno, aun cuando en algunos años los umbrales se alejan ligeramente de este valor, a esta región se le ha denominado “Región 2”. En la Figura 24 se presenta el índice del vector y en la Tabla 12 los datos estadísticos.



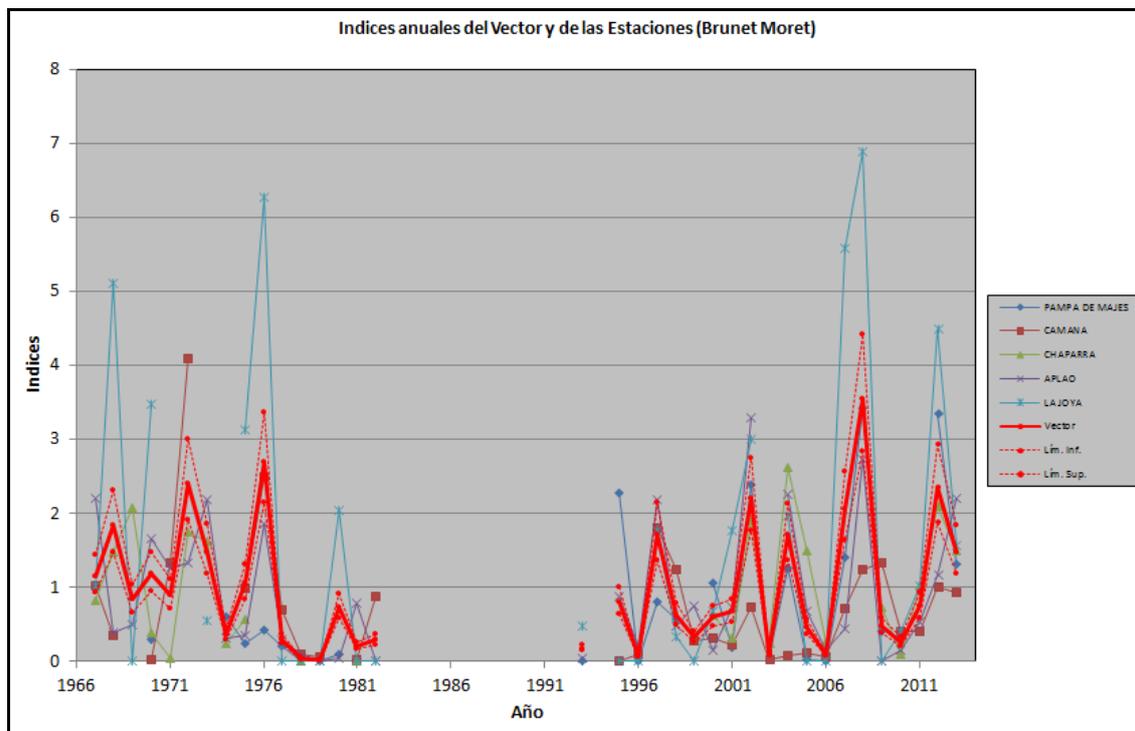
**Figura 24: Vector Regional para la “Región 2”**

**Tabla 12: Estaciones y datos estadísticos de la segunda región – “Región 2”**

Id Estación	Nº Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs. (mm)	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
IMATA	46	144.1	0.267	539	0.215	0.72
PORPERA	42	298	0.447	666	0.262	0.79
PAMPA DE ARRIEROS	38	161.2	0.519	310.6	0.334	0.789
PILLONES	45	141.0	0.34	415.1	0.222	0.775
CONDOROMA	11	196.6	0.306	643.4	0.187	0.949

Y finalmente el tercer sector que corresponde a la zona costera del departamento, con cinco estaciones que presentan una dinámica similar al vector calculado, aun cuando algunas estaciones presentan sus índices por encima del límite del vector, sin embargo, a pesar de ello, estos serían valores propios de la zona. A esta región se le ha denominado

“Región 3”. En la Figura 25 se presenta el índice del vector y en la Tabla 13 los datos estadísticos.



**Figura 25: Vector Regional para la “Región 3”**

**Tabla 13: Estaciones y datos estadísticos de la tercera región – “Región 3”**

Id Estación	No Años	D.E. Obs.	Coef. Variación	Media Obs. (mm)	D.E. Desvíos	Correl. /Vector
PAMPA DE MAJES	25	9.1	1.265	7.2	0.706	0.761
CAMANA	31	10.6	1.162	9.2	0.871	0.571
CHAPARRA	23	8.0	0.839	9.5	0.524	0.761
APLAO	35	5.6	0.986	5.7	0.656	0.73
LA JOYA	32	3.0	1.278	2.4	1.459	0.885

#### 4.2. COMPORTAMIENTO DE LAS SERIES TEMPORALES DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA

Para el análisis de tendencia de los datos de precipitación y temperatura, se utilizó series trimestrales (DEF, MAM, JJA, SON) y anuales; a partir de ello los datos de cada estación fueron analizados mediante los métodos de Mann-Kendall y Regresión Lineal para la evaluación de la tendencia, y el método de CUSUM para el análisis de estabilidad de la media. El nivel de confianza considerado ha sido de 90, 95 y 99 por ciento, el cual esta expresado en 0.1, 0.5 y 0.01 respectivamente.

#### 4.2.1. Análisis del comportamiento temporal de la precipitación

Se realizó el análisis de tendencia de los datos de las estaciones que se encuentran solo en la región climática “Región 1”. Las estaciones analizadas se muestran en la Tabla 14 que corresponde al periodo 1965-2014.

Los resultados del análisis de tendencia (Tabla 14) de los datos anuales y en el trimestre DEF mostraron que solo en tres estaciones (Chivay, Madrigal y Sibayo) presentaron tendencia positivas con significancias por encima del 95 por ciento de fiabilidad, en el trimestre SON, las estaciones Andahua, Angostura, Chivay, Huambo, Salamanca y Sibayo presentaron una tendencia negativa de sus valores siendo su confianza en la mayoría de los casos por encima del 95 por ciento; en el trimestre MAM solo las estaciones Andahua y Salamanca presentaron una tendencia al descenso de sus valores y el Trimestre JJA no se evidencia tendencia alguna, el nivel de confianza es variable según cada trimestre, así generalmente este es de 95 y 99 por ciento y en algunos casos también del 90 por ciento.

**Tabla 14: Análisis de tendencia y quiebre de la precipitación**

Periodo	Test estadístico	Andahua	Angostura	Cabanaconde	Chivay	Huambo	Madrigal	Salamanca	Sibayo	Tisco	
Anual	Tendencia	Mann-Kendall	NS	NS	NS	+S (0.1)	NS	+S (0.05)	NS	+S (0.1)	NS
		Linear regression	NS	NS	-S (0.1)	+S (0.05)	NS	+S (0.05)	-S (0.1)	+S (0.1)	NS
	Quiebre	Cusum	NS	NS	NS	1997 (0.05)	NS	1994 (0.01)	NS	NS	NS
SON	Tendencia	Mann-Kendall	-S (0.05)	NS	NS	-S (0.1)	-S (0.05)	NS	-S (0.01)	-S (0.05)	NS
		Linear regression	-S (0.1)	-S (0.1)	NS	NS	-S (0.05)	NS	-S (0.01)	-S (0.1)	NS
	Quiebre	Cusum	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1991 (0.05)	NS	NS
DEF	Tendencia	Mann-Kendall	NS	NS	NS	+S (0.05)	NS	+S (0.01)	NS	+S (0.01)	NS
		Linear regression	NS	NS	NS	+S (0.05)	NS	+S (0.01)	NS	+S (0.05)	NS
	Quiebre	Cusum	NS	NS	NS	1994 (0.05)	NS	1994 (0.01)	NS	1994 (0.05)	NS
MAM	Tendencia	Mann-Kendall	-S (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		Linear regression	-S (0.01)	NS	NS	NS	NS	NS	-S (0.1)	NS	NS
	Quiebre	Cusum	1979 (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
JJA	Tendencia	Mann-Kendall	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
		Linear regression	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Quiebre	Cusum	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

(+): Tendencia positiva

(-): Tendencia negativa

(NS): No significativo

(Año indicado): año en que se detectó quiebre en la media

#### 4.2.2. Análisis de tendencia de la temperatura máxima media

Así mismo se realizó el análisis de tendencia y quiebre de los valores de temperatura máxima media mensual del periodo 1965-2014, las estaciones analizadas se muestran en la Tabla 15.

Del análisis en el trimestre SON, se evidencio que todas las estaciones presentan tendencia positiva, en tanto que en los trimestres DEF, MAM, JJA y en el promedio anual seis de las estaciones antes indicadas presentan de igual manera una tendencia positiva, mientras que solo en la estación La Pampilla los resultados fueron no significativos. Los quiebres se han desarrollado en diversos años, que datan desde finales de la década del 70 hasta la década del 90, siendo un tanto más recurrente en esta última década. Los resultados indicados mostraron un nivel de confianza de 99 por ciento. En la Tabla 15 se presentan los resultados.

**Tabla 15: Análisis de tendencia de la temperatura máxima**

Periodo	Test estadístico	Aplao	Caraveli	Chivay	El Frayle	Imata	Pampa Blanca	La Pampilla	
ANUAL	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
	Quiebre	Cusum	1980 (0.01)	1991 (0.01)	1993 (0.01)	2001 (0.01)	1993 (0.01)	1995 (0.01)	NS
SON	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)
	Quiebre	Cusum	1983 (0.01)	1992 (0.01)	1993 (0.01)	1992 (0.01)	1993 (0.01)	1991 (0.05)	1985 (0.05)
DEF	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
	Quiebre	Cusum	1984 (0.01)	1993 (0.01)	1976 NS	1986 NS	1976 (0.05)	2004 (0.05)	NS
MAM	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS
	Quiebre	Cusum	1986 (0.01)	1993 (0.01)	1976 (0.05)	1989 (0.01)	1989 (0.05)	2005 (0.1)	NS
JJA	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	NS
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	NS	NS
	Quiebre	Cusum	1977 (0.01)	1991 (0.01)	1991 (0.01)	1992 (0.01)	1993 (0.01)	2007 NS	NS

(+): Tendencia positiva

(-): Tendencia negativa

(NS): No significativo

(Año indicado): año en que se detectó quiebre en la media

### 4.2.3. Análisis de tendencia de la temperatura media

Se analizó también los datos de la temperatura media. En la Tabla 16 se presenta las estaciones analizadas, en donde se evidencia que todas las estaciones muestran una tendencia positiva de sus valores tanto a nivel trimestral (SON, DEF, MAM y JJA) como a nivel anual. Los quiebres ocurrieron en años diversos, sin embargo se muestra una recurrencia en varias estaciones y en casi todos los trimestres que este cambio en la media ocurrió entre 1989 a 1996.

El nivel de confianza de la gran mayoría de las estaciones es del 99 por ciento, y solo algunas estaciones presentan un nivel de confianza del 90 al 95 por ciento. El detalle de los resultados se presenta en la Tabla 16.

**Tabla 16: Análisis de tendencia de la temperatura media**

Periodo	Test Estadístico	Aplao	Caraveli	Chivay	Cotahuasi	El Frayle	Imata	Pampa Blanca	La Pampilla	Sibayo	
ANUAL	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	1995 (0.01)	1989 (0.01)	2000 (0.01)	1995 (0.01)	1991 (0.01)	1992 (0.01)	1990 (0.01)	1985 (0.01)	1992 (0.01)
	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	1980 (0.01)	NS	2000 (0.01)	1995 (0.01)	1992 (0.05)	1993 (0.01)	1990 (0.01)	1989 (0.01)	1993 (0.01)
DEF	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.1)	+S (0.05)	+S (0.1)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.05)	+S (0.1)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)
	Quiebre	Cusum	1991 (0.01)	NS	2001 (0.1)	NS	1992 (0.01)	1993 (0.05)	1996 (0.01)	1986 (0.01)	NS
MAM	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	1990 (0.01)	1986 (0.01)	2002 (0.05)	NS	1997 (0.01)	1982 (0.05)	1991 NS	1979 (0.019)	1989 (0.01)
JJA	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.1)	+S (0.01)	+S (0.01)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.1)	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	1978 (0.01)	1989 (0.01)	1991 (0.01)	1994 (0.01)	1983 (0.01)	1996 (0.05)	NS	1978 (0.01)	1991 (0.01)

(+): Tendencia positiva

(-): Tendencia negativa

(NS): No significativo

(Año indicado): año en que se detectó quiebre en la media

#### 4.2.4. Análisis de tendencia de la temperatura mínima media

Finalmente se realizó el análisis de tendencia de la temperatura mínima media de las estaciones que se muestran en la Tabla 17. De los valores anuales y del trimestre DEF se establece que los valores de todas estaciones presentan una tendencia positiva; en el trimestre MAM, siete estaciones presentan tendencia a excepción de la estación Sibayo (método de regresión lineal), en el trimestre JJA, seis estaciones presentan tendencia a excepción de las estaciones Aplao y Pampa Blanca (método de regresión lineal). Y en el trimestre SON las estaciones Aplao, Chivay, Pampa Blanca y La Pampilla presentan tendencia al incremento de sus valores. Respecto a los datos anuales y en el trimestre DEF, los quiebres se presentan en años diversos aun cuando se concentran sobre todo en las décadas del 80 y 90.

**Tabla 17: Análisis de tendencia de la temperatura mínima**

Periodo	Test Estadístico		Aplao	Carabeli	Chivay	El Frayle	Imata	Pampa Blanca	La Pampilla	Sibayo
ANUAL	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S(0.01)	+S (0.01)	+S(0.01)	+S(0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S(0.05)
		Linear regression	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S(0.01)	+S(0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S(0.01)
	Quiebre	Cusum	1990 (0.01)	1995 (0.01)	1997 (0.01)	1995 (0.05)	NS	1990 (0.05)	1983 (0.01)	1981 (0.01)
SON	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.05)	NS	+S (0.05)	NS	NS	+S (0.05)	+S (0.01)	NS
		Linear regression	+S (0.1)	+S (0.1)	+S (0.05)	NS	NS	+S (0.1)	+S (0.01)	NS
	Quiebre	Cusum	1991 (0.05)	NS	2000 (0.01)	NS	NS	1981 (0.1)	1978 (0.01)	NS
DEF	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)
		Linear regression	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	1991 (0.01)	1995 (0.01)	1997 (0.01)	1995 (0.01)	1999 (0.01)	1996 (0.01)	1985 (0.01)	1979 (0.1)
MAM	Tendencia	Mann-Kendall	+S (0.05)	+S (0.01)						
		Linear regression	+S (0.1)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.01)	+S (0.1)	+S (0.01)	NS
	Quiebre	Cusum	1991 (0.1)	1996 (0.01)	1998 (0.01)	1983 (0.01)	1998 (0.05)	1979 (0.01)	1984 (0.01)	1981 (0.1)
JJA	Tendencia	Mann-Kendall	NS	+S (0.01)						
		Linear regression	NS	+S (0.05)	+S (0.01)	+S (0.05)	+S (0.01)	NS	+S (0.01)	+S (0.01)
	Quiebre	Cusum	NS	NS	1999 (0.01)	1983 (0.01)	1996 (0.01)	NS	1981 (0.01)	1981 (0.05)

(+): Tendencia positiva

(-): Tendencia negativa

(NS): No significativo

(Año indicado): año en que se detectó quiebre en la media

### **4.3. TELECONEXIONES**

A partir de este análisis se ha podido establecer la relación existente entre los índices (MEI, NAO, Niño 3.4, Niño 4, Niño 1+2, NOI, ONI, PDO, SOI, TNA, TSA, NALT, SALT, NALT-SALT), con los valores de precipitación y temperatura; para este análisis se consideró a las estaciones que tengan datos del periodo 1965-2014, así mismo para el caso de la precipitación se consideró solo a las estaciones de la “Región 1” obtenidos del análisis del VR.

Para obtener los resultados de este análisis se ha organizado los datos anuales y nuevamente por trimestres. Se utilizó como indicador de la conexión el test de correlación de Pearson para un 95 por ciento de significancia.

#### **4.3.1. Índice de precipitación**

Para este análisis se consideraron los valores de las estaciones: Andahua, Angostura, Cabanaconde, Chivay, Huambo, Madrigal, Salamanca, Sibayo y Tisco. Los resultados se presentan en las Tablas 18 y 19.

En el análisis anual de las estaciones se verifico que los índices MEI, El Niño 3.4, El Niño 4, ONI y PDO presentan una relación inversa significativa o negativa, es decir cuando estos índices se intensifican, la precipitación desciende en la región de investigación y cuando estos índices se atenúan la precipitación se incrementa. En tanto los índices NOI y SOI presentan una relación directa o positiva con los valores de casi todas las estaciones, concluyéndose que cuando estos índices se incrementan la precipitación también lo hace y cuando estos índices se atenúan la precipitación desciende. Los otros índices no presentan un impacto significativo.

En el trimestre SON, los datos de varias estaciones presentaron una correlación negativa significativa, con los índices NOI, SOI, NALT-SALT. Así mismo presentaron una correlación positiva según se indica a continuación: MEI, El Niño 3.4, ONI, El Niño 1+2.

Mientras que en el trimestre DEF, los índices más significativos fueron MEI, El Niño 3.4, El Niño 4 y ONI y que además presentaron una correlación negativa. Mientras que los índices que presentan una correlación directa significativa son NOI y SOI.

En tanto que en el trimestre MAM, en general se presenta una correlación negativa significativa en algunas estaciones (Angostura, Cabanaconde, Madrigal, Sibayo) con los índices MEI, El Niño 3.4, PDO y ONI. Mientras que hay una correlación positiva con los índices NOI y SOI, los otros índices son poco significativos o simplemente no existen tal como se verifica en la Tabla 19.

Y en el trimestre JJA, en la gran mayoría de las estaciones no se presenta una correlación entre los valores de precipitación con los índices.

**Tabla 18: Correlación al 95 por ciento de grado de confianza entre los índices climáticos y los valores de precipitación anual y de los trimestres SON y DEF**

PERIODO	ESTACIONES	ONI	MEI	SOI	Niño 3.4	Niño 4	Niño 1+2	NOI	PDO	TNA	TSA	NALT	SALT	NALT-SALT	NAO
Anual	Andahua	-0.30	-0.33	0.33	-0.34	-0.41	-0.08	0.41	-0.38	-0.29	0.05	-0.31	-0.05	-0.24	0.03
	Angostura	-0.43	-0.36	0.33	-0.40	-0.33	-0.29	0.37	-0.14	-0.21	0.21	-0.21	0.21	-0.35	0.04
	Cabanaconde	-0.42	-0.39	0.41	-0.41	-0.41	-0.12	0.45	-0.34	-0.17	0.24	-0.16	0.18	-0.29	-0.01
	Chivay	-0.39	-0.32	0.32	-0.35	-0.35	-0.05	0.34	-0.38	-0.12	0.12	-0.11	0.09	-0.17	0.11
	Huambo	-0.43	-0.46	0.47	-0.46	-0.48	-0.18	0.47	-0.54	-0.23	0.00	-0.21	-0.05	-0.16	0.17
	Madrigal	-0.47	-0.38	0.41	-0.42	-0.41	-0.08	0.37	-0.35	0.07	0.25	0.08	0.21	-0.09	-0.04
	Salamanca	-0.18	-0.22	0.25	-0.22	-0.27	-0.02	0.36	-0.33	-0.28	0.16	-0.27	0.12	-0.34	0.14
	Sibayo	-0.50	-0.45	0.47	-0.47	-0.41	-0.25	0.51	-0.36	-0.08	0.30	-0.06	0.29	-0.28	-0.04
	Tisco	-0.32	-0.27	0.28	-0.29	-0.26	-0.06	0.29	-0.30	-0.08	0.21	-0.06	0.17	-0.19	-0.04
SON	Andahua	0.08	0.15	-0.10	0.05	-0.02	0.21	-0.24	0.18	-0.12	0.14	-0.13	0.14	-0.21	0.04
	Angostura	0.31	0.38	-0.48	0.29	0.23	0.26	-0.33	0.22	-0.25	0.07	-0.27	-0.11	-0.30	0.04
	Cabanaconde	0.25	0.28	-0.24	0.23	0.16	0.28	-0.22	0.22	-0.14	0.10	-0.19	0.09	-0.26	0.07
	Chivay	0.27	0.36	-0.45	0.25	0.18	0.33	-0.39	0.21	-0.21	-0.02	-0.22	-0.10	-0.19	-0.01
	Huambo	0.38	0.38	-0.33	0.35	0.20	0.37	-0.34	0.26	-0.13	0.17	-0.14	0.04	-0.22	-0.03
	Madrigal	0.18	0.27	-0.33	0.18	0.09	0.31	-0.39	0.12	-0.07	0.17	-0.06	0.03	-0.17	-0.10
	Salamanca	0.20	0.24	-0.25	0.16	0.07	0.15	-0.16	0.21	-0.23	0.11	-0.25	0.03	-0.33	0.10
	Sibayo	0.28	0.33	-0.42	0.26	0.18	0.26	-0.30	0.18	-0.27	0.00	-0.27	-0.12	-0.24	0.10
	Tisco	0.39	0.45	-0.51	0.38	0.26	0.38	-0.47	0.20	-0.19	0.08	-0.20	-0.08	-0.23	0.05
DEF	Andahua	-0.36	-0.38	0.34	-0.37	-0.48	-0.11	0.38	-0.19	-0.26	0.04	-0.25	0.02	-0.19	0.18
	Angostura	-0.53	-0.55	0.54	-0.52	-0.48	-0.34	0.37	-0.09	0.00	0.03	0.04	0.21	0.03	0.11
	Cabanaconde	-0.46	-0.48	0.49	-0.45	-0.50	-0.12	0.40	-0.12	-0.09	0.09	-0.04	0.20	-0.08	0.18
	Chivay	-0.48	-0.50	0.53	-0.46	-0.48	-0.17	0.34	-0.22	-0.02	0.07	0.05	0.14	0.00	0.27
	Huambo	-0.47	-0.50	0.49	-0.49	-0.58	-0.15	0.42	-0.24	-0.16	-0.07	-0.11	0.02	-0.03	0.20
	Madrigal	-0.48	-0.46	0.48	-0.47	-0.46	-0.12	0.34	-0.19	0.07	0.11	0.15	0.23	0.07	0.28
	Salamanca	-0.22	-0.26	0.32	-0.23	-0.29	-0.04	0.31	-0.22	-0.15	0.13	-0.11	0.19	-0.20	0.15
	Sibayo	-0.54	-0.55	0.60	-0.52	-0.48	-0.27	0.51	-0.17	0.03	0.10	0.12	0.29	0.04	0.20
	Tisco	-0.36	-0.39	0.44	-0.35	-0.34	-0.13	0.30	-0.18	0.01	0.04	0.08	0.17	0.07	0.09

**Tabla 19: Correlación al 95 por ciento de grado de confianza entre los índices climáticos y los valores de precipitación en los trimestres MAM y JJA**

PERIODO	ESTACIONES	ONI	MEI	SOI	Niño 3.4	Niño 4	Niño 1+2	NOI	PDO	TNA	TSA	NALT	SALT	NALT-SALT	NAO
MAM	Andahua	0.01	-0.10	-0.05	-0.10	0.06	-0.03	0.23	<b>-0.34</b>	-0.10	-0.13	-0.07	-0.23	0.07	-0.17
	Angostura	<b>-0.28</b>	-0.25	0.17	-0.27	-0.14	<b>-0.31</b>	<b>0.32</b>	-0.04	-0.25	<b>0.28</b>	-0.25	0.23	<b>-0.38</b>	-0.07
	Cabanaconde	<b>-0.31</b>	<b>-0.31</b>	0.16	<b>-0.34</b>	-0.20	-0.17	<b>0.37</b>	-0.27	-0.26	0.12	-0.24	0.04	-0.25	-0.05
	Chivay	-0.17	-0.20	0.13	-0.15	-0.10	-0.10	<b>0.35</b>	<b>-0.29</b>	-0.22	0.11	-0.17	0.05	-0.18	0.11
	Huambo	-0.20	<b>-0.32</b>	0.21	-0.24	-0.12	-0.14	<b>0.31</b>	<b>-0.55</b>	-0.21	-0.02	-0.19	-0.16	-0.11	0.00
	Madrigal	<b>-0.38</b>	<b>-0.34</b>	<b>0.28</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.32</b>	-0.19	<b>0.35</b>	<b>-0.30</b>	-0.07	0.20	-0.07	0.10	-0.17	-0.18
	Salamanca	-0.14	-0.19	0.16	-0.19	-0.13	-0.07	<b>0.30</b>	<b>-0.44</b>	-0.24	0.10	-0.23	0.04	-0.23	-0.16
	Sibayo	<b>-0.38</b>	<b>-0.40</b>	<b>0.33</b>	<b>-0.39</b>	-0.26	<b>-0.37</b>	<b>0.47</b>	-0.25	-0.26	0.25	-0.22	0.21	<b>-0.35</b>	-0.04
	Tisco	<b>-0.35</b>	<b>-0.33</b>	0.22	<b>-0.34</b>	-0.19	-0.26	<b>0.38</b>	-0.20	-0.28	0.20	-0.24	0.13	<b>-0.32</b>	-0.01
JJA	Andahua	0.23	0.17	-0.11	0.23	0.13	0.14	-0.17	0.19	-0.19	0.03	-0.18	-0.02	-0.19	0.02
	Angostura	0.26	0.20	-0.12	0.27	0.18	0.08	-0.20	<b>0.34</b>	-0.17	-0.17	-0.24	-0.17	-0.06	0.02
	Cabanaconde	0.08	0.07	0.06	0.07	-0.02	0.06	0.09	0.18	-0.26	0.10	-0.24	0.08	<b>-0.30</b>	0.00
	Chivay	0.11	0.04	0.03	0.11	0.05	0.01	-0.09	0.11	-0.20	-0.01	-0.17	-0.01	-0.19	0.14
	Huambo	0.10	0.06	0.00	0.09	0.01	0.09	-0.10	0.16	-0.20	0.03	-0.21	0.01	-0.21	0.03
	Madrigal	0.12	0.07	0.00	0.12	0.03	0.07	-0.10	0.14	-0.20	0.06	-0.16	0.02	-0.22	0.06
	Salamanca	0.23	0.16	-0.10	0.20	0.08	0.16	-0.16	0.22	-0.20	0.02	-0.26	-0.05	-0.18	-0.09
	Sibayo	0.25	0.19	-0.25	0.24	0.13	0.03	-0.23	0.11	-0.22	-0.14	-0.21	-0.12	-0.08	0.00
	Tisco	0.12	0.06	0.01	0.13	0.09	-0.04	-0.03	0.14	-0.24	0.05	-0.20	0.03	-0.25	-0.06

### **4.3.2. Índice de la Temperatura**

Se ha proseguido con el análisis entre los índices climáticos y solo los valores de temperatura media de las estaciones Aplao, Caraveli, Chivay, El Frayle, Imata, La Pampilla, Pampa Blanca y Punta Atico.

En lo que respecta a la correlación entre los índices anuales ocho estaciones, presentan una correlación significativa y positiva con los índices MEI, El Niño 3.4, El Niño 4, El Niño 1+2 y ONI, así mismo algunas estaciones presentan una correlación positiva con los índices PDO, TNA, TSA y SALT, esto muestra que cuando estos índices se intensifican se incrementa la temperatura y cuando estos índices se atenúan disminuye la temperatura en la región de investigación. Mientras que los índices SOI y NOI presentan una correlación negativa con casi todas las estaciones.

En los trimestre SON, MAN y JJA, entre cinco a seis estaciones presentan una correlación positiva con los índices MEI, El Niño 3.4, El Niño 4, El Niño 1+2, ONI, TNA, TSA, NALT, SALT, mientras estas mismas estaciones presentan una correlación negativa con los índices SOI y NOI.

En el trimestre DEF, todas las estaciones presentan una correlación positiva con los índices ONI, MEI, El Niño 3.4, El Niño 4 y El Niño 1+2, así mismo algunas estaciones presentan también una correlación positiva con los índices TNA, TSA, NALT, SALT; mientras que todas las estaciones presentan una correlación negativa con los índices SOI y NOI.

En la Tabla 20 se presenta los resultados obtenidos.

**Tabla 20: Correlación al 95 por ciento de grado de confianza entre los índices climáticos y la temperatura media mensual.**

PERIODO	ESTACIONES	ONI	MEI	SOI	Niño 3.4	Niño 4	Niño 1+2	NOI	PDO	TNA	TSA	NALT	SALT	NALT-SALT	NAO
ANUAL	Aplao	0.42	0.64	-0.5	0.52	0.44	0.68	-0.56	0.48	0.42	0.27	0.46	0.31	0.18	0.08
	Caraveli	0.63	0.69	-0.56	0.7	0.68	0.61	-0.65	0.3	0.61	0.2	0.57	0.21	0.35	-0.21
	Chivay	0.47	0.53	-0.4	0.53	0.49	0.54	-0.55	-0.4	0.67	0.26	0.68	0.26	0.41	-0.24
	El Frayle	0.34	0.41	-0.3	0.42	0.45	0.36	-0.34	0.23	0.53	0.63	0.52	0.63	-0.02	-0.21
	La Pampilla	0.44	0.6	-0.49	0.55	0.57	0.49	-0.51	0.48	0.47	0.32	0.49	0.4	0.14	0.03
	Pampa Blanca	0.36	0.54	-0.37	0.43	0.3	0.73	-0.53	0.23	0.38	0.09	0.42	0.16	0.26	0.02
	Punta Atico	0.59	0.77	-0.66	0.62	0.42	0.84	-0.66	0.53	0.11	-0.11	0.13	-0.09	0.19	0.18
	Imata	0	0.04	-0.03	0	0.06	0.06	-0.2	-0.15	0.07	-0.02	0.03	0.09	-0.05	-0.03
SON	Aplao	0.43	0.52	-0.43	0.5	0.53	0.54	-0.4	0.26	0.4	0.35	0.44	0.42	0.11	-0.05
	Caraveli	0.46	0.56	-0.51	0.52	0.58	0.56	-0.47	0.26	0.37	0.18	0.36	0.19	0.19	-0.15
	La Pampilla	0.28	0.38	-0.26	0.38	0.49	0.4	-0.15	0.17	0.52	0.31	0.55	0.42	0.18	-0.06
	Pampa Blanca	0.47	0.57	-0.45	0.53	0.49	0.73	-0.43	0.34	0.31	0.2	0.37	0.26	0.13	-0.01
	Punta Atico	0.53	0.66	-0.58	0.56	0.46	0.77	-0.53	0.51	0.02	0.13	0.05	0.19	-0.1	0.02
	El Frayle	0.27	0.13	-0.26	0.33	0.41	0.31	-0.32	-0.03	0.37	0.53	0.38	0.5	-0.05	-0.16
	Chivay	0.17	0.1	-0.07	0.22	0.26	0.21	-0.33	-0.07	0.59	0.18	0.65	0.28	0.37	0
	Imata	0.15	0.11	-0.02	0.18	0.21	0.15	-0.31	-0.13	0.46	0.31	0.45	0.2	0.26	-0.31
DEF	Aplao	0.45	0.52	-0.46	0.48	0.39	0.7	-0.45	0.34	0.13	0.33	0.2	0.36	-0.12	0.2
	Caraveli	0.71	0.72	-0.58	0.71	0.68	0.66	-0.59	0.18	0.43	0.27	0.34	0.23	0.08	-0.13
	Chivay	0.69	0.62	-0.57	0.69	0.62	0.67	-0.44	-0.57	0.43	0.31	0.58	0.23	0.35	-0.08
	El Frayle	0.47	0.43	-0.36	0.49	0.5	0.51	-0.44	0.2	0.47	0.6	0.64	0.51	0.18	-0.08
	La Pampilla	0.76	0.79	-0.68	0.77	0.76	0.69	-0.57	0.34	0.39	0.3	0.34	0.31	0.02	-0.13
	Pampa Blanca	0.31	0.34	-0.22	0.34	0.24	0.58	-0.31	0.06	0.25	0.34	0.27	0.38	-0.09	0.1
	Punta Atico	0.6	0.64	-0.56	0.6	0.43	0.76	-0.44	0.32	-0.01	0.31	-0.02	0.31	-0.27	0.06
	Imata	0.56	0.63	-0.52	0.59	0.5	0.67	-0.42	0.47	0.28	0.58	0.27	0.57	-0.25	0.03
MAM	Aplao	0.48	0.68	-0.52	0.57	0.4	0.67	-0.53	0.42	0.34	0.1	0.35	0.18	0.2	0.14
	Caraveli	0.62	0.63	-0.48	0.67	0.61	0.56	-0.52	0.22	0.57	0.15	0.57	0.19	0.32	0.07
	Punta Atico	0.69	0.79	-0.67	0.71	0.48	0.77	-0.66	0.44	0.26	-0.26	0.27	-0.24	0.38	0.2
	La Pampilla	0.49	0.66	-0.5	0.59	0.53	0.41	-0.52	0.6	0.36	0.22	0.4	0.26	0.14	0.13
	Pampa Blanca	0.42	0.54	-0.37	0.49	0.28	0.67	-0.53	0.21	0.31	-0.07	0.34	0.01	0.26	0.17
	El Frayle	0.2	0.29	-0.12	0.27	0.22	0.21	-0.02	0.17	0.35	0.55	0.42	0.6	-0.08	-0.03
	Chivay	0.03	0.07	0.04	0.06	0.07	-0.03	-0.39	0.04	0.19	0.05	0.2	0.09	0.11	-0.05
	Imata	0.13	0.32	-0.09	0.2	0.11	0.2	-0.06	0.23	0.26	0.52	0.27	0.52	-0.15	0.02
JJA	Aplao	0.33	0.62	-0.41	0.39	0.32	0.6	-0.39	0.49	0.46	0.07	0.29	0.11	0.32	-0.21
	Caraveli	0.52	0.63	-0.52	0.59	0.64	0.44	-0.62	0.28	0.41	-0.13	0.43	-0.08	0.44	-0.25
	La Pampilla	0.31	0.52	-0.37	0.42	0.45	0.31	-0.41	0.44	0.36	0.1	0.39	0.22	0.17	-0.11
	Pampa Blanca	0.47	0.74	-0.47	0.49	0.32	0.81	-0.43	0.34	0.28	-0.12	0.28	-0.11	0.33	-0.22
	Punta Atico	0.52	0.78	-0.51	0.51	0.29	0.85	-0.48	0.5	0.13	-0.23	0.12	-0.23	0.29	0.02
	Imata	-0.02	0.02	0.04	0.07	0.22	0.08	-0.11	-0.07	0.54	0.25	0.51	0.22	0.28	-0.23
	Chivay	0.11	0.36	-0.26	0.17	0.27	0.37	-0.3	-0.26	0.49	0.04	0.47	0.07	0.37	-0.29
	El Frayle	0.1	0.46	-0.24	0.17	0.31	0.05	-0.2	0.36	0.33	0.32	0.16	0.39	-0.16	-0.18

#### 4.4. VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA E INDICADORES CLIMÁTICOS

Se presenta los resultados del análisis de la variabilidad de la precipitación y la temperatura a partir de los índices climáticos El Niño 3.4, ONI y SOI, los valores considerados fueron por cada trimestre (SON, DEF, MAM, JJA) y los valores anuales.

El ONI se ha convertido en el factor estándar que utiliza la NOAA para identificar eventos de El Niño (cálido) y La Niña (frío) en el Pacífico tropical. Tres meses en o por encima de la anomalía de +0.5 para eventos de El Niño y en o por debajo de la anomalía de -0.5 para eventos de frío (La Niña). El umbral se descompone además en eventos de Normal (-0.5 a 0.5), Niño Débil (0.5 a 0.1), El Niño Moderado (1.0 a 1.5), El Niño Fuerte (1.5 a 2.0) y Muy Fuerte ( $\geq 2.0$ ), La Niña Débil (-0.5 a -1.0), La Niña Moderado (-1 a -1.5), La Niña Fuerte (-1.5 a -2.0) y La Niña muy Fuerte ( $< -2.0$ ). Para clasificar el Índice de El Niño 3.4, se considera a los mismos umbrales que el ONI (ver Tabla 21).

**Tabla 21: Eventos El Niño/La Niña según los índices ONI y Niño 3.4**

Índice	Evento El Niño/La Niña								Niña muy Fuerte
	Niño muy Fuerte	Niño Fuerte	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado	Niña Fuerte	
ONI	> 2	[2-1.5>	[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>	[-1.5 - -2>	<-2
Niño 3.4	> 2	[2-1.5>	[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>	[-1.5 - -2>	<-2

FUENTE: Golden Gate Weather Services, 2017.

En tanto que para clasificar de los eventos El Niño y La Niña de acuerdo al índice SOI, se consideró el criterio del Western Regional Climate Center de la NOAA, según se detalla a continuación: Niño intenso ( $\leq -1.0$ ), El Niño Moderado (-1.0 a -0.5), Normal (-0.5 a 0.5), La Niña Moderada (0.5 a 1.0) y La Niña Intensa ( $\geq 1.0$ ). En la Tabla 22 se presenta el detalle de la misma.

**Tabla 22: Eventos El Niño/La Niña según el índice SOI**

Indice	Eventos El Niño/La Niña				
	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
SOI	$\leq -1$	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	$\geq 1$

FUENTE: Western Regional Climate Center – NOAA.

Los resultados correspondientes a la variabilidad; fueron agrupados según su correspondencia en cada índice (ONI, El Niño 3.4 y SOI) y en base a lo establecido en el rango de las Tablas 23 y 24, esto sirvió como referencia para agrupar los valores de la precipitación y temperatura respectivamente, obteniendo con ello los promedios correspondientes para cada evento El Niño/La Niña.

Los índices de variabilidad para la precipitación fueron calculados producto de la división o relación de los valores promedio (previamente agrupados) para cada evento El Niño/La Niña (SON, DEF, MAM, JJA y el total o promedio anual) con sus respectivos valores promedio (periodo 1965-2014), obteniéndose los valores de los índices. Si el resultado es superior a “uno”, esto indica que los valores están por encima del promedio, y cuanto más elevado sean estos muestran una mayor variabilidad incrementándose los valores respecto al promedio; por el contrario si el resultado es inferior a “uno”, indica que los valores están por debajo del promedio, de igual modo, cuanto menor sean estos, muestran un mayor descenso de sus valores respecto al promedio; y si es igual a “uno”, indica que no ha habido cambio.

Ejemplo, un valor de 1.1 representa un incremento de 10 por ciento respecto al valor de referencia y de 0.9 una disminución de 10 por ciento respecto al valor de referencia.

Los rangos que se muestran en la Tabla 24, oscilan desde valores menores a 0.7, (<0.7, 0.7-0.8, 0.8-0.9 y 0.9-1.0) hasta 1, los resultados que se encuentran dentro de estos rangos indican que están por debajo del promedio, mientras que los valores que están entre 1 a 1.3 (1.0-1.1, 1.1-1.2, 1.2-1.3 y >1.3) indican que están por encima del promedio, en tanto que los valores que se encuentran por encima 2.0 muestran una gran variabilidad, mostrando el incremento de los valores muy por encima del promedio.

**Tabla 23: Límites considerados en el análisis de la variabilidad de la precipitación**

Código	Límite	Descripción
	> 2.0	Incremento de los valores superiores al 100% respecto al promedio
	2.0 - 1.3	Incremento de los valores entre 30 a 100% respecto al promedio
	1.3 - 1.2	Incremento de los valores entre 20 a 30% respecto al valor promedio
	1.2 - 1.1	Incremento de los valores entre 10 a 20% respecto al valor promedio
	1.1 - 1.0	Incremento de los valores hasta un 10% respecto al valor promedio
	1.0 - 0.9	Disminución de los valores hasta un 10% respecto al valor
	0.9 - 0.8	Disminución de los valores entre 10 a 20% respecto al valor promedio
	0.8 - 0.7	Disminución de los valores entre 20 a 30% respecto al valor promedio
	< 0.7	Disminución de los valores superiores al 30% respecto al promedio

FUENTE: Elaboración propia.

La variabilidad de la temperatura se obtuvo mediante la diferencia de los valores entre cada evento El Niño/La Niña con el promedio del periodo analizado (1965-2014). Para los resultados positivos, los rangos analizados comprenden de 0.0 hasta 0.3 y valores superiores a este último, estableciéndose que cuanto mayor sea este mayor es la variabilidad mostrando un incremento de los valores. En tanto que para los resultados negativos, el rango analizado comprende valores menores a -0.3 hasta 0.0, estableciéndose también que cuanto menor sea este, mayor es la variabilidad pero mostrando un mayor descenso de la temperatura (ver Tabla 25).

**Tabla 24: Límites considerados en análisis de la variabilidad de la temperatura**

Código	Límite	Descripción
	> 0.3	Incremento de los valores superiores a 0.3°C respecto al promedio
	0.3 - 0.2	Incremento de los valores entre 0.2°C a 0.3°C respecto al valor promedio
	0.2 - 0.1	Incremento de los valores entre 0.1°C a 0.2°C respecto al valor promedio
	0.1 - 0.0	Incremento de los valores de 0°C a 0.1°C respecto al valor promedio
	0.0 - (-0.1)	Disminución de los valores de 0°C a -0.1°C respecto al valor promedio
	(-0.1) - (-0.2)	Disminución de los valores entre -0.1°C a -0.2°C respecto al valor promedio
	(-0.2) - (-0.3)	Disminución de los valores entre -0.2°C a -0.3°C respecto al valor promedio
	< -0.3	Disminución de los valores superiores a -0.3°C respecto al promedio

FUENTE: Elaboración propia.

#### **4.4.1. Variabilidad de la precipitación**

Para el análisis de la variabilidad de la precipitación se consideró a las estaciones Madrigal, Salamanca, Cabanaconde, Huambo, Andahua, Chivay, Sibayo, Tisco y Angostura.

En los valores del promedio anual, la variabilidad presenta una señal con cierta claridad; así por la dinámica de los índices Niño 3.4 y ONI, solo en el evento Niño Moderado la precipitación disminuye incluso hasta un 22 por ciento, mientras que en el evento Niño 1982-1983 y Niño Débil la gran mayoría de las estaciones muestran también una disminución de sus valores; en el evento La Niña Moderado la precipitación se incrementa incluso hasta un 50 por ciento, y en los eventos La Niña Débil y en los años denominados “Normales” en siete estaciones la precipitación también se incrementa; en tanto en El Niño 1997-1998 este parámetro presentó cierta variación incrementándose y disminuyendo respecto al promedio.

En tanto que por efectos del índice SOI, en los eventos Niño Intenso y Niño moderado la precipitación disminuyó incluso hasta un 46 por ciento, en un evento “Normal” la precipitación generalmente tiende a disminuir ligeramente (hasta un 7 por ciento), en el evento La Niña Moderada la precipitación se incrementa incluso hasta un 36 por ciento, en tanto que en la Niña Intensa en siete estaciones la precipitación también se incrementa; mientras que en el evento El Niño 1997-1998 la señal no es muy clara. En las Tablas 25 y 26 se presentan los resultados obtenidos.

**Tabla 25: Variabilidad de la precipitación anual por los índices Niño 3.4 y ONI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado
						[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>
NIÑO 3.4	Madrigal	3262	423.8	0.87	1.53	0.89	0.67	1.01	0.94	1.5
	Salamanca	3303	363.8	0.46	1.16	0.78	1.03	1.00	1.01	1.18
	Cabanaconde	3379	405.4	0.34	1.35	0.84	0.81	1.02	1.04	1.31
	Huambo	3500	300	0.92	0.85	0.84	0.87	1.02	0.98	1.31
	Andahua	3528	372.6	1.08	1.14	0.94	0.92	0.98	1.02	1.31
	Chivay	3661	433.5	1.04	0.99	0.8	0.88	1.02	1.13	1.08
	Sibayo	3827	607.8	0.65	0.96	0.78	0.85	1.04	1.01	1.19
	Tisco	4175	709.5	0.97	1.05	0.83	0.84	1.03	1.0	1.07
	Angostura	4256	808.4	0.85	0.9	0.82	0.88	1.03	1.04	1.04
ONI	Madrigal	3262	423.8	0.87	1.53	0.89	0.67	1.01	0.94	1.50
	Salamanca	3303	363.8	0.46	1.16	0.78	1.03	1.00	1.01	1.18
	Cabanaconde	3379	405.4	0.34	1.35	0.84	0.81	1.02	1.04	1.31
	Huambo	3500	300	0.92	0.85	0.84	0.87	1.02	0.98	1.31
	Andahua	3528	372.6	1.08	1.14	0.94	0.92	0.98	1.02	1.31
	Chivay	3661	433.5	1.04	0.99	0.8	0.88	1.02	1.13	1.08
	Sibayo	3827	607.8	0.65	0.96	0.78	0.85	1.04	1.01	1.19
	Tisco	4175	709.5	0.97	1.05	0.91	0.9	1.03	1.00	1.07
	Angostura	4256	808.4	0.85	0.9	0.82	0.88	1.03	1.04	1.04

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

**Tabla 26: Variabilidad de la precipitación anual por el índice SOI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
						≤-1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1
	Madrigal	3262	423.8	0.87	1.53	0.74	0.8	0.85	1.36	1.09
	Salamanca	3303	363.8	0.46	1.16	0.66	0.64	1.17	1.02	1.13
	Cabanaconde	3379	405.4	0.34	1.35	0.75	0.71	0.94	1.28	1.16
	Huambo	3500	300	0.92	0.85	0.78	0.78	0.97	1.22	1.13
	Andahua	3528	372.6	1.08	1.14	0.80	0.82	0.93	1.24	1.19
	Chivay	3661	433.5	1.04	0.99	0.86	0.77	0.97	1.22	1.06
	Sibayo	3827	607.8	0.65	0.96	0.72	0.86	0.97	1.23	1.04
	Tisco	4175	709.5	0.97	1.05	0.84	0.94	0.97	1.17	0.99
	Angostura	4256	808.4	0.85	0.90	0.82	0.93	1.01	1.10	1.00

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

Los resultados que se presentan en las Tablas 27 y 28 (trimestre SON) muestran que, por la dinámica de los índices El Niño 3.4 y ONI; en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998, El Niño muy Fuerte y El Niño Fuerte la precipitación se incrementó, y en algunos casos a más de un 300 por ciento respecto a su valor promedio, en el evento El Niño Moderado y La Niña Fuerte, prácticamente todas las estaciones presentaron una disminución de sus valores, incluso hasta un 51 por ciento; en los otros eventos la precipitación presenta cierta variación incrementándose y disminuyendo.

Los efectos del índice SOI en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998 y en un año “Normal” define que la precipitación se incremente incluso a más de 300 por ciento, así también en El Niño Intenso la mayoría de las estaciones indican un incremento de sus valores, en los eventos La Niña Moderado, El Niño Moderado y La Niña Intensa la precipitación desciende incluso hasta un 56 por ciento.

**Tabla 27: Variabilidad de la precipitación en el trimestre SON - índices Niño 3.4 y ONI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño muy Fuerte	Niño Fuerte	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado	Niña Fuerte
						> 2	[2-1.5>	[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>	[-2—2.5>
NIÑO 3.4	Madrigal	3262	29.5	3.33	3.21	3.21	2.10	0.56	1.04	0.79	1.11	1.58	0.40
	Salamanca	3303	18.6	1.94	1.27	1.27	3.21	0.59	0.65	1.21	0.83	0.77	1.01
	Cabanaconde	3379	22.3	2.59	1.78	1.78	2.15	0.73	1.16	0.83	1.08	1.32	0.45
	Huambo	3500	13.5	2.53	1.61	1.61	2.87	1.52	0.98	0.83	0.74	1.43	0.52
	Andahua	3528	25.8	1.38	1.94	1.94	1.94	0.76	0.85	0.84	1.20	1.36	1.05
	Chivay	3661	39.7	3.49	1.91	1.91	2.60	0.49	1.12	0.89	1.05	0.98	0.47
	Sibayo	3827	63.7	3.75	1.11	1.11	2.57	0.97	1.01	0.9	1.07	0.92	0.58
	Tisco	4175	81.4	4.14	1.7	1.7	2.8	0.98	0.88	1.01	0.79	0.85	0.69
	Angostura	4256	102	3.12	1.20	1.20	2.06	0.96	0.93	1.09	0.89	0.59	0.70
ONI	Madrigal	3262	29.5	3.33	3.21	3.21	2.1	0.56	1.04	0.79	1.11	1.58	0.40
	Salamanca	3303	18.6	1.94	1.27	1.27	3.21	0.59	0.65	1.21	0.83	0.77	1.01
	Cabanaconde	3379	22.3	2.59	1.78	1.78	2.15	0.73	1.16	0.83	1.08	1.32	0.45
	Huambo	3500	13.5	2.53	1.61	1.61	2.87	1.52	0.98	0.83	0.74	1.43	0.52
	Andahua	3528	25.8	1.38	1.94	1.93	1.94	0.76	0.85	0.84	1.2	1.36	1.05
	Chivay	3661	39.7	3.49	1.91	1.91	2.6	0.49	1.12	0.89	1.05	0.98	0.47
	Sibayo	3827	63.7	3.75	1.11	1.11	2.57	0.97	1.01	0.9	1.07	0.92	0.58
	Tisco	4175	81.4	4.14	1.70	1.70	2.8	0.98	0.88	1.01	0.79	0.85	0.69
	Angostura	4256	102	3.12	1.20	1.20	2.06	0.96	0.93	1.09	0.89	0.59	0.7

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

**Tabla 28: Variabilidad de la precipitación en el trimestre SON - índice SOI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
SOI	Madrigal	3262	29.5	3.33	3.21	1.36	0.6	1.32	0.65	0.71
	Salamanca	3303	18.6	1.94	1.27	1.08	0.85	1.54	0.71	0.55
	Cabanaconde	3379	22.3	2.59	1.78	0.98	1.53	1.24	0.51	0.74
	Huambo	3500	13.5	2.53	1.61	1.37	0.91	1.23	0.65	0.65
	Andahua	3528	25.8	1.38	1.94	0.99	0.92	1.37	0.44	0.91
	Chivay	3661	39.7	3.49	1.91	1.49	0.75	1.26	0.68	0.59
	Sibayo	3827	63.7	3.75	1.11	1.32	0.99	1.21	0.63	0.65
	Tisco	4175	81.4	4.14	1.70	1.39	0.89	1.2	0.58	0.65
	Angostura	4256	102	3.12	1.20	1.33	0.98	1.24	0.57	0.62

**Incremento**

**Disminución**

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

En el trimestre DEF, la dinámica de los índices Niño 3.4 y ONI determino que en los eventos El Niño 1997-1998, La Niña Débil, Niña Moderado y Niña Fuerte la precipitación se incrementa incluso hasta un 75 por ciento; en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño Moderado, El Niño Débil y en un evento “Normal” la precipitación disminuye en algunos casos hasta un 90 por ciento; mientras que en los eventos El Niño Muy Fuerte y El Niño Fuerte en más de siete estaciones la precipitación también disminuye.

Los efectos del índice SOI, indican que en los eventos 1997-1998, La Niña Moderada y La Niña Intensa la precipitación se incrementa incluso hasta un 75 por ciento; mientras que en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño Intenso, El Niño Moderado y en un evento “Normal” hay una clara señal a la disminución de la precipitación. En las Tablas 29 y 30 se presentan los resultados correspondientes.

**Tabla 29: Variabilidad de la precipitación en el trimestre DEF - índices Niño 3.4 y ONI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño muy Fuerte	Niño Fuerte	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado	Niña Fuerte
						> 2	[2-1.5>	[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5--0.5>	[-0.5--1>	[-1--1.5>	[-2--2.5>
NIÑO 3.4	Madrigal	3262	269.9	0.69	1.52	1.10	0.50	0.71	0.84	0.87	1.31	1.45	1.32
	Salamanca	3303	236.5	0.34	1.48	0.91	1.12	0.67	0.79	0.98	1.15	1.08	1.27
	Cabanaconde	3379	261.8	0.10	1.75	0.92	0.71	0.71	0.76	0.86	1.32	1.47	1.36
	Huambo	3500	200.8	0.87	1.02	0.95	0.85	0.73	0.96	0.88	1.19	1.23	1.30
	Andahua	3528	241.3	1.00	1.33	1.17	0.82	0.78	0.81	0.83	1.30	1.26	1.36
	Chivay	3661	267.0	0.81	1.05	0.93	0.84	0.71	0.86	0.93	1.20	1.43	1.16
	Sibayo	3827	375.4	0.18	1.12	0.65	0.77	0.80	0.82	0.96	1.26	1.35	1.13
	Tisco	4175	425.9	0.49	1.15	0.82	0.93	0.88	0.90	0.88	1.25	1.35	1.10
	Angostura	4256	488.7	0.49	1.00	0.74	0.82	0.87	0.91	0.94	1.18	1.20	1.13
ONI	Madrigal	3262	269.9	0.69	1.52	1.10	0.39	0.71	0.82	0.88	1.24	1.23	1.45
	Salamanca	3303	236.5	0.34	1.48	0.91	1.11	0.81	0.74	0.98	1.20	1.01	1.35
	Cabanaconde	3379	261.8	0.10	1.75	0.92	0.68	0.77	0.72	0.85	1.30	1.37	1.17
	Huambo	3500	200.8	0.87	1.02	0.95	0.87	0.76	0.92	0.87	1.15	1.21	1.25
	Andahua	3528	241.3	1.00	1.33	1.17	0.91	0.80	0.78	0.79	1.31	1.21	1.02
	Chivay	3661	267.0	0.81	1.05	0.93	0.95	0.70	0.82	0.91	1.20	1.38	1.10
	Sibayo	3827	375.4	0.18	1.12	0.65	0.67	0.88	0.79	0.95	1.21	1.18	1.10
	Tisco	4175	425.9	0.49	1.15	0.82	0.91	0.92	0.88	0.88	1.25	1.16	1.07
	Angostura	4256	488.7	0.49	1.00	0.74	0.82	0.87	0.91	0.94	1.18	1.20	1.13

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

**Tabla 30: Variabilidad de la precipitación en el trimestre DEF - índice SOI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
						≤-1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1
SOI	Madrigal	3262	269.9	0.69	1.52	0.72	0.94	0.95	1.03	1.31
	Salamanca	3303	236.5	0.34	1.48	0.8	0.82	0.97	1.02	1.26
	Cabanaconde	3379	261.8	0.10	1.75	0.75	0.75	0.9	1.22	1.33
	Huambo	3500	200.8	0.87	1.02	0.81	0.95	0.86	1.09	1.26
	Andahua	3528	241.2	1.00	1.33	0.79	0.92	0.91	1.17	1.23
	Chivay	3661	267	0.81	1.05	0.8	0.93	0.96	1.02	1.25
	Sibayo	3827	375.4	0.18	1.12	0.78	0.94	0.99	1.11	1.21
	Tisco	4175	425.9	0.49	1.15	0.85	0.95	0.93	1.14	1.16
	Angostura	4256	448.7	0.49	1.00	0.81	0.97	1.01	1.11	1.12

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3-1.2 (20-30%)	1.2-1.1 (10 - 20%)	1.0-1.1 (Hasta 10%)	1.0- 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	---------------------	-----------------------	------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

En el trimestre MAM, la dinámica de los índices Niño 3.4 y ONI, define que en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998, El Niño Moderado, El Niño Débil y La Niña Moderado la precipitación muestra una clara señal a la disminución. Mientras que en un evento “Normal” la precipitación disminuye por efectos del índice El Niño 3.4 y se incrementa por la dinámica del índice ONI. En tanto que en el evento La Niña débil hay una clara señal al incremento de la precipitación.

El índice SOI definió que en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998 y El Niño Intenso la precipitación presente una clara señal a la disminución; así mismo en el evento La Niña Moderada y en un evento “Normal” ocho estaciones muestran que la precipitación incrementa su valor. En otros eventos la precipitación presenta cierta variación incrementándose o disminuyendo respecto al promedio. En las Tablas 31 y 32 se presentan el detalle de lo indicado.

**Tabla 31: Variabilidad de la precipitación en el trimestre MAM, índices Niño 3.4 y ONI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado
						[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>
NIÑO 3.4	Madrigal	3262	117.6	0.72	1.21	0.22	0.69	0.83	1.38	0.39
	Salamanca	3303	99.8	0.49	0.47	0.17	0.62	0.93	1.29	0.21
	Cabanaconde	3379	113	0.49	0.44	0.19	0.61	0.91	1.23	0.65
	Huambo	3500	80.2	0.81	0.35	0.46	0.89	0.84	1.27	0.73
	Andahua	3528	97.94	1.29	0.56	0.42	0.92	0.93	0.99	1.06
	Chivay	3661	116.7	0.83	0.62	0.51	0.86	0.91	1.02	0.56
	Sibayo	3827	152.4	0.54	0.6	0.23	0.79	0.94	1.11	0.62
	Tisco	4175	182.4	0.77	0.62	0.32	0.71	0.94	1.08	0.7
	Angostura	4256	201.8	0.64	0.57	0.38	0.75	1.12	0.98	0.63
ONI	Madrigal	3262	117.6	0.72	1.21	0.29	0.79	1.09	1.13	0.39
	Salamanca	3303	99.8	0.49	0.47	0.22	0.56	1.12	1.18	0.21
	Cabanaconde	3379	113	0.49	0.44	0.25	0.61	1.15	0.98	0.65
	Huambo	3500	80.2	0.81	0.35	0.61	0.76	1.1	0.96	0.73
	Andahua	3528	97.94	1.29	0.56	0.56	0.86	1.14	0.75	1.06
	Chivay	3661	116.7	0.83	0.62	0.67	0.8	1.07	1.02	0.56
	Sibayo	3827	152.4	0.54	0.6	0.3	0.73	1.11	1.05	0.62
	Tisco	4175	182.4	0.77	0.62	0.42	0.68	1.11	1.01	0.7
	Angostura	4256	201.8	0.64	0.57	0.38	0.75	1.12	0.98	0.63

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3 - 1.2 (20-30%)	1.2 - 1.1 (10 - 20%)	1.0 - 1.1 (Hasta 10%)	1.0 - 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

**Tabla 32: Variabilidad de la precipitación en el trimestre MAM - índice SOI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
						≤-1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1
SOI	Madrigal	3262	117.6	0.72	1.21	0.55	0.95	1.05	1.28	1.09
	Salamanca	3303	99.8	0.49	0.47	0.40	1.41	0.87	1.52	1.05
	Cabanaconde	3379	113	0.49	0.44	0.48	1.21	1.13	1.28	0.93
	Huambo	3500	80.2	0.81	0.35	0.73	0.96	0.97	1.51	0.95
	Andahua	3528	97.94	1.29	0.56	0.72	1.42	1.07	1.29	0.75
	Chivay	3661	116.7	0.83	0.62	0.81	0.97	1.13	0.98	0.99
	Sibayo	3827	152.4	0.54	0.6	0.58	1.00	1.14	1.16	1.01
	Tisco	4175	182.5	0.77	0.62	0.67	1.12	1.10	1.09	0.99
	Angostura	4256	201.8	0.64	0.57	0.71	1.08	1.12	1.11	0.94

Incremento

Disminución

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3 - 1.2 (20-30%)	1.2 - 1.1 (10 - 20%)	1.0 - 1.1 (Hasta 10%)	1.0 - 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10-20%)	0.8 - 0.7 (20-30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

En el trimestre JJA, la dinámica de los índices El Niño 3.4 y ONI, en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998, La Niña Moderado y en un evento “Normal” se evidencia una clara señal a la disminución de la precipitación y en muchos casos incluso con una disminución del 100 por ciento; mientras que en los eventos El Niño Moderado, El Niño Débil y La Niña Débil la precipitación presenta una clara señal al incremento salvo algunas excepciones.

Por efectos del índice SOI, en los eventos El Niño 1982-1983 y El Niño 1997-1998 se evidencia una clara disminución de la precipitación llegando incluso al 100 por ciento; mientras que en los eventos El Niño Intenso, La Niña Moderada y en un evento “Normal” hay una clara señal también a la disminución de los valores de la precipitación. En los eventos El Niño Moderado y La Niña Intensa la precipitación muestra una clara señal al incremento. En las Tablas 33 y 34 se presentan los resultados correspondientes.

**Tabla 33: Variabilidad de la precipitación en el trimestre JJA - índices Niño 3.4 y**

**ONI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado
						[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>
NIÑO 3.4	Madrigal	3262	6.7	0.00	0.04	1.39	1.42	0.64	1.29	0.35
	Salamanca	3303	8.9	0.00	0.16	2.38	1.22	0.61	1.43	0.30
	Cabanaconde	3379	8.2	0.00	0.04	0.77	0.86	0.78	1.1	1.30
	Huambo	3500	5.5	0.00	0.00	0.00	1.43	0.42	1.48	1.04
	Andahua	3528	7.58	0.00	0.00	2.26	1.63	0.57	1.13	0.60
	Chivay	3661	10.1	0.00	0.00	0.96	1.16	0.78	0.87	0.56
	Sibayo	3827	16.3	0.21	0.00	2.41	1.69	0.77	0.94	0.34
	Tisco	4175	19.7	0.05	0.19	1.71	1.04	0.88	1.12	0.45
	Angostura	4256	15.9	0.13	0.10	2.4	1.03	0.88	0.94	0.3
ONI	Madrigal	3262	6.7	0.00	0.04	2.05	1.53	0.74	1.62	0.00
	Salamanca	3303	8.9	0.00	0.16	2.65	1.42	0.67	1.76	0.00
	Cabanaconde	3379	8.2	0.00	0.04	2.05	1.01	0.8	1.81	0.00
	Huambo	3500	5.5	0.05	0.00	1.79	1.67	0.62	2.12	0.05
	Andahua	3528	7.58	0.00	0.00	2.26	1.90	0.67	1.54	0.00
	Chivay	3661	10.1	0.00	0.00	1.25	1.32	0.96	1.21	0.05
	Sibayo	3827	16.3	0.21	0.00	1.27	2.00	0.82	1.18	0.08
	Tisco	4175	19.7	0.05	0.19	1.17	1.15	0.95	1.38	0.17
	Angostura	4256	15.9	0.13	0.1	1.72	1.28	0.93	1.15	0.10

**Incremento**

**Disminución**

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3 - 1.2 (20 - 30%)	1.2 - 1.1 (10 - 20%)	1.0 - 1.1 (Hasta 10%)	1.0 - 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10 - 20%)	0.8 - 0.7 (20 - 30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

**Tabla 34: Variabilidad de la precipitación en el trimestre JJA - índice SOI**

INDICE	Estación	Altitud (msnm)	PP (mm)	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
						≤-1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1
SOI	Madrigal	3262	6.7	0.00	0.04	0.54	2.49	0.64	0.31	1.55
	Salamanca	3303	8.9	0.00	0.16	0.53	2.51	0.68	1.00	1.00
	Cabanaconde	3379	8.2	0.00	0.04	0.23	1.46	0.89	0.2	1.54
	Huambo	3500	5.5	0.05	0.00	0.26	2.25	0.82	0.27	1.42
	Andahua	3528	7.58	0.00	0.00	0.60	3.03	0.75	0.23	1.24
	Chivay	3661	10.1	0.00	0.00	0.40	2.25	0.9	0.3	1.40
	Sibayo	3827	10.3	0.21	0.00	1.39	1.61	0.92	0.41	1.00
	Tisco	4175	19.7	0.05	0.19	0.60	1.7	1.10	0.32	1.17
	Angostura	4256	15.9	0.13	0.10	0.65	1.83	1.09	0.44	1.00

**Incremento**

**Disminución**

> 2.0 (> 100%)	2.0 - 1.3 (100% - 30%)	1.3 - 1.2 (20 - 30%)	1.2 - 1.1 (10 - 20%)	1.0 - 1.1 (Hasta 10%)	1.0 - 0.9 (Hasta 10%)	0.9 - 0.8 (10 - 20%)	0.8 - 0.7 (20 - 30%)	< 0.7 (> 30%)
-------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------

PP (mm): Precipitación de referencia

#### 4.4.2. Variabilidad de la temperatura media

Para el análisis de la variabilidad se compararon los valores de los índices El Niño 3.4, ONI y el Índice SOI, con los valores de las estaciones El Frayle (4119 msnm) y Sibayo (3827 msnm). Se consideró solo a dos estaciones puesto que la temperatura es un parámetro que presenta mayor estabilidad que la precipitación, así mismo estas son una de las pocas estaciones que cuenta con una larga data histórica.

Del análisis de los datos anuales se establece lo siguiente. Por la dinámica de los índices Niño 3.4 y ONI, en los eventos El Niño Moderado, El Niño 1982-1983 y El Niño 1997-1998 la temperatura se incrementó siendo mucho más intenso en este último evento; en los eventos La Niña Débil y La Niña Moderada la temperatura descendió ligeramente, y en los otros eventos este parámetros presenta cierta variación.

La variabilidad ocurrida por efectos del índice SOI; define que en el evento El Niño Intenso, El Niño Moderado, El Niño 1982-1983 y El Niño 1997-1998 la temperatura se incrementa, en tanto que en el evento La Niña Intensa, la temperatura desciende ligeramente, mientras que en los otros eventos este parámetro presenta cierta variación. En las Tablas 35 y 36 se presentan la variabilidad indicada.

**Tabla 35: Variabilidad de la temperatura media anual – índices Niño 3.4 y ONI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado
					[1.5-1>	[1-0.5>		[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>
Niño 3.4	El Frayle	5.2	0.23	1.31	0.15	-0.37	-0.03	-0.43	-0.05
	Sibayo	8.7	0.40	1.08	0.27	0.25	-0.04	-0.25	-0.15
ONI	El Frayle	5.2	0.23	1.31	0.28	0.21	0.01	-0.38	-0.05
	Sibayo	8.7	0.40	1.08	0.38	0.05	0.00	-0.19	-0.15
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3	0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3		

T°C: Temperatura promedio anual

**Tabla 36: Variabilidad de la temperatura media anual – índice SOI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
					≤-1	[-1 - -0.5>		[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>
SOI	El Frayle	5.2	0.23	1.31	0.30	0.02	0.00	0.10	-0.24
	Sibayo	8.7	0.40	1.08	0.26	0.18	-0.02	-0.03	-0.14
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3	0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3		

T°C: Temperatura promedio anual

En el trimestre SON; por la dinámica de los índices El Niño 3.4 y ONI, la temperatura se incrementa en los eventos El Niño 1997-1998, El Niño muy Fuerte y El Niño Moderado; mientras que en La Niña Débil la temperatura desciende; en tanto que en los otros eventos este parámetro presenta cierta variación. La influencia del índice SOI determinó que en El Niño 1997-1998 y Niño Moderado la temperatura se incremente, en La Niña Intensa y en un evento “Normal” la temperatura disminuye ligeramente; mientras que en los otros eventos la temperatura presenta cierta variación. El detalle se muestra en las Tablas 37 y 38.

**Tabla 37: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre SON – índices Niño 3.4 y ONI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño muy Fuerte	Niño Fuerte	Niño Moderado	Niño Debil	Normal	Niña Debil	Niña Moderado	Niña Fuerte
					> 2	[2 - 1.5>	[1.5-1>	[1- 0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>	[-1.5 - -2>
Niño 3.4	El Frayle	5.3	0.38	1.09	1.09	0.43	0.14	0.05	0.01	-0.22	-0.02	-0.38
	Sibayo	9.7	-0.34	0.41	0.41	-0.18	0.18	0.14	-0.06	-0.13	0.06	0.14
ONI	El Frayle	5.3	0.38	1.09	1.09	-0.15	0.62	-0.05	0.06	-0.30	-0.01	-0.38
	Sibayo	9.7	-0.34	0.41	0.41	-0.29	0.41	0.00	0.02	-0.21	-0.03	0.14
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)							
> 0.3	0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3					

T°C: Temperatura promedio en el trimestre SON

**Tabla 38: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre SON – índice SOI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 1982-83	Niño 1997-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
					≤-1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1
SOI	El Frayle	5.3	0.38	1.09	0.11	0.33	-0.03	-0.06	-0.23
	Sibayo	9.7	-0.34	0.41	-0.10	0.33	-0.07	0.13	-0.04
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3	0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3		

T°C: Temperatura promedio en el trimestre SON

En el trimestre DEF, por la dinámica de los índices El Niño 3.4 y ONI, en todos los eventos El Niño la temperatura se incrementa, siendo mucho más intenso en los eventos El Niño 1997-1998 y El Niño muy Fuerte; en los eventos La Niña la temperatura desciende ligeramente; mientras que en un evento “Normal” la temperatura presenta cierta variación. La dinámica del índice SOI muestra que en todos los eventos El Niño la temperatura se incrementa, siendo más notorio en El Niño 1997-1998; mientras que en todos los eventos La Niña y en un evento “Normal” la temperatura disminuye ligeramente. Los resultados se presentan en las Tablas 39 y 40.

**Tabla 39: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre DEF – índices Niño 3.4 y ONI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño muy Fuerte	Niño Fuerte	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado	Niña Fuerte			
					> 2	[2 -1.5>	[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>	[-1.5- -2>			
Niño 3.4	El Frayle	6.6	0.09	1.97	1.03	0.62	0.29	0.09	0.00	-0.18	-0.28	-0.77			
	Sibayo	10.4	1.19	1.67	1.43	0.58	0.27	0.27	-0.04	-0.49	-0.33	-0.43			
ONI	El Frayle	6.6	0.09	1.97	1.03	0.06	0.56	0.13	0.03	-0.20	-0.51	-0.50			
	Sibayo	10.4	1.19	1.67	1.43	0.33	0.35	0.33	-0.02	-0.43	-0.27	-0.44			
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)										
> 0.3		0.3 - 0.2		0.2 - 0.1		0.1 - 0.0		0.0 - (-0.1)		(-0.1) - (-0.2)		(-0.2) - (-0.3)		< -0.3	

T°C: Temperatura promedio en el trimestre DEF

**Tabla 40: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre DEF – índice SOI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa						
					≤ -1	[-1 - -0.5>	[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>	≥ 1						
SOI	El Frayle	6.6	0.09	1.97	0.29	0.25	-0.12	-0.13	-0.31						
	Sibayo	10.4	1.19	1.67	0.43	0.32	-0.09	-0.24	-0.34						
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)										
> 0.3		0.3 - 0.2		0.2 - 0.1		0.1 - 0.0		0.0 - (-0.1)		(-0.1) - (-0.2)		(-0.2) - (-0.3)		< -0.3	

T°C: Temperatura promedio en el trimestre DEF

En el trimestre MAM, por la influencia de los índices El Niño 3.4 y ONI, en los eventos El Niño 1982-1983, El Niño 1997-1998 y El Niño Débil la temperatura se incrementa; en los eventos La Niña Débil y Niña Moderada la temperatura disminuye; mientras que en los otros eventos este parámetro presenta cierta variación (Ver Tablas 41 y 42).

El índice SOI define que en los eventos El Niño 1982-1983, Niño 1997-1998 y El Niño Intenso la temperatura se incrementa; en un Niño moderado y Niña Intensa este disminuye ligeramente, mientras que en los otros eventos presenta cierta variación.

**Tabla 41: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre MAM – índices Niño 3.4 y ONI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado						
					[1.5-1>	[1-0.5>	[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>	[-1- -1.5>						
Niño 3.4	El Frayle	5.9	0.48	1.25	0.03	0.87	-0.02	-0.26	-0.50						
	Sibayo	8.9	0.91	1.25	0.73	0.33	0.02	-0.37	-0.62						
ONI	El Frayle	5.9	0.48	1.25	-0.08	0.67	-0.03	-0.19	-0.50						
	Sibayo	8.9	0.91	1.25	0.56	0.40	-0.06	-0.13	-0.62						
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)										
> 0.3		0.3 - 0.2		0.2 - 0.1		0.1 - 0.0		0.0 - (-0.1)		(-0.1) - (-0.2)		(-0.2) - (-0.3)		< -0.3	

T°C: Temperatura promedio en el trimestre MAM

**Tabla 42: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre MAM – índice SOI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 1982-83	Niño 1997-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
					≤-1	[-1 - -0.5>		[-0.5 - 0.5>	
SOI	El Frayle	5.9	0.48	1.25	0.24	-0.30	0.02	0.19	-0.13
	Sibayo	8.9	0.91	1.25	0.34	-0.13	-0.10	-0.04	-0.02
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3			0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3

T°C: Temperatura promedio en el trimestre MAM

En el trimestre JJA por la influencia de los índices El Niño 3.4 y ONI, en el evento Niño 1997-1998 la temperatura se incrementa, así mismo en un año “Normal” la temperatura también se incrementa aunque muy ligeramente; en el evento El Niño 1982-1983 y La Niña Débil la temperatura disminuye ligeramente; mientras que en los otros eventos este parámetro presenta cierta variación.

La dinámica del índice SOI define que en los eventos El Niño 1997-1998, la temperatura se incrementó; mientras que en el evento El Niño 1982-1983 y en La Niña Intensa la temperatura disminuye ligeramente, en tanto que en los otros eventos la temperatura presenta alguna variación (Ver Tablas 43 y 44).

**Tabla 43: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre JJA – índices Niño 3.4 y ONI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Moderado	Niño Débil	Normal	Niña Débil	Niña Moderado
					[1.5-1>	[1-0.5>		[0.5- -0.5>	[-0.5- -1>
Niño 3.4	El Frayle	5.2	-0.05	0.92	0.63	0.12	0.01	-0.10	-0.12
	Sibayo	8.7	-0.09	1.04	-0.04	0.05	0.06	-0.05	-0.61
ONI	El Frayle	5.2	-0.05	0.92	-0.05	0.06	0.02	-0.17	0.09
	Sibayo	8.7	-0.09	1.04	-0.23	-0.06	0.08	-0.15	-0.21
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3			0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3

T°C: Temperatura promedio en el trimestre JJA

**Tabla 44: Variabilidad de la temperatura media en el trimestre JJA – índice SOI**

Periodo	Estación	T°C	Niño 82-83	Niño 97-98	Niño Intenso	Niño Moderado	Normal	Niña Moderada	Niña Intensa
					≤-1	[-1 - -0.5>		[-0.5 - 0.5>	[0.5 - 1>
SOI	El Frayle	5.2	-0.05	0.92	0.30	-0.03	0.07	0.00	-0.18
	Sibayo	8.7	-0.09	1.04	0.00	0.10	0.13	0.13	-0.18
Incremento de los valores respecto al promedio (°C)					Disminución de los valores respecto al promedio (°C)				
> 0.3			0.3 - 0.2	0.2 - 0.1	0.1 - 0.0	0.0 - (-0.1)	(-0.1) - (-0.2)	(-0.2) - (-0.3)	< -0.3

T°C: Temperatura promedio en el trimestre JJA

#### 4.5. VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COBERTURA GLACIAR DEL NEVADO COROPUNA

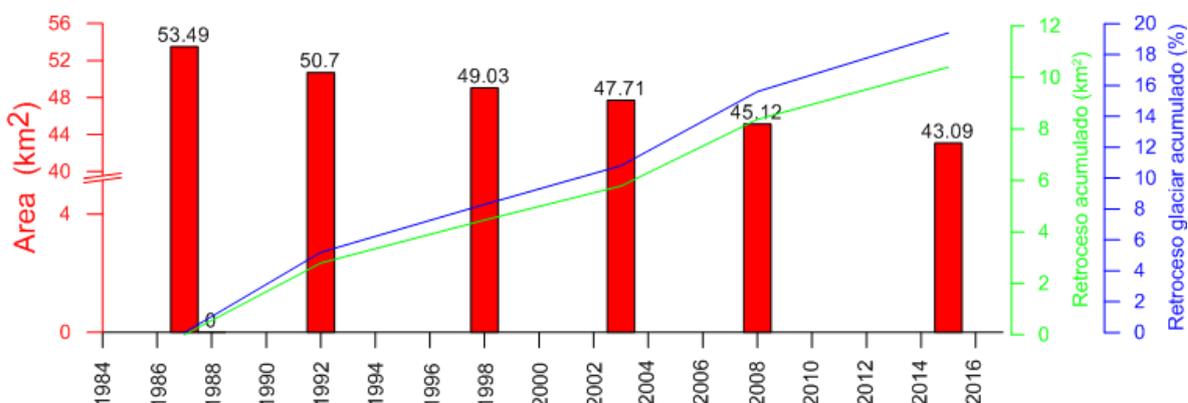
El cálculo del área de la cobertura glaciar del Nevado Coropuna se ha realizado a través del método del Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (NDSI), a partir del año 1987 (año cero). Dada la resolución de estas imágenes (resolución de 30 x 30 metros por pixel), se ha procedido al análisis siguiendo una secuencia de cada cinco o seis años.

El Nevado Coropuna se encuentra en un retroceso glaciar constante, así desde 1987 hasta el 2015, ha perdido un área de 10.4 km<sup>2</sup>, lo que significa una pérdida del 19.4 por ciento de su área respecto al año cero. Los datos de cada año analizado se presentan en la Tabla 45; en la Figura 27 se muestra la evolución espacial a través de los años.

**Tabla 45: Área del Nevado Coropuna y la pérdida por cada periodo de análisis**

Año	Área (km <sup>2</sup> )	Perdida área (km <sup>2</sup> )	Perdida (%)
1987	53.49		
1992	50.7	2.79	5.2
1998	49.03	4.46	8.3
2003	47.71	5.78	10.8
2008	45.12	8.37	15.6
2015	43.09	10.4	19.4

En la siguiente figura se muestra la distribución la dinámica del nevado y su relación con la pérdida acumulada.



**Figura 26: Dinámica espacial del Nevado Coropuna y pérdida acumulada**

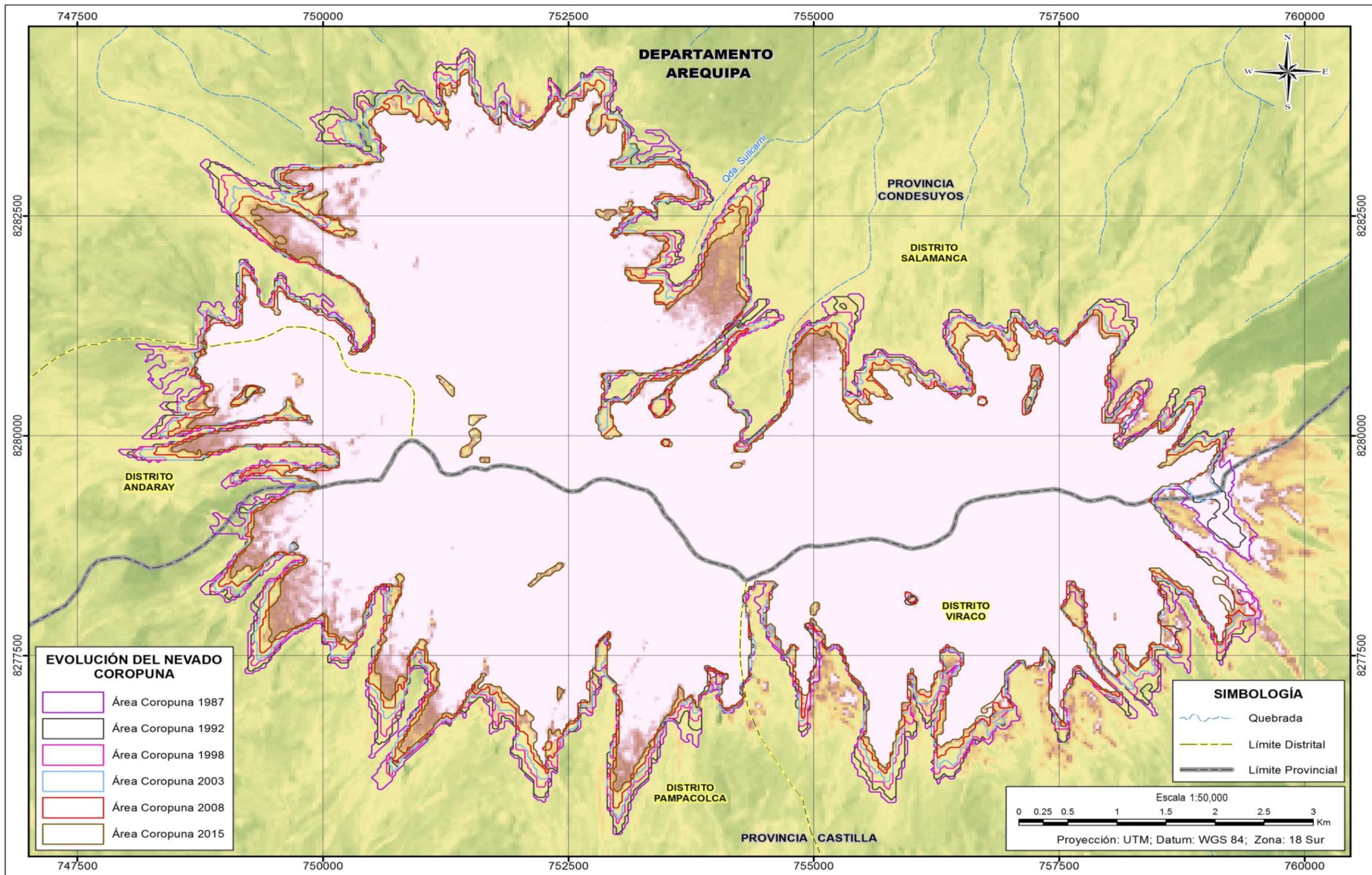


Figura 27: Mapa de Evolución de la cobertura glaciár del Nevado Coropuna

#### 4.5.1. Glaciares del Nevado Coropuna

El Nevado Coropuna está compuesto por 13 glaciares, estos han sido identificados en el Inventario Nacional de Glaciares del Perú (ANA, 2014), y a partir de un Modelo de Elevación Digital (DEM), se han definido con precisión los límites de cada uno de ellos. Casi todas ellas tiene su nombre que las identifica, siendo: Tuailqui, Angostura, Jentane, Rumicruz, Aguas Calientes, Niño Orjo, Queñuaranra; así mismo hay tres glaciares que se denominan Coropuna y que para una mayor comprensión se les ha diferenciado añadiendo a cada uno de ellos su orientación respectiva, por lo que se tiene a los glaciares “Coropuna S”, “Coropuna N” y “Coropuna NE”; también hay dos glaciares de nombre Casulla, del mismo modo se les identifica como “Casulla E” y “Casulla N”; finalmente, hay un glaciar que no tiene nombre y que para la investigación se le ha denominado “Glaciar 1”; es preciso indicar que hasta 1992 existió un glaciar que tampoco tenía nombre y que convenientemente se le ha denominado “Glaciar 2”. Los glaciares que actualmente conforman el Nevado Coropuna se muestran en la Tabla 46 y la Figura 28 se presenta su ubicación respectiva.

**Tabla 46: Glaciares que conforman el Nevado Coropuna**

Glaciar	Coordenadas UTM		Provincia	Distrito	Cuenca	Sub Cuenca	Microcuenca	Orientación
	Este	Norte						
Tuailqui	753300	8277873	Castilla	Pampacolca	Camana	Capiza	Llacllajo	SO
Angostura	755811	8278479	Castilla	Viraco	Camana	Capiza	Llacllajo	S
Jentane	751708	8278637	Castilla	Pampacolca	Camana	Capiza	Llacllajo	S
Coropuna S	757964	8278310	Castilla	Viraco	Camana	Capiza	Llacllajo	S
Rumicruz	749943	8278530	Castilla	Pampacolca	Camana	Huacocane / Huario	Blanco	SO
Coropuna N	755402	8279550	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Collpa Huayco	N
Glaciar 1	751082	8281766	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Igosnioc	NO
Aguas Calientes	757450	8279993	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Collpa Huayco	N
Niño Orjo	750362	8280344	Condesuyos	Andaray	Ocoña	Chorunga	Piñog	O
Coropuna NE	751590	8280497	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Collpa Huayco	NE
Queñuaranra	758243	8279782	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	De Chorillos	NE
Casulla E	752726	8282865	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Collpa Huayco	E
Casulla N	751256	8283315	Condesuyos	Salamanca	Ocoña	Chichas	Collpa Huayco	N

FUENTE: Autoridad Nacional del Agua (ANA), 2014.

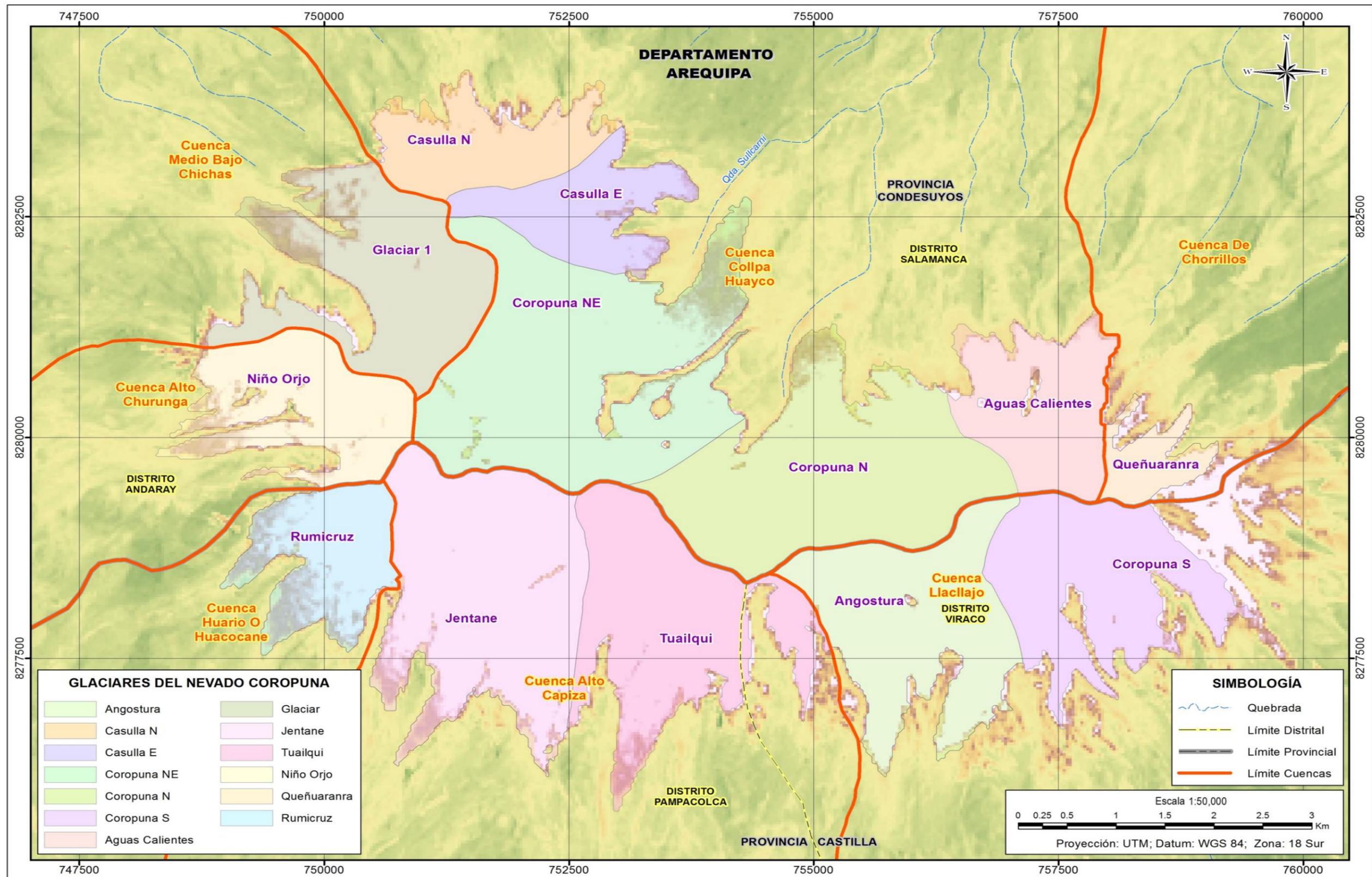


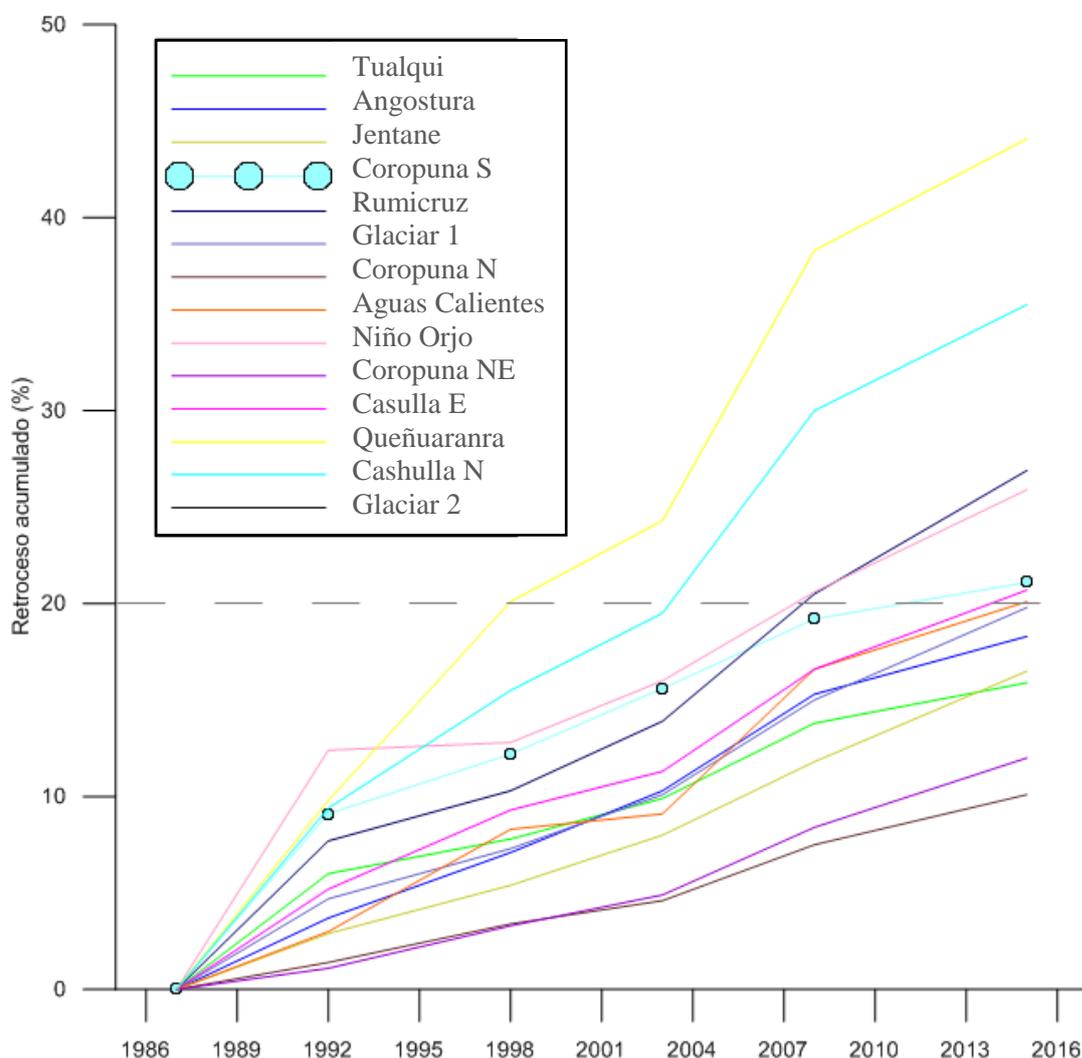
Figura 28: Mapa de Glaciares del Nevado Coropuna

El glaciar Queñuaranra presento una reducción de 0.5 km<sup>2</sup> que represento el 44.1 por ciento de su área inicial; Siendo además el que más se reduce, mientras que el glaciar “Coropuna N” se redujo 0.6 Km<sup>2</sup> a lo que equivale al 10.1 por ciento de su área inicial por lo es que menos área pierde. Así es de destacar que entre 1987 a 1992 el “Glaciar 2” se redujo 0.3 km<sup>2</sup> desapareciendo por completo. En Tabla 47 se presenta la dinamica de todos los glaciares.

**Tabla 47: Evolución de los glaciares del Nevado Coropuna, en negrita la perdida porcentual respecto al año 1987**

Glaciar		Año						Total perdido respecto a 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Área						
Tuailqui	Área (km <sup>2</sup> )	4.88	4.59	4.50	4.39	4.20	4.10	0.78
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>7.8</b>	<b>9.9</b>	<b>13.8</b>	<b>15.9</b>	<b>15.9</b>
Angostura	Área (km <sup>2</sup> )	4.59	4.41	4.26	4.12	3.88	3.75	0.84
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>3.7</b>	<b>7.1</b>	<b>10.3</b>	<b>15.3</b>	<b>18.3</b>	<b>18.3</b>
Jentane	Área (km <sup>2</sup> )	6.21	6.03	5.88	5.72	5.48	5.18	1.03
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>2.9</b>	<b>5.4</b>	<b>8</b>	<b>11.8</b>	<b>16.5</b>	<b>16.5</b>
Coropuna S	Área (km <sup>2</sup> )	4.35	3.96	3.82	3.67	3.51	3.44	0.92
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>9.1</b>	<b>12.2</b>	<b>15.6</b>	<b>19.2</b>	<b>21.1</b>	<b>21.1</b>
Rumicruz	Área (km <sup>2</sup> )	2.67	2.46	2.4	2.3	2.12	1.95	0.72
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>7.7</b>	<b>10.3</b>	<b>13.9</b>	<b>20.5</b>	<b>26.9</b>	<b>26.9</b>
Glaciar 1	Área (km <sup>2</sup> )	4.56	4.34	4.23	4.1	3.88	3.66	0.9
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>4.7</b>	<b>7.3</b>	<b>10.1</b>	<b>15</b>	<b>19.8</b>	<b>19.8</b>
Coropuna N	Área (km <sup>2</sup> )	6.02	5.93	5.81	5.74	5.57	5.41	0.61
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.4</b>	<b>3.4</b>	<b>4.6</b>	<b>7.5</b>	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>
Aguas Calientes	Área (km <sup>2</sup> )	2.89	2.81	2.66	2.63	2.42	2.31	0.49
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>8.3</b>	<b>9.1</b>	<b>16.6</b>	<b>20.1</b>	<b>20.1</b>
Niño Orjo	Área (km <sup>2</sup> )	3.42	2.99	2.95	2.86	2.71	2.53	0.88
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.4</b>	<b>12.8</b>	<b>16</b>	<b>20.6</b>	<b>25.9</b>	<b>25.9</b>
Coropuna NE	Área (km <sup>2</sup> )	7.35	7.27	7.11	6.99	6.73	6.47	0.88
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.1</b>	<b>3.3</b>	<b>4.9</b>	<b>8.4</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
Casulla E	Área (km <sup>2</sup> )	2.26	2.14	2.05	2	1.88	1.79	0.47
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>5.2</b>	<b>9.3</b>	<b>11.3</b>	<b>16.6</b>	<b>20.7</b>	<b>20.7</b>
Queñuaranra	Área (km <sup>2</sup> )	1.19	1.07	0.95	0.9	0.73	0.66	0.52
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>9.8</b>	<b>20.1</b>	<b>24.3</b>	<b>38.3</b>	<b>44.1</b>	<b>44.1</b>
Casulla N	Área (km <sup>2</sup> )	2.85	2.58	2.41	2.29	1.99	1.84	1.01
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>9.4</b>	<b>15.5</b>	<b>19.5</b>	<b>30</b>	<b>35.5</b>	<b>35.5</b>
Glaciar 2	Área (km <sup>2</sup> )	0.26	0.11	0	0	0	0	0.26
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>56.9</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

En la Figura 29 se presenta el retroceso acumulado en porcentaje de cada uno de los glaciares.



**Figura 29: Retroceso acumulado de los glaciares del Nevado Coropuna**

Así mismo la altitud mínima o el “frente” de los glaciares también presentan una variación a lo largo del periodo analizado, ubicándose cada vez a mayor altitud. El “Glaciar 1” es el que presenta una mayor variación siendo que en 1987 este glaciar presentaba una altitud mínima de 5448 msnm y en el 2015 se ubicó a 5597 ubicándose a unos 149 m más de altitud; en tanto que el glaciar Queñuaranra presentó la menor variación, así en 1987 su altitud fue de 5628 msnm y para el 2015 se ubicó a 5695 msnm, en este caso la altitud está a 67 m más arriba. En la Tabla 48 se presenta la ubicación altitudinal de cada glaciar.

**Tabla 48: Variación de la altitud del “frente” de los glaciares ordenado en forma descendente según su variación altitudinal entre 1987 a 2015**

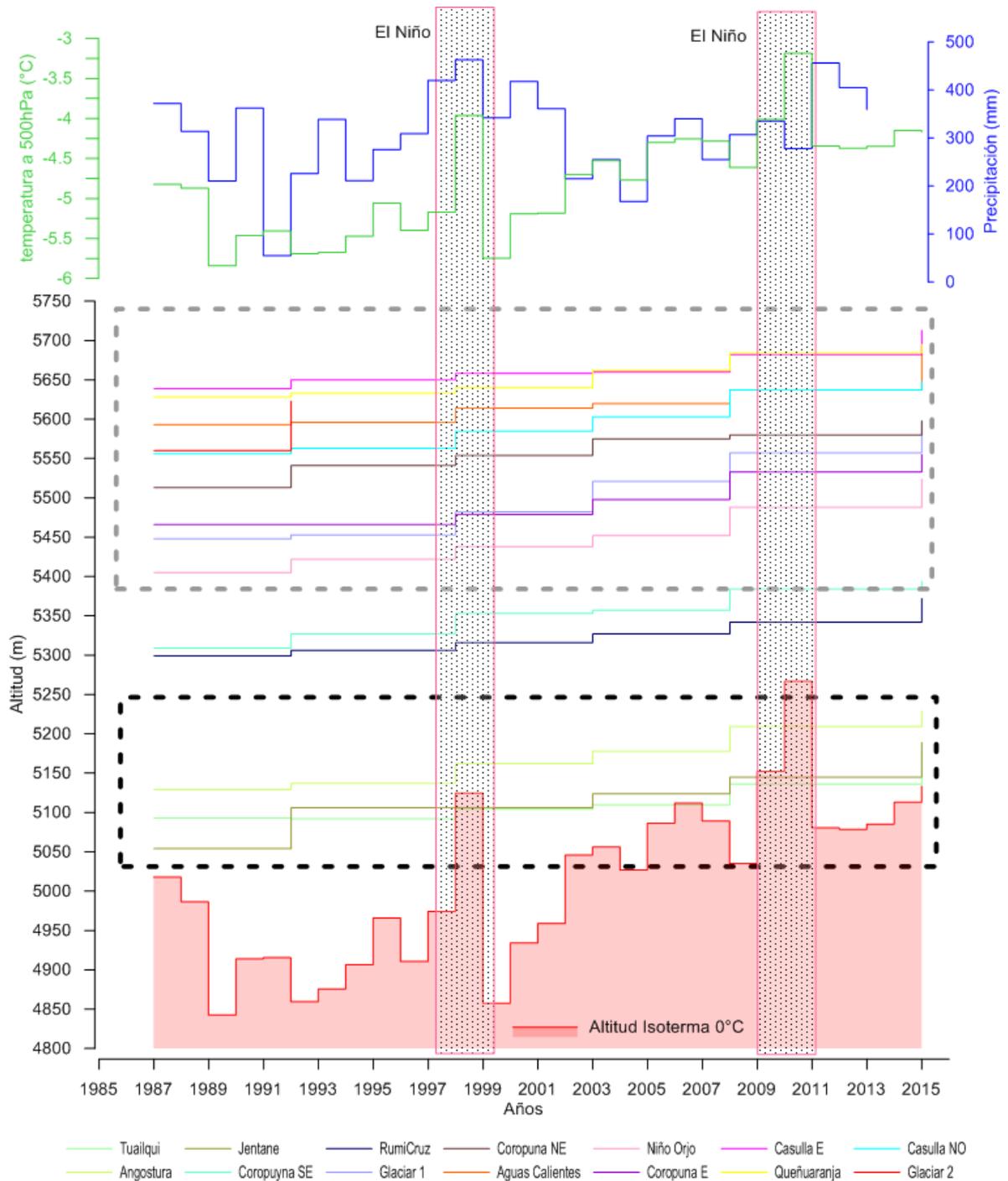
Glaciar	Altitud máxima (msnm)	Orientación	Año						Incremento altitudinal total (m)
			1987	1992	1998	2003	2008	2015	
Glaciar 1	6224	NO	5448	5453	5482	5521	5557	5597	149
Jentane	6403	S	5054	5106	5106	5124	5145	5189	135
Niño Orjo	6402	O	5405	5422	5438	5452	5488	5524	119
Angostura	6223	S	5129	5137	5162	5178	5209	5229	100
Aguas Calientes	6208	N	5593	5596	5614	5620	5637	5693	100
Casulla N	6392	N	5556	5563	5585	5603	5637	5648	92
Coropuna NE	6398	NE	5466	5466	5479	5498	5533	5555	89
Tuailqui	6156	SO	5093	5094	5104	5110	5136	5179	86
Coropuna S	6296	S	5309	5327	5353	5357	5384	5394	85
Coropuna N	6215	N	5513	5541	5554	5575	5580	5598	85
Casulla E	6281	E	5639	5650	5658	5660	5682	5713	74
Rumicruz	6361	SO	5299	5306	5316	5327	5342	5372	73
Queñuaranra	6295	NE	5628	5633	5640	5662	5684	5695	67
Glaciar 2	6296	E	5560	5623					

De acuerdo a su altitud, los glaciares que se ubican hacia el sur presentan su frente a una menor altitud (en promedio a unos 5300 msnm), mientras que los que se ubican hacia el norte, su frente está a una altitud más elevada (a una altitud promedio de 5700 msnm). Esta situación expone con mayor claridad a los glaciares que tiene una orientación al “Sur” respecto a la isoterma 0°C (que a través de los años muestra una tendencia al incremento), debido a que en algunos años la altitud de esta isoterma ha coincidido con la ubicación del frente de alguno de estos glaciares, esta situación explica que los glaciares que se orientan al “Sur” se reduzcan y que su frente glaciar retroceda.

En tanto se evidencia también que los glaciares que se orientan hacia el “Norte” se están reduciendo y por tanto su frente glaciar retrocede, esto se debería que estos glaciares dada su orientación recibirían directamente la radiación solar que proviene desde el “Este” incluso hasta el pasado medio día ya que la zona se caracteriza por su escasa nubosidad.

Se analizó también los valores de temperatura del Reanálisis de la NOAA a 500 hPa (5500 msnm aproximadamente), en donde se visualiza que siguiendo la dinámica de los valores de temperatura de las localidades próximas, este presenta una tendencia al incremento de

sus valores y se intensifica sensiblemente en los años El Niño, esta tendencia se replica también con la ubicación altitudinal de la isoterma 0°C, en donde la altitud de esta línea se ubica cada vez a mayor altura (Ver Figuras 30 y 31).



**Figura 30: Dinámica de la precipitación, temperatura, altitud de la isoterma 0°C y la altitud de los frentes glaciares del Nevado Coropuna**

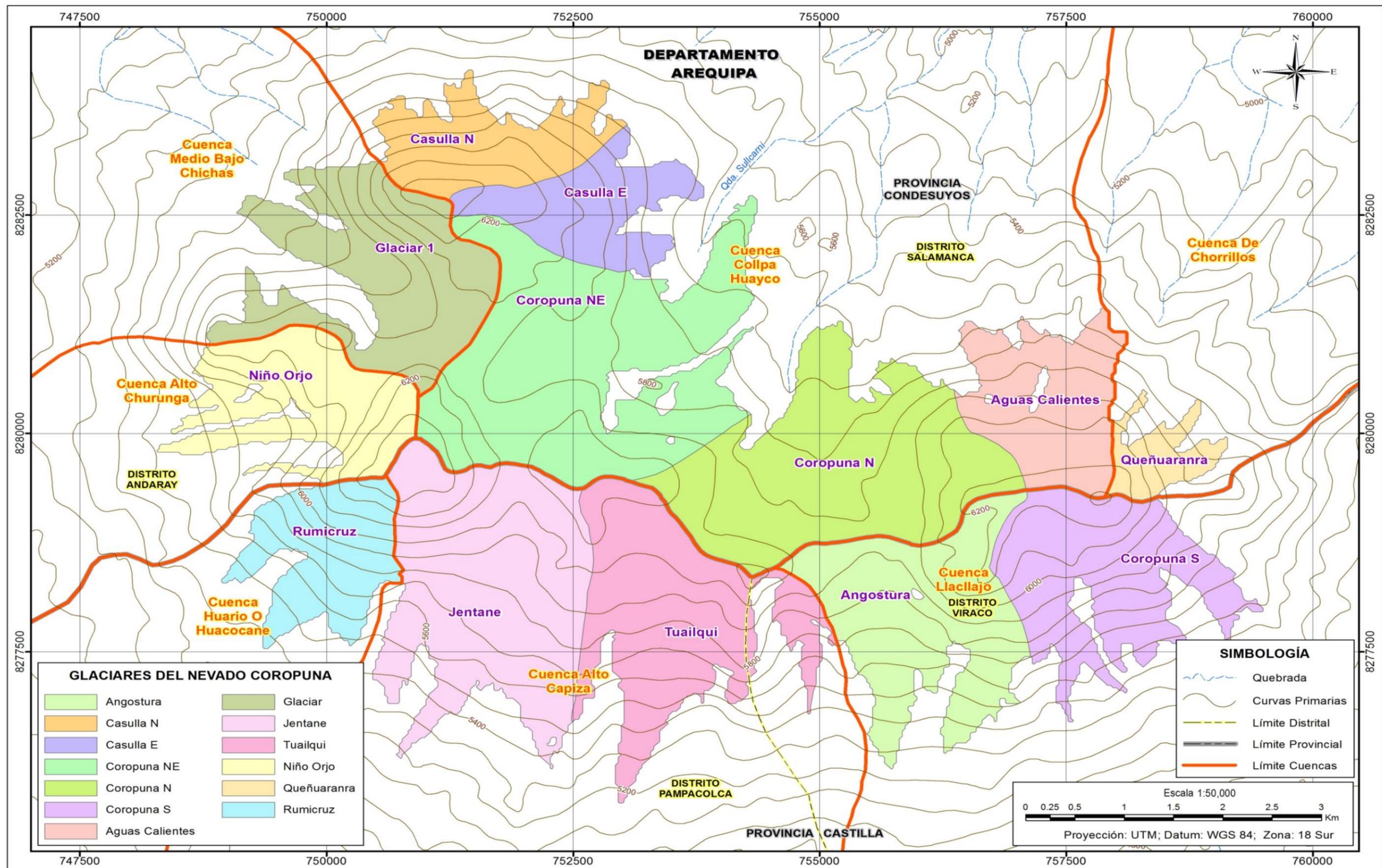


Figura 31: Ubicación altitudinal de los glaciares del Nevado Coropuna

Los glaciares del Nevado Coropuna presentan siete orientaciones principales según se indica a continuación:

Orientación al Sur: Coropuna S, Angostura, Jentane.

Orientación al Norte: Coropuna Coropuna N, Aguas Calientes y Casulla N.

Orientación al SO: Rumicruz y Tuailqui.

Orientación al Oeste: Niño Orjo

Orientación al NE: Queñuaranra, Coropuna NE

Orientación al NO: Glaciar 1

Orientación al Este: Casulla E, Glaciar 2

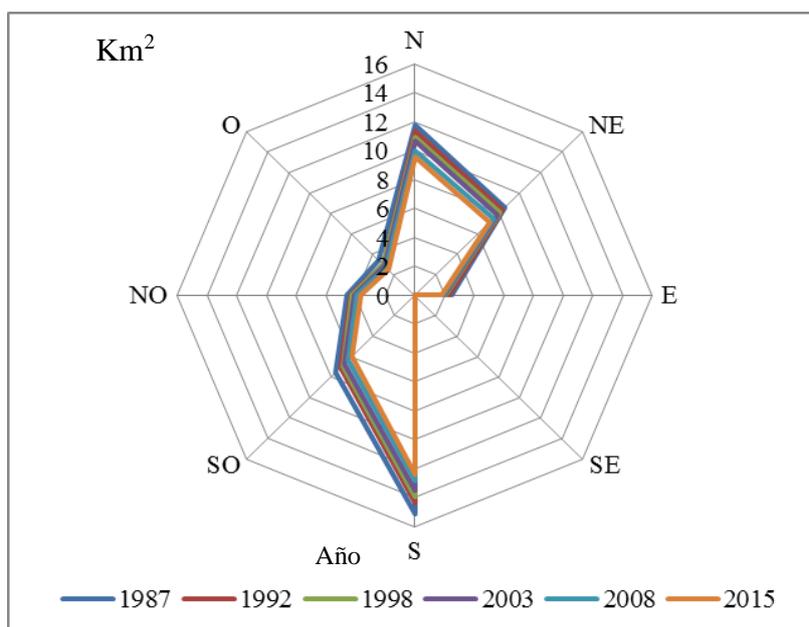
- Los glaciares que tienen una orientación hacia el Sur, son los que presentan una mayor masa glaciar, con un área que ha variado entre 15.2 a 12.4 km<sup>2</sup> entre los años 1987 y 2015 respectivamente, en este periodo la pérdida del área glaciar ha sido 2.8 km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación al Norte, presentaron un área de 11.8 km<sup>2</sup> (1987) y se redujo a 9.60 km<sup>2</sup> (2015), es decir se redujo a 2.2 km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación NE presentaron un área total de 8.5 km<sup>2</sup> (1987) y se redujo a 7.1 km<sup>2</sup> (2015), perdiendo una área de 1.4km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación al Este también presentaron una reducción de 2.5 km<sup>2</sup> (1897) a 1.8 km<sup>2</sup> (2015), reduciéndose 0.7 km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación al SO, presentaron un área inicial de 7.6 km<sup>2</sup> (1987) y para el último año de análisis presento un área de 6.1 km<sup>2</sup> (2015), reduciéndose 1.5 km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación al NO presentaron un área de 4.6 km<sup>2</sup> (1987) y se redujo a 3.7 km<sup>2</sup> (2015), disminuyendo 1.59 km<sup>2</sup>.
- Los glaciares que tienen una orientación al Oeste presentaron una área de 3.4 km<sup>2</sup> (1987) a 2.5 km<sup>2</sup> (2015), con una reducción total de 0.9 km<sup>2</sup>.

El detalle de los valores antes indicados se presenta en la Tabla 49.

**Tabla 49: Variación del área glaciar del Nevado Coropuna según su orientación**

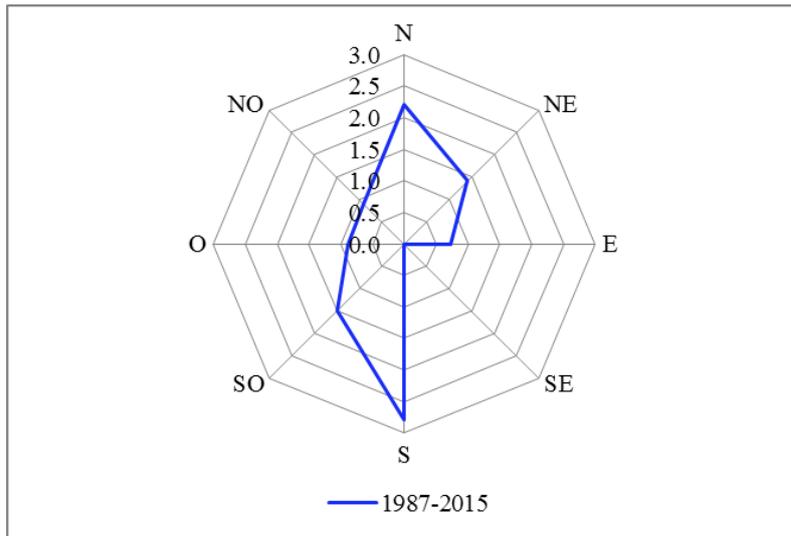
Orientación de los glaciares	Área (km <sup>2</sup> )						Pérdida (km <sup>2</sup> )	Pérdida (%)
	1987	1992	1998	2003	2008	2015		
N	11.8	11.3	10.9	10.7	10.0	9.6	2.2	18.7
NE	8.5	8.3	8.1	7.9	7.5	7.1	1.4	16.5
E	2.5	2.3	2.1	2.0	1.9	1.8	0.7	29.0
S	15.2	14.4	14.0	13.5	12.9	12.4	2.8	18.3
SO	7.6	7.1	6.9	6.7	6.3	6.1	1.5	19.9
NO	4.6	4.3	4.2	4.1	3.9	3.7	0.9	19.7
O	3.4	3.0	3.0	2.9	2.7	2.5	0.9	26.0

Tal como se puede verificar en la Figura 32, a pesar de presentar diferentes orientaciones, todos los glaciares siguen un retroceso constante.

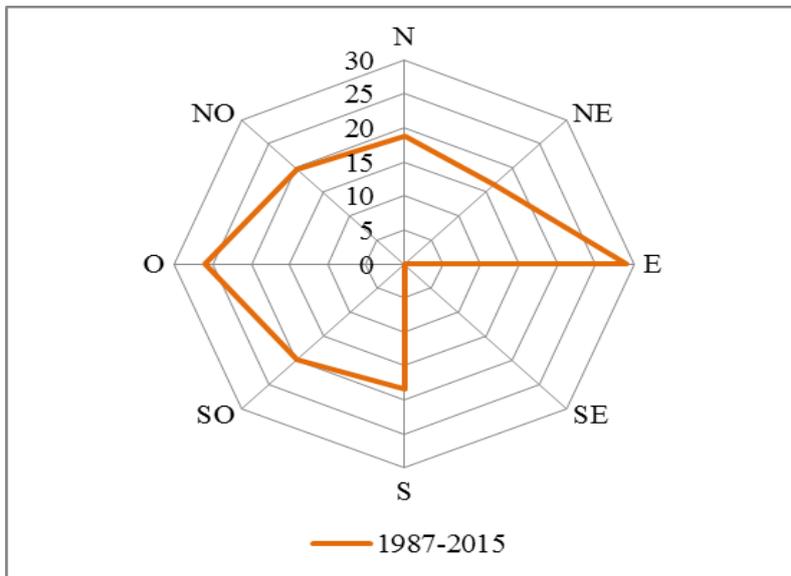


**Figura 32: Distribución y reducción de las áreas de los glaciares según su orientación**

Del análisis de la pérdida porcentual de los glaciares según su orientación se establece que los glaciares que tienen una orientación al Este se han reducido en un 29 por ciento, mientras que los glaciares que tienen una orientación al Oeste se han reducido en 26 por ciento, esto muestra que los glaciares que tienen una menor cobertura glaciar se reducen más rápidamente respecto a los glaciares de mayor área. Así mismo esta reducción se debería también a la mayor incidencia de la radiación solar que por las mañanas provienen del Este y por las tardes provienen del Oeste. En las Figuras 33 y 34 se presentan el detalle de lo indicado.



**Figura 33: Perdida del área en km<sup>2</sup> de los glaciares según su orientación**



**Figura 34: Perdida del área porcentual (%) de los glaciares según su orientación**

#### 4.6. VOLUMEN DEL NEVADO COROPUNA

Para determinar el volumen del Nevado Coropuna, se ha considerado las metodologías de Bahr (2011), Chen y Ohmura (1990) y Ligg et al. (1988).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se establece que según los métodos de Bahr (2011) y Chen y Ohmura (1990) los valores de los volúmenes son muy parecidos, mientras que de acuerdo al método de Ligg et al. (1988), los valores se muestran un poco más elevados respecto a los otros métodos.

De acuerdo a la metodología de Bahr (2011), se calculó para el año 1987 un volumen total de 3.21 km<sup>3</sup>, para 1992, un volumen de 3.0 km<sup>3</sup>, en el año 1998, un volumen de 2.88 km<sup>3</sup>, mientras que para el 2003, un volumen de 2.78 km<sup>3</sup>, para el 2008, un volumen de 2.58 km<sup>3</sup> y finalmente para el 2015, un volumen de 2.44 km<sup>3</sup>. Presentando una pérdida total de 0.77 km<sup>3</sup>.

Según el método de Chen y Ohmura (1990), se ha calculado para el año 1987, un volumen de 2.74 km<sup>3</sup>, para el año 1992, el volumen fue de 2.57 km<sup>3</sup>, mientras que para el año 1998, un volumen de 2.47 km<sup>3</sup>, en tanto que para el 2003, el volumen calculado es de 2.38 km<sup>3</sup>, así mismo para el 2008, el volumen es de 2.22 km<sup>3</sup>, y para el 2015 el volumen es de 2.09 km<sup>3</sup>; por lo que en todo el periodo de análisis presentan una pérdida de 0.66 km<sup>3</sup>.

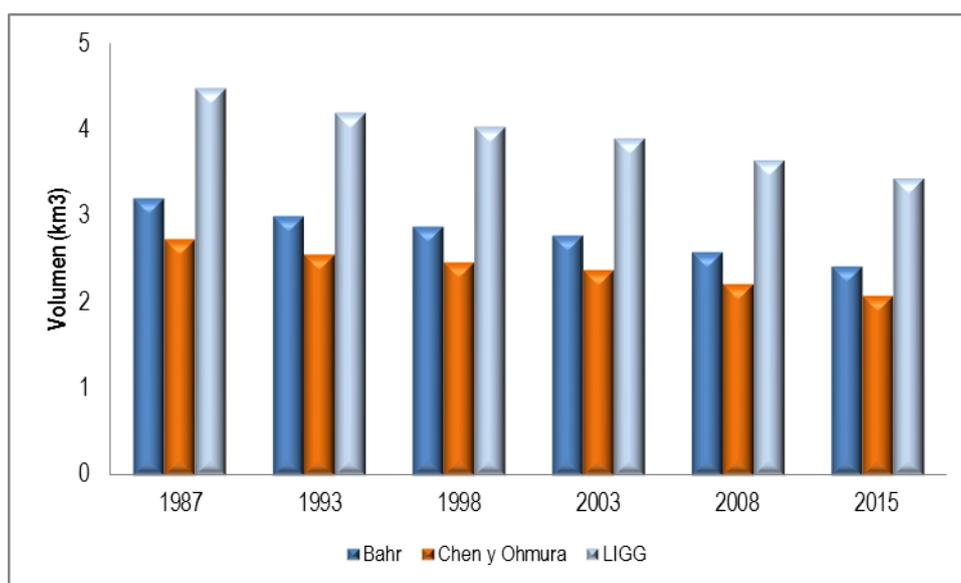
Y de acuerdo a la aplicación de la metodología de Ligg et al. (1988), se calculó para el año 1987, un volumen de 4.48 km<sup>3</sup>, para el año 1992, un volumen de 4.20 km<sup>3</sup>, en el año 1998, el volumen calculado es de 4.04 km<sup>3</sup>, en tanto que para el año 2003, el volumen calculado es de 3.90 km<sup>3</sup>, para el año 2008, el volumen establecido es de 3.64 km<sup>3</sup>, y mientras que para el año 2015, el volumen es de 3.44 km<sup>3</sup>; en total presenta una pérdida de 1.04 km<sup>3</sup>.

De acuerdo a los métodos antes indicados, la pérdida total del volumen del Nevado Coropuna (periodo 1987 – 2015) está entre 25.6 a 26.7 por ciento. En la Tabla 50 se presenta los resultados indicados previamente.

**Tabla 50: Evolución del volumen del Nevado Coropuna, según diversos métodos**

Año	Bahr			Chen y Ohmura			LIGG		
	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (Km <sup>3</sup> )	Perdida (%)	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (Km <sup>3</sup> )	Perdida (%)	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (Km <sup>3</sup> )	Perdida (%)
1987	3.21	0	0	2.74	0	0	4.48	0	0
1993	3.00	0.21	6.39	2.57	0.17	6.35	4.20	0.28	6.17
1998	2.88	0.33	10.13	2.47	0.28	10.06	4.04	0.44	10.41
2003	2.78	0.43	13.36	2.38	0.36	13.26	3.90	0.58	14.25
2008	2.59	0.62	19.37	2.22	0.53	19.23	3.64	0.84	21.41
2015	2.44	0.77	24.11	2.09	0.66	23.93	3.44	1.04	28.54

Los resultados mostraron que los volúmenes están variando a través de los años y siguiendo la dinámica de sus respectivas áreas, estas siguen una disminución paulatina o pérdida de sus volúmenes. En la Figura 35 se muestra esta dinámica.

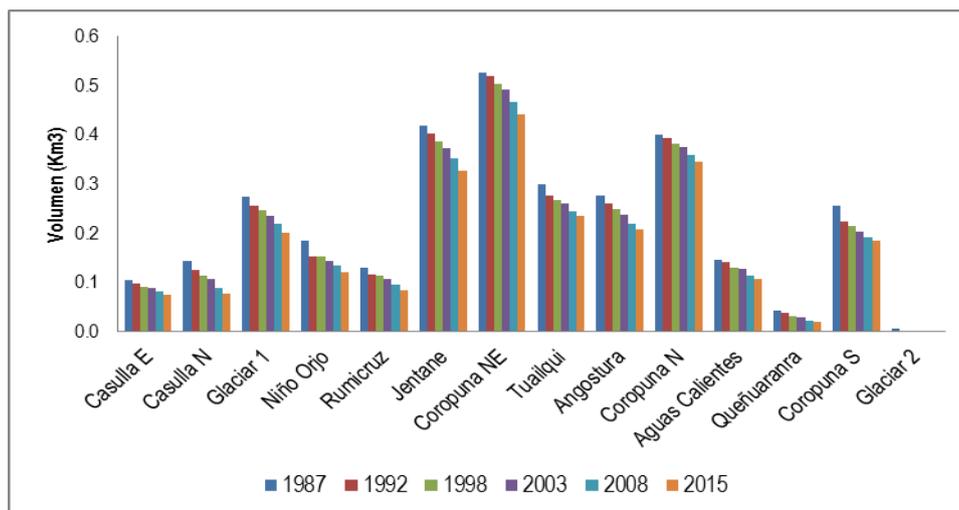


**Figura 35: Evolución del volumen del Nevado Coropuna**

La pérdida del volumen se da en todos los glaciares y de manera constante durante todo el periodo de análisis. El cálculo de volumen se ha realizado a través de los métodos propuestos por Bahr (2011), Chen y Ohmura (1990), y Ligg et al. (1988); los resultados obtenidos son bastante parecidos, así se establece que el glaciar que más pierde su volumen es el Queñuaranra (entre 54 a 55 por ciento), en tanto que el glaciar que pierde un menor volumen es “Coropua N” (entre 12 a 13 por ciento) y el “Glaciar 2” a inicios de la década del 90 perdió toda su masa glaciar. Los valores del volumen glaciar establecidos de acuerdo a los tres métodos se presentan en las tablas 51 al 53 y en las figuras 36 al 38 se presentan la dinámica de cada una de ellas, como es de observar los resultados de los tres métodos son bastante similares.

**Tabla 51: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Bahr (2011)**

Glaciar		Año						Total perdido desde 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Volumen (Km <sup>3</sup> )						
Casulla E	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.104	0.097	0.091	0.088	0.081	0.076	0.028
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>7.1</b>	<b>12.5</b>	<b>15.2</b>	<b>22.1</b>	<b>27.3</b>	<b>27.3</b>
Casulla N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.143	0.125	0.114	0.106	0.088	0.078	0.065
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.7</b>	<b>20.7</b>	<b>25.8</b>	<b>38.8</b>	<b>45.3</b>	<b>45.3</b>
Glaciar 1	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.274	0.256	0.247	0.236	0.219	0.202	0.072
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>6.5</b>	<b>9.9</b>	<b>13.7</b>	<b>20.1</b>	<b>26.2</b>	<b>26.2</b>
Niño Orjo	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.184	0.153	0.15	0.145	0.134	0.122	0.062
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>16.6</b>	<b>18.1</b>	<b>21.4</b>	<b>27.2</b>	<b>33.7</b>	<b>33.7</b>
Rumicruz	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.131	0.117	0.113	0.107	0.096	0.085	0.046
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>10.5</b>	<b>13.8</b>	<b>18.6</b>	<b>27.1</b>	<b>35</b>	<b>35.0</b>
Jentane	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.418	0.402	0.388	0.373	0.352	0.326	0.092
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>4.0</b>	<b>7.3</b>	<b>10.8</b>	<b>15.8</b>	<b>22</b>	<b>22.0</b>
Coropuna NE	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.527	0.519	0.504	0.492	0.467	0.442	0.085
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.5</b>	<b>4.4</b>	<b>6.7</b>	<b>11.4</b>	<b>16.1</b>	<b>16.1</b>
Tuailqui	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.3	0.276	0.268	0.26	0.245	0.236	0.064
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>8.1</b>	<b>10.6</b>	<b>13.4</b>	<b>18.5</b>	<b>21.2</b>	<b>21.2</b>
Angostura	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.276	0.262	0.249	0.238	0.219	0.209	0.067
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>5.1</b>	<b>9.7</b>	<b>13.8</b>	<b>20.4</b>	<b>24.2</b>	<b>24.2</b>
Coropuna N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.401	0.393	0.382	0.375	0.36	0.346	0.054
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.9</b>	<b>4.7</b>	<b>6.3</b>	<b>10.2</b>	<b>13.6</b>	<b>13.6</b>
Aguas Calientes	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.146	0.14	0.13	0.128	0.114	0.108	0.039
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>4.1</b>	<b>11.2</b>	<b>12.3</b>	<b>22.0</b>	<b>26.5</b>	<b>26.5</b>
Queñuaranra	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.043	0.037	0.032	0.029	0.022	0.019	0.024
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>13.3</b>	<b>26.6</b>	<b>31.9</b>	<b>48.5</b>	<b>55.1</b>	<b>55.1</b>
Coropuna S	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.257	0.225	0.214	0.203	0.191	0.185	0.071
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.3</b>	<b>16.4</b>	<b>20.8</b>	<b>25.5</b>	<b>27.8</b>	<b>27.8</b>
Glaciar 2	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.0053	0.0017	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0053
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>68.5</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

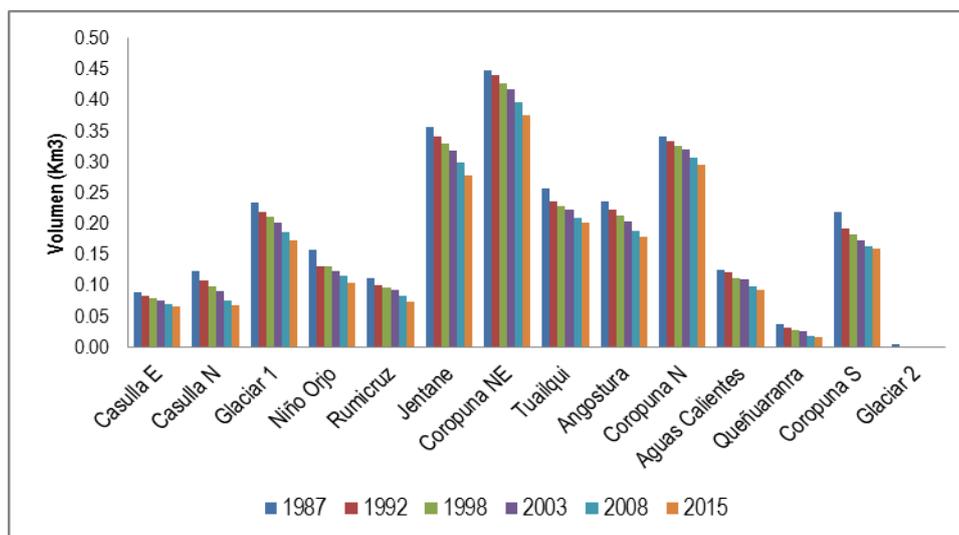


**Figura 36: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Bahr (2011)**

**Tabla 52: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Chen y Ohmura (1990)**

Glaciar		Año						Total perdido desde 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Volumen (km <sup>3</sup> )						
Casulla E	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.09	0.084	0.079	0.076	0.07	0.066	0.024
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>7.0</b>	<b>12.4</b>	<b>15.0</b>	<b>21.9</b>	<b>27.0</b>	<b>27.0</b>
Casulla N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.123	0.108	0.098	0.092	0.076	0.068	0.056
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.6</b>	<b>20.5</b>	<b>25.6</b>	<b>38.5</b>	<b>45.0</b>	<b>45.0</b>
Glaciar 1	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.234	0.219	0.211	0.202	0.187	0.173	0.061
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>6.4</b>	<b>9.8</b>	<b>13.5</b>	<b>19.9</b>	<b>26.0</b>	<b>26.0</b>
Niño Orjo	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.158	0.131	0.129	0.124	0.115	0.105	0.053
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>16.5</b>	<b>17.9</b>	<b>21.2</b>	<b>26.9</b>	<b>33.4</b>	<b>33.4</b>
Rumicruz	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.113	0.101	0.097	0.092	0.083	0.074	0.039
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>10.4</b>	<b>13.7</b>	<b>18.4</b>	<b>26.8</b>	<b>34.6</b>	<b>34.6</b>
Jentane	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.356	0.342	0.33	0.318	0.3	0.278	0.078
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>3.9</b>	<b>7.3</b>	<b>10.7</b>	<b>15.7</b>	<b>21.8</b>	<b>21.8</b>
Coropuna NE	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.448	0.441	0.428	0.418	0.397	0.376	0.071
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.5</b>	<b>4.4</b>	<b>6.7</b>	<b>11.3</b>	<b>15.9</b>	<b>15.9</b>
Tuailqui	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.256	0.236	0.23	0.222	0.209	0.202	0.054
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>8.0</b>	<b>10.5</b>	<b>13.3</b>	<b>18.3</b>	<b>21.0</b>	<b>21.0</b>
Angostura	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.236	0.224	0.213	0.203	0.188	0.179	0.057
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>5.0</b>	<b>9.6</b>	<b>13.7</b>	<b>20.2</b>	<b>24.0</b>	<b>24.0</b>
Coropuna N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.341	0.335	0.325	0.32	0.307	0.295	0.046
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.9</b>	<b>4.6</b>	<b>6.3</b>	<b>10.1</b>	<b>13.4</b>	<b>13.4</b>
Aguas Calientes	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.126	0.121	0.112	0.111	0.099	0.093	0.033
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>4.1</b>	<b>11.1</b>	<b>12.2</b>	<b>21.8</b>	<b>26.3</b>	<b>26.3</b>

Glaciar		Año						Total perdido desde 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Volumen (km <sup>3</sup> )						
Queñuaranra	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.037	0.033	0.028	0.026	0.019	0.017	0.02
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>13.2</b>	<b>26.3</b>	<b>31.6</b>	<b>48.1</b>	<b>54.7</b>	<b>54.7</b>
Coropuna S	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.219	0.193	0.184	0.174	0.164	0.159	0.06
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.2</b>	<b>16.3</b>	<b>20.6</b>	<b>25.2</b>	<b>27.5</b>	<b>27.5</b>
Glaciar 2	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.0048	0.0015	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0048
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>68.1</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

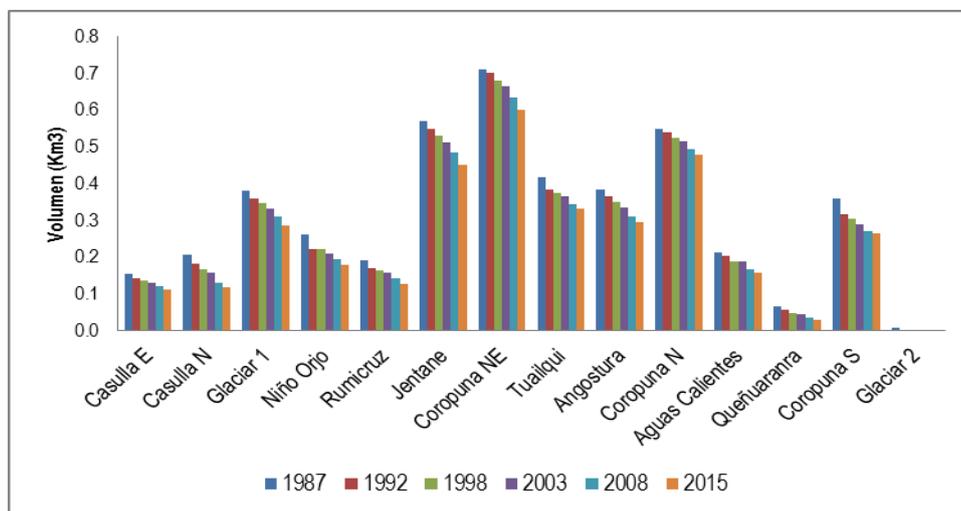


**Figura 37: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Chen y Ohmura (1990)**

**Tabla 53: Volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Ligg et al. (1988)**

Glaciar		Año						Total perdido desde 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Volumen (km <sup>3</sup> )						
Casulla E	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.154	0.143	0.135	0.131	0.121	0.114	0.04
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>6.7</b>	<b>11.9</b>	<b>14.4</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
Casulla N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.208	0.183	0.167	0.157	0.131	0.117	0.09
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.1</b>	<b>19.7</b>	<b>24.6</b>	<b>37.2</b>	<b>43.5</b>	<b>43.5</b>
Glaciar 1	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.383	0.359	0.347	0.333	0.31	0.287	0.096
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>6.1</b>	<b>9.4</b>	<b>13.0</b>	<b>19.1</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
Niño Orjo	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.263	0.221	0.217	0.209	0.195	0.178	0.085
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>15.8</b>	<b>17.2</b>	<b>20.3</b>	<b>25.9</b>	<b>32.2</b>	<b>32.2</b>
Rumicruz	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.191	0.172	0.166	0.157	0.141	0.127	0.064
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>9.9</b>	<b>13.1</b>	<b>17.7</b>	<b>25.8</b>	<b>33.4</b>	<b>33.4</b>

Glaciar		Año						Total perdido desde 1987
		1987	1992	1998	2003	2008	2015	
		Volumen (km <sup>3</sup> )						
Jentane	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.571	0.55	0.532	0.513	0.486	0.452	0.12
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>3.8</b>	<b>7.0</b>	<b>10.2</b>	<b>15.0</b>	<b>20.9</b>	<b>20.9</b>
Coropuna NE	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.711	0.701	0.681	0.666	0.634	0.603	0.109
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.4</b>	<b>4.2</b>	<b>6.4</b>	<b>10.8</b>	<b>15.3</b>	<b>15.3</b>
Tuailqui	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.418	0.386	0.376	0.364	0.344	0.333	0.084
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>7.7</b>	<b>10.0</b>	<b>12.7</b>	<b>17.6</b>	<b>20.2</b>	<b>20.2</b>
Angostura	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.385	0.367	0.35	0.335	0.31	0.296	0.089
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>4.8</b>	<b>9.1</b>	<b>13.1</b>	<b>19.4</b>	<b>23.1</b>	<b>23.1</b>
Coropuna N	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.549	0.539	0.524	0.516	0.496	0.478	0.071
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>1.8</b>	<b>4.4</b>	<b>6.0</b>	<b>9.7</b>	<b>12.9</b>	<b>12.9</b>
Aguas Calientes	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.212	0.204	0.189	0.187	0.167	0.158	0.054
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>3.9</b>	<b>10.6</b>	<b>11.7</b>	<b>21</b>	<b>25.3</b>	<b>25.3</b>
Queñuaranra	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.066	0.058	0.05	0.046	0.035	0.031	0.035
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>12.6</b>	<b>25.3</b>	<b>30.4</b>	<b>46.6</b>	<b>53.1</b>	<b>53.1</b>
Coropuna S	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.36	0.318	0.304	0.289	0.273	0.265	0.095
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>11.7</b>	<b>15.6</b>	<b>19.8</b>	<b>24.3</b>	<b>26.5</b>	<b>26.5</b>
Glaciar 2	Volumen (km <sup>3</sup> )	0.009	0.003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.009
	<b>Perdida (%)</b>	<b>0</b>	<b>66.5</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>



**Figura 38: Evolución del volumen de los glaciares del Nevado Coropuna - Ligg et al. (1988)**

#### **4.7. APORTE DE AGUA DEL NEVADO COROPUNA POR GLACIARES**

El Nevado Coropuna se ubica entre las cuencas de Cotahuasi y Camana-Majes, tal como se muestra en el Figura 39, así mismo los glaciares presentan una orientación hacia el Norte (cuena de Cotahuasi) y hacia el Sur (Cuenca Camana-Majes), de estos, los glaciares que se orientan hacia el Norte presentan una pendiente entre 0 a 25 por ciento, mientras que los glaciares que se orientan hacia el Sur la pendiente esta entre 15 a 50 por ciento (ver Figura 40).

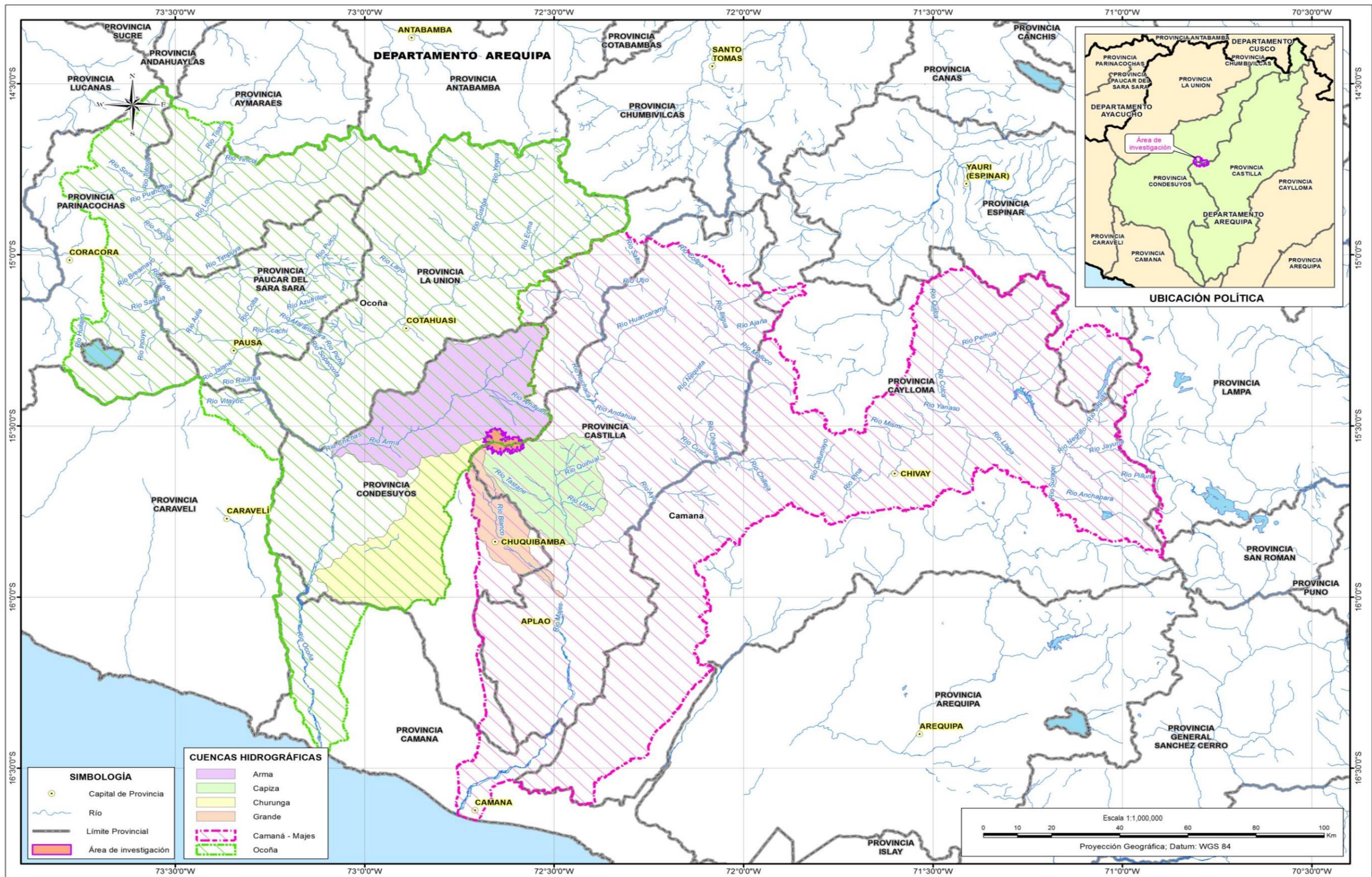


Figura 39: Mapa de Cuencas Hidrográficas

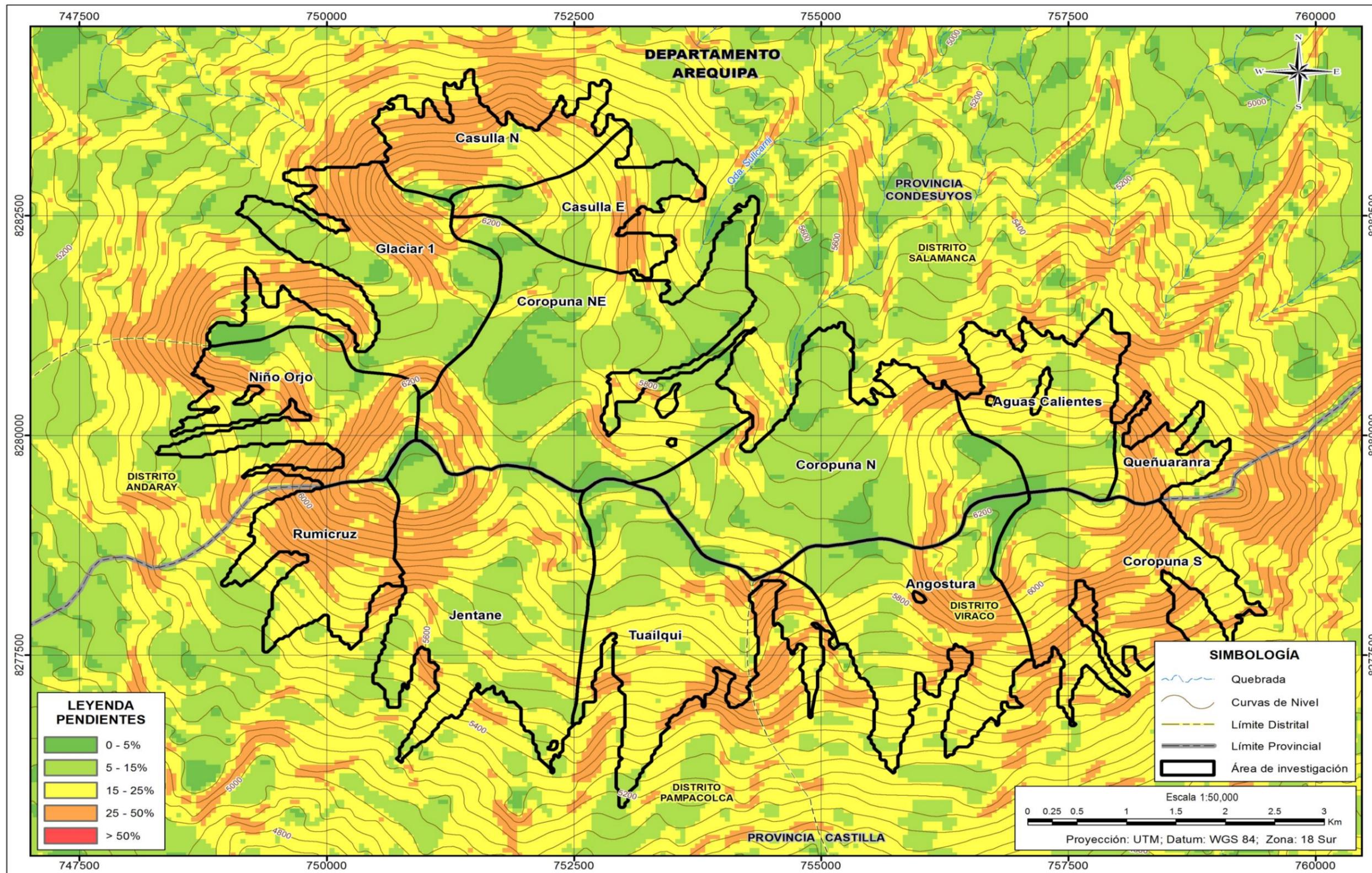


Figura 40: Mapa de pendientes del Nevado Coropuna

#### **4.7.1. Aporte de agua de los glaciares del Nevado Coropuna hacia la cuenca del Río Ocoña**

En base a la estimación del volumen se pudo determinar una aproximación del caudal equivalente (multiplicación del volumen por la densidad del agua,  $0.9 \text{ gr/cm}^3$ ) para cada periodo estudiado. Se plantea la hipótesis que el agua aportada por el glaciar es total, donde no existe pérdidas por evaporación, infiltración, sublimación, etc. Es necesario indicar que en la realidad estos procesos existen y el caudal equivalente calculado sería considerado como el máximo probable según el volumen perdido.

La base para la generación de información de los caudales (L equivalente agua/s) que genera la pérdida de masa glaciar, con los respectivos volúmenes. Para ello se ha considerado los datos generados a partir del método de Bahr (2011) debido a que representa un valor medio en el cálculo del volumen entre los otros dos métodos.

El glaciar Niño Orjo presento un caudal máximo de 171.53 L equivalente agua/s (1987-1992) y el mínimo de 14.07 L equivalente en agua/s (1992-1998); el “Glaciar 1” presento un caudal máximo de 101.64 L equivalente agua/s (2003-2008) y un mínimo de 46.56 L equivalente agua/s (1992-1998); el glaciar “Casulla E” presento un caudal máximo de 133.70 L equivalente agua/s (2003-2008) y un caudal mínimo de 41.32 L equivalente agua/s (1987-1992); el glaciar Queñuaranra mostro un caudal máximo de 41.59 L equivalente agua/s (2003-2008) y un caudal mínimo de 12.52 L equivalente agua/s (1998-2003); el glaciar “Casulla N” presento un caudal máximo de 108.27 L equivalente agua/s (2003-2008) y un caudal mínimo de 40.45 L equivalente agua/s (1998-2003); el glaciar “Coropuna NE” presento un caudal máximo de 143.14 L equivalente agua/s (2003-2008) y el caudal mínimo de 44.52 L equivalente agua/s (1987-1992); mientras que el glaciar “Coropuna N” presento un caudal máximo de 253.43 L equivalente agua/s (2008-2015) y un caudal mínimo de 43.32 L equivalente agua/s, y el glaciar Aguas Caliente mostro un caudal máximo de 82.88 L equivalente agua/s (2003-2008) y un caudal mínimo de 9.05 L equivalente agua/s (1998-2003).

En la Tabla 54 se presentan el detalle de lo indicado.

**Tabla 54: Volumen y pérdida de agua de los glaciares hacia la cuenca del río Ocoña**

Nombre Glaciar	Fecha	Área (km <sup>2</sup> )	Perdida (%)	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (%)	Nº días	Caudal (L/s)
Niño Orjo	11-nov-87	3.42	0	0.18	0	0		
	10-dic-92	2.99	12.3	0.153	0.031	16.6	1856	171.53
	06 -set-98	2.98	12.7	0.150	0.0028	18.1	2097	14.07
	07-nov-03	2.87	16.0	0.14	0.006	21.3	1887	32.67
	03-oct-08	2.71	20.6	0.13	0.011	27.1	1793	61.98
	21-nov-14	2.53	25.8	0.12	0.012	33.7	2232	56.26
	Promedio							
Glaciar 1	11-nov-87	4.56	0	0.27	0	0		
	10-dic-92	4.34	4.7	0.26	0.018	6.4	1856	99.27
	06 -set-98	4.23	7.2	0.25	0.009	9.8	2097	46.56
	07-nov-03	4.10	10.1	0.24	0.010	13.6	1887	57.03
	03-oct-08	3.88	15.0	0.22	0.0175	20.0	1793	101.64
	21-nov-14	3.66	19.8	0.20	0.0168	26.2	2232	78.58
	Promedio							
Casulla E	11-nov-87	2.26	0	0.10	0	0		
	10-dic-92	2.14	5.1	0.097	0.0074	7.07	1856	41.33
	06 -set-98	2.05	9.2	0.091	0.0057	12.5	2097	64.73
	07-nov-03	2.00	11.2	0.088	0.0028	15.1	1887	87.36
	03-oct-08	1.88	16.6	0.081	0.0072	22.0	1793	133.70
	21-nov-14	1.79	20.6	0.07	0.0054	27.2	2232	132.69
	Promedio							
Queñuaranra	11-nov-87	1.19	0	0.04	0	0		
	10-dic-92	1.07	9.8	0.03	0.0057	13.2	1856	32.04
	06 -set-98	0.95	20.1	0.03	0.0057	26.5	2097	28.35
	07-nov-03	0.90	24.3	0.029	0.0023	31.8	1887	12.52
	03-oct-08	0.73	38.2	0.022	0.0072	48.5	1793	41.59
	21-nov-14	0.66	44.1	0.01	0.0028	55.0	2232	13.14
	Promedio							
Casulla N	11-nov-87	2.85	0	0.14	0	0		
	10-dic-92	2.58	9.4	0.12	0.018	12.7	1856	102.42
	06 -set-98	2.41	15.5	0.11	0.011	20.7	2097	56.98
	07-nov-03	2.29	19.5	0.10	0.007	25.8	1887	40.45
	03-oct-08	1.99	30.0	0.08	0.019	38.8	1793	108.27
	21-nov-14	1.84	35.5	0.07	0.009	45.3	2232	43.50
	Promedio							
Coropuna NE	11-nov-87	7.35	0	0.53	0	0		
	10-dic-92	7.27	1.1	0.52	0.008	1.5	1.50441	44.52
	06 -set-98	7.11	3.2	0.50	0.016	2.9	4.44678	77.07
	07-nov-03	6.99	4.9	0.49	0.012	2.4	6.73664	66.66
	03-oct-08	6.73	8.4	0.47	0.025	5.0	11.4088	143.14

Nombre Glaciar	Fecha	Área (km <sup>2</sup> )	Perdida (%)	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (%)	Nº días	Caudal (L/s)
	21-nov-14	6.47	11.98	0.44	0.025	5.2	16.0961	115.35
	Promedio							89.35
Coropuna N	11-nov-87	6.02	0	0.40	0	0		
	10-dic-92	5.93	1.4	0.39	0.008	1.9	1856	43.32
	06 -set-98	5.81	3.4	0.38	0.011	4.6	2097	92.69
	07-nov-03	5.74	4.6	0.37	0.007	6.3	1887	140.11
	03-oct-08	5.57	7.5	0.36	0.015	10.1	1793	237.00
	21-nov-14	5.41	10.0	0.34	0.014	13.5	2232	253.43
	Promedio							153.31
Aguas Calientes	11-nov-87	2.89	0	0.14	0	0		
	10-dic-92	2.81	3.0	0.14	0.006	4.1	1856	33.86
	06 -set-98	2.66	8.2	0.13	0.010	11.1	2097	51.44
	07-nov-03	2.63	9.1	0.12	0.002	12.3	1887	9.05
	03-oct-08	2.42	16.5	0.11	0.014	22.0	1793	82.88
	21-nov-14	2.31	20.0	0.10	0.007	26.5	2232	30.50
	Promedio							41.55

L eq. Agua/s: L equivalente agua/s

#### 4.7.2. Aporte de agua de los glaciares del Nevado Coropuna hacia la cuenca del Río Camana-Majes

Así mismo varios de los glaciares del Nevado Coropuna drenan sus aguas hacia la cuenca del río Camana-Majes, las características son las siguientes:

El glaciar Tuailqui presentó un caudal máximo de 136.68 L equivalente agua/s (1987-1992) y un caudal mínimo de 36.99 L equivalente agua/s; el glaciar Jentane presentó un caudal máximo de 120.33 L equivalente agua/s (2008-2015) y un caudal mínimo de 69.89 L equivalente agua/s (1992-1998); el glaciar Rumicruz presentó un caudal máximo de 76.95 L equivalente agua/s (1987-1992) y un caudal mínimo de 34.55 L equivalente agua/s (1998-2003); el glaciar Angostura presentó un caudal máximo de 105.50 L equivalente agua/s (2003-2008) y un caudal mínimo de 48.87 L equivalente agua/s (2008-2015) y el glaciar “Coropuna S” presentó un caudal máximo de 177.36 L equivalente agua/s y un caudal mínimo de 27.66 L equivalente agua/s; es preciso indicar que el Glaciar 2 entre 1987 a 1992 presentó un caudal de 20.54 L equivalente agua/s hasta que finalmente desaparece.

El glaciar que presentó un mayor caudal hacia esta cuenca es Jentane con 97.21 L equivalente agua/s, mientras que el glaciar que presentó un menor caudal es el “Glaciar 2” con 20.54 L equivalente agua/s. en la Tabla 55 se presenta los resultados indicados.

**Tabla 55: Volumen y pérdida de agua de los glaciares hacia la cuenca del río Camana**

Glaciar	Fecha	Área (km <sup>2</sup> )	Perdida (%)	Volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida volumen (km <sup>3</sup> )	Perdida (%)	Nº días	Caudal (L/s)
Tuailqui	11-nov-87	4.88	0	0.30	0	0		
	10-dic-92	4.59	5.9	0.28	0.024	8.1	1856	136.68
	06 -set-98	4.50	8.3	0.27	0.007	10.5	2097	36.99
	07-nov-03	4.39	10.7	0.26	0.008	13.4	1887	46.76
	03-oct-08	4.20	15.3	0.24	0.015	18.4	1793	88.38
	21-nov-14	4.10	18.4	0.24	0.008	21.2	2232	38.51
	Promedio							
Jentane	11-nov-87	6.21	0	0.42	0	0		
	10-dic-92	6.03	2.9	0.40	0.017	3.9	1856	93.35
	06 -set-98	5.88	5.3	0.39	0.014	7.3	2097	69.89
	07-nov-03	5.72	7.9	0.37	0.014	10.7	1887	79.68
	03-oct-08	5.48	11.7	0.35	0.021	15.8	1793	122.77
	21-nov-14	5.18	16.5	0.33	0.026	22.0	2232	120.33
	Promedio							
Rumicruz	11-nov-87	2.67	0	0.13	0	0		
	10-dic-92	2.46	7.7	0.12	0.014	10.4	1856	76.95
	06 -set-98	2.40	10.2	0.11	0.004	13.8	2097	21.84
	07-nov-03	2.30	13.9	0.11	0.006	18.5	1887	34.55
	03-oct-08	2.12	20.5	0.10	0.011	27.0	1793	64.73
	21-nov-14	1.95	26.8	0.09	0.010	34.9	2232	48.05
	Promedio							
Angostura	11-nov-87	4.59	0	0.28	0	0		
	10-dic-92	4.41	3.7	0.26	0.014	5.0	1856	78.52
	06 -set-98	4.26	7.1	0.25	0.013	9.6	2097	62.68
	07-nov-03	4.12	10.2	0.24	0.012	13.8	1887	63.49
	03-oct-08	3.88	15.3	0.22	0.018	20.4	1793	105.50
	21-nov-14	3.75	18.2	0.21	0.010	24.2	2232	48.87
	Promedio							
Coropuna S	11-nov-87	4.35	0	0.26	0	0		
	10-dic-92	3.96	9.1	0.22	0.032	12.3	1856	177.36
	06 -set-98	3.82	12.2	0.21	0.011	16.4	2097	52.46
	07-nov-03	3.67	15.61	0.20	0.011	20.8	1887	62.08
	03-oct-08	3.51	19.2	0.19	0.012	25.4	1793	69.16
	21-nov-14	3.44	21.0	0.19	0.006	27.7	2232	27.66
	Promedio							
Glaciar 2	11-nov-87	0.26	0	0.01	0	0		
	10-dic-92	0.11	56.87	0.002	0.004	68.5	1856	20.54

L eq. Agua/s: L equivalente agua/s

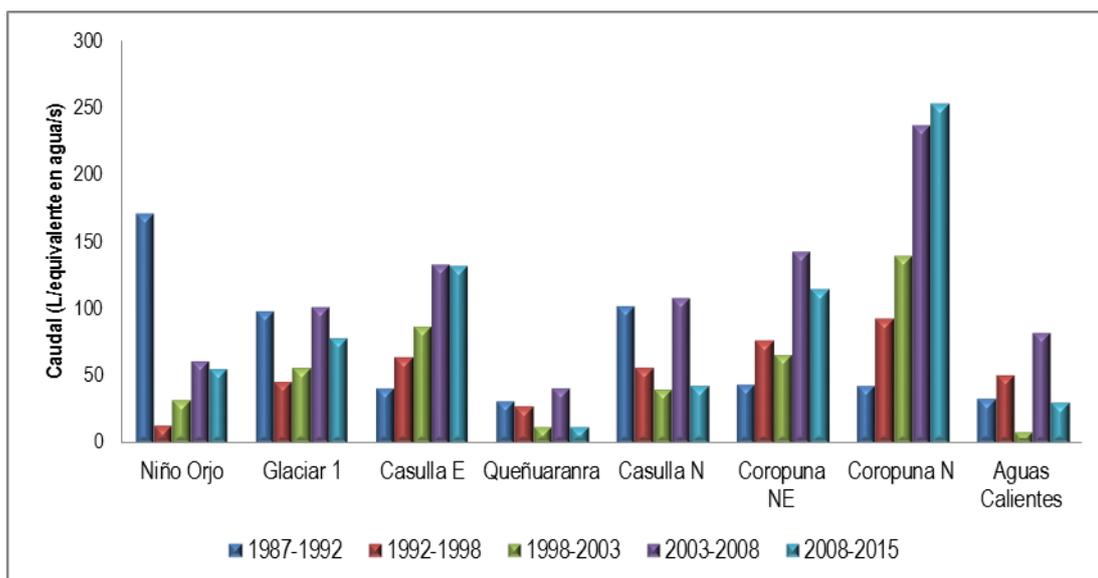
## 4.8. APORTE TOTAL DE AGUA DEL NEVADO COROPUNA

### 4.8.1. Hacia la cuenca del río Ocoña

El aporte de agua de los glaciares que drenan sus aguas hacia la cuenca del río Ocoña es de 616.3 L equivalente agua/s, siendo que en el periodo 2003-2008 presentó el aporte más elevado con 910.19 L equivalente agua/s y en el periodo 1992-1998 el aporte más bajo con 418.91 L equivalente agua/s. El detalle del aporte de agua por cada glaciar se presenta en la Tabla 56, mientras que en la Figura 41 se muestra la evolución de la misma.

**Tabla 56: Aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Ocoña**

Cuenca	Glaciar	Caudal (L/equivalente en agua/s)					Promedio
		1987-1992	1992-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2015	
Ocoña	Niño Orjo	171.53	14.07	32.67	61.98	56.26	67.30
	Glaciar 1	99.27	46.56	57.03	101.64	78.58	76.62
	Casulla E	41.33	64.73	87.36	133.70	132.69	91.96
	Queñuaranra	32.04	28.35	12.52	41.59	13.14	25.53
	Casulla N	102.42	56.98	40.45	108.27	43.50	70.33
	Coropuna NE	44.52	77.07	66.66	143.14	115.35	89.35
	Coropuna N	43.32	92.69	140.11	237.00	253.43	153.31
	Aguas Calientes	33.86	51.44	9.05	82.88	30.50	41.55
Total		568.29	431.90	445.86	910.19	723.46	615.94



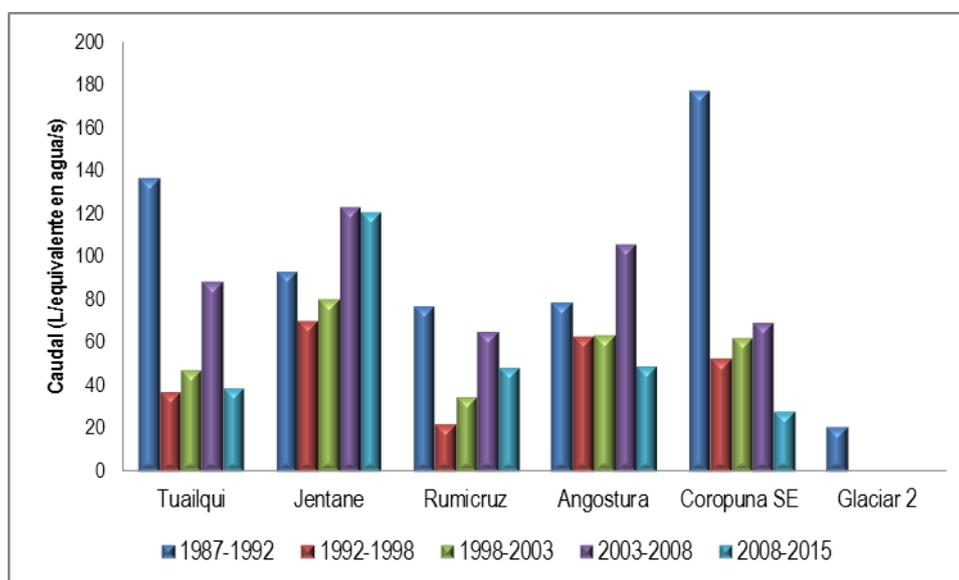
**Figura 41: Evolución de aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Ocoña**

#### 4.8.2. Hacia la cuenca del río Camana

El aporte de agua de los glaciares que drenan hacia la cuenca del río Camana es de 365.45 L equivalente agua/s. En el periodo 1987-1992 presento el mayor aporte con 583.40 L equivalente agua/s, mientras que el periodo 1992-1998 presento el aporte más bajo con un caudal promedio de 243.86 L equivalente agua/s. En la Tabla 57 se presenta el detalle de los caudales y en la Figura 42 la evolución de la misma.

**Tabla 57: Aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Camana**

Cuenca	Glaciar	Caudal (L/equivalente en agua/s)					Promedio
		1987-1992	1992-1998	1998-2003	2003-2008	2008-2015	
Camana	Tuailqui	136.68	36.99	46.76	88.38	38.51	69.47
	Jentane	93.35	69.89	79.68	122.77	120.33	97.21
	Rumicruz	76.95	21.84	34.55	64.73	48.05	49.22
	Angostura	78.52	62.68	63.49	105.50	48.87	71.81
	Coropuna SE	177.36	52.46	62.08	69.16	27.66	77.74
	Glaciar 2	20.54	0	0	0	0	20.54
Total		583.40	243.86	286.56	450.54	283.42	365.45



**Figura 42: Evolución de aporte de agua del Nevado Coropuna hacia la cuenca del río Camana-Majes**

De manera general se observa que los glaciares aportaron más agua entre los años 1987 al 1992, esto influenciado por la importante masa glaciaria perdida que se puede ver en la Tabla 58 (adaptado de la Tabla 45), de igual manera se observa el periodo comprendido entre 2003 al 2008 como segundo periodo de importante aporte hídrico el cual está influenciado por la pérdida de masa glaciaria (Tabla 58) y el importante aumento de temperatura observado en el verano del 2008, recordarse que los de caudal presentado son valores promedio para las fechas comprendidas entre cada imagen.

**Tabla 58: pérdida acumulada de área glaciaria entre periodos de imágenes de satélite**

Año	Área (km <sup>2</sup> )	Perdida área por periodo (km <sup>2</sup> )
1987	53.49	
1992	50.7	2.79
1998	49.03	1.67
2003	47.71	1.32
2008	45.12	2.59
2015	43.09	2.03

## V. CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación del Vector Regional, Se ha establecido que el departamento de Arequipa, presenta tres regiones climáticas claramente diferenciadas, el área de investigación se ubica en la primera “Región 1”, en donde la precipitación presenta un régimen climático claramente establecido, siendo que este se produce sobre todo entre los meses de diciembre hasta marzo, con precipitaciones que se encuentran a nivel anual dentro de un rango de 214 mm a 736 mm.
- Respecto al análisis del comportamiento de las series temporales de precipitación y temperatura se observa que para el caso de la precipitación; en la mayoría de las estaciones analizadas no se presentan tendencias claramente definidas ni quiebres significativos por lo que se asume que no se tienen cambios importantes en la precipitación.
- Respecto a la temperatura, los valores de todas las estaciones analizadas mostraron una tendencia al incremento de sus valores, los quiebres ocurrieron sobre todo a finales de la década del 80 y en la década del 90; mientras que los valores de la temperatura máxima y temperatura mínima en la gran mayoría de las estaciones mostraron también una tendencia al incremento de sus valores.
- Los principales indicadores climáticos que tienen una gran influencia en la precipitación de la zona de investigación son los índices ONI, MEI, SOI, El Niño 3.4, El Niño 4, El Niño 1+2 y NOI, que por lo general definen que cuando estos se intensifican los valores de precipitación en la zona de investigación disminuye. En el caso de la temperatura; estos mismos indicadores además de otros en menor escala como PDO, TNA, TSA y SALT influyen en la dinámica de este parámetro en la zona de investigación, siendo que cuando estos se intensifican el promedio de la temperatura se incrementa sensiblemente.

- La variabilidad de la precipitación en el área de investigación referida a los datos anuales y en el trimestre DEF por efectos de los índices El Niño 3.4, ONI y SOI mostraron que; en los eventos El Niño por lo general la precipitación disminuye y en los eventos La Niña los valores se incrementan. Esto guarda relación con la investigación realizada por Segura et al. 2016.
- La variabilidad de la temperatura media generada por la dinámica de los índices El Niño 3.4. ONI y SOI en general muestra que en los eventos el Niño la temperatura se incrementa, mientras que en los otros eventos La Niña, la temperatura disminuye.
- Desde 1987 hasta el 2015 el Nevado Coropuna ha ido presentando una pérdida constante de su cobertura glaciar, en este periodo el nevado ha presentado una pérdida del 20 por ciento de su área inicial. Así mismo de acuerdo a la estimación de la pérdida total del volumen glaciar del Nevado Coropuna, este habría presentado una disminución del 24 por ciento del volumen inicial.
- Los glaciares que se orientan hacia el sur son los que más han retrocedido (posición de su frente) respecto a los que se muestran al norte, esto debido posiblemente a la menor altitud de sus frentes y alta radiación de la zona que hace que los frentes de los glaciares estén por encima de la isoterma 0°C, pero también se observa que los glaciares que se orientan hacia el norte han comenzado a retroceder más rápido que los del sur, esto debido al incremento de la temperatura del aire que pasaría a ser otra variable a tener en cuenta en el retroceso de los glaciares de esta zona.
- De acuerdo a la estimación del aporte de agua del Nevado Coropuna, este sería mayor hacia la cuenca del río Ocoña con un caudal promedio de 616.23 L/equivalente agua/s, respecto a la cuenca del río Camana, hacia esta última presentaría un caudal promedio de 365.45 L equivalente agua/s, es importante destacar que este aporte se considera como total y no se consideran las pérdidas por infiltración, evaporación, sublimación del hielo, etc.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Los datos climáticos han sido considerados a partir de estaciones ubicadas en las zonas próximas al Nevado Coropuna, mediante estos se ha logrado establecer la dinámica del clima en la región de investigación, así mismo se ha logrado correlacionar con los índices climáticos; sin embargo aún no se disponen de datos climáticos (estaciones meteorológicas) de un largo periodo del propio nevado por lo que se recomienda la implementación de una red de estaciones con fines de monitorear dicho nevado y obtener resultados actualizados.
- La identificación del volumen del Nevado Coropuna se ha realizado a través de tres métodos que han sido validadas por la comunidad científica; así los resultados obtenidos son muy próximos entre ellas, sin embargo para una mayor precisión de los datos sería pertinente la instalación de balizas en los glaciares de este nevado, con estos se podrían tener resultados muy precisos respecto a la evolución del volumen de cada glaciar y por tanto del nevado.
- A partir de los resultados de la pérdida del volumen de los glaciares que son parte del Nevado Coropuna (perdida por periodo), se he realizado una aproximación del equivalente en agua (caudal equivalente) que se estaría perdiendo y por tanto cuanto sería el aporte de agua hacia las cuencas de Ocoña y Camana-Majes. Sin embargo dada las características geológicas del área de investigación permite observar que el agua que se pierde inmediatamente se infiltra y no discurre por las quebradas razón por la cual no se ha podido realizar aforos que permitan realizar algún ajuste. Se recomienda que las investigaciones continúen y permitan obtener resultados más próximos del aporte de agua del nevado hacia estas cuencas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ariza, A. 2013. Productos LDCM – Landsat 8. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 9-10.
2. ANA (Autoridad Nacional del Agua). 2014. Inventario de Glaciares del Perú. Segunda actualización. 230-244.
3. AG (Australian Government Bureau of meteorology). 2013. Southern Oscillation Index. Consultado el 03 enero del 2017. Disponible en <http://www.bom.gov.au/climate/data/?ref=fr>.
4. Bahr, D. 2011. Estimation of Glacier Volume and Volume Change by Scaling Methods. Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers. Earth Sci. Ser. 278 p.
5. Bernard, F. y Bernard P. 2008. Glaciares : ¿Cómo y Dónde Estudiarlos?. Revista virtual REDESMA. Vol. 2(3): 10 p.
6. Brecher, H. y Thompson, L. 1993. Measurement of the retreat of Qori Kalis glacier in the tropical Andes of Peru by terrestrial Photogrammetry. Photogrammetry Engineering and Remote Sensing. Vol. 59. 1017-1022.
7. Brunet-Moret. 1979. Homogénéisation des précipitations. Bureau Central Hydrologique de ORSTOM, Serie Hydrologie. 26(3): 147-170.
8. CAF (Corporación Andina de Fomento). 2000. El Fenómeno El Niño 1997- 1998 Memoria, Retos y Soluciones. Volumen V: Perú. 293 p
9. Cartes, A. 2009. Pronóstico de volúmenes de deshielos mediante redes neuronales recurrentes e imágenes satelitales MODIS. Tesis Mg. Universidad de Chile. 124 p
10. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2011. Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Dinámicas, tendencias y variabilidad. Santiago, Chile. 263 p.
11. CGIAR (Consuortium for spatial information). 2004. SRTM 90 m database. Consultado 04 de enero del 2017. disponible en: <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>
12. Chen, J. Ohmura, A. 1990. Estimation of Alpine Glacier Water Resources and their Change Sinse the 1870s, IAHS Publ. 193:127-135.

13. Chiew, F. Siriwardena, L. 2005. TREND – User Guide. Catchment Modellingtoolkit. CRC for Catchment Hydrology. 2-21.
14. CIOH (Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas). 2010. Circulación General de la Atmosfera en Colombia. Cartagena de Indias.
15. Díaz, A. Carpio, M. Ramírez, J. 2011. Estudio Geológico y Económico de las Rocas y Minerales Industriales en las regiones de Moquegua y Tacna. INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico). Boletín. 26:16 p.
16. Dyurgerov, M. Meier, M. 1997. Mass Balance of Mountain and Subpolar Glaciers: A new global assessment for 1961-1990. Arctic and Alpine Research. 29:379-391.
17. Espinoza, J. 2005. Manual escrito con motivo del curso taller. Utilización del Método del Vector Regional con Hydracces. SENAMHI-Perú. Colaboración de Philippe Vaulchel (IRD Peru) y Josyane Ronchail (UP7-LOCEAN, Paris). 9 p.
18. Fernández, P. 2014. Geomorfología Glaciar. Dpto. Geodinámica, Facultad C.C. Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.
19. Ferrando, F. 2014. Análisis y Propuesta de Definición de "Glaciar". Departamento de Geografía. Universidad de Chile. 6 p.
20. Francou, B., M. Vuille, V. Favier & B. Cáceres, 2004. New evidence for an ENSO impact on low-latitude glaciers: Antizana 15, Andes of Ecuador, 0°28'S. Journal of Geophysical Research. V109, D18106.
21. Francou, B., Rabatel, A., Soruco, A., Sicart, J.E., Silvestre, E.E., Ginot, P., Cáceres, B., Condom, T., Villacís, M., Ceballos, J.L., Lehmann, B., Anthelme, F., Dangles, O., Gomez, J., Favier, V., Maisincho, L., Jomelli, V., Vuille, M., Wagnon, P., Lejeune, Y., Ramallo, C., Mendoza, J. 2014. Glaciares de los Andes Tropicales, Víctimas del Cambio Climático. CAN (Comunidad Andina de Naciones), PRAA (Proyecto Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales), IRD (Institut de Recherche Pour Le Developpement). 99 p.
22. Freile, D. y Manciatí, C. 2007. Relación a Escala Mensual y Estacional entre la Información Hidrometeorológica local y Regional y la Fusión de los Glaciares Tropicales del Ecuador. Casos de Estudio: Glaciar 15 y Glaciar "Crespos" del Nevado Antisana. Tesis de Ingeniero. Escuela de Ingeniería y Ciencias. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.
23. Frey, H., Machguth, H., Huss, M., Huggel, c., Bajracharya, S., Bolch, T., Kulkarni, A., Linsbauer, A., Salzmann, N. y Stoffel, M. 2014. Estimating the volume of glaciers in

- the Himalayan–Karakoram region using different methods. *The Cryosphere*. 8:2313-2333.
24. Garreaud, R., Vuille, M. y Amy C. 2003. The Climate of the Altiplano: Observed Current Conditions and Mechanisms of Past Changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. ELSEIVIER 3054 1-8.
  25. Garreaud, R. 2009. The Andes Climate and Weather. *Adv. in Geosciences*. 22:3-11.
  26. GGWS (Golden Gate Weather Services). 2017. El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI). Consultado el 10 de abril 2017. disponible en: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.
  27. Greenpeace, 2010. Cambio climático: Futuro Negro para los Glaciares. Actualización del informe 2004. 2-34.
  28. Greenpeace, 2004. Desaparición de los Glaciares Pirenaicos Españoles. *Geografía Física*, Universidad Autónoma de Madrid. 2-28.
  29. GRID-Arendal. 2017. El Niño Soutern Oscilation (ENSO) phenomenon. Consultado el 12 de mayo del 2017. Disponible en: <http://www.grida.no/publications/vg/africa/page/3105.aspx>
  30. Herr, L. 2014. Los Glaciares y su protección jurídica en Chile. Tesis de grado. Facultad de Derecho, Universidad de Chile. Santiago de Chile. 333 p.
  31. Herreros, J., Moreno, I., Taupin, J., Ginot, P., Patris, N., De Angelis M., Ledru, M., Delachaux F. y Schotterer, U. 2009. Environmental records from temperate glacier ice on Nevado Coropuna saddle, southern Peru. *Advances in Geosciences*. 22, 27-34. Montpellier, France.
  32. Hiez, G. 1977. L'homogénéité des données pluviométriques. *Cahiers ORSTOM, Serie Hydrologie*. 14(2).
  33. Holmes, A. 1987. *Geología Física*. Ediciones Omega. Barcelona. 447-448 p.
  34. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Imágenes de Satélite Landsat. Consultado 02 de febrero de 2017. disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>
  35. INGEMMET (Instituto Geológico Minero Metalúrgico). 1994. Geología de los cuadrángulos de Chuquibamba y Cotahuasi. 28-31.
  36. Jiménez, C. 2014. Anexo del Informe Técnico: Elaboración de un Boletín con Información Hidroclimática de los mares de México. 1-27

37. Kaser, G. Georges, C. 1997. Changes of the equilibrium-line altitude in the tropical Cordillera Blanca, Peru, 1930- 1950, and their spatial variations. *Annals of Glaciology*, 24: 344-349.
38. Lagos, P. Silva, Y. Nickl, E. Mosquera, K. 2008. El Niño related precipitation variability in Peru. *Advances in Geosciences*. 14:231-237.
39. Lavado, W. Espinoza, J. 2014. Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorología* 29(2): 171-182.
40. León, G. Zea, J. Eslava, J. 2000. Circulación general del trópico y la Zona de Confluencia Intertropical en Colombia. *Meteorología Colombiana. Meteorología Colombiana*. 1:31-38.
41. Ligg, Wechs, Nea. 1988. Report first expedition to glaciers and glacier lakes in the Pumpu (Arund) and Poipu (Bhote-sunkosi) river basins, Xizang (Tibet), China. Science press. Beijing, China.
42. Magaña, V. Pérez, J. Conde, C. Gay, C. Medina, S. 1997. El Fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus Impactos en México. Universidad Nacional Autónoma de México. 1-18.
43. Martínez, J. 2005. Percepción Remota "Fundamentos de Teledetección Espacial". Comisión Nacional del Agua. México. 7-62.
44. Maturana, j. Bello, M. Manley, M. 2004. Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 13-27.
45. Mauricio, J. 2007. Introducción al Análisis de Series Temporales. Universidad Complutense de Madrid. España. 2-3.
46. MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2007. Evaluación de los recursos hídricos en la cuenca del río Ocoña - Estudio Hidrológico. 112-113.
47. Minetti, J. 2007. La Respuesta del Anticiclón del Pacífico Sur en la costa de Chile frente al Cambio Climático-Impactos. Laboratorio Climático Sudamericano, CONYCET. 12 p.
48. Montealegre, J. y Pabon, J. 2000. La Variabilidad Climática Interanual Asociada al Ciclo EL Niño-La Niña–Oscilación del Sur y su Efecto en el Patrón Pluviométrico de Colombia. *Meteorología Colombiana*. 2:7-21.
49. Montealegre, J. 2012. Análisis de la variabilidad climática inter-anual (El Niño y La Niña) en la Región Capital, Bogotá Cundinamarca. PRICC (Plan Regional Integral de Cambio Climático). Región Capital Bogotá - Cundinamarca.

50. NOAA (National Weather Service). 2012. North Atlantic Oscillation. Consultado el 06 de enero del 2017. Disponible en: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.shtml>.
51. NOAA (National Weather Service). National Centers for Environmental Prediction. 2017. Consultado el 02 de abril del 2017. disponible en: <http://www.ncep.noaa.gov/>
52. PFEL (Pacific Fisheries Environmental Laboratory). 2007. The Northern Oscillation Index. Consultado el 07 de enero del 2017. Disponible en: <http://www.pfeg.noaa.gov/products/PFEL/modeled/indices/NOIx/noix.html>.
53. Pouyaud, B. Yerren, J. Arboleda, F. Suarez, W. 2001. Variabilidad Pluviométrica a Escala Anual y Cuatrimestral den la Vertiente Peruana del Pacifico Peruano. IRD (Institut de Recherche Pour le Developpement), SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorologia e Hidrologia). 7-14.
54. Rabatel, A. Bermejo, A. Loarte, E. Soruco, A. Gomez, J. Leonardini, G., Vicent, C. Sicart J. 2012. Can the snowline be used as an indicator of the equilibrium line and mass balance for glaciers in the outer tropics?. *Journal of Glaciology*, 58:1027- 1036.
55. Rau, P. 2009. Análisis espacio temporal de la precipitación y temperatura en las principales zonas de montaña del Perú. Tesis Mg. Universidad Nacional Agraria la Molina. 3-195.
56. Racoviteanu, A. Manley, W. Arnaud, Y. Williams, M. 2007. Evaluating digital elevation models for glaciologic applications: An example from Nevado Coropuna, Peruvian Andes. *Global and Planetary Change*. 59:110-125.
57. Restrepo, L. Gonzales, J. 2007. De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. Vol. 20. 2: 183-192.
58. Romero, L. 2013. Métodos de Regionalización. Seminario de Análisis Regional y Estudios Espaciales. Universidad Nacional Autónoma de México. 2p.
59. Sagredo, E. Lowell, T. 2012. Climatology of Andean glaciers: A framework to understand glacier response to climate change. *Global and Planetary Change*. Vol. 86-87:101-109.
60. Salzmann, N. Huggel, C. Rohrer, M. Silverio, W. Mark, B. Burns, P. y Portocarrero, C. 2013. Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, southern Peruvian Andes. *The Cryosphere*. 7:103-118.
61. Santillana, García, 2015. Evaluación de los Glaciares Tropicales, Lagunas y Bofedales en un contexto de Cambio Climático. Autoridad Nacional del Agua. Perú. 2 p.

62. Segura, H. Espinoza, J. Junquas, C. Takahashi, K. 2016. Evidencing decadal and interdecadal hydroclimatic variability over the Central Andes. *Environmental Research Letters*. 11:094016.
63. Segovia, A. 2014. Caracterización Glaciológica de Chile y Valoración de Servicios Ecosistémicos de Glaciares en Base a Mercados Reales (Estudio de Caso del Monumento Natural el Morado). Tesis Mg. Universidad de Chile. Santiago. 37-44.
64. SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología E Hidrología). 2014. El Fenómeno El Niño en el Perú. Lima, Perú. 33 p.
65. Sibandze, P. Mhangara, P. Odindi, J. Kganyago, M. 2014. A comparison of Normalised Difference Snow Index (NDSI) and Normalised Difference Principal Component Snow Index (NDPCSI) techniques in distinguishing snow from related land cover types. *South African Journal of Geomatics*. 3(2). 200 p.
66. Suarez, W., Macedo, N., Montoya, N., Arias, S., Schauwecker, S., Huggel, C., Rohrer, M. y Codom, T. 2015. Balance Energético Neto (2012-2014) y Evolución Temporal Del Nevado Quisoquipina En La Región de Cusco (1990-2010). *Revista Peruana Geo Atmosférica RPGA* (4): 80–92.
67. Suarez, W. 2012. Apuntes de Clase del curso "Hidrología de Montaña y Glaciología". Escuela de Post-Grado UNALM.
68. Takahashi, K. Montecinos, A. Goubanova, A. Dewitte, B. 2011. ENSO regimes: Reinterpreting the canonical and Modoki El Niño. *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 38, L10704.
69. Úbeda, J. 2011. El Impacto del Cambio Climático en los glaciares del Complejo Volcánico Nevado Coropuna, (Cordillera Occidental de los Andes Centrales). Tesis Dr. Universidad Complutense de Madrid. 29 p.
70. Úbeda, J. 2013. Cronologías Glaciales del sector NE del Nevado Coropuna (Perú): Implicaciones Geomorfológicas y Paleoclimaticas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. 62: 215 p.
71. Veettil, B. Maier, E. Bremer, U. Souza, S. 2014. Combined influence of PDO and ENSO on northern Andean glaciers: a case study on the Cotopaxi ice-covered volcano, Ecuador. *Climate Dynamics*. Vol. 43 Issue 12:3439-3448.
72. Veettil, B. Wang, D. Bremer, U. Souza S. Simões, J. 2016. Recent trends in annual snowline variations in the northern wet outer tropics: case studies from southern Cordillera Blanca, Peru. *Theoretical and Applied Climatology*. Vol. 29 Issues 1-2:213-227.

73. Veettil, B. Ruiz, S. Shanshan, W. Valente, P. Bica, A. Becerra, A. Rekowsky, I. De Souza, S. Bianchini, N. Bremes, U. Simões, J. 2016. Un análisis comparativo del retroceso glaciar en los Andes Tropicales usando teledetección. *Investig. Geogr. Chile.* 51:3-36.
74. Vuille, M. 2013. El Cambio Climático y los Recursos Hídricos en los Andes Tropicales. Banco Interamericano de Desarrollo. IDB - TN - 517: 2-20.
75. Wadsworth, F. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Manual de Agricultura 710-S. USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). Cap. 1: 1-30.
76. Wagon, P. Ribstein, P. Kaser, G. Berton, P. 1999. Energy balance and runoff seasonality of a Bolivian glacier. *Global and Planetary Change.* ELSEVIER. 22:49-58.
77. WRCC (Western Regional Climate Center). Classification of El Niño and La Niña Winters. Consultado el 10 de abril de 2017. Disponible en <http://www.wrcc.dri.edu/enso/ensodef.html>.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO I. Disponibilidad de información

#### A. Estación Andagua y Angostura – precipitación

Estación	Andagua					Angostura				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	265.3	16.5	156.3	92.5	0.0	577.1	66.1	375.1	131.7	4.2
1966-1967	611.6	48.5	369.1	191.5	2.5	888.5	190.5	354.8	327.9	15.3
1967-1968	586.1	33.5	360.3	192.3	0.0	757.0	94.6	476.3	160.8	25.3
1968-1969	418.7	12.5	244.0	162.2	0.0	687.6	205.7	342.6	131.5	7.8
1969-1970	361.2	19.8	269.4	72.0	0.0	877.0	113.1	552.5	209.3	2.1
1970-1971	219.8	12.0	181.5	26.3	0.0	887.9	91.7	659.3	136.9	0.0
1971-1972	560.9	9.0	326.8	225.1	0.0	808.4	25.9	518.3	263.2	1.0
1972-1973	607.8	64.9	339.2	190.1	13.6	921.6	102.4	527.4	282.2	9.6
1973-1974	554.1	78.7	310.5	103.7	61.2	875.8	99.5	580.7	127.6	68.0
1974-1975	687.0	7.2	549.2	130.6	0.0	708.4	31.1	463.0	209.5	4.8
1975-1976	494.3	0.0	372.8	109.3	12.2	880.8	87.5	574.3	199.3	19.7
1976-1977	436.4	79.6	246.5	110.3	0.0	608.2	61.5	392.4	152.3	2.0
1977-1978	296.3	22.3	121.2	147.5	5.3	769.8	170.8	484.0	113.4	1.6
1978-1979	271.9	41.9	79.0	151.0	0.0	627.0	149.5	304.2	167.7	5.6
1979-1980	436.4	67.8	180.7	184.2	3.7	643.3	122.2	275.5	241.6	4.0
1980-1981	260.9	17.4	153.2	72.5	17.8	956.6	185.9	594.8	128.9	47.0
1981-1982	206.3	9.6	127.2	69.5	0.0	799.1	132.8	406.5	256.4	3.4
1982-1983	403.5	35.7	241.0	126.8	0.0	688.9	318.2	239.8	128.9	2.0
1983-1984	387.0	35.9	260.7	88.0	2.4	1067.2	61.6	601.6	388.4	15.6
1984-1985	312.8	71.7	162.0	73.8	5.3	984.4	270.0	445.1	243.3	26.0
1985-1986	326.2	30.8	242.6	42.2	10.6	1076.4	107.0	587.4	355.5	26.5
1986-1987	309.6	13.5	249.7	29.3	17.1	666.1	54.9	514.5	58.5	38.2
1987-1988	315.4	27.4	171.8	116.2	0.0	830.6	57.4	455.1	318.1	0.0
1988-1989	434.9	2.4	374.1	53.8	4.6	703.1	27.2	423.1	229.5	23.3
1989-1990	127.0	3.6	43.4	52.4	27.6	461.9	26.8	259.8	132.9	42.4
1990-1991	364.0	65.8	145.6	132.8	19.8	953.4	185.1	529.6	213.3	25.4
1991-1992	121.7	10.2	98.3	7.0	6.2	502.8	114.0	273.9	44.9	70.0
1992-1993	222.0	6.2	136.7	64.5	14.6	735.4	62.0	405.6	245.5	22.3
1993-1994	382.0	24.6	288.2	69.2	0.0	998.2	187.0	653.5	157.7	0.0
1994-1995	259.3	0.0	134.6	124.7	0.0	759.8	57.4	408.3	291.9	2.2
1995-1996	279.0	48.6	177.6	52.8	0.0	856.7	75.2	611.2	157.6	12.7
1996-1997	391.6	2.0	279.4	76.0	34.2	847.2	54.9	573.4	176.2	42.7

Estación	Andagua					Angostura				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1997-1998	426.3	50.1	321.2	55.0	0.0	727.3	122.8	487.2	115.7	1.6
1998-1999	595.2	30.1	434.3	130.8	0.0	823.2	61.1	536.6	225.5	0.0
1999-2000	369.5	60.6	259.0	48.1	1.8	970.0	88.4	623.6	236.0	22.0
2000-2001	552.6	55.7	371.4	121.7	3.8	1195.5	113.8	735.0	320.9	25.8
2001-2002	341.4	17.0	119.0	161.4	44.0	806.2	29.1	476.8	278.0	22.3
2002-2003	276.8	31.2	160.1	83.4	2.1	869.5	171.1	418.7	272.9	6.8
2003-2004	262.6	0.0	201.6	48.3	12.7	758.3	75.3	474.4	163.2	45.4
2004-2005	212.6	1.7	150.4	60.5	0.0	653.9	34.1	381.1	238.3	0.4
2005-2006	376.5	14.7	308.8	53.0	0.0	941.3	44.8	624.9	265.9	5.7
2006-2007	367.8	33.1	215.1	119.6	0.0	836.7	174.8	450.6	208.2	3.1
2007-2008	235.3	1.0	214.5	15.2	4.6	695.9	101.4	505.3	88.4	0.8
2008-2009	312.5	1.3	207.5	93.8	9.9	721.8	44.1	444.8	215.5	17.4
2009-2010	202.5	3.9	153.7	44.9	0.0	692.8	97.6	463.9	130.9	0.4
2010-2011	338.3	15.0	252.9	70.4	0.0	896.7	32.2	650.4	203.8	10.3
2011-2012	555.4	9.0	381.7	164.7	0.0	924.2	55.2	650.7	215.2	3.1
2012-2013	509.9	16.8	385.5	82.2	25.4	845.8	68.7	594.0	151.4	31.7
2013-2014	412.6	6.4	292.0	105.8	8.5	848.2	94.6	566.9	175.3	11.4

FUENTE: SENAMHI.

### B. Estación Cabanaconde y Chivay - precipitación

Estación	Cabanaconde					Chivay				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	150.1	1.3	61.3	87.5	0.0	236.6	13.9	128.4	94.3	0.0
1966-1967	568.2	7.5	294.2	266.5	0.0	464.1	65.1	285.6	109.4	4.0
1967-1968	581.7	25.5	328.7	227.5	0.0	421.8	52.3	222.0	141.7	5.8
1968-1969	262.5	61.5	123.1	77.9	0.0	373.6	46.9	200.0	125.8	0.9
1969-1970	240.6	25.5	212.3	2.8	0.0	455.1	48.2	275.0	131.9	0.0
1970-1971	352.1	41.9	245.8	64.4	0.0	335.0	34.7	232.7	65.9	1.7
1971-1972	689.6	5.9	438.1	245.6	0.0	524.9	9.0	327.2	187.7	1.0
1972-1973	652.8	38.1	330.4	252.3	32.0	589.6	68.4	316.8	189.0	15.4
1973-1974	524.3	26.2	352.6	73.7	71.8	488.1	41.8	314.0	65.9	66.4
1974-1975	466.8	0.0	318.5	148.3	0.0	422.1	6.2	264.0	150.3	1.6
1975-1976	543.2	0.0	426.1	114.7	2.4	569.0	6.4	420.4	120.8	21.4
1976-1977	375.0	43.5	259.6	71.9	0.0	351.1	43.9	237.4	69.8	0.0
1977-1978	202.9	19.7	125.6	49.9	7.7	303.5	76.1	146.6	76.7	4.1
1978-1979	208.6	30.5	55.3	122.8	0.0	202.5	26.6	79.2	95.2	1.5
1979-1980	240.9	37.8	100.6	102.5	0.0	250.7	56.4	126.4	67.9	0.0
1980-1981	380.6	14.3	232.0	102.8	31.5	448.8	94.1	261.8	59.2	33.7
1981-1982	222.1	8.4	200.2	13.5	0.0	304.1	28.2	186.7	89.2	0.0
1982-1983	139.4	57.6	25.9	55.9	0.0	450.7	138.5	215.9	96.3	0.0
1983-1984	502.3	13.2	298.9	186.0	4.2	541.7	51.6	287.8	187.5	14.8
1984-1985	350.4	75.2	145.9	129.3	0.0	550.5	149.1	253.2	148.2	0.0

Estación	Cabanaconde					Chivay				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1985-1986	747.7	12.8	373.5	286.3	75.1	603.0	31.4	371.6	189.5	10.5
1986-1987	518.8	70.2	416.7	25.6	6.3	274.5	15.5	206.0	43.3	9.7
1987-1988	265.7	30.8	156.1	78.8	0.0	280.5	7.5	209.7	63.3	0.0
1988-1989	331.0	4.1	236.8	86.5	3.6	212.4	8.1	150.2	41.0	13.1
1989-1990	92.0	13.9	34.7	30.0	13.4	244.1	13.0	85.2	84.6	61.3
1990-1991	233.2	68.8	124.8	32.1	7.5	517.1	75.1	271.6	149.7	20.7
1991-1992	50.4	16.7	23.7	3.4	6.6	358.5	54.8	192.3	96.0	15.4
1992-1993	260.0	4.2	186.4	62.8	6.6	350.4	51.2	178.9	104.1	16.2
1993-1994	414.0	14.7	338.6	60.7	0.0	447.6	25.0	345.1	75.9	1.6
1994-1995	273.9	1.4	115.9	156.6	0.0	325.1	15.0	163.1	147.0	0.0
1995-1996	347.5	26.0	242.0	77.7	1.8	414.6	33.6	284.7	89.3	7.0
1996-1997	443.4	11.6	246.4	141.1	44.3	506.3	30.7	333.7	114.8	27.1
1997-1998	547.1	39.6	457.1	50.1	0.3	428.2	75.9	279.7	72.6	0.0
1998-1999	715.1	37.8	462.2	215.1	0.0	595.6	40.6	339.2	215.8	0.0
1999-2000	550.0	43.3	408.0	98.3	0.4	575.8	60.2	353.6	160.1	1.9
2000-2001	720.0	20.5	462.4	233.0	4.1	578.1	40.2	376.8	154.9	6.2
2001-2002	562.8	12.0	272.7	253.9	24.2	484.6	31.8	234.9	181.8	36.1
2002-2003	348.7	29.8	206.3	106.6	6.0	367.3	35.8	234.8	92.2	4.5
2003-2004	381.4	0.0	279.1	92.9	9.4	455.7	1.4	281.5	162.1	10.7
2004-2005	263.5	2.1	199.7	61.7	0.0	311.9	24.3	212.7	74.9	0.0
2005-2006	493.0	10.8	373.6	108.5	0.1	492.4	20.4	299.8	172.2	0.0
2006-2007	427.9	21.8	246.5	159.6	0.0	516.7	82.7	293.5	139.6	0.9
2007-2008	341.9	7.8	291.2	38.5	4.4	481.1	19.6	427.5	32.4	1.6
2008-2009	334.3	1.2	236.7	87.7	8.7	460.8	5.7	299.3	144.2	11.6
2009-2010	276.6	3.2	205.7	67.7	0.0	259.5	21.4	167.2	70.9	0.0
2010-2011	486.8	7.3	372.8	104.9	1.8	579.5	16.3	420.9	139.5	2.8
2011-2012	742.9	9.1	535.2	198.2	0.4	734.2	10.1	524.7	198.1	1.3
2012-2013	537.2	30.8	379.0	104.9	22.5	617.5	40.7	420.5	107.4	48.9
2013-2014	501.5	5.7	370.7	118.9	6.2	483.7	0.6	340.9	129.0	13.3

FUENTE: SENAMHI.

### C. Estación Huambo y Madrigal - precipitación

Estación	Huambo					Madrigal				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	252.2	24.7	165.7	61.8	0.0	265.6	16.5	173.8	75.3	0.0
1966-1967	502.9	11.4	282.1	208.2	1.2	549.4	33.9	284.2	224.1	7.2
1967-1968	397.2	11.7	207.3	178.2	0.0	628.2	36.3	262.5	329.4	0.0
1968-1969	200.2	38.7	95.4	66.1	0.0	252.3	31.4	154.6	66.1	0.2
1969-1970	339.8	26.5	213.0	100.3	0.0	364.2	34.9	212.9	116.4	0.0
1970-1971	222.0	6.7	142.8	72.5	0.0	323.5	18.2	244.5	60.8	0.0
1971-1972	562.8	4.1	395.8	162.9	0.0	578.0	5.6	382.5	184.9	5.0
1972-1973	425.7	43.4	221.4	144.6	16.3	355.6	25.8	192.2	130.6	7.0

Estación	Huambo					Madrigal				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1973-1974	432.7	21.0	299.1	58.8	53.8	403.1	29.7	260.1	45.4	67.9
1974-1975	330.5	1.6	227.6	100.5	0.8	392.5	0.0	275.9	116.6	0.0
1975-1976	351.1	0.1	265.5	82.6	2.9	380.8	2.6	293.9	78.9	5.4
1976-1977	297.1	33.9	219.0	44.2	0.0	384.5	39.6	231.4	113.5	0.0
1977-1978	234.9	18.1	198.5	16.0	2.3	266.5	60.2	148.3	57.4	0.6
1978-1979	231.5	20.3	125.8	85.4	0.0	153.8	3.0	46.8	104.0	0.0
1979-1980	209.0	21.6	146.4	41.0	0.0	226.8	30.4	97.2	99.2	0.0
1980-1981	246.4	21.7	166.0	43.1	15.6	442.3	76.4	278.5	58.2	29.2
1981-1982	312.5	2.6	239.5	70.4	0.0	220.0	14.6	134.2	71.2	0.0
1982-1983	275.2	34.2	175.5	65.2	0.3	369.0	98.2	186.1	84.7	0.0
1983-1984	331.7	6.7	215.3	106.9	2.8	375.1	22.6	215.3	125.8	11.4
1984-1985	258.5	46.6	157.8	43.2	10.9	373.6	129.5	197.1	47.0	0.0
1985-1986	270.1	3.5	232.0	34.6	0.0	491.1	51.4	324.3	108.2	7.2
1986-1987	219.9	0.0	196.8	23.1	0.0	231.9	0.4	204.1	18.0	9.4
1987-1988	310.1	42.8	221.0	46.3	0.0	374.8	11.2	261.9	101.7	0.0
1988-1989	331.4	0.0	244.5	79.9	7.0	444.3	2.8	221.2	214.0	6.3
1989-1990	275.8	8.9	143.4	87.9	35.6	154.7	13.0	70.3	47.1	24.3
1990-1991	197.5	15.5	94.1	74.5	13.4	307.2	50.7	189.9	57.5	9.1
1991-1992	200.1	8.2	128.7	58.4	4.8	36.9	16.5	16.7	0.1	3.6
1992-1993	212.4	0.9	126.0	75.6	9.9	277.4	7.3	191.6	67.8	10.7
1993-1994	224.7	14.4	151.0	59.3	0.0	483.4	23.2	375.7	84.0	0.5
1994-1995	240.3	0.0	134.7	105.6	0.0	347.6	9.6	192.9	145.1	0.0
1995-1996	206.3	0.0	149.2	56.6	0.5	598.4	33.8	402.9	159.7	2.0
1996-1997	272.0	10.2	149.7	82.6	29.5	511.1	26.9	395.2	62.0	27.0
1997-1998	255.2	21.8	205.4	28.0	0.0	646.9	94.8	409.6	142.2	0.3
1998-1999	440.9	19.6	290.2	131.1	0.0	826.5	54.1	432.6	339.8	0.0
1999-2000	365.6	33.3	234.3	97.7	0.3	870.1	76.9	648.6	143.4	1.2
2000-2001	341.2	13.3	238.2	89.4	0.3	769.5	29.3	438.9	300.5	0.8
2001-2002	308.8	1.3	168.6	113.1	25.8	471.0	10.8	291.0	134.0	35.2
2002-2003	214.0	13.5	144.1	54.3	2.1	357.5	28.2	234.1	89.8	5.4
2003-2004	265.1	0.0	190.8	66.0	8.3	418.7	0.0	300.3	108.7	9.7
2004-2005	183.3	0.9	143.1	39.3	0.0	271.6	5.1	206.3	60.2	0.0
2005-2006	377.5	18.0	259.0	100.5	0.0	525.5	16.3	338.8	170.4	0.0
2006-2007	270.8	11.5	167.2	92.1	0.0	502.2	55.6	294.5	152.1	0.0
2007-2008	251.4	0.2	227.4	21.6	2.2	432.6	17.2	340.7	73.7	1.0
2008-2009	296.2	0.0	180.6	108.1	7.5	450.1	3.1	324.9	114.5	7.6
2009-2010	234.0	1.0	160.8	72.2	0.0	316.7	10.2	196.0	110.5	0.0
2010-2011	356.9	5.0	286.0	65.9	0.0	482.3	8.8	353.5	120.0	0.0
2011-2012	469.4	1.3	325.7	142.4	0.0	784.4	22.1	544.3	218.0	0.0
2012-2013	358.2	20.2	243.1	83.2	11.7	571.2	53.3	394.0	95.9	28.0
2013-2014	338.0	1.2	243.0	90.9	2.9	504.7	4.2	357.4	136.1	7.0

FUENTE: SENAMH.

### D. Estación Salamanca y Sibayo - precipitación

Estación	Salamanca					Sibayo				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	219.3	22.2	102.0	48.1	47.0	469.8	55.7	313.8	100.3	0.0
1966-1967	710.8	19.6	445.2	235.5	10.5	676.9	96.6	328.7	232.6	19.0
1967-1968	152.3	8.4	101.6	39.4	2.9	617.1	56.3	352.4	197.0	11.4
1968-1969	275.8	38.8	160.1	76.9	0.0	513.9	107.7	276.7	122.4	7.1
1969-1970	229.8	0.0	194.2	35.6	0.0	614.2	80.2	359.0	175.0	0.0
1970-1971	257.8	0.0	178.1	79.7	0.0	516.0	56.0	338.8	119.7	1.5
1971-1972	1171.2	0.0	694.6	476.6	0.0	738.2	31.7	447.9	257.9	0.7
1972-1973	1078.7	83.0	478.6	509.1	8.0	702.8	88.4	382.2	218.9	13.3
1973-1974	603.3	56.5	436.2	21.1	89.5	679.8	73.2	424.9	94.8	86.9
1974-1975	712.3	12.8	295.7	403.8	0.0	539.3	10.5	364.0	163.1	1.7
1975-1976	407.9	0.0	288.2	95.4	24.3	593.1	28.2	425.2	124.8	14.9
1976-1977	293.5	46.5	180.8	66.2	0.0	496.5	68.6	295.2	130.4	2.3
1977-1978	192.2	34.2	106.6	48.0	3.4	460.2	130.6	212.1	117.5	0.0
1978-1979	435.2	29.9	217.1	188.2	0.0	404.0	81.4	190.0	131.4	1.2
1979-1980	453.4	75.7	295.7	67.2	14.8	435.0	99.0	178.4	138.9	18.7
1980-1981	412.4	59.1	265.9	77.5	9.9	642.2	102.3	393.9	115.0	31.0
1981-1982	231.4	3.7	184.3	43.4	0.0	508.8	15.5	258.6	146.8	87.9
1982-1983	166.6	36.0	81.6	49.0	0.0	393.6	239.0	68.7	82.5	3.4
1983-1984	493.7	12.7	369.5	98.8	12.7	705.8	54.4	412.3	223.6	15.5
1984-1985	303.1	55.0	149.8	87.1	11.2	797.4	247.6	364.1	165.9	19.8
1985-1986	323.4	19.8	219.4	74.8	9.4	790.7	60.5	445.0	265.8	19.4
1986-1987	333.8	10.9	285.2	16.5	21.2	448.8	30.4	339.2	39.9	39.3
1987-1988	372.1	6.4	280.1	85.6	0.0	643.1	42.8	361.9	236.6	1.8
1988-1989	314.9	0.0	241.6	73.0	0.3	643.5	9.2	397.0	210.4	26.9
1989-1990	210.8	16.3	111.0	60.3	23.2	315.1	20.9	178.2	75.4	40.6
1990-1991	362.8	61.7	205.8	78.8	16.5	678.2	127.4	373.6	150.6	26.6
1991-1992	55.8	10.6	45.2	0.0	0.0	239.2	77.3	119.9	14.1	27.9
1992-1993	226.8	1.2	164.5	49.0	12.1	520.3	43.9	337.0	122.7	16.7
1993-1994	339.7	5.8	282.9	51.0	0.0	747.6	48.3	563.4	131.8	4.1
1994-1995	211.3	0.0	99.7	111.6	0.0	459.3	6.2	216.2	236.9	0.0
1995-1996	276.5	32.0	194.6	48.7	1.2	557.9	38.2	397.7	112.4	9.6
1996-1997	309.5	7.6	223.5	28.8	49.6	607.6	56.6	449.7	79.4	21.9
1997-1998	420.8	23.6	349.4	46.4	1.4	583.2	70.9	421.5	90.8	0.0
1998-1999	463.3	9.8	270.0	183.5	0.0	848.2	53.6	528.7	265.4	0.5
1999-2000	342.2	32.8	239.6	69.8	0.0	719.9	92.0	455.5	160.1	12.3
2000-2001	418.9	8.3	260.3	149.9	0.4	879.4	78.4	560.5	208.7	31.8
2001-2002	361.7	8.9	185.1	143.5	24.2	642.1	23.0	391.3	195.2	32.6
2002-2003	215.6	15.2	142.0	55.6	2.8	596.6	87.5	351.1	147.3	10.7
2003-2004	255.0	0.0	201.7	34.5	18.8	647.0	12.9	414.4	188.7	31.0
2004-2005	168.2	0.0	125.5	42.7	0.0	442.7	30.8	321.2	90.7	0.0
2005-2006	304.4	27.0	195.7	81.7	0.0	790.6	32.7	490.7	259.5	7.7

Estación	Salamanca					Sibayo				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	340.4	3.8	230.3	106.3	0.0	527.2	87.4	307.2	130.5	2.1
2007-2008	255.8	1.2	233.1	21.5	0.0	502.9	34.6	414.4	53.4	0.5
2008-2009	307.7	0.2	220.5	70.6	16.4	670.8	8.8	496.1	155.6	10.3
2009-2010	335.4	0.0	274.3	61.1	0.0	550.1	60.5	370.1	118.2	1.3
2010-2011	278.4	0.0	230.5	47.6	0.3	739.2	29.5	515.7	183.4	10.6
2011-2012	456.2	1.8	339.7	114.3	0.4	1021.5	29.1	748.8	236.5	7.1
2012-2013	405.1	3.2	254.3	144.0	3.6	759.1	69.4	548.8	89.7	51.2
2013-2014	359.3	7.3	259.1	91.8	1.1	703.5	34.6	494.4	157.0	17.6

FUENTE: SENAMHI.

### E. Estación Tisco - precipitación

Estación	Tisco				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	628.1	56.4	446.9	120.3	4.5
1966-1967	758.8	123.0	319.8	297.8	18.2
1967-1968	786.9	78.1	476.1	216.3	16.4
1968-1969	507.6	157.5	297.7	52.4	0.0
1969-1970	624.9	64.8	387.7	170.3	2.1
1970-1971	650.4	45.4	470.2	133.9	0.9
1971-1972	960.9	7.2	683.4	268.0	2.3
1972-1973	972.6	120.0	578.0	256.2	18.4
1973-1974	868.1	99.1	516.7	126.8	125.5
1974-1975	642.1	21.0	443.5	173.4	4.2
1975-1976	681.7	57.7	392.1	217.6	14.3
1976-1977	570.4	60.0	378.1	130.0	2.3
1977-1978	683.2	138.1	392.5	147.6	5.0
1978-1979	528.0	107.8	275.4	139.8	5.0
1979-1980	564.9	130.4	209.3	185.8	39.4
1980-1981	681.0	124.3	382.9	127.0	46.8
1981-1982	561.8	86.1	317.5	157.7	0.5
1982-1983	689.2	336.9	210.4	140.9	1.0
1983-1984	860.3	55.7	466.8	306.4	31.4
1984-1985	812.2	181.8	421.5	194.1	14.8
1985-1986	841.1	85.4	411.0	289.8	54.9
1986-1987	531.9	40.1	405.0	53.2	33.6
1987-1988	541.3	49.9	318.4	169.0	4.0
1988-1989	471.1	10.8	247.1	210.2	3.0
1989-1990	311.1	12.0	150.0	96.6	52.5
1990-1991	611.5	104.0	295.7	176.5	35.3
1991-1992	363.1	81.3	198.6	37.7	45.5
1992-1993	666.5	50.9	398.9	190.0	26.7
1993-1994	815.2	113.4	565.8	130.0	6.0

Estación	Tisco				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1994-1995	605.5	26.2	329.2	247.2	2.9
1995-1996	681.1	44.0	466.1	156.6	14.4
1996-1997	756.4	63.6	523.4	136.3	33.1
1997-1998	743.8	138.8	488.2	113.0	3.8
1998-1999	843.8	58.5	549.0	234.6	1.7
1999-2000	863.1	109.4	527.1	207.3	19.3
2000-2001	989.4	94.6	577.1	284.1	33.6
2001-2002	826.0	35.4	400.9	338.9	50.8
2002-2003	776.1	132.5	400.7	233.9	9.0
2003-2004	778.2	63.2	499.4	180.2	35.4
2004-2005	614.5	25.3	403.9	184.6	0.7
2005-2006	834.4	53.3	505.7	263.8	11.6
2006-2007	780.8	116.3	426.6	227.6	10.3
2007-2008	611.5	52.4	477.4	78.5	3.2
2008-2009	642.1	23.5	403.8	201.4	13.4
2009-2010	645.6	81.5	408.2	148.4	7.5
2010-2011	843.2	40.6	575.6	204.7	22.3
2011-2012	1142.9	67.5	811.1	259.4	4.9
2012-2013	797.8	94.4	517.2	135.8	50.4
2013-2014	802.8	70.9	523.5	187.1	21.3

FUENTE: SENAMHI.

### A. Estación Aplao y Caraveli – temperatura máxima media

Estación	Aplao					Caraveli				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	26.6	26.5	29.0	27.5	23.4	28.4	28.6	29.2	28.1	27.7
1966-1967	26.5	26.7	28.5	27.9	22.9	27.1	28.1	26.6	26.9	27.0
1967-1968	26.5	26.4	28.3	27.3	23.9	27.1	28.1	27.5	26.8	26.2
1968-1969	27.0	26.6	29.0	28.1	24.2	28.2	28.6	28.1	28.5	27.6
1969-1970	27.2	27.7	29.5	28.0	23.6	27.5	28.2	27.4	26.7	27.5
1970-1971	26.1	26.8	28.1	26.5	23.1	27.6	28.0	27.5	27.5	27.2
1971-1972	26.8	26.5	29.1	27.2	24.2	27.3	27.9	26.5	27.4	27.6
1972-1973	27.1	27.2	29.6	27.9	23.7	27.7	28.7	28.1	27.3	26.7
1973-1974	26.5	26.3	28.5	27.9	23.3	26.8	27.3	26.4	27.0	26.7
1974-1975	26.1	26.3	28.6	26.6	23.0	27.0	27.4	27.1	26.9	26.5
1975-1976	26.3	25.6	28.4	27.3	23.6	26.9	27.1	26.0	27.3	27.2
1976-1977	27.0	26.2	29.2	28.3	24.3	27.0	27.4	26.6	27.0	26.9
1977-1978	27.1	27.2	29.3	27.4	24.6	27.5	27.7	27.6	27.4	27.1
1978-1979	27.1	27.3	28.9	27.7	24.6	27.7	28.1	27.3	27.7	27.6
1979-1980	27.3	26.8	29.3	28.4	24.8	28.2	28.2	28.0	28.3	28.4
1980-1981	26.9	26.7	28.9	27.5	24.5	28.1	29.2	28.4	27.8	27.2
1981-1982	27.5	27.4	28.7	28.4	25.5	27.6	28.2	27.7	27.0	27.7

Estación	Aplao					Caraveli				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1982-1983	28.2	28.0	30.4	29.4	24.9	28.0	28.1	28.6	28.1	27.3
1983-1984	27.3	27.1	29.4	27.8	24.7	26.8	28.0	26.3	26.5	26.4
1984-1985	27.7	27.8	29.9	28.0	25.1	26.8	27.4	26.6	26.6	26.5
1985-1986	27.9	28.5	30.2	27.8	25.2	26.9	27.4	26.4	26.8	27.0
1986-1987	28.2	28.2	30.2	28.9	25.3	27.6	27.9	27.5	27.7	27.3
1987-1988	27.9	28.5	30.2	28.5	24.3	27.5	27.9	27.6	27.7	26.8
1988-1989	28.4	28.2	30.9	28.7	25.6	27.0	27.2	26.5	27.2	27.0
1989-1990	28.7	29.2	30.8	29.1	25.7	27.9	28.1	27.8	28.0	27.8
1990-1991	28.7	29.0	30.8	29.7	25.5	27.9	28.5	27.9	27.8	27.6
1991-1992	28.2	28.2	30.5	29.0	25.1	28.0	28.2	27.5	28.2	28.0
1992-1993	28.2	28.3	30.5	28.8	25.4	28.1	28.3	27.5	27.8	28.7
1993-1994	27.8	28.7	29.9	28.5	24.0	28.3	28.8	27.9	28.3	28.3
1994-1995	28.0	28.0	30.1	29.0	24.8	28.5	29.4	28.6	28.0	28.0
1995-1996	27.6	28.7	29.9	27.6	24.3	28.2	28.8	28.0	27.9	28.2
1996-1997	27.7	27.1	29.4	29.0	25.5	28.4	28.9	27.8	28.1	28.8
1997-1998	28.5	28.0	31.3	30.1	24.8	29.0	29.2	29.6	28.9	28.1
1998-1999	27.2	27.6	29.4	27.8	24.2	27.5	28.4	27.4	26.9	27.5
1999-2000	27.5	27.6	29.5	28.7	24.2	27.2	27.8	26.5	26.9	27.5
2000-2001	27.3	27.5	29.3	28.3	24.2	27.9	28.5	27.5	27.3	28.3
2001-2002	27.8	27.6	30.3	28.9	24.4	28.2	28.7	28.2	27.9	28.0
2002-2003	27.6	28.3	29.2	28.8	24.2	28.6	29.0	28.8	28.5	27.9
2003-2004	27.4	27.8	29.4	28.1	24.2	28.4	29.5	27.9	28.1	28.3
2004-2005	28.0	28.4	30.4	28.5	24.7	28.7	28.9	28.7	28.8	28.5
2005-2006	27.3	26.6	29.8	28.0	24.7	28.4	28.7	28.0	28.1	29.0
2006-2007	27.5	28.6	29.4	28.2	23.7	28.7	29.2	29.0	28.3	28.2
2007-2008	27.1	26.3	29.1	28.6	24.3	28.2	29.4	27.3	27.8	28.2
2008-2009	27.5	27.4	29.2	28.6	24.7	28.5	29.2	27.7	28.2	28.8
2009-2010	27.7	27.9	29.4	28.8	24.6	29.5	30.0	29.6	29.5	28.7
2010-2011	27.3	27.5	29.2	28.2	24.3	28.4	28.7	27.8	28.5	28.6
2011-2012	28.3	28.2	30.1	29.9	25.1	28.4	29.1	27.7	28.2	28.8
2012-2013	27.9	28.1	29.7	28.8	25.1	29.1	30.0	29.0	28.8	28.4
2013-2014	29.0	28.8	30.3	28.7	24.9	29.3	29.2	28.8	28.5	28.9

FUENTE: SENAMHI.

## B. Estación Chivay y El Frayle – temperatura máxima media

Estación	Chivay					El Frayle				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	19.2	19.9	19.8	18.9	18.2	14.2	13.8	15.4	14.4	13.3
1966-1967	18.2	20.0	18.3	17.8	16.9	13.3	14.8	13.9	13.2	11.4
1967-1968	17.9	19.4	17.4	17.5	17.5	12.7	13.4	12.6	12.6	12.4
1968-1969	18.9	19.2	18.6	19.4	18.3	14.0	13.3	13.9	15.2	13.6
1969-1970	18.5	20.0	17.8	18.3	18.1	14.3	15.5	13.8	13.9	13.9
1970-1971	18.1	19.6	17.2	18.2	17.3	13.1	15.0	12.5	13.5	11.4
1971-1972	18.2	19.9	17.4	17.7	18.0	12.5	13.5	12.2	12.5	11.8
1972-1973	18.7	19.5	18.7	18.5	17.8	13.2	13.9	13.7	13.5	11.7
1973-1974	18.1	19.7	17.2	18.1	17.3	12.6	13.5	12.6	12.9	11.3
1974-1975	18.1	19.6	17.5	17.9	17.6	12.9	13.6	12.7	13.3	12.1
1975-1976	18.6	20.2	17.6	18.6	17.9	12.4	13.5	11.6	13.0	11.6
1976-1977	19.2	19.7	19.3	19.0	18.9	13.2	13.2	13.7	13.4	12.3
1977-1978	19.5	20.5	19.4	19.8	18.3	13.3	14.1	13.8	13.4	12.1
1978-1979	19.7	20.3	19.9	19.3	19.6	13.6	13.8	14.2	13.9	12.4
1979-1980	19.9	21.2	20.0	19.8	18.6	13.9	14.5	14.4	13.7	12.8
1980-1981	18.8	20.6	19.0	18.0	17.6	13.1	14.0	13.3	13.1	11.9
1981-1982	19.5	19.7	19.2	19.6	19.5	13.6	14.0	14.1	13.6	12.6
1982-1983	20.8	20.2	21.8	21.4	19.7	14.0	13.8	14.3	15.2	12.5
1983-1984	18.9	21.0	18.1	18.9	17.8	12.9	14.0	12.5	13.7	11.4
1984-1985	18.1	18.9	17.6	18.5	17.5	12.9	13.3	12.9	13.2	12.3
1985-1986	18.3	20.5	16.9	17.9	17.7	12.9	13.9	12.9	12.7	11.9
1986-1987	19.3	20.9	19.0	19.2	18.1	13.7	14.2	14.0	14.1	12.4
1987-1988	19.7	20.9	20.5	18.5	19.0	14.2	14.9	14.3	13.8	13.7
1988-1989	18.5	20.4	17.7	17.8	18.3	13.6	15.1	13.6	13.3	12.3
1989-1990	18.7	20.8	18.5	19.0	16.5	13.6	14.7	14.0	14.1	11.6
1990-1991	18.4	19.6	17.9	18.1	17.8	14.0	14.6	14.0	14.8	12.7
1991-1992	19.2	19.5	18.7	19.7	18.9	13.8	14.4	14.5	14.7	11.8
1992-1993	20.3	20.6	19.0	20.8	20.7	13.7	13.7	13.6	13.9	13.5
1993-1994	19.4	20.6	18.5	19.2	19.2	14.1	14.9	13.7	14.3	13.5
1994-1995	20.2	21.2	20.2	19.7	19.6	14.6	15.3	14.8	14.7	13.8
1995-1996	19.5	20.8	19.3	19.5	18.5	13.9	15.2	13.5	14.4	12.6
1996-1997	19.0	20.9	17.9	18.5	18.7	13.3	14.7	12.9	12.9	12.5
1997-1998	20.6	20.7	20.6	21.4	19.7	15.0	15.0	15.8	15.7	13.4
1998-1999	19.6	21.2	18.9	18.8	19.2	13.5	14.8	13.8	13.1	12.4
1999-2000	19.4	20.8	18.5	20.2	18.3	13.3	14.4	13.0	14.4	11.5
2000-2001	18.9	20.7	18.2	18.3	18.5	13.3	14.5	12.7	13.1	13.0
2001-2002	19.4	21.4	19.8	18.5	18.1	13.8	15.4	14.3	13.5	12.0
2002-2003	20.0	21.0	20.1	19.5	19.3	14.4	15.0	14.9	14.5	13.2
2003-2004	19.8	21.6	19.6	19.6	18.2	14.2	15.0	14.8	14.5	12.4
2004-2005	20.3	21.3	19.8	20.2	19.9	14.8	15.6	15.1	15.0	13.6
2005-2006	19.8	21.5	19.4	18.7	19.5	14.1	14.5	14.0	14.4	13.5

Estación	Chivay					El Frayle				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	19.7	20.5	20.0	18.9	19.4	14.6	15.3	15.2	14.2	13.6
2007-2008	19.7	21.1	18.8	19.0	19.8	14.1	15.1	13.9	13.9	13.6
2008-2009	20.0	22.0	18.9	19.4	19.7	14.4	15.8	14.3	14.5	12.9
2009-2010	21.0	21.9	20.6	20.7	20.8	15.3	15.7	15.6	15.6	14.4
2010-2011	20.0	22.0	18.6	19.7	19.8	14.1	15.5	13.5	14.3	13.3
2011-2012	19.6	21.7	18.2	19.1	19.6	14.2	15.6	13.5	13.8	13.9
2012-2013	19.5	21.3	18.6	19.4	18.6	14.6	16.1	14.2	15.0	13.0
2013-2014	21.2	21.6	19.9	19.8	19.6	15.3	15.4			

FUENTE: SENAMHI.

### C. Estación Imata y La Pampilla – temperatura máxima media

Estación	Imata					La Pampilla				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	12.3	13.8	13.0	11.4	11.2	22.7	22.9	23.0	22.5	22.6
1966-1967	11.6	13.0	12.1	10.9	10.5	22.2	22.2	21.4	22.4	22.7
1967-1968	11.3	13.1	11.1	10.4	10.6	23.2	23.5	22.9	23.1	23.2
1968-1969	12.0	12.2	12.0	12.7	10.9	23.9	24.1	23.7	24.9	22.9
1969-1970	11.7	13.7	11.3	11.0	10.9	22.5	23.0	22.6	22.4	22.2
1970-1971	11.1	13.4	10.4	10.6	9.9	21.9	22.3	21.7	21.9	21.7
1971-1972	11.2	12.9	10.1	10.7	11.2	21.9	21.7	21.2	21.9	22.7
1972-1973	11.9	13.3	12.2	11.4	10.7	22.3	22.5	22.5	22.2	21.8
1973-1974	11.6	13.9	11.1	11.4	9.8	21.7	21.8	20.7	22.0	22.3
1974-1975	11.4	13.7	11.0	11.0	10.0	22.1	22.5	21.6	22.3	21.9
1975-1976	11.3	12.8	11.0	11.0	10.4	22.0	22.0	21.0	22.6	22.6
1976-1977	13.2	13.9	13.7	12.7	12.3	22.9	22.7	22.5	23.2	23.1
1977-1978	12.7	14.2	13.8	12.0	11.0	22.7	24.1	23.5	21.8	21.6
1978-1979	12.4	13.2	12.7	12.3	11.5	22.4	22.4	22.0	22.5	22.5
1979-1980	12.6	13.6	13.3	12.1	11.3	22.5	22.4	22.2	23.1	22.3
1980-1981	12.0	13.2	12.0	12.0	11.0	22.2	22.6	22.1	22.3	21.6
1981-1982	12.1	13.3	12.1	11.9	11.2	22.6	22.5	21.4	22.7	23.9
1982-1983	13.7	12.6	15.3	14.6	12.2	23.7	23.4	23.5	23.9	24.0
1983-1984	12.2	14.3	11.6	12.2	10.7	22.0	22.8	20.9	22.0	22.2
1984-1985	11.7	12.7	12.1	11.5	10.6	21.9	21.9	21.5	22.1	22.3
1985-1986	11.6	13.3	11.4	10.7	11.2	22.2	22.6	21.1	22.4	22.6
1986-1987	12.6	13.8	12.6	13.1	11.0	23.0	23.6	22.9	23.0	22.6
1987-1988	12.7	12.9	13.5	12.0	12.4	22.9	23.5	23.3	22.6	22.3
1988-1989	12.4	14.6	12.4	11.5	10.9	22.3	22.8	21.7	22.0	22.8
1989-1990	12.2	13.5	12.9	12.1	10.2	23.3	23.0	23.1	23.7	23.3
1990-1991	12.4	13.3	12.4	12.5	11.3	23.3	23.8	23.1	23.4	22.9
1991-1992	12.9	13.2	13.8	14.2	10.6	23.3	23.4	23.3	23.4	23.1
1992-1993	12.1	13.1	12.3	12.0	11.2	23.2	23.7	22.6	22.9	23.4
1993-1994	12.5	13.6	12.5	12.0	11.8	23.2	23.6	22.3	23.2	23.8

Estación	Imata					La Pampilla				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1994-1995	13.5	14.5	13.7	12.9	12.7	23.2	23.8	23.1	22.8	23.3
1995-1996	13.0	14.8	12.9	12.8	11.7	23.1	23.7	22.6	23.1	23.2
1996-1997	12.4	14.4	11.7	11.8	11.6	23.3	23.7	22.2	23.2	24.2
1997-1998	14.1	14.3	14.7	14.8	12.7	24.2	24.4	25.3	24.1	22.8
1998-1999	12.6	14.7	12.9	11.4	11.5	22.2	23.2	21.4	22.0	22.2
1999-2000	12.2	13.4	12.0	12.6	10.8	21.4	22.2	20.3	21.2	22.1
2000-2001	12.2	14.2	11.6	11.7	11.3	22.2	22.5	21.5	21.9	22.9
2001-2002	12.5	14.7	13.3	11.6	10.6	22.4	22.7	22.0	22.1	22.7
2002-2003	12.7	13.7	13.2	12.2	11.7	22.8	23.1	23.1	22.8	22.1
2003-2004	12.9	14.4	13.3	13.1	11.1	22.3	23.1	21.7	22.5	21.9
2004-2005	13.3	15.0	13.0	13.0	12.3	22.5	22.6	22.3	22.6	22.5
2005-2006	12.8	14.0	12.3	12.5	12.5	22.2	22.5	21.6	21.9	22.8
2006-2007	13.3	14.6	13.7	12.2	12.5	22.4	22.8	22.5	22.3	22.0
2007-2008	12.9	14.3	12.6	12.5	12.2	22.0	23.0	20.9	21.8	22.3
2008-2009	12.9	15.0	12.4	12.5	11.7	22.6	23.1	21.9	22.4	23.0
2009-2010	13.7	14.6	13.7	13.3	13.3	23.5	24.1	23.7	23.5	22.7
2010-2011	13.0	15.0	12.6	12.3	12.0	22.0	22.5	20.9	22.2	22.4
2011-2012	12.6	14.8	11.7	11.8	12.3	22.3	22.9	20.9	22.3	23.1
2012-2013	12.8	14.6	12.3	13.2	11.2	23.2	23.6	22.7	23.2	23.2
2013-2014	56.5	14.5	13.3	13.0	12.4	23.3	23.5	22.6	22.8	23.4

FUENTE: SENAMHI.

#### D. Estación Pampa Blanca y Sibayo – temperatura máxima media

Estación	Pampa Blanca					Sibayo				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	23.6	22.1	28.1	24.8	19.3	17.9	19.0	18.8	17.1	16.7
1966-1967	23.3	21.4	26.8	25.7	19.4	17.1	18.4	17.9	16.5	15.6
1967-1968	23.1	20.5	26.6	24.9	20.4	16.8	18.5	16.8	15.8	16.0
1968-1969	23.7	22.0	27.8	25.0	19.8	17.7	18.1	18.0	18.1	16.6
1969-1970	24.3	22.5	27.6	26.5	20.6	17.4	19.4	17.0	16.8	16.5
1970-1971	24.7	23.6	28.0	26.0	21.1	17.5	19.4	16.6	17.1	16.7
1971-1972	26.0	23.8	30.1	27.5	22.6	18.2	19.9	17.3	17.7	17.6
1972-1973	24.2	22.9	29.7	24.5	19.6	18.5	19.5	18.8	18.4	17.5
1973-1974	22.7	20.5	26.4	24.7	19.4	18.3	20.2	17.9	18.2	16.9
1974-1975	23.2	22.3	27.4	24.2	19.1	18.6	19.9	18.6	18.4	17.7
1975-1976	23.2	20.7	27.2	25.0	19.9	19.0	20.4	18.3	19.2	18.0
1976-1977	24.1	21.8	28.0	26.0	20.9	19.2	20.0	20.1	19.1	17.8
1977-1978	23.6	22.6	27.2	24.8	20.0	18.7	19.3	19.4	19.1	17.0
1978-1979	24.0	22.8	27.5	25.3	20.6	18.6	19.7	19.3	18.1	17.2
1979-1980	24.3	22.2	27.6	26.6	21.0	18.3	19.4	19.3	17.7	17.0
1980-1981	23.7	22.1	27.0	25.4	20.4	18.2	19.0	18.5	18.2	16.9
1981-1982	24.1	22.5	27.7	25.6	20.6	17.8	19.6	18.5	16.9	16.1

Estación	Pampa Blanca					Sibayo				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1982-1983	25.1	23.2	28.1	27.5	21.8	18.7	17.8	20.6	19.6	16.9
1983-1984	24.1	22.5	28.3	25.5	20.2	17.4	19.7	17.1	17.0	15.7
1984-1985	24.1	22.8	27.9	25.4	20.4	16.9	18.2	17.3	16.7	15.5
1985-1986	23.8	22.4	27.3	25.3	20.3	16.9	19.0	16.8	15.9	16.1
1986-1987	24.4	22.4	28.0	26.0	21.1	18.2	19.5	18.2	18.5	16.8
1987-1988	24.0	22.9	27.6	25.8	19.7	18.6	20.4	19.4	17.0	17.6
1988-1989	23.8	21.6	27.5	25.5	20.7	18.0	20.4	18.0	17.1	16.5
1989-1990	23.6	22.8	27.8	24.5	19.4		19.2	19.3		
1990-1991	23.8	21.9	27.4	25.0	20.7					
1991-1992	24.4	22.8	27.5	26.3	21.0					
1992-1993	24.5	23.0	28.2	25.7	20.9					
1993-1994	24.1	22.8	27.4	25.7	20.3					
1994-1995	24.2	23.3	27.8	25.1	20.4			19.2	17.9	17.9
1995-1996	23.8	22.7	27.8	25.2	19.5	18.3	20.2	18.2	18.1	16.9
1996-1997	25.1	22.3	27.7	27.1	23.3	18.0	20.2	17.5	17.3	17.0
1997-1998	25.2	23.5	28.3	27.1	21.7	19.8	20.2	20.1	20.4	18.5
1998-1999	24.2	23.2	27.8	25.2	20.7	17.8	20.1	17.8	16.7	16.5
1999-2000	24.0	22.5	27.5	26.1	20.0	17.2	18.3	17.1	17.6	15.8
2000-2001	24.4	22.9	28.5	26.0	20.3	17.3	19.1	16.7	16.7	16.6
2001-2002	23.7	21.8	27.4	25.5	20.3	17.9	20.2	18.7	16.9	15.9
2002-2003	23.5	22.9	27.2	24.1	19.5	18.1	19.1	18.3	17.6	17.2
2003-2004	24.3	23.0	28.0	25.5	20.6	18.2	19.8	18.9	18.0	16.1
2004-2005	24.5	23.3	28.6	25.6	20.6	18.8	20.1	18.7	18.7	17.9
2005-2006	24.7	22.2	29.0	26.6	21.2	18.1	19.5	17.8	17.8	17.4
2006-2007	24.4	23.5	28.5	26.2	19.2	18.4	19.5	19.1	17.3	17.6
2007-2008	24.8	21.7	30.0	26.8	20.8	18.3	19.4	18.2	18.0	17.6
2008-2009	26.2	23.7	30.6	28.4	22.0	18.2	20.1	17.9	17.6	16.9
2009-2010	25.6	23.5	30.0	28.0	21.0	19.3	19.8	19.4	19.1	18.9
2010-2011	25.3	23.5	29.4	27.5	20.9	18.6	20.7	18.0	18.1	17.6
2011-2012	26.0	23.8	29.3	28.1	22.7	18.5	20.6	18.0	17.6	17.7
2012-2013	25.1	23.3	29.4	26.4	21.2	18.5	20.6	17.8	18.7	16.9
2013-2014	24.7	23.7	28.9	26.6	20.6	19.0	20.3	19.2	18.5	17.9

FUENTE: SENAMHI.

### A. Estación Aplao y Caraveli – temperatura media

Estación Año	Aplao					Caraveli				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	19.5	19.5	22.7	20.7	15.2	19.7	19.4	20.9	20.3	18.2
1966-1967	19.5	19.0	22.5	21.3	15.4	19.1	19.9	19.6	19.1	18.0
1967-1968	19.2	18.5	22.3	20.2	15.6	18.9	19.4	19.7	18.8	17.5
1968-1969	19.6	18.9	22.8	21.0	15.7	20.1	20.3	20.5	20.6	19.1
1969-1970	19.6	19.7	22.9	20.9	15.0	19.3	20.1	20.2	18.4	18.4
1970-1971	18.9	19.0	22.0	19.7	14.8	19.1	19.4	19.7	19.3	18.0
1971-1972	19.6	18.7	23.2	20.1	16.3	19.1	19.1	19.4	19.3	18.9
1972-1973	20.0	19.2	23.5	21.2	16.0	19.5	20.4	20.8	19.4	17.4
1973-1974	19.5	18.7	22.5	20.7	15.8	18.8	19.3	19.1	18.8	18.0
1974-1975	19.3	19.2	22.7	20.3	15.2	18.6	19.1	19.2	18.8	17.4
1975-1976	19.3	18.0	22.7	20.4	16.0	18.3	18.4	18.1	18.8	18.0
1976-1977	20.0	19.0	23.7	21.2	16.0	19.1	19.3	19.9	18.9	18.4
1977-1978	20.1	20.3	23.1	20.6	16.3	19.4	19.9	20.2	19.1	18.5
1978-1979	20.1	19.6	22.9	21.2	16.6	19.5	20.0	20.1	19.4	18.5
1979-1980	20.4	19.4	23.2	21.8	17.0	19.9	20.0	20.5	19.7	19.3
1980-1981	20.0	19.3	22.9	21.0	16.7	19.6	20.5	20.4	19.5	18.2
1981-1982	20.2	19.9	22.9	21.1	17.1	19.5	19.9	20.1	19.1	19.0
1982-1983	21.6	20.5	24.4	23.1	18.2	20.1	20.5	21.0	20.3	18.6
1983-1984	20.0	19.3	23.2	20.8	16.9	19.1	20.1	19.2	18.9	18.3
1984-1985	20.4	20.0	23.3	21.3	16.9	18.9	19.3	19.1	18.9	18.2
1985-1986	20.3	20.4	23.6	20.8	16.3	18.9	19.4	19.1	18.9	18.4
1986-1987	21.0	20.2	24.1	21.9	17.9	19.7	19.6	20.1	19.7	19.2
1987-1988	20.7	21.0	23.8	21.7	16.5	19.4	19.9	20.1	19.5	18.2
1988-1989	19.8	18.9	22.6	21.0	16.5	18.9	19.4	19.2	19.1	17.9
1989-1990	20.0	19.7	23.1	20.7	16.3	19.5	19.1	20.0	19.7	19.2
1990-1991	19.9	19.5	23.1	21.4	15.9	20.1	20.8	20.9	19.7	18.9
1991-1992	20.3	18.7	23.4	22.2	16.7	19.8	19.8	19.9	20.0	19.6
1992-1993	20.5	19.5	23.3	21.6	17.4	20.0	20.5	20.1	19.8	19.5
1993-1994	20.2	20.1	23.4	21.3	16.1	20.0	20.7	20.3	19.8	19.3
1994-1995	20.4	20.1	23.7	21.5	16.6	19.8	20.7	21.1	19.1	18.4
1995-1996	20.2	20.3	23.4	20.8	16.1	19.8	20.5	20.3	19.5	19.0
1996-1997	20.7	19.2	23.3	22.0	18.3	20.2	20.4	20.5	19.8	20.1
1997-1998	21.6	20.8	24.9	23.0	17.7	21.0	21.3	22.6	20.8	19.1
1998-1999	20.3	20.0	23.4	21.1	16.7	19.5	20.3	19.9	19.1	18.6
1999-2000	20.7	20.2	23.5	22.0	17.0	19.1	19.7	19.5	18.9	18.5
2000-2001	20.5	19.9	23.7	21.7	16.8	19.6	19.9	20.1	19.5	18.8
2001-2002	20.7	19.9	23.8	22.2	17.1	19.7	19.9	20.3	19.7	18.9
2002-2003	20.6	20.6	23.1	21.6	16.9	20.1	20.4	21.0	20.2	19.0
2003-2004	20.3	20.1	23.3	21.3	16.6	19.8	20.5	20.0	19.6	19.0
2004-2005	20.6	20.5	23.8	21.3	16.7	19.4	19.9	19.7	19.4	18.4
2005-2006	20.4	19.1	23.8	21.4	17.4	19.3	19.4	19.2	19.4	19.2

Estación	Aplao					Caraveli				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
2006-2007	20.2	20.4	23.2	21.2	15.9	19.8	19.8	20.6	19.8	19.1
2007-2008	19.7	18.5	23.0	21.0	16.4	19.3	20.1	19.4	19.2	18.4
2008-2009	20.3	19.7	23.4	21.8	16.3	19.6	20.1	19.8	19.4	19.0
2009-2010	20.4	20.1	23.4	21.9	16.4	20.4	20.5	20.9	20.8	19.2
2010-2011	20.3	19.7	23.3	21.1	17.1	19.5	19.2	20.0	19.8	19.1
2011-2012	21.0	20.1	23.7	22.6	17.4	19.7	19.9	19.9	19.8	19.3
2012-2013	20.5	20.2	23.4	21.5	17.0	20.3	20.8	21.1	19.9	19.4
2013-2014	20.5	20.1	23.6	21.6	16.6	20.1	20.8	20.6	19.8	19.1

FUENTE: SENAMHI.

### B. Estación Chivay y El Frayle – temperatura media

Estación	Chivay					El Frayle				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	10.3	11.5	12.3	9.7	7.9	4.6	4.0	6.0	5.4	2.9
1966-1967	9.7	11.0	10.9	9.5	7.4	5.4	6.1	7.0	6.2	2.3
1967-1968	9.2	10.6	10.3	8.6	7.4	4.9	5.3	6.4	5.2	2.5
1968-1969	10.0	10.4	10.9	10.3	8.2	5.6	5.3	7.1	7.0	3.1
1969-1970	9.8	11.1	10.7	9.4	8.0	5.0	5.4	6.3	5.6	2.8
1970-1971	9.3	10.6	10.1	9.2	7.2	4.4	5.4	5.5	5.3	1.3
1971-1972	9.4	10.2	10.1	8.8	8.4	4.1	3.7	5.3	4.8	2.4
1972-1973	10.0	10.6	11.6	10.2	7.6	5.7	5.8	7.5	6.6	2.7
1973-1974	9.2	10.8	9.8	9.0	7.2	4.9	5.5	5.8	5.4	2.9
1974-1975	9.3	10.6	10.3	9.1	7.1	4.9	5.1	6.1	5.8	2.6
1975-1976	9.6	10.7	10.3	9.3	8.0	4.0	4.1	5.1	4.6	2.3
1976-1977	9.9	10.3	11.2	9.9	8.2	4.5	3.8	6.1	5.4	2.9
1977-1978	10.2	11.4	11.4	10.1	8.0	5.0	5.2	6.6	5.3	2.8
1978-1979	10.2	11.0	11.5	10.1	8.3	4.9	4.6	6.3	5.4	3.2
1979-1980	10.3	11.6	11.5	10.1	8.0	5.0	5.0	6.4	5.5	3.2
1980-1981	9.4	11.4	11.3	8.5	6.4	4.8	5.0	6.4	5.3	2.7
1981-1982	9.8	10.0	10.9	9.8	8.6	5.0	5.4	7.1	4.7	2.7
1982-1983	11.5	11.6	13.2	11.7	9.4	5.5	5.7	6.8	6.4	3.0
1983-1984	9.6	11.4	10.5	9.4	7.3	4.9	4.5	5.8	6.0	3.1
1984-1985	9.4	10.1	9.9	9.9	7.5	5.3	5.2	6.0	6.2	3.7
1985-1986	9.2	11.2	9.4	9.0	7.2	5.3	5.4	6.7	5.9	3.1
1986-1987	9.8	11.0	11.1	9.6	7.5	5.5	5.2	7.2	5.8	3.7
1987-1988	10.5	11.4	12.5	10.3	8.0	5.6	5.7	7.0	6.2	3.5
1988-1989	9.4	10.5	10.7	9.0	7.6	5.3	5.2	6.4	5.8	3.6
1989-1990	9.5	11.4	10.3	9.5	6.9	4.9	5.5	5.7	5.6	2.7
1990-1991	9.1	10.0	10.5	9.2	6.6	5.6	5.2	7.0	6.8	3.3
1991-1992	9.5	10.1	10.4	9.6	8.1	4.8	5.3	6.0	5.3	2.8
1992-1993	10.7	10.8	10.9	10.5	10.5	5.3	4.4	6.5	6.2	4.2
1993-1994	9.9	10.8	11.1	9.7	7.9	5.8	5.9	7.0	6.3	4.2

Estación	Chivay					El Frayle				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1994-1995	10.3	10.9	11.7	9.9	8.7	5.5	5.9	7.1	5.9	3.2
1995-1996	10.0	11.4	10.9	9.7	7.8	5.2	5.7	6.5	5.9	2.6
1996-1997	9.7	11.1	10.4	9.1	8.2	5.0	5.4	6.5	5.3	2.9
1997-1998	11.0	11.5	12.6	11.1	8.9	6.5	6.4	8.6	7.2	4.0
1998-1999	10.0	11.5	10.9	9.7	8.0	5.4	5.8	6.7	6.0	3.3
1999-2000	9.7	10.8	10.0	10.0	7.9	5.2	5.4	6.3	6.4	2.5
2000-2001	9.8	10.9	10.5	9.6	8.1	5.3	5.3	6.4	6.2	3.4
2001-2002	10.5	11.9	11.7	9.8	8.6	5.6	5.6	6.6	6.4	3.6
2002-2003	10.8	11.7	12.1	10.4	8.8	5.8	5.8	7.4	6.3	3.7
2003-2004	10.3	11.8	11.3	10.0	8.1	5.5	5.4	7.1	6.2	3.2
2004-2005	10.7	11.9	11.6	10.5	8.9	5.5	5.6	7.3	6.1	3.1
2005-2006	10.2	11.1	11.2	9.8	8.8	5.3	5.2	6.8	6.0	3.4
2006-2007	10.6	11.4	12.0	10.2	8.7	5.7	5.6	7.2	6.4	3.6
2007-2008	10.1	11.6	10.9	9.4	8.5	5.0	5.8	6.3	5.1	3.0
2008-2009	10.4	11.8	11.2	10.2	8.5	5.2	5.6	6.8	5.8	2.8
2009-2010	11.2	12.2	12.5	10.9	9.3	6.2	6.3	8.4	7.1	3.1
2010-2011	10.4	11.7	10.9	10.1	8.9	5.3	4.8	7.2	6.4	2.8
2011-2012	10.4	11.9	10.9	10.0	8.8	5.4	5.3	7.1	6.3	2.9
2012-2013	10.6	11.9	11.5	10.4	8.6	5.9	6.2	7.9	6.3	3.3
2013-2014	10.6	11.9	11.3	10.3	8.9	5.7	5.6	7.6	6.6	3.0

FUENTE: SENAMHI.

### C. Estación Imata y La Pampilla – temperatura media

Estación	Imata					La Pampilla				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	3.2	3.9	4.7	3.4	0.8	14.9	14.4	17.1	15.4	12.9
1966-1967	3.7	4.5	5.1	4.2	1.3	14.1	14.6	15.0	14.8	12.1
1967-1968	3.3	4.5	4.4	3.2	0.9	14.4	15.1	15.6	14.6	12.4
1968-1969	3.3	3.4	4.9	4.1	0.8	14.8	15.4	16.4	15.3	12.3
1969-1970	2.9	4.1	4.3	3.2	0.2	14.6	14.8	16.3	14.9	12.2
1970-1971	2.2	3.9	3.7	2.4	-1.0	14.2	15.1	15.4	14.2	12.0
1971-1972	2.0	2.4	3.5	2.5	-0.2	14.1	14.8	14.8	14.0	12.9
1972-1973	3.5	4.2	5.2	4.3	0.3	14.8	15.5	16.4	15.1	12.2
1973-1974	2.8	4.2	4.2	3.2	-0.3	14.1	15.0	14.7	14.2	12.7
1974-1975	2.9	4.1	4.2	3.4	-0.1	14.2	15.1	15.0	14.5	12.3
1975-1976	2.7	3.3	4.5	2.8	0.2	14.2	14.6	14.7	14.7	12.9
1976-1977	3.1	4.7	5.0	3.0	-0.4	14.4	15.0	15.9	14.1	12.7
1977-1978	2.9	4.0	5.4	2.7	-0.4	15.4	16.3	16.2	15.2	14.0
1978-1979	2.8	3.1	4.8	3.1	0.1	15.4	15.6	16.1	15.4	14.6
1979-1980	3.0	3.7	5.0	3.1	0.1	16.0	16.4	16.4	16.6	14.7
1980-1981	2.9	3.8	4.9	3.0	-0.2	15.3	16.0	16.0	15.7	13.3
1981-1982	3.0	3.8	5.2	2.8	0.1	15.7	15.6	16.1	15.2	15.8

Estación	Imata					La Pampilla				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1982-1983	4.0	4.0	6.3	4.8	0.8	16.3	16.4	17.2	16.7	15.0
1983-1984	3.2	3.9	4.8	4.3	0.0	14.8	15.7	14.7	15.1	13.8
1984-1985	3.2	3.3	4.8	4.1	0.5	15.5	15.7	15.8	15.9	14.8
1985-1986	3.0	3.8	5.1	3.2	0.1	15.6	15.8	15.6	16.1	14.9
1986-1987	3.3	3.7	5.3	3.7	0.5	16.5	16.7	17.2	16.6	15.5
1987-1988	3.8	3.6	6.3	4.3	1.0	16.2	16.9	17.2	16.2	14.6
1988-1989	3.6	4.4	5.1	4.0	0.8	15.7	15.9	16.0	15.6	15.3
1989-1990	2.9	3.2	4.1	3.4	0.7	16.5	16.3	16.8	17.1	15.7
1990-1991	3.2	3.9	5.0	3.9	0.2	16.7	17.1	17.2	16.9	15.5
1991-1992	2.7	3.1	4.8	3.2	-0.1	16.3	16.6	17.3	16.4	15.1
1992-1993	2.8	2.8	4.4	3.7	0.4	16.4	16.6	16.7	16.6	15.6
1993-1994	3.5	3.9	5.4	3.8	0.8	16.3	16.9	16.3	16.5	15.7
1994-1995	3.3	4.2	5.3	3.5	0.2	16.6	16.9	17.5	16.4	15.6
1995-1996	3.3	4.2	5.0	4.0	0.2	16.3	16.8	16.6	16.5	15.3
1996-1997	3.0	4.1	4.6	2.7	0.6	16.4	16.4	16.5	16.7	16.0
1997-1998	4.4	4.5	6.9	4.7	1.6	17.4	17.7	19.0	17.4	15.3
1998-1999	3.6	4.4	5.3	4.1	0.7	15.8	16.6	16.0	16.0	14.6
1999-2000	3.2	3.5	4.9	4.2	0.2	15.2	15.7	15.0	15.2	14.8
2000-2001	3.4	3.9	4.7	3.8	1.0	15.7	16.1	16.0	15.7	14.9
2001-2002	4.0	4.9	5.3	4.3	1.4	16.1	16.5	16.6	16.1	15.3
2002-2003	3.9	4.4	6.0	4.1	0.9	16.4	17.1	17.5	16.3	14.5
2003-2004	3.5	4.2	5.5	3.6	0.8	16.1	17.0	16.6	16.1	14.6
2004-2005	3.4	4.3	5.3	3.7	0.3	16.1	16.8	16.7	16.0	14.8
2005-2006	3.3	3.7	4.7	3.8	1.0	15.9	16.7	16.3	15.5	15.0
2006-2007	3.9	4.4	5.6	4.3	1.3	15.9	16.6	16.8	15.6	14.5
2007-2008	3.0	4.2	4.9	2.7	0.3	15.5	16.6	15.7	15.3	14.5
2008-2009	3.2	4.1	4.7	3.6	0.4	16.1	17.1	16.5	15.9	14.8
2009-2010	4.1	4.5	5.8	4.4	1.8	16.9	17.9	18.1	17.0	14.7
2010-2011	3.5	4.3	4.7	3.8	1.1	15.6	16.4	15.8	15.6	14.6
2011-2012	3.5	4.3	4.6	3.8	1.4	15.4	16.4	15.7	15.5	14.0
2012-2013	3.9	4.8	5.5	4.1	1.3	15.8	16.9	16.7	15.3	14.4
2013-2014	3.6	4.1	5.0	4.1	1.4	15.7	16.0	16.5	15.9	14.4

FUENTE: SENAMHI.

### D. Estación Pampa Blanca y Punta Atico – temperatura media

Estación	Pampa Blanca					Punta Atico				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	19.3	18.3	23.1	20.4	15.4	18.2	17.0	21.2	19.4	15.4
1966-1967	19.4	17.9	22.7	21.0	15.8	18.4	16.8	21.3	20.1	15.4
1967-1968	19.1	17.2	22.7	20.3	16.2	18.1	16.3	21.3	19.1	15.8
1968-1969	19.7	18.2	23.0	21.2	16.2	18.8	16.9	21.3	20.7	16.2
1969-1970	19.7	18.9	22.9	21.1	16.0	18.8	18.0	21.4	20.2	15.6
1970-1971	19.0	18.0	22.5	20.1	15.5	17.7	16.8	20.2	18.6	15.1
1971-1972	20.1	18.3	23.5	21.1	17.5	19.2	17.3	21.6	19.9	18.0
1972-1973	19.7	18.4	24.1	20.3	16.0	19.0	17.7	22.7	19.7	16.0
1973-1974	18.9	17.1	22.2	20.3	16.1	18.1	16.4	20.7	19.5	15.9
1974-1975	19.1	18.3	22.6	20.0	15.5	18.0	16.8	20.6	19.0	15.6
1975-1976	19.3	17.2	23.0	20.4	16.5	18.5	16.3	21.2	19.6	16.8
1976-1977	20.1	18.3	23.7	21.3	17.2	19.4	17.4	22.4	20.9	17.0
1977-1978	19.7	18.9	22.9	20.6	16.4	18.7	17.8	21.3	19.8	16.0
1978-1979	20.0	19.0	23.1	20.9	17.0	19.0	17.6	21.3	20.2	16.7
1979-1980	20.3	18.8	23.3	22.0	17.2	19.4	17.7	21.8	21.0	17.2
1980-1981	19.8	18.5	23.0	21.2	16.5	19.0	17.3	21.5	20.5	16.7
1981-1982	20.0	18.8	23.4	20.9	17.0	19.1	17.8	21.5	20.0	16.9
1982-1983	21.8	19.8	24.7	23.9	18.7	20.7	18.7	22.5	22.4	19.0
1983-1984	20.1	19.1	23.7	21.0	16.7	19.0	17.9	21.8	19.9	16.4
1984-1985	20.0	19.2	23.0	21.1	16.6	19.1	18.2	21.5	20.2	16.5
1985-1986	19.7	18.8	23.0	20.6	16.4	18.7	18.0	21.3	19.4	16.1
1986-1987	20.5	18.8	23.9	21.8	17.6	19.4	17.5	21.9	20.9	17.2
1987-1988	20.0	19.5	23.3	21.2	16.0	18.7	18.0	21.2	20.1	15.6
1988-1989	19.9	18.4	23.2	21.0	16.9	18.8	17.2	21.6	19.8	16.4
1989-1990	19.7	18.8	23.4	20.8	16.0	18.7	17.7	21.4	19.9	16.0
1990-1991	19.8	18.3	23.3	20.7	17.0	18.8	17.2	21.3	20.2	16.3
1991-1992	20.6	19.2	23.3	22.7	17.2	19.6	17.8	21.6	22.2	16.9
1992-1993	20.5	19.2	23.6	21.7	17.4	19.3	18.1	21.6	20.6	16.9
1993-1994	20.0	18.9	23.1	21.4	16.7	18.8	17.6	21.2	20.1	16.3
1994-1995	20.0	19.3	23.5	20.8	16.3	19.0	18.0	21.8	19.9	16.4
1995-1996	19.5	18.6	22.8	20.4	16.0	18.1	17.1	20.3	19.4	15.6
1996-1997	21.0	18.5	23.4	22.4	19.5	19.8	17.1	21.2	21.2	19.6
1997-1998	21.5	20.5	24.9	22.6	18.0	20.5	19.2	23.7	21.6	17.3
1998-1999	20.1	19.1	23.4	20.7	17.0	18.8	17.6	21.6	19.6	16.5
1999-2000	20.0	18.7	23.2	21.5	16.4	18.5	17.2	21.3	19.7	15.9
2000-2001	20.3	18.9	24.2	21.5	16.7	18.8	17.3	22.0	20.0	15.9
2001-2002	19.7	17.9	23.3	21.3	16.5	18.6	17.0	21.3	20.0	15.9
2002-2003	19.1	18.8	23.3	18.9	15.4	18.7	17.2	21.5	19.9	16.2
2003-2004	20.0	19.1	23.6	20.7	16.5	18.7	18.1	21.5	19.6	15.9
2004-2005	20.1	19.2	23.9	20.8	16.4	18.8	17.6	21.8	19.7	16.1
2005-2006	20.4	18.2	24.3	21.6	17.6	18.8	16.5	21.7	19.9	17.0

Estación	Pampa Blanca					Punta Atico				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	20.0	19.6	24.0	20.9	15.5	18.4	18.0	21.6	19.3	14.6
2007-2008	20.1	17.7	24.4	21.3	17.0	18.2	15.9	20.8	19.6	16.4
2008-2009	21.2	19.5	24.9	23.0	17.6	19.1	17.5	21.7	20.7	16.6
2009-2010	21.0	19.4	24.8	22.9	16.7	18.7	17.1	21.9	20.4	15.4
2010-2011	20.5	18.9	23.9	21.9	17.3	18.3	17.0	20.7	19.4	16.3
2011-2012	21.2	19.4	24.4	22.8	18.1	19.2	17.4	21.4	20.8	17.2
2012-2013	20.2	19.1	24.0	21.0	16.7	18.9	17.6	21.9	20.1	16.2
2013-2014	20.6	19.0	24.2	22.1	17.2	18.8	16.9	21.6	20.3	16.3

FUENTE: SENAMHI.

### E. Estación Sibayo – temperatura media

Estación	Sibayo				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	8.6	9.3	10.8	8.7	5.8
1966-1967	8.2	9.5	10.1	8.3	5.0
1967-1968	7.8	9.3	9.5	7.7	4.8
1968-1969	8.1	8.8	10.0	8.5	5.0
1969-1970	8.3	9.8	9.7	8.2	5.4
1970-1971	7.9	9.7	9.5	7.7	4.5
1971-1972	7.8	8.8	9.6	7.8	5.2
1972-1973	8.7	9.7	11.0	9.0	5.0
1973-1974	8.2	10.0	9.5	8.3	4.9
1974-1975	8.3	9.5	10.0	8.5	5.1
1975-1976	8.4	9.5	10.1	8.7	5.4
1976-1977	8.5	9.2	10.7	8.6	5.6
1977-1978	8.7	9.5	10.6	8.8	5.8
1978-1979	8.7	9.4	10.9	8.8	5.8
1979-1980	8.9	10.0	10.9	8.7	6.2
1980-1981	8.4	9.7	10.4	8.4	5.0
1981-1982	8.4	9.3	10.7	8.4	5.3
1982-1983	9.2	9.4	11.7	9.8	5.8
1983-1984	8.5	9.8	9.9	8.8	5.7
1984-1985	8.4	9.3	9.5	9.0	5.9
1985-1986	8.2	9.5	9.9	8.0	5.2
1986-1987	9.0	9.9	10.8	9.3	5.9
1987-1988	9.1	10.4	11.2	9.0	5.9
1988-1989	8.8	10.2	10.5	8.8	5.9
1989-1990	8.6	9.9	10.1	8.7	5.6
1990-1991	8.7	9.6	10.6	9.0	5.6
1991-1992	8.6	9.2	10.5	9.3	5.4
1992-1993	8.6	9.1	10.3	9.0	6.1
1993-1994	8.9	9.7	10.3	9.3	6.5

Estación	Sibayo				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1994-1995	9.3	10.3	11.2	9.0	6.7
1995-1996	9.0	10.1	10.3	9.4	6.0
1996-1997	8.4	9.5	10.0	8.2	6.0
1997-1998	9.9	10.2	12.1	10.2	7.0
1998-1999	8.9	10.2	10.4	9.0	6.2
1999-2000	8.6	9.4	10.0	9.4	5.7
2000-2001	8.6	9.4	9.6	9.1	6.2
2001-2002	9.2	10.5	10.7	9.3	6.5
2002-2003	9.2	10.0	11.0	9.4	6.6
2003-2004	9.1	10.2	11.0	9.1	6.2
2004-2005	9.5	10.6	11.1	9.7	6.6
2005-2006	9.2	10.0	10.5	9.4	7.0
2006-2007	9.5	10.1	11.1	9.6	7.3
2007-2008	8.9	10.2	10.5	8.5	6.5
2008-2009	9.2	10.3	10.7	9.2	6.6
2009-2010	9.9	10.2	11.5	10.3	7.5
2010-2011	9.3	9.9	10.5	9.7	7.2
2011-2012	9.3	9.9	10.1	9.3	7.2
2012-2013	9.4	10.6	10.7	9.5	6.7
2013-2014	9.4	10.0	10.9	9.4	7.4

FUENTE: SENAMHI.

### A. Estación Aplao y Caraveli – temperatura mínima media

Estación	Aplao					Caraveli				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	10.4	10.4	12.7	11.7	6.8	8.6	10.1	8.6	6.8	8.7
1966-1967	12.0	10.2	15.5	14.2	8.1	9.8	10.5	10.6	10.5	7.6
1967-1968	11.0	9.5	15.6	12.0	6.9	7.5	7.3	7.9	6.9	7.7
1968-1969	11.8	10.4	15.0	13.8	7.8	10.9	10.5	11.2	11.8	10.0
1969-1970	11.4	10.5	15.3	13.4	6.6	11.1	10.7	12.3	11.4	10.1
1970-1971	10.7	9.7	14.7	11.9	6.6	10.3	9.9	11.2	10.6	9.3
1971-1972	11.5	9.0	15.9	12.3	8.6	10.7	9.9	11.7	10.4	10.7
1972-1973	12.5	11.0	17.4	13.7	8.0	11.1	10.9	12.6	11.8	9.1
1973-1974	11.5	9.8	15.5	12.5	8.3	10.4	10.1	10.8	10.5	10.3
1974-1975	11.3	9.8	15.4	13.3	6.7	10.4	10.6	11.2	10.0	9.7
1975-1976	11.5	8.7	16.0	12.7	8.5	10.0	9.7	10.6	9.8	9.9
1976-1977	11.6	9.7	15.9	12.9	8.0	10.8	10.4	11.6	10.7	10.4
1977-1978	11.5	11.0	14.8	12.5	7.9	11.0	10.6	11.5	11.0	10.9
1978-1979	11.5	10.5	14.8	12.8	7.8	11.0	10.6	11.3	11.6	10.3
1979-1980	12.2	10.4	15.3	14.3	8.7	11.1	10.7	11.1	11.5	10.9
1980-1981	11.7	10.8	15.3	13.2	7.6	11.1	10.9	11.8	11.6	10.2
1981-1982	11.6	10.5	15.7	12.5	7.8	11.0	10.6	11.7	10.8	11.0

Estación	Aplao					Carabeli				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1982-1983	14.4	11.8	18.1	17.0	10.8	11.6	11.4	12.1	12.1	10.8
1983-1984	12.2	10.7	16.1	13.3	8.5	10.9	10.3	11.8	11.1	10.5
1984-1985	12.2	11.3	15.6	14.0	7.7	10.8	10.6	11.6	11.3	9.6
1985-1986	11.7	10.5	16.2	13.0	7.2	10.8	10.3	12.1	11.0	10.0
1986-1987	12.7	10.4	17.3	14.0	9.2	11.3	10.4	12.7	11.4	10.8
1987-1988	12.4	11.6	16.4	14.1	7.6	11.0	10.8	12.0	11.7	9.4
1988-1989	9.1	7.5	13.6	10.4	4.6	10.5	9.6	12.2	10.6	9.7
1989-1990	8.8	7.0	12.6	10.6	4.8	11.1	10.0	11.2	11.4	11.8
1990-1991	9.0	7.3	13.2	10.4	5.1	12.7	13.4	14.0	12.9	10.7
1991-1992	12.3	9.2	16.3	15.5	8.2	10.9	9.8	12.0	10.4	11.2
1992-1993	12.6	10.7	16.1	14.4	9.3	10.3	9.7	10.9	11.1	9.4
1993-1994	12.6	11.4	17.0	14.0	8.1	10.1	9.5	11.4	10.2	9.5
1994-1995	12.2	11.2	16.3	13.6	7.6	9.8	9.3	10.8	9.6	9.6
1995-1996	11.8	10.7	15.7	13.2	7.5	11.1	10.6	11.8	11.3	10.7
1996-1997	12.9	9.9	16.4	14.4	10.9	11.5	10.3	12.5	11.6	11.5
1997-1998	14.4	13.6	19.0	15.2	9.6	12.2	11.7	14.0	12.3	10.6
1998-1999	11.8	10.5	15.7	13.4	7.7	11.0	10.2	12.2	11.6	10.1
1999-2000	12.7	11.0	16.8	14.4	8.6	11.0	9.9	12.3	11.5	10.5
2000-2001	12.5	10.4	17.2	14.4	7.9	11.4	10.2	12.4	12.3	10.7
2001-2002	12.8	10.5	16.2	15.3	9.1	11.8	10.8	12.3	13.1	11.2
2002-2003	12.6	11.7	16.7	13.8	8.5	11.7	11.3	12.7	12.1	10.5
2003-2004	12.1	10.8	16.5	13.4	7.7	11.4	11.1	12.2	11.7	10.7
2004-2005	12.0	11.1	16.6	13.2	7.2	11.4	11.1	12.3	11.7	10.6
2005-2006	12.3	9.8	17.2	13.6	8.7	11.2	10.7	12.4	11.5	10.1
2006-2007	12.3	11.3	16.6	13.6	7.6	11.1	10.9	12.5	11.4	9.8
2007-2008	11.5	9.4	16.3	12.1	8.0	10.4	10.2	12.0	10.5	8.8
2008-2009	12.4	10.9	17.1	14.3	7.5	11.1	10.4	12.4	11.5	9.9
2009-2010	12.8	11.2	17.2	15.0	7.7	11.6	11.2	13.1	12.3	9.7
2010-2011	12.4	10.6	16.5	13.1	9.3	11.0	9.6	12.4	11.5	10.6
2011-2012	12.9	10.5	16.8	15.1	9.3	11.4	10.5	12.4	12.5	10.1
2012-2013	12.2	11.3	16.6	12.9	7.8	11.3	11.1	12.5	11.1	10.4
2013-2014	12.3	9.7	16.8	14.0	8.5	11.2	10.1	12.4	11.9	10.2

FUENTE: SENAMHI.

## B. Estación Chivay y El Frayle – temperatura mínima media

Estación	Chivay					El Frayle				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	0.9	0.7	3.9	1.1	-2.3	-6.2	-9.1	-3.1	-3.8	-8.7
1966-1967	1.7	2.2	3.9	2.5	-1.8	-3.3	-2.7	1.0	-1.6	-10.0
1967-1968	0.9	1.3	3.5	1.0	-2.2	-6.0	-6.7	-1.8	-5.0	-10.5
1968-1969	1.3	1.4	3.7	2.0	-1.8	-5.0	-5.2	-1.2	-3.1	-10.4
1969-1970	1.4	1.7	4.1	1.8	-1.9	-5.0	-6.3	-0.9	-3.3	-9.7
1970-1971	0.6	1.0	3.7	0.7	-2.9	-5.5	-5.8	-0.8	-3.8	-11.5
1971-1972	0.3	-0.4	3.8	0.8	-2.8	-5.7	-9.7	-0.7	-3.2	-9.4
1972-1973	1.8	1.6	4.9	3.0	-2.3	-2.8	-3.6	1.6	-0.4	-9.0
1973-1974	0.9	1.6	3.2	0.6	-1.9	-3.4	-3.8	0.0	-2.8	-7.0
1974-1975	0.8	0.9	3.5	1.6	-2.9	-2.8	-5.8	-0.1	-1.8	-3.4
1975-1976	0.8	0.7	3.8	0.6	-1.7	-4.8	-6.7	0.1	-3.7	-8.8
1976-1977	0.6	0.4	3.0	1.2	-2.3	-5.4	-7.1	-1.2	-3.4	-10.0
1977-1978	1.2	1.9	3.8	1.1	-1.9	-4.2	-4.4	-0.1	-3.5	-8.8
1978-1979	0.8	1.2	3.1	1.1	-2.3	-4.8	-5.9	-0.9	-3.7	-8.6
1979-1980	0.8	1.2	2.9	1.0	-2.1	-5.1	-5.1	-1.3	-4.1	-9.9
1980-1981	0.3	2.0	3.6	-0.7	-3.6	-4.9	-4.8	-0.8	-4.4	-9.5
1981-1982	0.4	-0.2	3.3	0.5	-2.1	-4.7	-5.2	0.3	-4.3	-9.7
1982-1983	2.0	2.9	3.8	2.2	-1.0	-4.0	-2.2	-0.8	-3.2	-9.8
1983-1984	0.7	1.0	3.2	1.1	-2.6	-3.8	-7.1	0.3	-1.4	-7.1
1984-1985	0.6	0.5	2.2	2.0	-2.1	-2.6	-3.3	0.2	-0.4	-7.0
1985-1986	0.3	1.3	2.4	0.9	-3.3	-2.9	-4.0	1.6	-1.2	-8.1
1986-1987	0.0	0.4	2.9	-0.3	-3.0	-3.8	-5.2	1.0	-3.4	-7.7
1987-1988	1.0	0.6	4.2	2.2	-3.0	-3.8	-4.7	-0.2	-1.0	-9.3
1988-1989	0.5	-0.4	3.9	1.3	-2.8	-3.7	-6.0	0.7	-1.7	-7.7
1989-1990	0.1	0.9	1.3	0.2	-2.0	-5.1	-5.3	-2.5	-4.0	-8.6
1990-1991	0.2	0.6	3.5	0.6	-4.0	-3.8	-5.2	0.7	-1.9	-8.8
1991-1992	-0.4	-0.2	1.7	0.0	-3.0	-6.0	-5.4	-2.0	-6.5	-10.0
1992-1993	0.3	0.4	3.2	0.8	-3.1	-5.0	-7.9	-1.4	-2.1	-8.8
1993-1994	1.2	1.9	4.2	1.0	-2.2	-3.0	-4.1	1.4	-1.3	-7.8
1994-1995	0.7	1.2	3.4	0.7	-2.6	-4.2	-4.8	-0.2	-2.8	-9.0
1995-1996	0.8	1.7	3.6	2.2	-4.2	-4.1	-5.1	-0.6	-1.8	-8.7
1996-1997	-0.2	0.0	3.2	-0.7	-3.3	-3.7	-5.5	1.0	-2.6	-7.9
1997-1998	0.7	1.0	4.2	1.0	-3.4	-2.6	-3.0	2.3	-2.1	-7.5
1998-1999	1.0	0.8	4.0	1.9	-2.6	-3.3	-5.2	0.1	-0.5	-7.5
1999-2000	1.6	1.3	4.3	3.0	-2.0	-3.0	-4.4	1.0	-1.0	-7.7
2000-2001	1.6	1.0	4.3	2.8	-1.7	-3.0	-5.4	1.4	-0.5	-7.4
2001-2002	1.7	1.8	3.4	2.4	-0.8	-3.3	-5.4	1.0	-1.3	-7.6
2002-2003	2.0	2.5	4.5	2.5	-1.4	-3.6	-4.7	0.8	-1.7	-8.7
2003-2004	1.7	1.7	4.4	1.7	-0.9	-4.1	-5.9	0.2	-2.7	-7.7
2004-2005	1.1	1.3	3.3	1.3	-1.5	-4.6	-5.5	0.2	-2.5	-10.5
2005-2006	1.7	1.1	4.4	2.3	-0.9	-3.7	-5.8	0.9	-1.8	-8.1

Estación	Chivay					El Frayle				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	2.1	1.9	4.4	2.9	-0.7	-3.3	-4.5	0.4	-1.2	-7.8
2007-2008	1.3	1.9	4.1	0.9	-1.7	-4.5	-4.6	0.5	-4.4	-9.6
2008-2009	1.5	1.4	4.4	2.1	-1.8	-4.4	-5.9	0.4	-2.7	-9.5
2009-2010	2.6	2.4	5.0	3.3	-0.2	-3.1	-3.9	1.2	-1.4	-8.3
2010-2011	2.1	1.6	4.8	2.5	-0.5	-3.6	-6.0	0.9	-1.4	-7.7
2011-2012	2.0	2.0	4.4	2.7	-1.1	-3.5	-5.2	0.6	-1.2	-8.2
2012-2013	2.4	2.4	5.0	6.6	-0.1	-3.0	-3.8	1.7	-2.4	-7.6
2013-2014	2.2	1.8	5.0	8.0	-0.5	-3.5	-5.1	0.9	-1.6	-8.0

FUENTE: SENAMHI.

### C. Estación Imata y La Pampilla – temperatura mínima media

Estación	Imata					La Pampilla				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	-7.7	-9.3	-3.1	-5.9	-12.5	3.7	3.7	6.1	4.5	0.5
1966-1967	-6.1	-6.7	-2.7	-3.7	-11.3	4.7	4.6	6.9	5.6	1.6
1967-1968	-6.7	-7.5	-2.5	-4.9	-11.9	4.4	4.3	7.3	4.6	1.4
1968-1969	-6.9	-7.0	-2.4	-5.3	-12.7	4.5	4.6	7.2	4.6	1.6
1969-1970	-6.3	-7.4	-1.9	-3.9	-11.9	4.7	4.3	7.9	5.3	1.4
1970-1971	-7.8	-9.3	-2.0	-6.0	-13.9	4.3	4.4	7.1	4.5	1.1
1971-1972	-8.1	-11.7	-2.2	-5.1	-13.3	4.6	2.8	7.7	5.5	2.2
1972-1973	-5.5	-6.6	-1.3	-2.5	-11.5	5.5	4.8	8.6	6.5	1.9
1973-1974	-6.0	-6.5	-1.9	-5.1	-10.4	5.0	4.6	7.7	5.0	2.8
1974-1975	-6.8	-8.6	-2.3	-3.6	-12.5	5.1	4.0	8.0	6.2	2.2
1975-1976	-6.9	-9.5	-0.9	-5.8	-11.6	5.5	4.2	8.5	6.0	3.1
1976-1977	-8.2	-8.2	-3.3	-6.5	-14.7	5.4	4.9	8.0	6.2	2.7
1977-1978	-7.4	-8.6	-2.7	-6.0	-12.5	7.7	6.1	9.9	8.2	6.4
1978-1979	-7.3	-8.6	-2.3	-5.9	-12.5	8.3	8.2	9.5	8.8	6.6
1979-1980	-7.1	-7.3	-3.1	-5.8	-12.0	8.8	9.0	10.2	8.9	7.0
1980-1981	-6.3	-5.9	-2.1	-5.2	-12.1	8.2	9.0	9.9	8.7	5.3
1981-1982	-6.9	-7.1	-1.2	-6.3	-13.0	7.8	7.8	9.5	6.5	7.2
1982-1983	-6.8	-5.0	-4.2	-6.0	-12.1	9.0	9.1	10.1	9.5	7.2
1983-1984	-6.7	-9.8	-1.7	-3.8	-11.5	8.0	8.2	9.0	8.9	6.1
1984-1985	-5.4	-6.7	-2.2	-2.5	-10.3	9.0	9.2	9.8	9.8	7.3
1985-1986	-5.9	-7.2	-0.7	-3.7	-12.1	9.0	8.8	10.4	9.7	7.2
1986-1987	-6.9	-9.0	-1.5	-6.3	-10.9	9.7	9.4	11.3	9.9	8.2
1987-1988	-6.5	-7.2	-1.9	-4.0	-12.9	9.4	9.8	11.4	9.9	6.6
1988-1989	-6.9	-9.3	-2.4	-4.2	-11.6	9.1	8.5	10.4	9.5	7.9
1989-1990	-7.7	-9.2	-4.9	-6.0	-10.8	9.5	9.2	10.2	10.2	8.4
1990-1991	-6.8	-7.1	-2.1	-5.1	-13.0	9.7	9.7	11.2	10.2	7.5
1991-1992	-8.9	-9.2	-4.8	-9.3	-12.4	9.0	9.2	10.5	9.1	7.1
1992-1993	-7.8	-9.9	-3.8	-5.1	-12.4	8.9	8.6	10.3	9.6	7.2
1993-1994	-6.7	-7.1	-1.9	-4.9	-13.1	9.4	9.3	11.0	9.6	7.6

Estación	Imata					La Pampilla				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1994-1995	-7.6	-8.7	-2.9	-5.6	-13.0	9.5	9.2	11.2	9.7	7.7
1995-1996	-7.1	-8.9	-3.0	-4.3	-12.2	9.3	9.5	10.4	9.8	7.5
1996-1997	-7.1	-8.8	-1.8	-5.9	-11.8	9.4	8.9	10.9	9.7	8.0
1997-1998	-6.1	-6.0	-0.9	-6.2	-11.5	10.7	10.5	12.9	10.9	8.6
1998-1999	-6.3	-8.5	-2.5	-3.0	-11.4	9.2	9.2	10.5	9.7	7.2
1999-2000	-6.3	-7.9	-1.6	-4.0	-11.5	8.9	8.3	10.4	9.6	7.2
2000-2001	-5.6	-8.6	-1.0	-2.9	-9.7	9.4	8.6	11.3	10.0	7.9
2001-2002	-4.9	-6.6	-2.6	-2.2	-8.2	9.9	9.5	10.8	10.8	8.3
2002-2003	-5.1	-5.4	-0.9	-3.4	-10.6	9.8	10.0	11.6	10.1	7.4
2003-2004	-6.4	-8.4	-1.7	-5.4	-10.1	9.4	9.2	11.2	9.8	7.6
2004-2005	-7.2	-8.3	-1.9	-5.0	-13.7	9.2	9.1	11.2	9.7	6.7
2005-2006	-6.3	-7.7	-1.6	-4.2	-11.7	9.2	8.7	11.3	9.6	7.4
2006-2007	-5.6	-6.9	-1.6	-3.0	-10.9	9.1	8.8	10.8	9.6	7.1
2007-2008	-7.2	-6.8	-1.9	-7.2	-13.0	8.2	8.6	10.5	7.8	5.8
2008-2009	-6.8	-8.6	-1.6	-4.6	-12.5	8.3	7.6	10.3	8.8	6.5
2009-2010	-5.6	-6.8	-1.1	-3.3	-11.3	9.3	9.1	11.2	9.9	6.9
2010-2011	-5.6	-8.5	-0.7	-3.1	-10.1	8.4	7.5	10.3	8.8	6.9
2011-2012	-5.6	-7.7	-1.1	-2.7	-10.9	8.3	8.0	10.3	8.8	6.0
2012-2013	-4.7	-6.1	0.1	-4.5	-8.5	8.2	8.2	10.8	7.3	6.7
2013-2014	-5.3	-7.2	-0.4	-3.4	-10.2	8.2	7.6	10.5	8.3	6.5

FUENTE: SENAMHI.

#### D. Estación Pampa Blanca y Punta Atico – temperatura mínima media

Estación	Pampa Blanca					Punta Atico				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	15.1	15.0	18.0	15.5	11.9	16.0	15.0	18.3	16.8	13.8
1966-1967	15.3	14.6	18.3	15.9	12.4	16.2	15.0	18.4	17.2	14.1
1967-1968	15.0	14.3	18.3	14.8	12.6	15.8	14.3	18.1	16.4	14.3
1968-1969	15.9	14.7	17.6	17.6	13.4	16.7	15.0	18.4	18.5	14.8
1969-1970	15.5	15.9	18.1	16.0	12.0	16.5	15.9	18.4	17.7	13.9
1970-1971	14.5	13.8	17.1	15.7	11.6	15.3	14.6	16.8	16.1	13.8
1971-1972	15.7	14.5	17.8	15.9	14.5	16.5	15.1	17.8	17.2	15.9
1972-1973	16.0	15.9	20.4	15.4	12.5	16.7	15.8	20.1	16.8	14.2
1973-1974	15.4	14.0	17.9	16.1	13.7	15.8	14.3	17.9	16.7	14.3
1974-1975	15.1	14.7	17.8	15.8	12.3	15.3	14.7	17.2	16.0	13.5
1975-1976	15.4	13.9	18.3	15.5	13.9	15.8	13.9	17.7	16.6	15.1
1976-1977	16.0	15.0	19.2	16.1	13.6	16.7	15.1	19.0	17.8	15.0
1977-1978	15.7	15.4	18.4	16.1	13.1	16.2	15.3	17.9	17.1	14.4
1978-1979	15.7	15.2	18.2	15.9	13.5	16.4	15.5	17.9	17.3	14.9
1979-1980	16.2	15.7	18.5	16.9	13.5	16.7	15.7	18.6	17.6	14.7
1980-1981	15.7	14.9	18.4	16.8	12.9	16.0	14.5	18.3	17.0	14.3
1981-1982	15.6	15.1	18.7	15.7	13.0	16.0	14.9	17.7	16.3	15.0

Estación	Pampa Blanca					Punta Atico				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1982-1983	18.4	16.4	21.4	20.1	15.8	17.4	15.8	17.9	18.6	17.2
1983-1984	16.1	15.6	18.9	16.5	13.4	16.0	15.7	18.3	16.3	13.8
1984-1985	15.8	15.6	18.1	16.8	12.8	16.1	15.0	18.3	16.5	14.4
1985-1986	15.6	15.1	18.6	15.9	12.6	15.6	14.8	17.6	16.0	14.0
1986-1987	16.6	15.1	19.5	17.4	14.2	16.4	15.0	18.1	17.8	14.7
1987-1988	15.9	15.9	18.8	16.5	12.4	15.7	15.5	17.3	16.8	13.2
1988-1989	15.8	15.2	18.5	16.2	13.3	15.8	14.4	17.8	16.7	14.2
1989-1990	15.7	14.9	18.5	16.7	12.7	15.9	14.7	17.6	17.2	14.1
1990-1991	15.8	14.8	18.7	16.2	13.6	16.1	14.3	17.4	18.1	14.4
1991-1992	16.8	15.7	18.7	19.1	13.7	17.2	15.3	18.7	19.8	14.9
1992-1993	16.5	15.6	18.9	17.5	14.1	16.7	15.5	18.3	18.0	15.0
1993-1994	16.1	15.4	18.5	16.7	13.7	16.2	15.3	18.0	17.0	14.5
1994-1995	16.0	15.8	19.0	16.4	12.7	16.5	15.8	19.0	17.0	14.3
1995-1996	15.1	14.7	17.4	15.6	12.8	15.5	14.9	16.8	16.5	13.7
1996-1997	16.8	14.8	18.4	17.6	16.2	17.0	14.5	17.4	18.2	17.9
1997-1998	17.8	17.7	21.5	17.9	14.2	17.7	17.3	19.1	19.1	15.2
1998-1999	15.7	15.2	18.6	16.0	13.0	16.1	15.3	18.1	16.4	14.5
1999-2000	15.9	15.0	18.8	16.7	13.3	15.7	14.8	17.8	16.4	14.0
2000-2001	16.4	15.3	19.7	17.0	13.6	15.9	14.8	18.4	16.6	14.0
2001-2002	15.6	14.3	19.0	15.9	13.3	15.9	14.5	17.9	17.1	14.2
2002-2003	14.9	15.2	19.3	13.4	11.6	16.3	15.0	18.6	17.2	14.4
2003-2004	16.0	15.5	19.3	16.3	12.9	16.0	15.6	17.9	16.5	14.1
2004-2005	15.8	15.4	19.4	15.9	12.4	16.1	15.1	18.5	16.7	14.3
2005-2006	16.1	14.4	19.3	16.7	14.2	16.0	14.3	18.0	16.8	15.0
2006-2007	15.8	15.9	19.0	15.8	12.4	15.6	15.5	18.2	16.0	12.9
2007-2008	15.8	14.1	19.3	16.0	13.8	15.4	13.8	17.2	16.0	14.5
2008-2009	16.5	15.5	19.1	17.7	13.8	16.2	14.9	18.2	17.2	14.7
2009-2010	16.8	15.8	20.3	18.4	12.6	16.2	14.9	18.9	17.8	13.5
2010-2011	16.0	14.8	18.4	16.5	14.4	15.5	14.4	16.9	16.1	14.6
2011-2012	16.8	15.3	19.7	18.0	14.4	16.4	14.7	17.7	17.7	15.4
2012-2013	16.1	15.6	19.6	16.2	13.2	16.3	15.3	18.8	16.9	14.2
2013-2014	16.5	15.5	19.5	17.3	13.6	16.0	14.6	18.1	16.8	14.3

FUENTE: SENAMHI.

### E. Estación Sibayo - temperatura mínima media

Estación	Sibayo				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	-2.6	-2.5	2.3	-1.5	-8.5
1966-1967	-1.0	-1.3	2.5	1.0	-6.3
1967-1968	-2.0	-1.9	2.2	-1.0	-7.5
1968-1969	-2.1	-1.6	2.2	-0.8	-8.1
1969-1970	-1.7	-2.1	2.8	-0.2	-7.4
1970-1971	-2.6	-2.5	2.7	-1.9	-8.8
1971-1972	-2.8	-4.9	2.7	-1.0	-7.8
1972-1973	-0.7	-0.7	3.9	1.5	-7.6
1973-1974	-1.4	-0.8	2.8	-1.0	-6.8
1974-1975	-1.8	-2.8	2.6	0.6	-7.6
1975-1976	-1.7	-2.5	3.4	-1.1	-6.6
1976-1977	-2.7	-3.3	1.8	-1.2	-8.1
1977-1978	-1.5	-0.9	2.9	-1.0	-7.1
1978-1979	-1.9	-2.1	2.9	-1.0	-7.4
1979-1980	-1.6	-1.6	2.4	-0.7	-6.5
1980-1981	-1.4	-0.2	3.0	-0.9	-7.6
1981-1982	-1.7	-1.8	3.6	-1.1	-7.7
1982-1983	-0.9	0.9	2.0	0.2	-6.7
1983-1984	-1.1	-2.5	3.5	0.5	-5.9
1984-1985	-0.4	-0.9	2.9	1.7	-5.4
1985-1986	-1.1	-1.6	3.8	0.6	-7.1
1986-1987	-1.5	-2.1	3.4	-0.9	-6.3
1987-1988	-1.3	-1.7	2.8	1.3	-7.7
1988-1989	-0.9	-2.4	3.4	1.1	-5.7
1989-1990	-2.0	-2.6	0.9	-0.8	-5.5
1990-1991	-1.2	-0.8	3.4	0.1	-7.5
1991-1992	-2.4	-1.9	1.5	-2.7	-6.4
1992-1993	-1.7	-2.8	2.2	0.5	-6.8
1993-1994	-0.6	-0.4	4.0	0.7	-6.7
1994-1995	-2.0	-2.5	2.9	-1.2	-7.1
1995-1996	-1.4	-2.4	2.6	0.7	-6.6
1996-1997	-1.9	-2.2	3.0	-2.0	-6.6
1997-1998	-0.3	0.6	5.1	-0.5	-6.2
1998-1999	-1.0	-2.1	3.1	1.3	-6.4
1999-2000	-1.2	-1.2	3.7	0.7	-7.8
2000-2001	-2.8	-6.0	0.9	-0.3	-5.8
2001-2002	-0.3	-1.5	2.8	1.9	-4.5
2002-2003	-0.8	-0.3	3.6	0.4	-6.7
2003-2004	-1.6	-2.8	3.1	-1.1	-5.7
2004-2005	-2.0	-1.9	3.1	-0.7	-8.5
2005-2006	-1.6	-2.1	3.3	-0.2	-7.3

Estación	Sibayo				
Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
2006-2007	-1.3	-2.5	2.4	1.2	-6.4
2007-2008	-2.3	-1.9	2.7	-2.1	-8.1
2008-2009	-1.9	-3.1	3.5	0.0	-8.0
2009-2010	-0.5	-1.1	4.4	0.9	-6.1
2010-2011	-1.1	-2.8	3.3	0.6	-5.7
2011-2012	-1.3	-2.3	2.8	1.1	-6.7
2012-2013	-0.3	-1.0	4.3	-1.5	-4.2
2013-2014	-0.9	-1.6	3.2	0.5	-5.2

FUENTE: SENAMHI.

## ANEXO II. Índices climáticos

### A. Índice MEI y NAO

Índice	MEI					NAO				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	0.7	1.3	1.3	0.4	0.0	-0.4	-0.2	-1.1	-0.2	-0.2
1966-1967	-0.5	0.0	-0.5	-0.9	-0.4	0.2	-0.2	-0.4	0.1	1.3
1967-1968	-0.6	-0.6	-0.6	-0.9	-0.5	-0.4	0.7	-0.9	-1.0	-0.4
1968-1969	0.5	0.4	0.6	0.6	0.5	-0.9	-1.6	-1.7	0.0	-0.2
1969-1970	0.0	0.4	0.4	0.0	-1.0	0.0	0.8	-0.8	-0.6	0.7
1970-1971	-1.4	-1.1	-1.3	-1.7	-1.3	-0.4	-0.4	-1.1	-0.4	0.3
1971-1972	-0.1	-1.4	-0.7	0.0	1.6	0.5	0.4	0.1	0.3	1.0
1972-1973	0.6	1.6	1.6	0.4	-1.1	0.2	0.7	0.1	-0.4	0.4
1973-1974	-1.4	-1.7	-1.9	-1.5	-0.7	-0.3	-0.7	0.2	-0.1	-0.5
1974-1975	-1.0	-1.0	-0.7	-0.9	-1.5	-0.1	0.4	0.1	-1.1	0.2
1975-1976	-1.0	-1.9	-1.6	-1.0	0.5	0.5	0.6	-0.1	0.5	1.1
1976-1977	0.6	0.8	0.4	0.3	0.7	-0.6	-0.2	-1.4	-0.5	-0.4
1977-1978	0.4	0.9	0.9	0.2	-0.4	-0.1	0.5	-1.2	0.0	0.4
1978-1979	0.3	-0.1	0.5	0.2	0.5	0.2	2.1	-1.6	-0.8	1.3
1979-1980	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	-0.3	0.6	-0.3	-0.3	-1.2
1980-1981	0.1	0.2	-0.1	0.4	0.0	-0.1	-0.4	0.4	-0.4	0.1
1981-1982	0.4	0.1	-0.2	0.2	1.5	-0.3	-0.9	-0.3	0.1	0.0
1982-1983	2.3	2.1	2.7	2.8	1.7	0.7	1.0	0.6	-0.2	1.5
1983-1984	-0.1	0.1	-0.4	0.2	-0.1	0.1	-0.3	0.7	-0.2	0.4
1984-1985	-0.4	-0.1	-0.6	-0.6	-0.2	-0.3	0.2	-1.2	-0.1	0.0
1985-1986	0.0	-0.2	-0.3	0.1	0.5	0.1	0.1	-0.2	0.5	0.1
1986-1987	1.5	1.0	1.2	1.9	1.9	0.1	1.2	-0.8	0.9	-0.7
1987-1988	0.4	1.6	1.0	0.3	-1.1	0.0	-0.1	0.4	-0.5	0.3
1988-1989	-1.0	-1.5	-1.3	-0.8	-0.4	0.4	-0.7	1.1	1.0	0.3
1989-1990	0.2	-0.2	0.3	0.6	0.2	0.6	0.9	0.2	0.6	0.7
1990-1991	0.6	0.3	0.3	0.5	1.1	0.3	0.5	0.4	-0.1	0.2
1991-1992	1.5	1.0	1.6	2.1	1.1	0.7	0.4	0.2	1.6	0.6
1992-1993	1.0	0.6	0.8	1.5	1.2	-0.1	-0.2	0.6	0.2	-1.1

Índice	MEI					NAO				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1993-1994	0.6	1.0	0.4	0.4	0.8	0.8	0.6	0.7	0.5	1.2
1994-1995	0.8	1.2	1.1	0.6	0.1	0.1	-0.4	1.1	-0.5	0.3
1995-1996	-0.4	-0.5	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1	-0.9	-0.6	0.9
1996-1997	0.6	-0.3	-0.5	0.5	2.7	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1	0.0
1997-1998	2.0	2.6	2.5	2.5	0.3	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-1.0
1998-1999	-0.9	-0.9	-1.1	-0.9	-0.6	0.0	-0.7	0.3	-0.1	0.3
1999-2000	-0.7	-1.0	-1.2	-0.5	-0.1	0.4	0.6	1.0	0.6	-0.4
2000-2001	-0.3	-0.5	-0.6	-0.2	0.2	-0.2	0.1	-0.3	-0.6	-0.1
2001-2002	0.2	-0.2	-0.1	0.3	0.8	0.3	0.1	0.0	0.4	0.6
2002-2003	0.6	0.9	1.1	0.4	0.1	-0.3	-0.9	-0.3	-0.1	0.1
2003-2004	0.4	0.5	0.3	0.2	0.5	0.1	0.0	-0.3	0.7	-0.1
2004-2005	0.6	0.6	0.6	0.8	0.4	-0.1	0.2	0.6	-1.3	0.0
2005-2006	-0.1	-0.1	-0.5	-0.4	0.7	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.1
2006-2007	0.4	1.0	0.8	0.1	-0.3	-0.3	-1.0	0.0	0.6	-0.6
2007-2008	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	0.0	-0.3	0.8	0.4	-1.1	-1.3
2008-2009	-0.2	-0.7	-0.7	-0.2	0.9	-0.2	0.4	-0.4	0.5	-1.1
2009-2010	0.5	1.0	1.2	1.0	-1.1	-1.0	0.3	-2.1	-1.2	-0.9
2010-2011	-1.2	-1.9	-1.6	-1.1	-0.2	-0.6	-1.0	-1.0	0.9	-1.4
2011-2012	-0.2	-0.9	-0.9	0.1	0.9	0.1	1.0	1.0	0.2	-1.6
2012-2013	-0.1	0.2	0.0	0.0	-0.4	-0.2	-1.0	-0.3	-0.3	0.9
2013-2014	0.2	-0.1	-0.3	0.4	0.9	-0.1	0.1	0.6	-0.1	-0.9

FUENTE: NOAA.

### B. Índice Niño 3.4 y Niño 4

Índice	Niño 3.4					Niño 4				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	27.8	28.2	27.8	28.0	27.3	29.0	29.2	28.9	29.1	29.0
1966-1967	26.7	26.4	26.2	27.0	27.1	28.3	28.6	27.8	28.3	28.6
1967-1968	26.6	26.2	25.9	26.9	27.5	28.3	28.3	28.0	28.1	28.8
1968-1969	27.6	27.1	27.6	28.3	27.5	29.0	28.9	29.2	29.1	29.0
1969-1970	27.2	27.4	27.1	27.7	26.5	28.8	29.2	28.7	28.7	28.5
1970-1971	26.0	25.8	25.3	26.6	26.3	27.7	27.9	27.2	27.6	27.9
1971-1972	26.9	25.8	25.9	27.8	28.2	28.4	27.8	28.0	28.8	29.1
1972-1973	27.6	28.4	28.4	27.4	26.1	28.7	29.3	29.1	28.5	28.0
1973-1974	25.7	25.0	24.7	26.5	26.5	27.4	27.3	26.7	27.5	27.9
1974-1975	26.2	25.9	26.0	26.8	25.9	27.7	27.8	27.8	27.8	27.5
1975-1976	26.1	25.1	25.0	27.0	27.2	27.5	26.8	27.0	28.0	28.4
1976-1977	27.4	27.3	27.2	27.7	27.5	28.6	28.7	28.3	28.5	29.0
1977-1978	27.1	27.3	27.3	27.3	26.7	28.6	29.0	28.8	28.4	28.4
1978-1979	26.9	26.3	26.5	27.7	27.1	28.4	28.4	28.3	28.4	28.6
1979-1980	27.3	27.1	27.1	27.7	27.3	28.8	28.8	28.6	28.8	28.9
1980-1981	26.7	26.6	26.3	27.2	26.8	28.3	28.6	28.2	28.2	28.3
1981-1982	27.2	26.5	26.6	27.9	27.9	28.6	28.4	28.2	28.8	28.9

Índice	Niño 3.4					Niño 4				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1982-1983	28.4	28.5	28.9	28.8	27.3	28.9	29.2	29.0	28.9	28.7
1983-1984	26.5	25.8	26.2	27.2	26.8	28.0	27.9	27.7	27.9	28.4
1984-1985	26.3	26.1	25.7	26.9	26.6	27.9	28.1	27.6	27.8	28.3
1985-1986	26.8	26.2	26.2	27.4	27.4	28.4	28.4	28.1	28.3	28.8
1986-1987	28.1	27.5	27.9	28.6	28.6	29.1	29.3	28.9	29.1	29.4
1987-1988	27.2	28.1	27.4	27.3	25.9	28.7	29.6	28.9	28.4	28.0
1988-1989	25.9	25.1	24.9	26.7	26.8	27.5	27.4	26.7	27.7	28.2
1989-1990	27.1	26.4	26.7	27.8	27.4	28.6	28.2	28.5	28.8	29.0
1990-1991	27.5	27.0	27.1	27.9	28.1	29.1	29.1	28.9	29.0	29.3
1991-1992	28.1	27.7	28.4	28.9	27.6	29.2	29.4	29.2	29.2	29.1
1992-1993	27.3	26.6	26.9	28.3	27.6	28.8	28.7	28.6	28.8	29.0
1993-1994	27.4	27.0	26.8	28.0	27.7	28.9	28.9	28.6	28.8	29.4
1994-1995	27.6	27.6	27.8	28.0	27.2	29.3	29.5	29.3	29.3	29.0
1995-1996	26.6	26.0	25.9	27.3	27.1	28.3	28.5	27.9	28.3	28.7
1996-1997	27.3	26.5	26.2	27.9	28.8	28.9	28.6	28.5	29.2	29.4
1997-1998	28.3	29.1	28.9	28.6	26.6	28.9	29.5	29.1	28.8	28.3
1998-1999	25.9	25.5	25.2	26.8	26.3	27.5	27.6	27.0	27.6	27.9
1999-2000	26.0	25.5	25.0	26.8	26.7	27.7	27.8	27.1	27.4	28.3
2000-2001	26.7	26.1	26.0	27.3	27.3	28.2	28.2	27.5	28.2	29.0
2001-2002	27.3	26.6	26.5	28.0	28.1	29.1	29.0	28.8	29.1	29.5
2002-2003	27.7	27.9	27.8	27.7	27.5	29.2	29.5	29.2	29.0	29.1
2003-2004	27.5	27.2	27.0	27.8	27.8	29.0	29.1	28.8	28.8	29.4
2004-2005	27.6	27.5	27.3	28.0	27.5	29.2	29.5	29.2	29.1	29.0
2005-2006	26.8	26.6	25.9	27.4	27.5	28.6	28.8	28.0	28.4	29.2
2006-2007	27.3	27.5	27.4	27.5	26.9	29.0	29.5	29.1	28.9	28.8
2007-2008	26.2	25.7	25.2	26.8	27.0	27.8	28.1	27.2	27.6	28.2
2008-2009	27.0	26.6	25.9	27.5	27.8	28.4	28.2	27.6	28.6	29.2
2009-2010	27.7	27.9	28.3	28.3	26.4	29.2	29.7	29.5	29.2	28.2
2010-2011	26.2	25.3	25.3	27.1	27.1	27.9	27.5	27.4	28.2	28.6
2011-2012	26.7	26.0	25.9	27.4	27.4	28.1	28.1	27.6	28.2	28.7
2012-2013	27.0	27.4	26.1	27.5	27.0	28.6	29.2	28.3	28.3	28.7
2013-2014	26.9	26.6	26.1	27.5	27.3	28.6	28.7	28.1	28.8	29.0

FUENTE: NOAA.

### C. Índice Niño 1+2 y NOI

Índice Año	Niño 1+2					NOI				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	22.9	21.7	24.8	24.2	20.9	-1.0	-2.9	-0.2	-0.8	-0.1
1966-1967	22.5	20.5	23.8	24.8	21.0	0.5	-0.9	2.6	0.2	0.2
1967-1968	22.0	19.6	23.1	23.8	21.3	0.1	-1.6	-0.3	1.3	1.0
1968-1969	23.8	21.3	24.5	26.6	22.6	-1.5	-0.3	-4.5	-0.6	-0.8
1969-1970	22.7	21.7	24.8	24.4	20.1	-0.4	-1.1	-3.6	2.9	0.1
1970-1971	22.2	20.1	23.2	24.5	20.9	1.8	-0.3	4.5	2.8	0.4
1971-1972	23.8	20.2	24.4	26.3	24.2	1.0	2.5	2.7	0.2	-1.5
1972-1973	23.5	22.7	25.8	24.9	20.7	-0.3	-1.4	-3.6	2.2	1.7
1973-1974	22.5	20.0	23.3	25.1	21.6	1.3	1.1	2.4	1.3	0.4
1974-1975	22.4	20.2	23.3	25.1	21.0	1.7	1.2	2.8	1.3	1.7
1975-1976	22.8	19.3	23.3	25.6	23.2	1.8	2.7	4.3	1.1	-0.8
1976-1977	23.3	21.8	24.7	25.1	21.5	0.6	-0.3	1.9	1.3	-0.3
1977-1978	22.5	20.6	24.2	24.4	20.9	-1.8	-0.7	-6.9	-1.6	2.1
1978-1979	23.1	20.6	24.4	25.3	22.0	-0.2	1.0	-0.4	-1.1	-0.4
1979-1980	23.2	21.5	24.4	25.5	21.6	-1.9	-2.0	-5.9	0.5	-0.1
1980-1981	22.6	20.7	23.4	24.9	21.2	-0.4	0.4	-2.4	-0.1	0.4
1981-1982	23.1	20.6	24.1	24.9	22.6	-1.2	-0.8	-0.2	-2.4	-1.5
1982-1983	26.2	23.2	27.1	28.7	25.7	-4.3	-3.2	-8.1	-5.6	0.0
1983-1984	23.2	22.2	24.2	24.9	21.5	0.3	-1.7	1.1	1.4	0.5
1984-1985	22.4	21.0	23.7	24.2	20.8	0.9	-0.1	2.1	2.2	-0.6
1985-1986	22.7	20.4	24.2	24.7	21.6	-0.6	0.3	-3.0	-0.5	0.7
1986-1987	24.2	21.6	25.4	26.9	23.0	-1.6	0.4	-1.6	-3.1	-2.1
1987-1988	23.1	22.5	24.7	24.5	20.6	0.3	-0.8	0.7	1.8	-0.7
1988-1989	22.7	20.1	24.2	25.0	21.4	1.9	1.7	5.4	0.0	0.6
1989-1990	22.9	20.7	24.3	25.1	21.6	0.1	0.4	1.5	-0.6	-0.9
1990-1991	23.1	20.6	24.0	25.3	22.4	0.4	1.3	1.3	-0.4	-0.5
1991-1992	24.1	21.8	25.1	27.2	22.2	-2.9	-0.2	-5.5	-4.6	-1.3
1992-1993	23.8	21.3	24.6	26.5	22.8	-2.5	-0.5	-4.9	-3.5	-1.3
1993-1994	23.0	21.6	24.4	24.6	21.2	-0.5	-1.2	0.3	-0.6	-0.2
1994-1995	23.2	21.7	25.2	24.6	21.4	-2.4	-0.6	-5.7	-2.3	-1.1
1995-1996	22.5	20.9	23.8	24.5	20.9	-0.2	0.7	-1.4	-0.8	0.8
1996-1997	24.2	20.6	23.8	26.9	25.6	-0.3	1.8	0.6	-1.2	-2.3
1997-1998	26.3	25.1	28.0	28.4	23.7	-3.2	-4.9	-7.0	-2.4	1.3
1998-1999	23.0	21.4	24.3	24.9	21.4	1.8	0.4	5.2	2.4	-0.7
1999-2000	22.7	20.4	23.9	25.2	21.5	0.1	-1.2	1.0	0.6	0.2
2000-2001	23.0	20.7	24.1	25.6	21.5	1.2	1.7	1.7	0.8	0.6
2001-2002	23.2	20.2	24.0	26.4	22.1	0.2	-1.0	1.7	0.6	-0.6
2002-2003	23.5	22.0	25.1	25.2	21.6	-1.6	-1.6	-2.8	-1.3	-0.6
2003-2004	23.3	21.6	25.1	25.0	21.5	0.1	-0.6	-0.8	2.2	-0.4
2004-2005	23.1	21.8	24.4	24.9	21.5	-0.6	1.0	-2.5	-0.7	0.0
2005-2006	22.9	20.1	24.5	24.8	22.3	0.8	2.9	1.5	-0.6	-0.5

Índice	Niño 1+2					NOI					
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
2006-2007		23.4	22.3	25.7	24.7	20.7	2.5	0.1	4.3	3.0	
2007-2008		23.0	19.6	23.9	25.7	22.8					
2008-2009		23.6	21.5	24.1	25.5	23.1					
2009-2010		23.3	21.7	24.7	25.8	21.1					
2010-2011		22.8	19.9	24.1	25.1	22.0					
2011-2012		23.4	20.4	24.3	26.3	22.6					
2012-2013		22.5	20.9	24.0	24.4	20.5					
2013-2014		23.4	20.7	24.1	25.4	23.2					

FUENTE: NOAA.

#### D. Índice ONI y PDO

Índice	ONI					PDO					
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966		1.0	1.9	1.4	0.6	0.2	-0.2	-0.1	-0.3	-0.6	0.0
1966-1967		-0.2	-0.1	-0.3	-0.3	0.0	-0.8	-0.9	-0.2	-1.1	-1.1
1967-1968		-0.3	-0.3	-0.6	-0.5	0.3	-0.4	-0.5	-0.6	-0.6	0.1
1968-1969		0.8	0.6	1.1	0.9	0.5	-0.4	-0.2	-1.2	-0.4	0.1
1969-1970		0.3	0.9	0.6	0.2	-0.5	0.2	0.2	0.8	0.4	-0.8
1970-1971		-0.9	-0.7	-1.2	-0.9	-0.7	-1.4	-1.3	-1.5	-1.6	-1.3
1971-1972		0.0	-0.8	-0.6	0.3	1.1	-1.2	-0.4	-1.9	-1.8	-0.8
1972-1973		0.6	1.9	1.7	0.0	-1.0	-0.4	0.3	-0.5	-0.7	-0.9
1973-1974		-1.3	-1.6	-1.8	-1.0	-0.6	-0.7	-1.1	-1.2	-0.6	0.0
1974-1975		-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-1.1	-0.5	0.3	-0.6	-0.9	-0.9
1975-1976		-0.8	-1.5	-1.5	-0.5	0.1	-0.9	-1.5	-1.5	-0.8	0.4
1976-1977		0.5	0.7	0.7	0.3	0.4	0.8	1.1	1.3	0.4	0.4
1977-1978		0.2	0.7	0.7	-0.1	-0.3	0.1	-0.6	0.4	1.2	-0.6
1978-1979		0.0	-0.2	0.0	0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.8	0.8	0.5
1979-1980		0.4	0.4	0.5	0.3	0.2	0.6	0.8	0.3	1.3	0.2
1980-1981		-0.3	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	0.9	0.6	0.7	1.4	0.9
1981-1982		0.2	-0.2	-0.1	0.3	0.8	0.2	0.5	0.4	-0.2	0.1
1982-1983		1.3	1.8	2.1	1.2	0.2	1.4	0.3	0.7	1.9	2.6
1983-1984		-0.5	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	1.0	1.0	1.5	1.5	0.0
1984-1985		-0.7	-0.6	-1.0	-0.7	-0.6	0.7	0.7	1.0	0.3	0.7
1985-1986		-0.2	-0.4	-0.4	-0.2	0.3	0.9	0.0	1.0	1.6	0.8
1986-1987		1.1	0.9	1.2	1.1	1.4	1.7	1.0	1.8	2.0	1.9
1987-1988		0.2	1.5	0.8	-0.3	-1.2	1.2	1.8	1.1	1.2	0.5
1988-1989		-1.1	-1.6	-1.7	-0.8	-0.3	-0.2	-0.2	-0.8	-0.2	0.4
1989-1990		0.1	-0.3	0.1	0.2	0.3	-0.1	-0.2	-0.4	0.0	0.3
1990-1991		0.4	0.3	0.3	0.3	0.7	-0.9	-0.7	-1.8	-0.8	-0.4
1991-1992		1.0	0.9	1.5	1.2	0.3	0.8	0.5	0.2	1.0	1.5
1992-1993		0.2	-0.2	0.1	0.6	0.3	1.2	0.9	0.3	1.4	2.5
1993-1994		0.2	0.2	0.1	0.3	0.4	0.8	1.4	1.0	1.0	-0.1
1994-1995		0.5	0.8	1.0	0.3	-0.2	0.0	-1.5	-0.6	1.0	1.1

Índice	ONI					PDO				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1995-1996	-0.6	-0.8	-0.8	-0.4	-0.2	0.8	0.5	0.5	1.6	0.6
1996-1997	0.2	-0.3	-0.5	0.3	1.5	1.0	0.0	0.2	1.2	2.6
1997-1998	1.2	2.2	2.1	0.9	-0.6	1.0	1.6	1.0	1.3	0.0
1998-1999	-1.2	-1.3	-1.4	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0
1999-2000	-1.1	-1.3	-1.6	-0.9	-0.6	-1.0	-1.9	-1.5	0.2	-0.8
2000-2001	-0.4	-0.6	-0.7	-0.4	0.0	-0.4	-1.0	0.5	-0.1	-0.9
2001-2002	0.2	-0.2	-0.2	0.3	0.7	-0.6	-1.3	-0.4	-0.5	0.0
2002-2003	0.6	1.1	1.0	0.1	0.2	1.2	0.8	2.0	1.2	0.8
2003-2004	0.3	0.4	0.3	0.1	0.5	0.5	0.5	0.4	0.7	0.4
2004-2005	0.4	0.7	0.6	0.3	0.2	0.6	0.0	0.4	1.4	0.7
2005-2006	-0.3	-0.2	-0.8	-0.3	0.2	0.0	-1.1	0.6	0.3	0.2
2006-2007	0.2	0.8	0.7	-0.2	-0.4	0.0	-0.4	0.1	-0.1	0.5
2007-2008	-0.9	-1.0	-1.5	-0.9	-0.3	-1.1	-1.0	-0.8	-1.2	-1.6
2008-2009	-0.2	-0.3	-0.8	-0.2	0.5	-1.1	-1.5	-1.3	-1.4	-0.3
2009-2010	0.6	1.1	1.5	0.5	-0.8	0.1	0.1	0.6	0.6	-0.8
2010-2011	-0.9	-1.5	-1.4	-0.6	-0.3	-1.0	-1.2	-1.0	-0.5	-1.4
2011-2012	-0.4	-0.8	-0.8	-0.3	0.2	-1.4	-1.8	-1.3	-0.9	-1.4
2012-2013	-0.2	0.4	-0.5	-0.2	-0.3	-0.7	-1.2	-0.3	-0.2	-1.0
2013-2014	-0.1	-0.3	-0.1	0.0	0.0	-0.9	-0.5	-3.3	0.0	0.0

FUENTE: NOAA.

### E. Índice SOI y TNA

Índice	SOI					TNA				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	-0.8	-2.0	-0.8	-0.8	0.6	0.2	-0.1	0.1	0.4	0.2
1966-1967	0.7	-0.2	1.7	0.6	0.9	0.0	0.2	0.2	-0.1	-0.2
1967-1968	0.7	0.1	0.7	0.8	1.1	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2
1968-1969	-0.4	-0.4	-1.0	-0.1	-0.2	0.5	0.1	0.5	0.9	0.4
1969-1970	-0.2	-1.1	-1.0	0.5	0.7	0.4	0.3	0.6	0.7	0.0
1970-1971	2.1	2.1	2.4	2.7	1.2	-0.2	-0.1	0.0	-0.3	-0.5
1971-1972	0.3	2.0	1.0	-0.6	-1.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4
1972-1973	-0.2	-1.4	-1.6	0.7	1.6	-0.2	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1
1973-1974	2.4	2.5	3.5	2.4	1.3	-0.5	-0.2	-0.3	-0.9	-0.5
1974-1975	1.5	1.0	0.3	1.9	2.8	-0.4	-0.5	-0.4	-0.5	-0.3
1975-1976	1.5	2.7	2.9	1.3	-0.8	-0.4	-0.3	-0.3	-0.8	-0.3
1976-1977	-0.5	0.0	0.2	-0.8	-1.6	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	-0.1
1977-1978	-0.6	-1.7	-2.2	0.5	0.9	-0.1	-0.2	0.1	0.2	-0.3
1978-1979	0.3	-0.2	0.3	0.3	1.0	0.1	0.0	0.1	0.3	0.3
1979-1980	-0.2	-0.2	0.0	-0.6	0.2	0.3	0.1	0.4	0.5	0.3
1980-1981	0.2	-0.5	0.1	-0.3	1.5	0.2	0.1	0.1	0.4	0.1
1981-1982	-0.3	0.1	1.1	0.2	-2.4	0.0	0.1	0.1	-0.1	-0.2
1982-1983	-2.6	-3.3	-5.2	-1.5	-0.2	0.0	-0.4	-0.3	0.4	0.2
1983-1984	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.3

Índice	SOI					TNA				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1984-1985	0.5	0.0	0.4	1.3	0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.7	-0.1
1985-1986	0.2	-0.3	0.1	0.3	0.5	-0.4	-0.1	-0.5	-0.6	-0.5
1986-1987	-1.6	-0.6	-1.9	-2.2	-1.8	0.1	-0.3	-0.4	0.3	0.6
1987-1988	0.3	-0.8	-0.5	0.9	1.4	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2
1988-1989	1.9	2.7	2.2	2.2	0.7	-0.3	-0.1	-0.4	-0.7	0.2
1989-1990	0.0	0.6	-1.3	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
1990-1991	-0.4	-0.5	0.3	-1.3	-0.3	-0.1	0.4	0.0	-0.3	-0.4
1991-1992	-1.7	-1.8	-3.0	-1.5	-0.5	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.1
1992-1993	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-1.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1
1993-1994	-1.0	-1.0	0.2	-1.4	-1.6	-0.4	-0.2	-0.5	-0.5	-0.4
1994-1995	-0.6	-1.8	-1.0	-0.2	0.5	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.6
1995-1996	0.8	0.2	0.4	1.2	1.4	0.3	0.4	0.5	0.3	0.1
1996-1997	-0.2	0.6	1.7	-1.3	-2.0	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3
1997-1998	-1.4	-2.3	-3.1	-2.0	1.8	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6
1998-1999	1.6	1.7	2.3	1.6	0.6	0.2	0.5	0.0	-0.1	0.2
1999-2000	1.2	1.1	2.1	1.6	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0
2000-2001	1.0	2.1	1.9	0.3	-0.2	0.0	0.0	-0.2	0.1	0.3
2001-2002	-0.2	0.4	0.4	-0.6	-0.9	0.3	0.5	0.7	0.1	-0.1
2002-2003	-0.6	-0.8	-1.1	-0.4	-0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.4
2003-2004	-0.1	-0.2	0.5	0.3	-0.9	0.5	0.6	0.5	0.3	0.5
2004-2005	-0.8	-0.6	-2.0	-0.6	0.1	0.7	0.6	0.5	0.8	0.8
2005-2006	0.5	0.8	1.0	1.3	-1.0	0.4	0.6	0.4	0.3	0.5
2006-2007	-0.3	-1.0	-0.6	0.0	0.4	0.4	0.7	0.5	0.3	0.1
2007-2008	1.6	1.0	3.3	1.1	1.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.4
2008-2009	1.3	2.1	2.4	0.6	0.1	0.1	0.4	0.0	-0.3	0.3
2009-2010	0.1	-0.8	-1.8	0.8	2.2	0.9	0.5	0.8	1.3	1.0
2010-2011	2.7	2.9	4.4	2.6	0.9	0.6	0.7	0.8	0.4	0.5
2011-2012	0.9	1.6	2.2	0.3	-0.4	0.2	0.3	0.1	-0.1	0.4
2012-2013	0.6	0.4	-0.5	1.4	1.2	0.6	0.8	0.5	0.6	0.4
2013-2014	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.1	0.0	0.0

FUENTE: NOAA.

## F. Índice TSA y NALT

Índice Año	TSA					NALT				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	0.0	-0.2	-0.2	-0.1	0.3	26.8	27.6	26.1	26.1	27.3
1966-1967	-0.1	0.0	0.4	-0.2	-0.5	26.7	27.9	26.1	25.8	26.8
1967-1968	-0.1	-0.5	-0.1	-0.1	0.2	26.5	27.5	25.8	25.8	26.8
1968-1969	0.3	0.4	0.5	0.3	-0.1	27.0	27.6	26.4	26.7	27.5
1969-1970	-0.2	-0.1	-0.3	-0.2	-0.2	27.0	28.0	26.5	26.3	27.0
1970-1971	-0.1	-0.3	-0.1	0.1	-0.1	26.4	27.6	26.0	25.6	26.5
1971-1972	-0.1	-0.4	-0.3	-0.1	0.2	26.4	27.6	25.8	25.6	26.8
1972-1973	0.6	0.3	0.8	0.8	0.7	26.5	27.6	25.8	25.7	26.9
1973-1974	0.4	0.7	0.3	0.3	0.5	26.2	27.5	25.7	25.0	26.5
1974-1975	0.0	0.2	-0.1	-0.1	0.1	26.2	27.2	25.6	25.2	26.6
1975-1976	-0.4	-0.2	-0.4	-0.6	-0.6	26.2	27.3	25.7	25.2	26.6
1976-1977	-0.2	-0.4	-0.1	0.0	-0.1	26.5	27.8	25.7	25.6	27.0
1977-1978	-0.3	0.0	-0.2	-0.6	-0.3	26.7	27.6	26.0	26.1	26.9
1978-1979	-0.1	-0.4	-0.2	-0.1	0.2	26.8	27.6	26.0	26.2	27.3
1979-1980	-0.1	0.1	-0.2	-0.1	0.0	27.0	27.9	26.3	26.3	27.4
1980-1981	-0.3	-0.1	-0.4	-0.5	-0.1	26.9	27.9	26.3	26.4	27.2
1981-1982	-0.1	0.3	0.0	-0.3	-0.5	26.7	27.8	26.1	25.8	27.1
1982-1983	-0.2	-0.2	0.2	-0.3	-0.3	26.7	27.5	25.7	26.4	27.3
1983-1984	0.4	0.0	0.6	0.5	0.6	26.4	27.6	26.0	25.5	26.7
1984-1985	0.3	0.6	0.4	0.2	0.1	26.3	27.3	25.6	25.3	27.0
1985-1986	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	26.3	27.6	25.7	25.4	26.6
1986-1987	0.2	0.1	0.0	0.2	0.5	26.7	27.5	25.6	26.1	27.6
1987-1988	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	27.0	28.2	26.4	26.1	27.4
1988-1989	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	26.4	27.7	25.6	25.1	27.2
1989-1990	0.0	0.1	-0.2	0.2	-0.1	26.7	27.7	26.0	26.0	27.2
1990-1991	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	26.6	28.0	26.0	25.6	26.7
1991-1992	-0.4	-0.4	-0.2	-0.5	-0.7	26.5	27.5	25.9	25.7	27.0
1992-1993	-0.2	-0.6	-0.2	0.0	0.0	26.5	27.6	25.8	25.8	27.0
1993-1994	0.2	0.6	0.3	0.2	-0.2	26.3	27.6	25.6	25.3	26.6
1994-1995	0.3	0.0	0.4	0.6	0.3	26.8	27.6	25.9	26.2	27.5
1995-1996	0.4	0.0	0.2	0.6	0.6	27.1	28.3	26.7	26.3	27.2
1996-1997	-0.2	0.1	-0.2	-0.5	-0.3	26.8	27.8	26.2	25.9	27.4
1997-1998	0.7	0.6	0.8	0.5	0.7	27.3	28.2	26.4	26.6	27.9
1998-1999	0.4	0.3	0.1	0.4	0.6	26.9	28.3	26.1	25.9	27.3
1999-2000	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	26.7	28.0	26.2	25.7	27.0
2000-2001	0.2	0.1	0.1	0.4	0.2	26.6	27.8	25.6	25.7	27.2
2001-2002	0.2	0.2	0.0	0.4	0.3	26.9	28.1	26.6	26.0	27.0
2002-2003	0.3	0.0	0.5	0.5	0.3	26.8	27.9	26.0	25.8	27.4
2003-2004	0.2	0.5	0.4	-0.1	0.1	27.2	28.4	26.6	26.2	27.5
2004-2005	0.2	0.2	0.5	0.3	-0.2	27.6	28.5	27.0	26.9	28.1
2005-2006	0.2	-0.1	0.1	0.3	0.3	27.2	28.4	26.5	26.2	27.5

Índice	TSA					NALT				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	27.1	28.4	26.5	26.2	27.2
2007-2008	0.4	0.2	0.3	0.7	0.6	26.8	27.9	26.0	25.8	27.4
2008-2009	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4	26.9	28.4	26.3	25.8	27.3
2009-2010	0.6	0.3	0.7	0.7	0.6	27.6	28.2	26.7	27.2	28.3
2010-2011	0.4	0.4	0.5	0.5	0.2	27.4	28.7	26.8	26.4	27.8
2011-2012	-0.1	0.2	-0.4	-0.2	0.0	26.9	28.2	26.3	25.9	27.4
2012-2013	0.2	0.0	0.3	0.4	0.3	27.2	28.5	26.5	26.4	27.5
2013-2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.7	28.3	26.1	25.6	27.0

FUENTE: NOAA.

### G. Índice SALT y NALT-SALT

Índice	SALT					NALT-SALT				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	24.6	23.0	25.1	26.4	23.9	2.2	4.6	1.0	-0.3	3.4
1966-1967	24.6	23.1	25.7	26.3	23.1	2.1	4.8	0.4	-0.6	3.7
1967-1968	24.5	22.7	25.2	26.3	23.8	2.0	4.8	0.6	-0.5	3.0
1968-1969	24.9	23.5	25.7	26.8	23.4	2.2	4.1	0.6	0.0	4.0
1969-1970	24.4	23.0	24.9	26.1	23.3	2.6	5.0	1.5	0.2	3.7
1970-1971	24.7	22.9	25.3	26.7	23.7	1.8	4.7	0.7	-1.1	2.9
1971-1972	24.6	22.9	25.2	26.5	23.9	1.8	4.6	0.7	-0.9	2.8
1972-1973	25.3	23.7	26.2	27.2	24.3	1.2	3.9	-0.4	-1.5	2.7
1973-1974	25.1	23.8	25.6	26.8	24.1	1.1	3.7	0.1	-1.8	2.4
1974-1975	24.7	23.4	25.2	26.4	23.8	1.5	3.9	0.4	-1.2	2.9
1975-1976	24.2	23.0	25.0	25.9	23.1	2.0	4.3	0.7	-0.7	3.5
1976-1977	24.5	22.8	25.1	26.4	23.6	2.1	4.9	0.6	-0.8	3.4
1977-1978	24.4	23.2	25.1	26.0	23.5	2.2	4.4	1.0	0.2	3.4
1978-1979	24.6	22.8	25.3	26.4	23.8	2.2	4.8	0.8	-0.2	3.5
1979-1980	24.7	23.4	25.2	26.4	23.6	2.3	4.4	1.1	-0.1	3.8
1980-1981	24.5	23.3	25.0	26.1	23.6	2.4	4.6	1.2	0.3	3.6
1981-1982	24.7	23.6	25.5	26.3	23.3	2.0	4.2	0.6	-0.4	3.7
1982-1983	24.6	23.0	25.6	26.3	23.4	2.1	4.4	0.1	0.1	3.9
1983-1984	25.1	23.2	26.0	27.0	24.3	1.3	4.3	0.1	-1.5	2.3
1984-1985	25.1	23.9	25.9	26.7	23.9	1.2	3.5	-0.3	-1.4	3.0
1985-1986	25.0	23.5	25.7	26.8	24.1	1.3	4.1	0.0	-1.4	2.6
1986-1987	25.0	23.4	25.5	26.7	24.1	1.8	4.0	0.1	-0.6	3.5
1987-1988	25.3	23.7	26.0	27.2	24.4	1.7	4.5	0.4	-1.1	3.1
1988-1989	25.1	23.6	25.9	26.9	24.1	1.3	4.2	-0.2	-1.8	3.1
1989-1990	24.8	23.5	25.2	26.8	23.8	1.9	4.2	0.8	-0.8	3.4
1990-1991	24.9	23.5	25.6	26.9	23.9	1.6	4.5	0.4	-1.3	2.8
1991-1992	24.3	23.0	25.4	25.9	23.1	2.2	4.5	0.6	-0.2	3.9
1992-1993	24.5	22.7	25.1	26.5	23.8	2.0	4.9	0.7	-0.8	3.2
1993-1994	25.1	23.9	25.8	26.9	23.6	1.2	3.7	-0.2	-1.5	3.0
1994-1995	25.1	23.3	25.7	27.3	24.1	1.7	4.3	0.2	-1.1	3.5

Índice	SALT					NALT-SALT				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM	JJA	Anual	SON	DEF	MAM
1995-1996	25.1	23.3	25.7	27.1	24.4	2.0	5.0	1.1	-0.9	2.9
1996-1997	24.4	23.4	25.0	25.8	23.3	2.5	4.4	1.2	0.1	4.1
1997-1998	25.3	23.8	26.3	27.1	24.3	1.9	4.5	0.1	-0.5	3.6
1998-1999	25.0	23.5	25.4	26.9	24.2	1.9	4.8	0.7	-1.0	3.0
1999-2000	25.0	23.5	25.8	26.8	24.0	1.7	4.5	0.4	-1.1	3.1
2000-2001	24.9	23.4	25.4	26.8	23.9	1.7	4.4	0.2	-1.1	3.3
2001-2002	24.8	23.3	25.3	26.8	23.8	2.1	4.8	1.3	-0.8	3.2
2002-2003	25.0	23.2	25.8	27.0	24.2	1.7	4.7	0.2	-1.2	3.2
2003-2004	24.9	23.9	25.8	26.3	23.8	2.2	4.6	0.7	-0.1	3.7
2004-2005	24.9	23.4	26.0	26.7	23.6	2.7	5.0	1.0	0.2	4.5
2005-2006	25.0	23.4	25.6	27.0	24.2	2.1	5.0	0.9	-0.8	3.2
2006-2007	25.0	23.6	25.7	26.8	24.0	2.1	4.9	0.8	-0.6	3.2
2007-2008	25.2	23.4	25.7	27.3	24.4	1.6	4.5	0.3	-1.5	3.1
2008-2009	25.2	23.5	25.8	27.3	24.2	1.7	4.8	0.4	-1.5	3.1
2009-2010	25.3	23.6	26.1	27.4	24.3	2.3	4.6	0.6	-0.1	4.0
2010-2011	25.2	23.6	25.9	27.2	24.0	2.2	5.0	0.9	-0.7	3.8
2011-2012	24.6	23.4	24.9	26.4	23.7	2.3	4.8	1.4	-0.6	3.8
2012-2013	24.9	23.1	25.6	26.8	24.0	2.3	5.3	0.9	-0.4	3.5
2013-2014	25.0	23.2	25.6	27.0	24.0	1.8	5.0	0.4	-1.3	2.9

FUENTE: NOAA.

### ANEXO III. Variabilidad climática

#### Leyenda de los eventos El Niño – índice Niño 3.4 y ONI

Evento El Niño	Rango
Niño muy Fuerte	> 2
Niño Fuerte	[1.5 - 2>
Niño Moderado	[1 - 1.5>
Niño Debil	[0.5 - 1>
Normal	[-0.5 - 0.5>
Niña Debil	[-1 - -0.5>
Niña Moderado	[-1.5 - -1>
Niña Fuerte	[-2 - -1.5>

FUENTE: Elaboración propia.

### A. Eventos El Niño identificados en el Índice Niño 3.4

Índice	Niño 3.4				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM
1965-1966	0.82	1.50	1.23	0.48	0.07
1966-1967	-0.30	-0.26	-0.35	-0.54	-0.07
1967-1968	-0.41	-0.51	-0.71	-0.69	0.26
1968-1969	0.61	0.39	1.04	0.74	0.27
1969-1970	0.16	0.70	0.53	0.13	-0.72
1970-1971	-0.99	-0.87	-1.28	-0.91	-0.88
1971-1972	-0.10	-0.94	-0.66	0.24	0.96
1972-1973	0.56	1.72	1.82	-0.15	-1.16
1973-1974	-1.36	-1.75	-1.91	-1.10	-0.69
1974-1975	-0.85	-0.77	-0.56	-0.76	-1.30
1975-1976	-0.95	-1.64	-1.58	-0.60	0.02
1976-1977	0.42	0.64	0.61	0.16	0.27
1977-1978	0.13	0.59	0.69	-0.27	-0.48
1978-1979	-0.11	-0.35	-0.09	0.14	-0.12
1979-1980	0.28	0.38	0.48	0.16	0.11
1980-1981	-0.32	-0.13	-0.30	-0.40	-0.46
1981-1982	0.20	-0.21	0.03	0.33	0.66
1982-1983	1.36	1.84	2.28	1.21	0.11
1983-1984	-0.49	-0.87	-0.37	-0.34	-0.39
1984-1985	-0.71	-0.64	-0.91	-0.71	-0.60
1985-1986	-0.22	-0.47	-0.43	-0.15	0.18
1986-1987	1.13	0.84	1.27	1.06	1.35
1987-1988	0.16	1.45	0.77	-0.23	-1.35
1988-1989	-1.13	-1.61	-1.69	-0.85	-0.39
1989-1990	0.06	-0.34	0.15	0.24	0.19
1990-1991	0.50	0.25	0.45	0.39	0.89
1991-1992	1.12	0.96	1.77	1.35	0.41
1992-1993	0.32	-0.15	0.33	0.74	0.35
1993-1994	0.37	0.33	0.24	0.41	0.51
1994-1995	0.62	0.88	1.21	0.42	-0.06
1995-1996	-0.45	-0.66	-0.71	-0.29	-0.12
1996-1997	0.33	-0.24	-0.37	0.35	1.59
1997-1998	1.28	2.36	2.31	1.03	-0.60
1998-1999	-1.07	-1.16	-1.38	-0.78	-0.96
1999-2000	-1.00	-1.17	-1.57	-0.77	-0.50
2000-2001	-0.32	-0.55	-0.59	-0.23	0.11
2001-2002	0.29	-0.07	-0.05	0.41	0.85
2002-2003	0.72	1.24	1.20	0.11	0.31
2003-2004	0.44	0.49	0.41	0.23	0.63
2004-2005	0.56	0.81	0.70	0.43	0.31
2005-2006	-0.18	-0.14	-0.72	-0.14	0.28

Índice	Niño 3.4				
	Año	Anual	SON	DEF	MAM
2006-2007	0.32	0.84	0.81	-0.11	-0.28
2007-2008	-0.84	-0.96	-1.38	-0.79	-0.23
2008-2009	-0.07	-0.14	-0.70	-0.04	0.61
2009-2010	0.69	1.17	1.70	0.70	-0.80
2010-2011	-0.81	-1.40	-1.25	-0.48	-0.12
2011-2012	-0.36	-0.74	-0.73	-0.17	0.22
2012-2013	-0.03	0.69	-0.49	-0.07	-0.24
2013-2014	-0.14	-0.12	-0.50	-0.01	0.09

FUENTE: Elaboración propia.

## B. Eventos El Niño identificados en el Índice ONI

Año	Índice ONI				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	1.03	1.86	1.39	0.64	0.21
1966-1967	-0.17	-0.08	-0.28	-0.33	0.02
1967-1968	-0.26	-0.29	-0.61	-0.47	0.35
1968-1969	0.77	0.60	1.06	0.90	0.53
1969-1970	0.31	0.87	0.60	0.25	-0.48
1970-1971	-0.87	-0.73	-1.18	-0.86	-0.71
1971-1972	0.01	-0.82	-0.59	0.33	1.11
1972-1973	0.65	1.86	1.72	0.01	-0.99
1973-1974	-1.25	-1.60	-1.84	-1.01	-0.55
1974-1975	-0.75	-0.62	-0.58	-0.68	-1.10
1975-1976	-0.83	-1.51	-1.45	-0.51	0.15
1976-1977	0.52	0.71	0.66	0.30	0.42
1977-1978	0.22	0.66	0.65	-0.11	-0.33
1978-1979	0.00	-0.25	-0.02	0.21	0.07
1979-1980	0.36	0.43	0.48	0.31	0.23
1980-1981	-0.29	-0.03	-0.36	-0.42	-0.37
1981-1982	0.21	-0.20	-0.06	0.31	0.79
1982-1983	1.33	1.83	2.08	1.20	0.19
1983-1984	-0.50	-0.76	-0.53	-0.37	-0.33
1984-1985	-0.72	-0.60	-1.00	-0.72	-0.55
1985-1986	-0.19	-0.43	-0.43	-0.15	0.25
1986-1987	1.15	0.88	1.22	1.09	1.40
1987-1988	0.19	1.46	0.78	-0.28	-1.21
1988-1989	-1.10	-1.56	-1.68	-0.84	-0.33
1989-1990	0.08	-0.27	0.08	0.24	0.28
1990-1991	0.42	0.33	0.30	0.32	0.74
1991-1992	0.98	0.88	1.50	1.20	0.34
1992-1993	0.20	-0.24	0.14	0.58	0.33
1993-1994	0.23	0.15	0.08	0.29	0.40
1994-1995	0.48	0.76	0.99	0.35	-0.18

Año	Índice ONI				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1995-1996	-0.57	-0.78	-0.83	-0.43	-0.24
1996-1997	0.24	-0.34	-0.46	0.26	1.49
1997-1998	1.16	2.23	2.12	0.88	-0.60
1998-1999	-1.17	-1.27	-1.43	-0.94	-1.02
1999-2000	-1.11	-1.29	-1.62	-0.94	-0.60
2000-2001	-0.42	-0.65	-0.69	-0.35	-0.01
2001-2002	0.19	-0.16	-0.15	0.30	0.75
2002-2003	0.60	1.13	1.03	0.06	0.17
2003-2004	0.34	0.42	0.27	0.14	0.51
2004-2005	0.45	0.73	0.56	0.30	0.21
2005-2006	-0.28	-0.24	-0.81	-0.26	0.19
2006-2007	0.20	0.75	0.65	-0.18	-0.42
2007-2008	-0.94	-1.03	-1.45	-0.93	-0.33
2008-2009	-0.17	-0.26	-0.76	-0.15	0.51
2009-2010	0.57	1.09	1.49	0.55	-0.84
2010-2011	-0.92	-1.46	-1.36	-0.60	-0.26
2011-2012	-0.44	-0.81	-0.83	-0.30	0.16
2012-2013	-0.15	0.43	-0.50	-0.23	-0.30
2013-2014	-0.10	-0.25	-0.15	0.00	0.00

FUENTE: Elaboración propia.

### Leyenda de los eventos El Niño – Índice SOI

Evento El Niño	Rango
Niño Intenso	$\leq -1$
Niño Moderado	$[-1 - -0.5>$
Normal	$[-0.5 - 0.5>$
Niña Moderada	$[0.5 - 1>$
Niña Intensa	$\geq 1$

FUENTE: Elaboración propia.

### A. Eventos El Niño identificados en el Índice SOI

Año	Índice SOI				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
1965-1966	-0.8	-2.0	-0.8	-0.8	0.6
1966-1967	0.7	-0.2	1.7	0.6	0.9
1967-1968	0.7	0.1	0.7	0.8	1.1
1968-1969	-0.4	-0.4	-1.0	-0.1	-0.2
1969-1970	-0.2	-1.1	-1.0	0.5	0.7
1970-1971	2.1	2.1	2.4	2.7	1.2
1971-1972	0.3	2.0	1.0	-0.6	-1.4
1972-1973	-0.2	-1.4	-1.6	0.7	1.6
1973-1974	2.4	2.5	3.5	2.4	1.3
1974-1975	1.5	1.0	0.3	1.9	2.8
1975-1976	1.5	2.7	2.9	1.3	-0.8
1976-1977	-0.5	0.0	0.2	-0.8	-1.6
1977-1978	-0.6	-1.7	-2.2	0.5	0.9
1978-1979	0.3	-0.2	0.3	0.3	1.0
1979-1980	-0.2	-0.2	0.0	-0.6	0.2
1980-1981	0.2	-0.5	0.1	-0.3	1.5
1981-1982	-0.3	0.1	1.1	0.2	-2.4
1982-1983	-2.6	-3.3	-5.2	-1.5	-0.2
1983-1984	0.4	0.6	0.6	0.2	0.1
1984-1985	0.5	0.0	0.4	1.3	0.3
1985-1986	0.2	-0.3	0.1	0.3	0.5
1986-1987	-1.6	-0.6	-1.9	-2.2	-1.8
1987-1988	0.3	-0.8	-0.5	0.9	1.4
1988-1989	1.9	2.7	2.2	2.2	0.7
1989-1990	0.0	0.6	-1.3	0.5	0.4
1990-1991	-0.4	-0.5	0.3	-1.3	-0.3
1991-1992	-1.7	-1.8	-3.0	-1.5	-0.5
1992-1993	-1.2	-1.1	-1.2	-1.1	-1.4
1993-1994	-1.0	-1.0	0.2	-1.4	-1.6
1994-1995	-0.6	-1.8	-1.0	-0.2	0.5
1995-1996	0.8	0.2	0.4	1.2	1.4
1996-1997	-0.2	0.6	1.7	-1.3	-2.0
1997-1998	-1.4	-2.3	-3.1	-2.0	1.8
1998-1999	1.6	1.7	2.3	1.6	0.6
1999-2000	1.2	1.1	2.1	1.6	0.2
2000-2001	1.0	2.1	1.9	0.3	-0.2
2001-2002	-0.2	0.4	0.4	-0.6	-0.9
2002-2003	-0.6	-0.8	-1.1	-0.4	-0.1
2003-2004	-0.1	-0.2	0.5	0.3	-0.9
2004-2005	-0.8	-0.6	-2.0	-0.6	0.1
2005-2006	0.5	0.8	1.0	1.3	-1.0
2006-2007	-0.3	-1.0	-0.6	0.0	0.4

Año	Índice SOI				
	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
2007-2008	1.6	1.0	3.3	1.1	1.1
2008-2009	1.3	2.1	2.4	0.6	0.1
2009-2010	0.1	-0.8	-1.8	0.8	2.2
2010-2011	2.7	2.9	4.4	2.6	0.9
2011-2012	0.9	1.6	2.2	0.3	-0.4
2012-2013	0.6	0.4	-0.5	1.4	1.2
2013-2014	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0

FUENTE: Elaboración propia.

## ANEXO IV. Valores de la precipitación en cada evento El Niño

### A. Estación Angostura, Andagua, Cabanaconde

Angostostura					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	808.4	102.0	488.7	201.8	15.9
1982-1983	688.9	318.2	239.8	128.9	2.0
1997-1998	727.3	122.8	487.2	115.7	1.6
Niño Intenso	664.1	135.3	398.3	142.6	10.4
Niño Moderado	748.1	100.0	472.6	217.5	29.1
Normal	814.0	126.3	491.7	226.6	17.3
Niña Moderada	885.4	57.9	544.3	224.0	6.9
Niña Intensa	809.0	63.1	549.1	190.4	16.0
Andagua					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	372.6	25.9	241.3	97.9	7.6
1982-1983	403.5	35.7	241.0	126.8	0.0
1997-1998	426.3	50.1	321.2	55.0	0.0
Niño Intenso	296.6	25.76	192.7	70.1	4.5
Niño Moderado	304.1	23.9	222.1	139.0	23.0
Normal	345.0	35.4	219.6	104.9	5.6
Niña Moderada	461.6	11.4	282.9	125.9	1.8
Niña Intensa	444.9	23.4	297.5	73.1	9.4
Cabanaconde					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	405.4	22.3	261.8	113.0	8.2
1982-1983	139.4	57.6	25.9	55.9	0.0
1997-1998	547.1	39.60	457.1	50.1	0.3
Niño Intenso	303.1	21.9	197.2	54.0	1.9
Niño Moderado	289.7	34.2	195.2	137.2	12.0
Normal	379.5	27.6	236.2	127.2	7.4
Niña Moderada	517.3	11.5	320.1	144.4	1.7
Niña Intensa	470.2	16.4	347.2	105.0	12.6

FUENTE: Elaboración propia.

## B. Estación Chivay, Huambo, Madrigal y Salamanca

Chivay					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	433.5	39.7	267.0	116.7	10.1
1982-1983	450.7	138.5	215.9	96.3	0.0
1997-1998	428.2	75.9	279.7	72.6	0.0
Niño Intenso	372.5	59.06	214.0	94.1	4.1
Niño Moderado	334.7	29.9	248.4	112.7	22.7
Normal	419.9	50.1	255.9	131.9	9.1
Niña Moderada	527.9	27.1	272.8	114.7	3.0
Niña Intensa	460.4	23.3	332.8	116.1	14.1
Huambo					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	300.0	13.5	200.8	80.2	5.5
1982-1983	275.2	34.2	175.5	65.2	0.3
1997-1998	255.2	21.8	205.4	28.0	0.0
Niño Intenso	232.6	18.5	163.2	58.3	1.4
Niño Moderado	235.2	12.3	190.8	77.1	12.3
Normal	292.4	16.7	173.4	77.6	4.5
Niña Moderada	367.1	8.8	218.1	120.8	1.5
Niña Intensa	339.6	8.8	253.4	76.5	7.8
Madrigal					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	423.8	29.5	269.9	117.6	6.7
1982-1983	369.0	98.2	186.1	84.7	0.0
1997-1998	646.9	94.8	409.6	142.2	0.3
Niño Intenso	312.4	40.2	194.9	64.5	3.7
Niño Moderado	339.5	17.6	255.0	111.2	16.8
Normal	362.0	38.9	255.7	123.8	4.3
Niña Moderada	575.8	19.2	279.2	151.1	2.1
Niña Intensa	460.7	21.1	353.3	128.1	10.4
Salamanca					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	363.8	18.6	236.5	99.8	8.9
1982-1983	166.6	36.0	81.6	49.0	0.0
1997-1998	420.8	23.6	349.4	46.4	1.4
Niño Intenso	240.8	20.0	189.2	39.9	4.8
Niño Moderado	234.3	15.7	193.4	140.7	22.4
Normal	425.2	28.6	229.3	87.1	6.0
Niña Moderada	372.6	13.0	217.1	151.7	8.9
Niña Intensa	411.7	10.2	299.0	104.4	9.0

FUENTE: Elaboración propia.

### C. Estación Sibayo y Tisco

Sibayo					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	607.8	63.7	375.4	152.4	16.3
1982-1983	393.6	239.0	68.7	82.5	3.4
1997-1998	583.2	70.9	421.5	90.8	0.0
Niño Intenso	437.0	84.4	292.0	89.0	22.7
Niño Moderado	524.7	63.2	351.2	152.2	26.2
Normal	592.6	77.1	370.9	173.5	15.0
Niña Moderada	745.8	39.8	417.5	176.3	6.7
Niña Intensa	632.8	41.7	452.7	154.0	16.3
Tisco					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	709.5	81.4	425.9	182.4	19.7
1982-1983	689.2	336.9	210.4	140.9	1.0
1997-1998	743.8	138.8	488.2	113.0	3.8
Niño Intenso	598.9	113.0	360.6	122.2	11.9
Niño Moderado	670.4	72.2	404.3	204.6	33.5
Normal	686.3	98.0	397.8	200.7	21.7
Niña Moderada	830.6	47.4	487.0	198.0	6.3
Niña Intensa	701.5	52.9	492.8	179.8	23.1

FUENTE: Elaboración propia.

## ANEXO V. Valores de temperatura media en cada evento el niño

### A. Estación El Frayle y Sibayo

El Frayle					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	5.2	5.3	6.7	5.9	3.1
1982-1983	5.5	5.7	6.8	6.4	3.0
1997-1998	6.5	6.4	8.6	7.2	4.0
Niño muy Fuerte		6.41	7.7		
Niño Fuerte		5.7	7.3		2.9
Niño Moderado	5.4	5.5	7.0	5.9	3.7
Niño Debil	4.9	5.4	6.8	6.8	3.2
Normal	5.2	5.3	6.7	5.9	3.1
Niña Debil	4.8	5.1	6.5	5.7	2.9
Niña Moderado	5.2	5.3	6.4	5.4	2.9
Niña Fuerte		4.9	5.9		
Niña muy Fuerte					
Sibayo					
Evento	Anual	SON	DEF	MAM	JJA
Promedio	8.8	9.8	10.5	8.9	5.9
1982-1983	9.2	9.4	11.7	9.8	5.8
1997-1998	9.9	10.2	12.1	10.2	7.0
Niño muy Fuerte		10.2	11.9		
Niño Fuerte		9.6	11.0		6.0
Niño Moderado	9.1	9.9	10.7	9.7	5.9
Niño Debil	9.0	9.9	10.7	9.3	6.0
Normal	8.7	9.7	10.4	8.9	6.0
Niña Debil	8.5	9.6	10.0	8.6	5.9
Niña Moderado	8.6	9.8	10.1	8.3	5.3
Niña Fuerte		9.9	10.0		
Niña muy Fuerte					

FUENTE: Elaboración propia.

## ANEXO VI. Imágenes de satélite del Nevado Coropuna

