

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**



**“IMPACTO DEL ENSO EN EL RETROCESO GLACIAR EN LA
CORDILLERA BLANCA Y LA ISLA REY JORGE (PENÍNSULA
ANTÁRTICA)”**

Presentada por:

IBETH CELIA ROJAS MACEDO

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

Lima – Perú

2023

"IMPACTO DEL ENSO EN EL RETROCESO GLACIAR EN LA CORDILLERA BLANCA Y LA ISLA REY JORGE (PENÍNSULA ANTÁRTICA)"

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
4	www.can-la.org Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	eos.com Fuente de Internet	<1%
7	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN RECURSOS HÍDRICOS**

**“IMPACTO DEL ENSO EN EL RETROCESO GLACIAR EN LA
CORDILLERA BLANCA Y LA ISLA REY JORGE (PENÍNSULA
ANTÁRTICA)”**

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

**Presentada por:
IBETH CELIA ROJAS MACEDO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Mg.Sc. Cayo Ramos Taipe
PRESIDENTE

Dr. Wilson Suarez Alayza
ASESOR

Mg.Sc. Edwin Loarte Cadenas
CO - ASESOR

Dr. Waldo Lavado Casimiro
MIEMBRO

Ph.D. Eduardo Chavarri Velarde
MIEMBRO

DEDICATORIA

A mi familia, quienes en todo momento y al margen de las adversidades me brindaron su soporte incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor el Dr. Wilson Alfredo Suarez Alayza, quien en el marco científico del Proyecto "Comparación de la dinámica de la evolución glaciar en la Antártida y Glaciares Tropicales del Perú" aceptó dirigir esta tesis y además compartir con mucha paciencia todo su conocimiento en glaciología antártica.

A la PhD. María Gracia Bustamante Rosell, PhD. Pedro Tapia Ormeño, Ing. Luzmila Dávila Roller y Mg. Sc. Katy Medina Marcos por la oportunidad y el apoyo en el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña.

Al PhD. Christian Yarlequé Gálvez y Ing. Alexzander Santiago Martel quienes toda vez les solicité su apoyo, no dudaron en brindarme un espacio para compartir su conocimiento y experiencia.

Al Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM) por promover y fomentar la investigación en el país, dando soporte científico, logístico y humano, a los nuevos y futuros científicos del país. A mi co-asesor Mg. Sc. Edwin Loarte Cadenas, por su disposición para absolver mis dudas y apoyo constante.

Esta investigación ha sido financiada por el Proyecto Concytec - Banco Mundial "Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica" 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia. [Contrato N°003-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV], proyecto "Aporte social, económico y ambiental en la conservación y pérdida de la biodiversidad marina – lacustre por el retroceso glaciar".

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.	CLIMATOLOGÍA EN LA ISLA REY JORGE Y CORDILLERA BLANCA.....	5
2.1.1.	Isla Rey Jorge.....	5
2.1.2.	Cordillera Blanca	7
2.2.	EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)	8
2.2.1.	Oceanic Niño Index (ONI).....	9
2.2.2.	Southern Oscillation Index (SOI)	10
2.3.	DINÁMICA GLACIAR.....	12
2.3.1.	Retroceso glaciar.....	12
2.3.2.	Proceso de calving en los glaciares.....	13
2.4.	SENSORAMIENTO REMOTO	14
2.4.1.	Imágenes satelitales Landsat.....	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	MATERIALES	17
3.1.1.	Descripción de las zonas de estudio.....	17
3.1.2.	Datos utilizados.....	20
3.2.	METODOLOGÍA	26
3.2.1.	Análisis de la información de temperatura y precipitación.....	26
3.2.2.	Determinación de Teleconexiones	26
3.2.3.	Percepción remota y teledetección.....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN FUNCIÓN DE EVENTOS ENSO.....	33
4.2.	TELECONEXIONES ENTRE ÍNDICES OCÉANO - ATMOSFÉRICOS Y LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN	33
4.2.1.	Relaciones entre el ONI y la temperatura	36
4.2.2.	Relaciones entre el ONI y la precipitación	49
4.2.3.	Relaciones entre el SOI y la temperatura.....	52
4.2.4.	Relaciones entre el SOI y la precipitación	59
4.3.	CAMBIOS EN LA COBERTURA GLACIAR	63
4.3.1.	Isla Rey Jorge.....	63
4.3.2.	Quebrada Shallap	70
4.4.	RELACIONES ENTRE ÍNDICES OCÉANO – ATMOSFÉRICO, INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y CAMBIOS EN LA COBERTURA GLACIAR.....	75
V.	CONCLUSIONES.....	80
VI.	RECOMENDACIONES.....	82
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
VIII.	ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Longitud de onda de las imágenes Landsat	16
Tabla 2: Estaciones y variables a estudiar	21
Tabla 3: Investigaciones realizadas relacionado a los índices ONI y SOI.....	22
Tabla 4: Imágenes satelitales base en la Isla Rey Jorge	23
Tabla 5: Imágenes satelitales base en la quebrada Shallap.....	25
Tabla 6: Eventos ENSO priorizados.....	33
Tabla 7: Correlación al 95 por ciento de significancia entre el índice ONI, SOI y la temperatura del aire en los periodos de SON, DEF, MAM, JJA y anual (Los valores en negrita y cursiva representan los valores significativos).....	35
Tabla 8: Correlación al 95 por ciento de significancia entre el índice ONI, SOI y la precipitación en los periodos de SON, DEF, MAM, JJA y anual (los valores en negrita y cursiva representan los valores significativos).....	36
Tabla 9: Categorización de la temperatura y precipitación para el índice ONI.....	37
Tabla 10: Relación entre el índice ONI y las temperaturas anuales	46
Tabla 11: Relación entre el índice ONI y las temperaturas en el trimestre SON.....	47
Tabla 12: Relación entre el índice ONI y las temperaturas en el trimestre DEF	48
Tabla 13: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones anuales.....	51
Tabla 14: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones en el trimestre SON	51
Tabla 15: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones en el trimestre DEF	51
Tabla 16: Categorización de la temperatura y precipitación para el índice SOI.....	52
Tabla 17: Relación entre el índice SOI y las temperaturas anuales	56
Tabla 18: Relación entre el índice SOI y las temperaturas en el trimestre SON	57
Tabla 19: Relación entre el índice SOI y las temperaturas en el trimestre DEF.....	58
Tabla 20: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones anuales	61
Tabla 21: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones en el trimestre SON.....	61
Tabla 22: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones en el trimestre DEF	61
Tabla 23: Cobertura glaciaria en la Isla Rey Jorge periodo 1989-2020	64
Tabla 24: Terminación de frentes glaciares en la Isla Rey Jorge	67
Tabla 25: Cambios de cobertura glaciaria según terminación de frentes glaciaria en la Isla Rey Jorge	68
Tabla 26: Cambios de cobertura glaciaria en la quebrada Shallap	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) para: a). la condición de El Niño, y b). la condición de La Niña. La corriente en chorro subtropical (STJ) y corriente en chorro de frente polar (PFJ), donde se muestran los centros de alta y baja presión anómalos persistentes y los flujos de calor anómalos debido a la circulación.....	6
Figura 2: Principales características atmosféricas a gran escala que controlan el clima en América del Sur durante diciembre-febrero (DJF, rojo) y junio-agosto (JJA, azul): zona de convergencia intertropical (ITCZ, línea y doble punto), alta presión del Pacífico Sur (SPH, línea y punto), alta de Bolivia (BH, línea continua), Baja del Chaco (CHL, línea discontinua); zonas por encima del 800 m.s.n.m. (contorno sombreado gris) y dominio del modelo WRF (línea discontinua negra) (Trachte 2018) .	8
Figura 3: Ubicación de las regiones del Niño para medir la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico tropical oriental y central.....	9
Figura 4: Anomalías de la temperatura superficial del mar.....	10
Figura 5: Ubicación de las estaciones usadas para el SOI (puntos negros).....	11
Figura 6: Condiciones de El Niño y La Niña.....	11
Figura 7: Dinámica glaciar.....	13
Figura 8: Flujo del glaciar y procesos que originan desprendimiento de plataforma de hielo (proceso de calving) en el glaciar Thwaites en Antártida occidental.....	14
Figura 9: Misiones satelitales Landsat: Imágenes de la tierra desde 1972.....	15
Figura 10: Comparación de versión de Landsat según longitud de onda y bandas.....	16
Figura 11: Ubicación la Isla Rey Jorge, Península Antártica.....	18
Figura 12: Ubicación de la quebrada Shallap, glaciar Shallap y colindantes, Cordillera Blanca.....	19
Figura 13: Esquema de la metodología empleada en el análisis de teleconexiones entre los índices océano – atmosféricos, temperatura y precipitación.....	29
Figura 14: Esquema de la metodología empleada en la percepción remota y teledetección.....	32
Figura 15: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI anual para el periodo 1980-2019.....	38
Figura 16: Temperatura promedio en la estación Ferraz e índice ONI anual para el periodo 1980-2019.....	38
Figura 17: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019.....	39
Figura 18: Temperatura promedio SON en la estación Ferraz e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019.....	40
Figura 19: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019.....	41
Figura 20: Temperatura promedio en la estación Ferraz e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019.....	41
Figura 21: Temperatura promedio Merra 2 e índice ONI anual para el periodo 1980-2019.....	42
Figura 22: Temperatura promedio Era 5 e índice ONI anual para el periodo 1980-2019.....	42
Figura 23: Temperatura máxima de Era 5 e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019.....	43

Figura 24: Temperatura promedio de Era 5 e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019	44
Figura 25: Temperatura promedio de Era 5 e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019	44
Figura 26: Temperatura promedio de Merra 2 e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019.....	45
Figura 27: Distribución de pérdida de cobertura glaciar en la IRJ 1989-2020	65
Figura 28: Dinámica de la cobertura glaciar en la Isla Rey Jorge para el periodo 1989-2020 donde a) Glaciares que perdieron más de 5 km ² para el periodo de estudio y b) perdida de cobertura glaciar en la IRJ y el glaciar Anna.....	66
Figura 29: Distribución de la cobertura glaciar en la Isla Rey Jorge según terminación de frente glaciar tomando como referencia imagen Landsat 5 del año 1989.....	69
Figura 30: Distribución de perdida de cobertura glaciar en la quebrada Shallap y sus alrededores y el Glaciar Shallap	71
Figura 31: Dinámica de la cobertura glaciar en la Quebrada Shallap para el periodo 1988-2020.....	74
Figura 32: Interrelación entre el índice ONI y temperatura anual en la estación Bellingshausen	76
Figura 33: Temperatura superficial del mar (sombreado, °C).....	77
Figura 34: Relación entre el índice ONI, temperatura anual y área perdida en la quebrada Shallap	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Información meteorológica en la Isla Rey Jorge.....	92
Anexo 2: Disponibilidad de información meteorológica e índices Océano – atmosférico	93

RESUMEN

El Niño Southern Oscillation – ENSO tiene impactos globales de gran trascendencia, hecho en el que radica la necesidad de comprender sus impactos. Es uno de los responsables de la variabilidad interanual en varias zonas del mundo. Perú es uno de los países en los que se ha evidenciado claramente sus impactos; y otros lugares como Isla Rey Jorge (IRJ) aún requiere profundizar estudios para tener un mejor entendimiento de sus repercusiones. El presente estudio tiene por objetivo determinar los impactos del ENSO en los glaciares de la Isla Rey Jorge (Península de La Antártida) y la Quebrada Shallap (Cordillera Blanca) para el cual se empleó imágenes Landsat de 30 m. de resolución espacial desde 1988 al 2019; así como información meteorológica (temperatura y precipitación) para el análisis de teleconexiones. La IRJ ha perdido 10 por ciento de cobertura glaciar respecto a su cobertura en 1989, siendo principalmente los glaciares con menor área y con terminaciones marinas los más afectados. El análisis de teleconexiones muestra respuestas heterogéneas durante años de El Niño, al margen de tratarse de eventos con una misma clasificación; similarmente durante años de La Niña. Es así que durante El Niño 1997/98 se manifestó un incremento de la temperatura del aire, mientras que durante El Niño 2015/16 se presentó condiciones más frías en la IRJ. Es importante mencionar que el balance de masa puede ser negativo durante un evento de El Niño debido al derretimiento basal. Adicionalmente, se encontró un periodo de enfriamiento entre 2007-2015/2016 en la IRJ. Respecto a la Cordillera Blanca; el glaciar Shallap y los glaciares circundantes, se han reducido en un 35 por ciento respecto a su cobertura glaciar en 1988; mientras que, un análisis sólo del glaciar Shallap registra una pérdida de 17 por ciento de cobertura glaciar para el mismo periodo de estudio. Del análisis de teleconexiones se demuestra que durante un fenómeno de El Niño/La Niña las temperaturas se incrementan/disminuyen y se pierde mayor/menor (en su defecto se mantiene en equilibrio) cobertura glaciar.

Palabras clave: Retroceso glaciar, ENSO, teledetección y teleconexiones

ABSTRACT

The El Niño Southern Oscillation – ENSO has global impacts of great importance, a fact in which lies the need to understand its impacts. It is worldwide responsible for interannual variability in many places. Peru is one of the countries in which its impacts have been clearly evidenced and other places such as King George Island (IRJ) still require further studies to have a better understanding of its repercussions. The present study aims to determine the ENSO impacts' on glacier coverage in the King George Island (Antarctic Peninsula) and the Cordillera Blanca (Shallap creek); for which Landsat images with spatial resolution of 30 m were used from 1988 to 2019; as well as meteorological information (temperatura and precipitation) for the analysis of teleconnections. The IRJ lost 10 percent of its glacier coverage since 1989, being mainly smaller and marine-terminating glaciers the most affected. The teleconnection assessment shows heterogeneous responses during El Niño years, regardless they are events with the same classification; similarly during La Niña years. Thus, El Niño 1997/98 was characterized by an increase in air temperatura; conversely, El Niño 2015/16 where it presented colder conditions in the IRJ. It is important to mention that the mass balance can be negative during an El Niño event due to basal melting. Additionally, a cooling period was found between 2007-2015/2016 in the IRJ. Regarding the Cordillera Blanca; Shallap Glacier and surrounding glaciers have shrunk by 35 percent from their glacier coverage in 1988; while an analysis of the Shallap Glacier alone records a 17 percent loss of glacier cover for the same period. The teleconnection assessment demonstrate that during El Niño/La Niña phenomenon, temperatures increase/decrease and greater/lesser (if not, it remains in balance) glacier coverage loss.

Keywords: Glacial retreat, ENSO, remote sensing and teleconnections

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú los impactos que ocasionan los eventos El Niño Southern Oscillation (ENSO) o El Niño Oscilación del Sur - (ENOS por sus siglas en español) son bastante conocidos en la costa peruana; sin embargo, los efectos que tienen estos eventos sobre los glaciares tropicales y específicamente sobre la Cordillera Blanca son menos conocidos y menos aún en la Península de la Antártica. El Niño y La Niña son las fases cálidas y frías del ENSO respectivamente, patrón del clima recurrente en el Pacífico tropical.

El fenómeno El Niño es un calentamiento de la superficie de las aguas del Pacífico que afecta principalmente el Sureste Asiático, Australia y Sudamérica entre los que más se conoce hasta la fecha; sin embargo, también se refiere de impactos a nivel mundial en mayor y menor escala. Este se caracteriza por el ingreso de una masa superficial de aguas cálidas en el mar, desde el norte en el caso del Perú, que genera cambios climáticos anómalos, como el aumento de la temperatura del mar, afectando la pesca, además de intensas lluvias y sequías. El fenómeno La Niña es un proceso opuesto a El Niño; es decir, este evento provoca el descenso brusco de las temperaturas y fuertes periodos de sequía en las zonas cercanas al Pacífico.

Las variaciones interanuales en la precipitación pueden ser considerables y obedecen primordialmente a eventos ENSO. Durante la fase cálida del ENSO (El Niño), las aguas cálidas superficiales frente a la costa de Ecuador y Perú a menudo ocasionan lluvias torrenciales en los desiertos costeros (Garreaud *et al.* 2009 citados por Vuille 2013). Sin embargo, esta precipitación no llega a alturas superiores a ~2000 metros, de manera que no afecta a los Andes más allá de las laderas occidentales más bajas. Los episodios de El Niño provocan un fuerte calentamiento en los Andes tropicales, por lo que en general se caracterizan por ser cálidos y secos, mientras que la fase fría del ENSO (La Niña) tiende a condiciones frías y húmedas en buena parte de esa región (Vuille 2013).

En 1998, Morales ya advertía la tendencia de calentamiento observado en los últimos 40 años en la cuenca del río Santa, en la temperatura máxima y mínima, explicando la reducción de la cobertura glaciar de la Cordillera Blanca (SENAMHI 2009). La alta sensibilidad de los

glaciares a la variabilidad climática, permite inferir su alta vulnerabilidad frente al cambio climático, y bajo este contexto, la ocurrencia de eventos climáticos extremos como el ENSO podrían condicionar su existencia. Entre el 50 – 70 por ciento del incremento de la temperatura en los Andes, es atribuido a un incremento de la temperatura del Pacífico Tropical (Vuille *et al.* 2007 citados por SENAMHI 2009).

A pesar de un considerable progreso en el entendimiento de los impactos del cambio climático sobre muchos de los procesos que contribuyen a la variabilidad de El Niño, no es aún posible decir si la intensidad del ENSO se vería incrementada o disminuida, o si la frecuencia de eventos cambiaría (Cifuentes *et al.* 1997).

Por otro lado, el retroceso glaciar a nivel mundial es un hecho inequívoco. De acuerdo a diversas publicaciones como: “Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change” (Rabatel *et al.* 2013) y, “¿El fin de las cumbres nevadas? – Glaciares y Cambio Climático en la Comunidad Andina” muestran un retroceso acelerado de los glaciares tropicales a partir de la década de los 70. Puede o no este retroceso estar asociado a eventos de fenómeno de El Niño o más bien los efectos de un clima regional son los que tienen mayor influencia en la pérdida de cobertura glaciar en la Cordillera de los Andes es una pregunta que se busca responder en el presente trabajo de investigación.

En la Cordillera Blanca, acorde a estudios realizados, el balance de masa de los glaciares depende en parte de la fase cálida del ENSO, pero la influencia generalmente no es tan fuerte. Kaser *et al.* (2003) encontraron una relación positiva significativa entre el Índice de Oscilación del Sur (SOI) y el balance de masa de glaciares en la Cordillera Blanca reconstruido utilizando una serie de 41 años de balance de masa, pero también señalaron que esta relación no se mantiene en todos los años. Vuille *et al.* (2008) sostienen que esta relación es relativamente débil porque la Cordillera Blanca está ubicada en una zona intermedia, donde la influencia del ENSO sobre la temperatura y la precipitación no es tan fuerte como en el norte en el glaciar Antizana (temperatura) del Ecuador o en el sur en Chacaltaya (precipitación) en Bolivia.

Schneider *et al.* (2018) sostienen que, en el entorno del lago Pallcacocha (Ecuador) incluida una estación de alta altitud de la vertiente occidental de los Andes, las probabilidades de precipitaciones intensas son aproximadamente iguales en eventos El Niño, La Niña y condiciones neutrales. Este tipo de hallazgos acrecientan la incertidumbre acerca de los

impactos que pueden tener los eventos ENSO sobre la cobertura glaciar en la Quebrada Shallap (Cordillera Blanca – Cordillera de los Andes).

La Antártida oriental (85 por ciento de la Antártida) se ha mantenido cerca del equilibrio, con una gran variabilidad interanual y sin una tendencia, poco clara en el balance de masa mediante un registro satelital (el método más utilizado debido a la extensión y características de la Antártida), y con incertidumbres de observación relativamente grandes (Meredith *et al.* 2019). Mientras tanto, los glaciares de la Antártida Occidental y la Península Antártica (AP) han venido retrocediendo de manera importante. La mayoría de los glaciares de desembocadura de la Antártida occidental están dominados por un rápido adelgazamiento; impulsado por el derretimiento de las plataformas de hielo por las cálidas aguas del océano (Meredith *et al.* 2019); principalmente en la zona norte de la AP, el sector del mar de Amundsen en la Antártida occidental (IPCC 2013).

La dinámica y el retroceso de los glaciares están determinados por el intercambio de energía en la interfaz glaciar-atmósfera, controlado por el forzamiento del clima circundante y las características del glaciar en sí. Los impulsores potenciales de patrones heterogéneos en la dinámica de los glaciares están influenciados por la topografía, las variaciones locales y regionales en el clima, el régimen térmico, la zonificación de la nieve, el flujo de hielo, el espesor del hielo, el término del glaciar (tierra, océano, lago) y el tamaño, entre otros factores (Yao-Jun *et al.* 2019). El patrón de variabilidad climática más importante en la Antártida es el Southern Annual Mode (SAM), que influye en la precipitación y la temperatura desde los subtrópicos hasta la Antártida (Paolo *et al.* 2018). En la temporada de verano austral, aproximadamente el 25 por ciento de la variabilidad SAM se debe a que ENSO (Stuecker *et al.* 2017) induce temperaturas más altas (más bajas) asociadas con las condiciones de La Niña (El Niño) (Turner *et al.* 2019). El SAM y ENSO puede tener una correlación significativa, con preferencia por la ocurrencia de fases SAM negativas durante eventos de El Niño y fases positivas de SAM durante eventos de La Niña (Stuecker *et al.* 2017, Clem y Fogt 2013).

Simões *et al.* (1999) encontraron un retroceso glaciar en la IRJ (la isla más grande de las Islas Shetland Sur) de 7 por ciento (89 km²) entre 1956 y 1995 principalmente en los glaciares de la Bahía del Almirantazgo y el estrecho de Bransfield. Según su terminación, los glaciares en la IRJ se clasifican en glaciares con terminaciones terrestres y marinos (Da

Rosa *et al.* 2020, Cook *et al.* 2014); donde las mayores pérdidas sobrevienen en glaciares con terminaciones marinas (Rückamp *et al.* 2011, Da Rosa *et al.* 2020).

Es indiscutible que el retroceso de los glaciares ha empezado a afectar al recurso agua. Sin embargo; el tema es complejo. Por un lado, la disminución de la reserva de hielo aumenta la disponibilidad del recurso a corto plazo, pero por otro, las reservas disminuyen cuando las masas de hielo se reducen. Por lo tanto, el continuo retroceso de los glaciares tendrá consecuencias inevitables en las altas cuencas glaciares y no solamente en el recurso hídrico, sino también, sin duda en los ecosistemas vinculados con las masas de hielo (Francou 2013).

Hasta la fecha se han realizado investigaciones acerca de los posibles impactos del ENSO sobre la cobertura glaciar en la Cordillera Blanca (Perú); sin embargo, aún es necesario continuar realizando mayores estudios en esta zona desde diferentes perspectivas. En el marco de la escasa información e incertidumbre existente de los impactos del ENSO sobre la cobertura glaciar en la península de la Antártida, el presente trabajo está orientado a determinar la correlación de eventos ENSO y el retroceso glaciar en la Isla Rey Jorge (Península de La Antártida) y la Quebrada Shallap (Cordillera Blanca – Cordillera de los Andes). El objetivo general es determinar los impactos del ENSO en los glaciares de la Isla Rey Jorge (Península Antártica) y la Quebrada Shallap (Cordillera Blanca). En esta línea los objetivos específicos están descritos por:

- Evaluar la evolución de parámetros meteorológicos (temperatura y precipitación) en las zonas de estudio durante eventos ENSO.
- Estimar la evolución multitemporal de la cobertura glaciar en las zonas de estudio durante eventos ENSO.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CLIMATOLOGÍA EN LA ISLA REY JORGE Y CORDILLERA BLANCA

2.1.1. Isla Rey Jorge

El índice del Modo Anular Sur (SAM) es uno de los principales impulsores de la variabilidad climática en el hemisferio sur, ya que influye fuertemente en los patrones de precipitación y temperatura desde los subtrópicos hasta la Antártida (tomado de Paolo *et al.* 2018). El SAM es un modo de variabilidad estacional de baja frecuencia de la variabilidad atmosférica que describe el movimiento norte-sur del cinturón de vientos del oeste alrededor de la Antártida (Falk *et al.* 2018).

La IRJ es la más grande de las islas del grupo de las Shetland del Sur, situada a 130 km del extremo noroeste de la Península Antártica (PA). La costa oriental de la PA está principalmente influenciada por las masas de aire frío y seco procedentes del adyacente Mar de Weddell. En cambio, la costa occidental y las islas Shetland del Sur están directamente expuestas a las masas de aire húmedo y relativamente cálido procedentes del Océano Pacífico Sur, transportadas por los fuertes y persistentes vientos del oeste (Falk *et al.* 2018). La interacción de los vientos del oeste con la topografía de la PA puede dar lugar a fenómenos de foehn extremos en la parte oriental (Cape *et al.* 2015).

A nivel estacional, se han identificado diferentes impulsores de los cambios durante invierno y verano: la concentración de hielo marino en invierno y las anomalías de la presión media del nivel del mar están fuertemente conectadas con la variabilidad tropical, es decir, con el ENSO (Falk *et al.* 2018). En la temporada de verano austral, aproximadamente el 25 por ciento de la variabilidad temporal del SAM puede atribuirse al forzamiento tropical del ENSO (Stuecker *et al.* 2017). Durante los eventos de La Niña, en altas altitudes se desarrollan condiciones de SAM positivo; por el contrario, los eventos de El Niño favorecen las condiciones SAM negativas (Falk *et al.* 2018); indicando que las temperaturas más altas (más bajas) están asociadas a las condiciones de La Niña (El Niño) en la PA (Turner *et al.* 2019) (Figura 1).

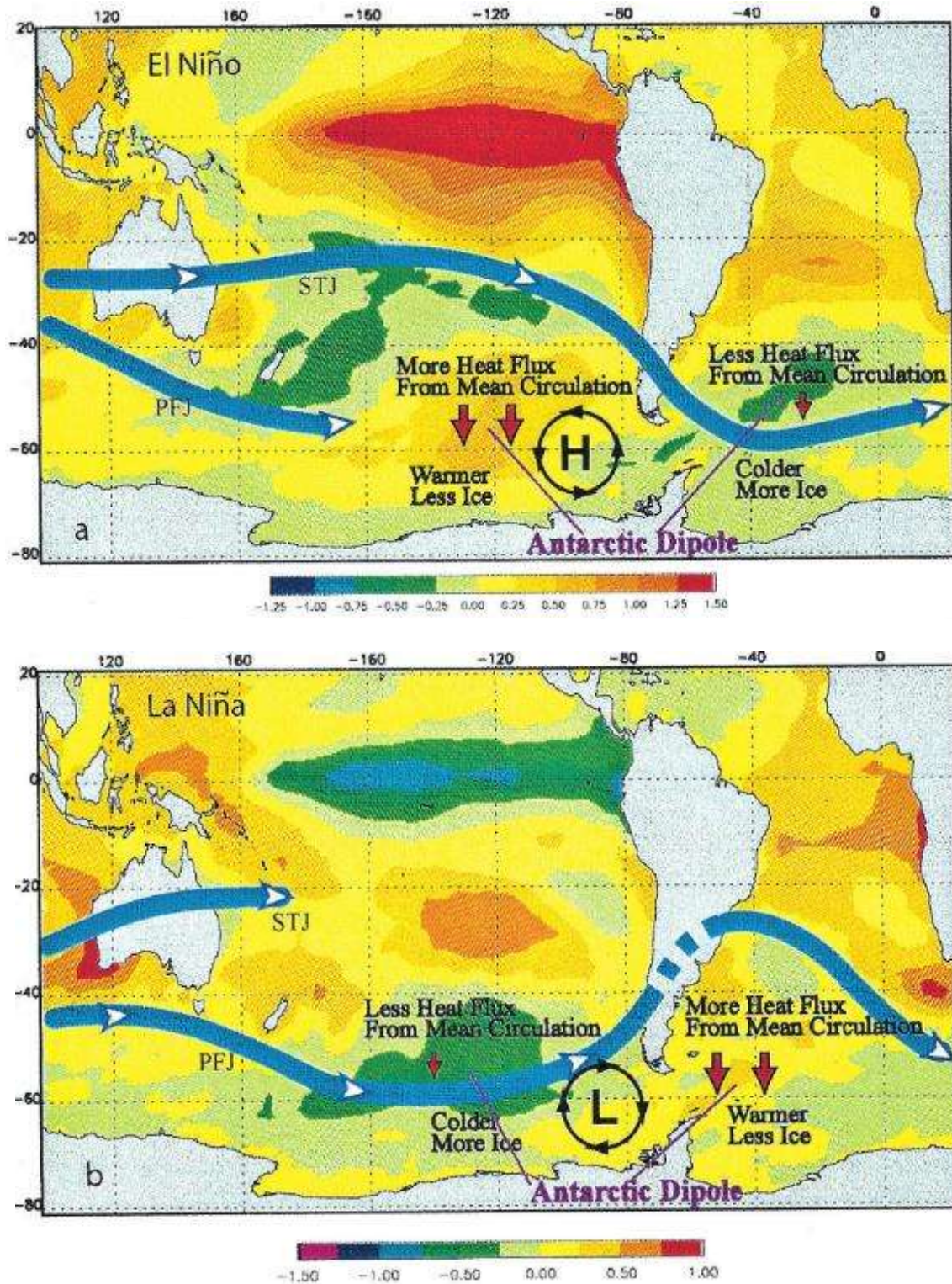


Figura 1: Anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) para: a). la condición de El Niño, y b). la condición de La Niña. La corriente en chorro subtropical (STJ) y corriente en chorro de frente polar (PFJ), donde se muestran los centros de alta y baja presión anómalos persistentes y los flujos de calor anómalos debido a la circulación
 Fuente: Yuan (2004)

2.1.2. Cordillera Blanca

El clima en la Cordillera Blanca está determinado por el sistema del monzón Sudamericano entre otros, conducido por el ciclo estacional de los patrones de circulación de gran escala y la migración de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

El transporte de humedad atmosférica en América del Sur tropical está generalmente controlado por el ciclo estacional de las características de la circulación a gran escala y el desplazamiento de la ZCIT. En la troposfera superior, durante los meses del verano austral (diciembre-febrero, DJF), la Alta Bolivia (BH) está bien establecido y centrado cerca de 20° S y 60° O. En la troposfera inferior, se desarrolla un sistema de bajas presiones profundas en la región del Chaco (alrededor de 25° S, baja del Chaco), y la ZCIT se sitúa en el hemisferio sur (Trachte 2018), lo que provoca un transporte de humedad hacia el este desde la cuenca amazónica hasta la cordillera de los Andes (Seidel *et al.* 2019). Debido a la altura y longitud de los Andes, el terreno actúa como barrera, generando una división climática entre la vertiente occidental y la oriental. Mientras que la vertiente oriental está bajo la influencia de los vientos alisios cargados de humedad, la vertiente occidental experimenta condiciones estables y, por tanto, más secas, causadas por el Sistema de Alta Presión del Pacífico Sur (SPH). Durante los meses de invierno austral (junio-agosto, JJA), la ZCIT migra hacia el norte, y los Andes centrales tienen su principal estación seca. La SPH induce una subsidencia a gran escala, mientras que, en la atmósfera superior, un flujo del oeste bloquea el transporte de humedad desde el Amazonas (Trachte 2018). Estas condiciones contrastan con las de los Andes del norte, que experimentan periodos lluviosos debido a los vientos del este predominantes (Seidel *et al.* 2019) (Figura 2).

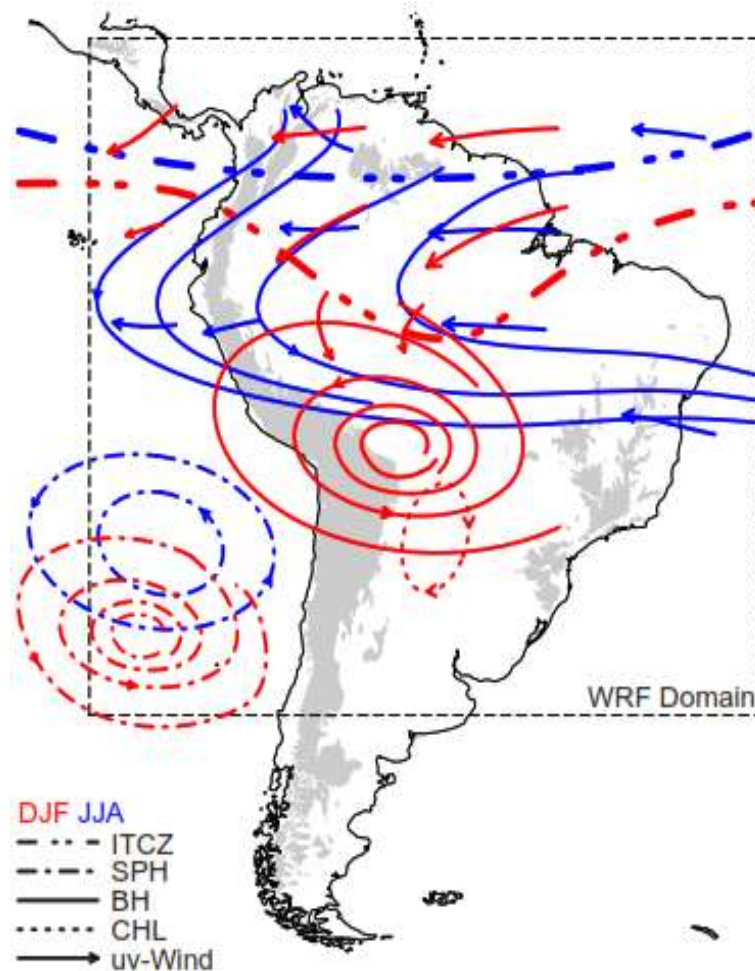


Figura 2: Principales características atmosféricas a gran escala que controlan el clima en América del Sur durante diciembre-febrero (DJF, rojo) y junio-agosto (JJA, azul): zona de convergencia intertropical (ITCZ, línea y doble punto), alta presión del Pacífico Sur (SPH, línea y punto), alta de Bolivia (BH, línea continua), Baja del Chaco (CHL, línea discontinua); zonas por encima del 800 m.s.n.m. (contorno sombreado gris) y dominio del modelo WRF (línea discontinua negra)
 Fuente: Trachte (2018)

2.2. EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)

El Niño Oscilación del Sur (ENOS o ENSO por sus siglas en inglés) 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. La fase cálida del ENSO corresponde a El Niño (calentamiento oceánico e SOI negativo), mientras que la fase fría del ENSO, corresponde a La Niña (enfriamiento oceánico e SOI positivo) (SENAMHI 2014). Los índices océano atmosféricos Oceanic Niño Index (ONI) y Southern Oscillation Index (SOI) fueron empleados para el estudio del ENSO.

2.2.1. Oceanic Niño Index (ONI)

El Índice del Niño Oceánico (ONI por sus siglas en inglés) es el índice empleado por la NOAA para el estudio del ENSO. El ONI es la media móvil de meses consecutivos de las anomalías de la temperatura superficial del mar medidas por el sensor ERSST.v3 en la región 3.4 (Figura 3) del Niño (5° N - 5° S, 120° W- 170° W).

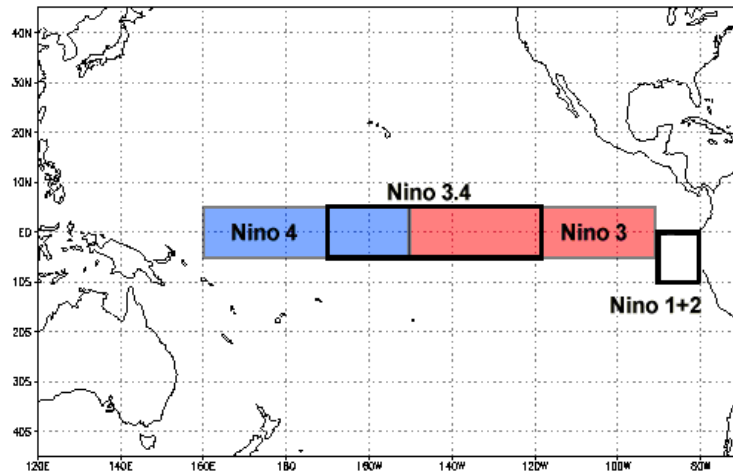


Figura 3: Ubicación de las regiones del Niño para medir la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico tropical oriental y central

Fuente: www.ncdc.noaa.gov

El período cálido y frío está basado en un umbral de ± 0.5 °C para el Índice de Niño Oceánico (ONI) [media móvil de 3 meses de anomalías de temperatura superficial del mar ERSST.v5 en la región del Niño 3.4], el cual está basado en períodos base centrados de 30 años actualizados cada 5 años (Dahlman 2016). Cuando se supera dicho umbral durante un mínimo de 5 meses consecutivos se presentan como episodios de El Niño (+) o de La Niña (-). La NOAA considera que las condiciones de El Niño están presentes cuando el Índice de Niño Oceánico es de +0.5 o más, lo que indica que la zona 3.4 Pacífico tropical es significativamente más cálido de lo habitual. Las condiciones de La Niña se presentan cuando el Índice de Niño Oceánico es de -0.5 o menor, lo que indica que la región es más fría de lo habitual (Dahlman 2016). En la Figura 4 se muestra las anomalías de la temperatura superficial del mar durante un evento de El Niño y La Niña.

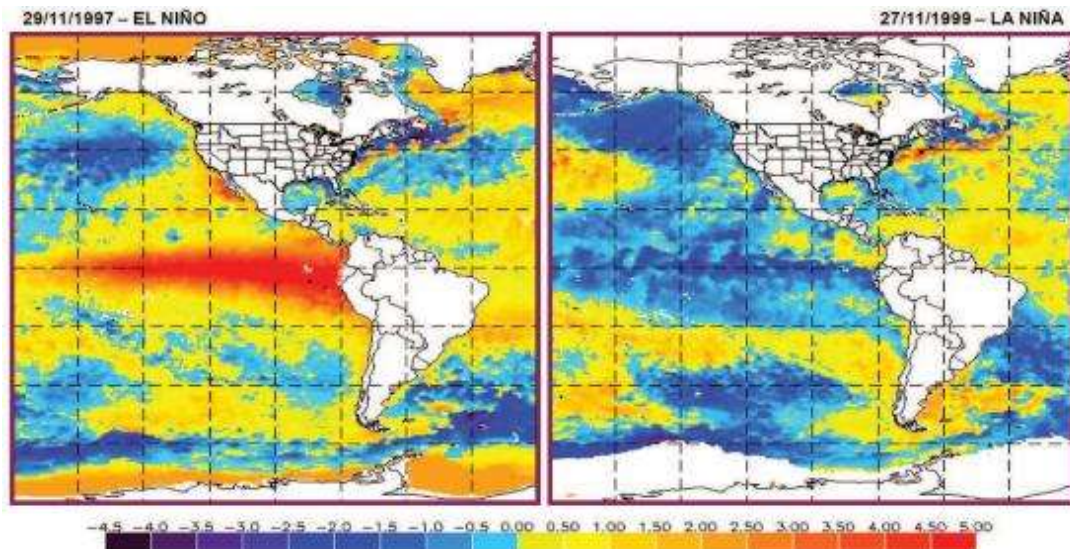


Figura 4: Anomalías de la temperatura superficial del mar
Fuente: MODIS-Terra (2003)

2.2.2. Southern Oscillation Index (SOI)

El Índice de Oscilación del Sur (IOS o SOI por sus siglas en inglés) refiere a los cambios en la circulación de los vientos alisios que impactan en la dinámica atmosférica generando cambios en los sistemas de presión a nivel del mar. El SOI es un índice estandarizado basado en las diferencias de presión del nivel del mar observadas entre Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Norte de Australia). El SOI es una medida de las fluctuaciones a gran escala en la presión del aire que ocurre entre el Pacífico tropical occidental y oriental (Figura 5). La fase negativa del SOI representa una presión de aire por debajo de lo normal en Tahití y una presión de aire por encima de lo normal en Darwin. Los períodos prolongados de valores de SOI negativos (positivos) coinciden con aguas oceánicas anormalmente cálidas (frías) en el Pacífico tropical oriental típico de los episodios de El Niño (La Niña) (Coleman y Zimmermann 2012) (Figura 6).

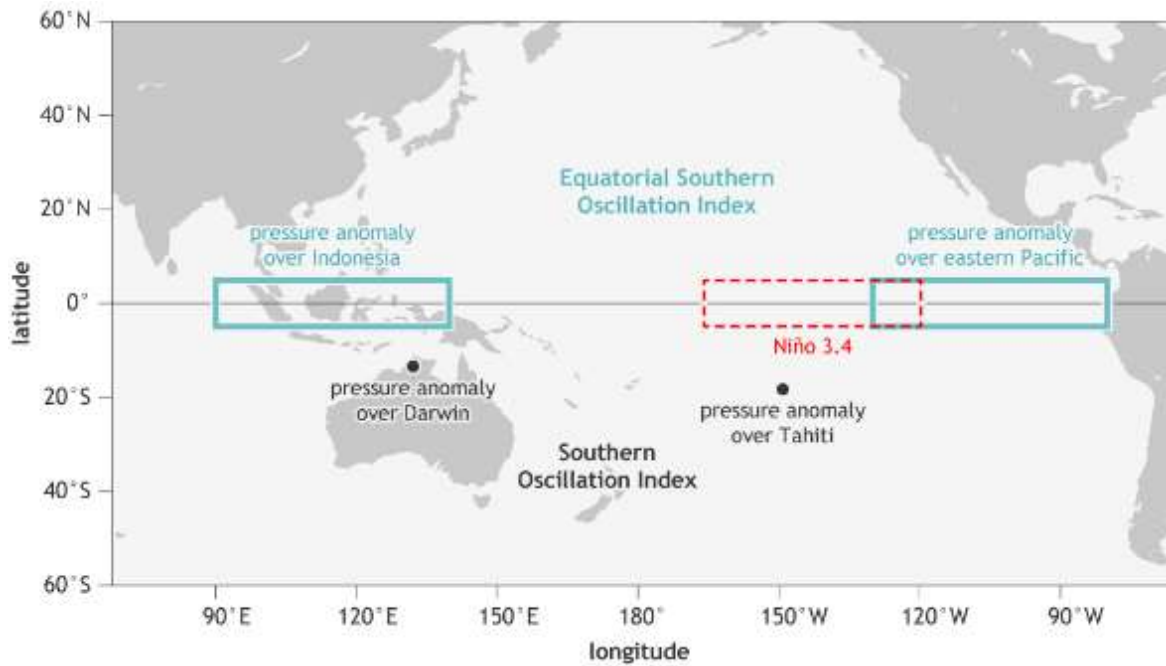


Figura 5: Ubicación de las estaciones usadas para el SOI (puntos negros)
 Fuente: NOAA Climate.gov

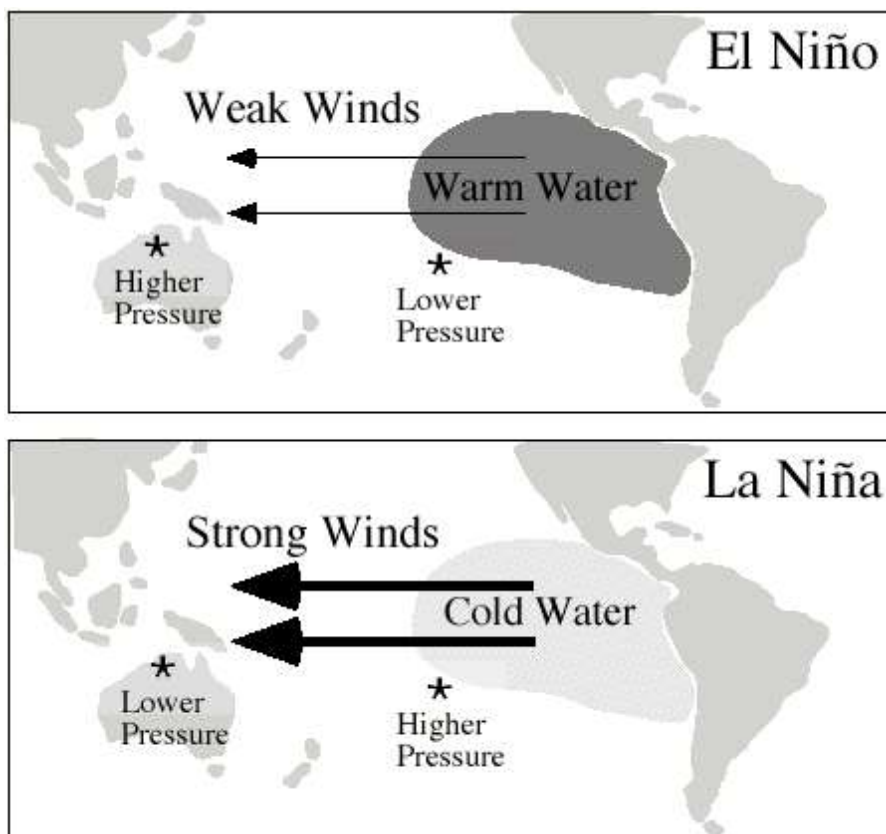


Figura 6: Condiciones de El Niño y La Niña
 Fuente: <http://mcirino-coral-paleoclimate.blogspot.com/>

2.3. DINÁMICA GLACIAR

El glaciar es una masa de hielo terrestre que fluye cuesta abajo por gravedad (a través de la deformación interna y/o deslizamiento en la base) y está limitada por el esfuerzo interno y fricción en la base y los lados. Un glaciar se mantiene mediante la acumulación de nieve a grandes alturas, equilibrado al derretirse a bajas altitudes o descarga al mar (IPCC 2012).

2.3.1. Retroceso glaciar

La zona de acumulación de un glaciar, en la mayoría de las regiones se debe tanto a la precipitación sólida (nieve en general), como al resultado del congelamiento de la precipitación, especialmente en las regiones polares o en altas altitudes donde el firn - estado intermedio entre nieve y hielo glaciar - se mantiene por debajo de la temperatura de fusión. La zona de ablación de un glaciar, por su parte, es el derretimiento de la parte baja del glaciar que se suma a la pérdida por sublimación (importante en las regiones secas). Entre ambas zonas se encuentra, la línea de nieve o de equilibrio es un sensor indicativo de las condiciones climáticas que juega un rol elemental en el mantenimiento de las características del glaciar. Al moverse ésta hacia arriba, el área de acumulación se contrae y por tanto aumenta el área en la cual el hielo se pierde por derretimiento. En condiciones en la que existe un aumento constante de la temperatura, la línea de nieve se va moviendo continuamente hacia arriba causando enormes perjuicios a la sostenibilidad del glaciar que va perdiendo su tamaño, hasta eventualmente desaparecer (CAN 2014) (Figura 7).

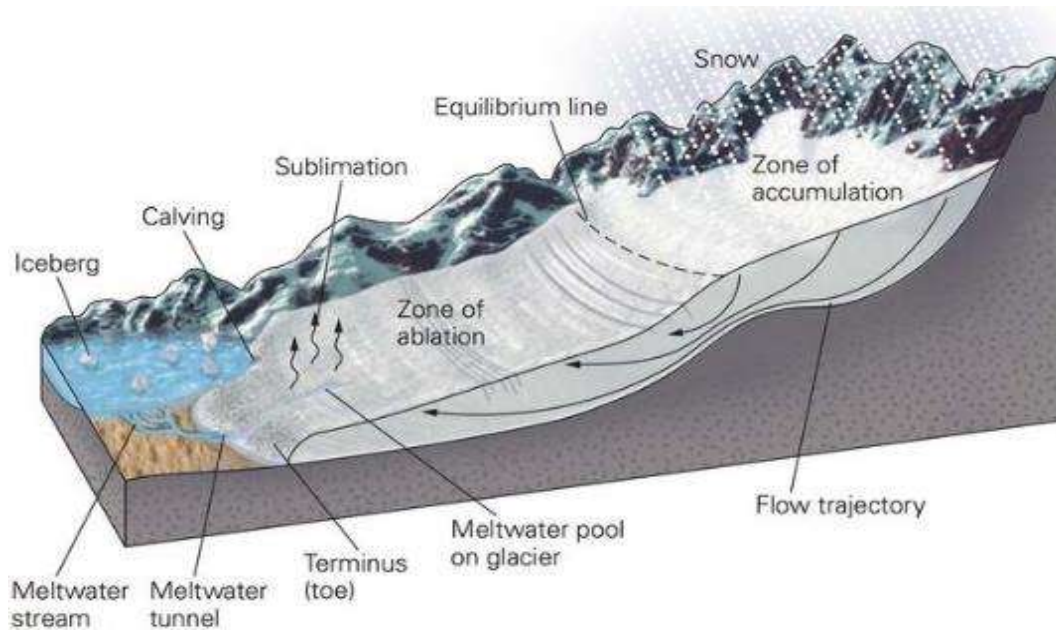


Figura 7: Dinámica glaciar

Fuente: Tomado de Candaş (2017)

2.3.2. Proceso de calving en los glaciares

Es el proceso por el cual el hielo se desprende desde un extremo; por lo general, el término se reserva para los glaciares que terminan en el mar o lagos.

Benn y Åström (2018) sostienen que proceso de calving o socavamiento puede ocurrir en lagos, fiordos u otras aguas marinas, así como en acantilados de hielo terrestres en regiones polares y de alta montaña. Los glaciares socavados pueden ser de flujo rápido o lento, tener terminales flotantes o en tierra y ocurrir en una amplia gama de ambientes templados a polares (Figura 8).

Podemos identificar una variedad de situaciones posibles donde las tensiones pueden ser lo suficientemente altas como para permitir que las fracturas se propaguen a través del hielo glaciar y desencadenar eventos de rotura (Benn y Åström 2018):

- Quiebres debido a extensión longitudinal.
- Colapso del voladizo luego de socavado por derretimiento subacuático.
- Socavamiento flotante: liberación de un 'pie de hielo' que sobresale por debajo de la línea de flotación.
- Socavamiento flotante: levantamiento de una lengua glaciar superflotante.

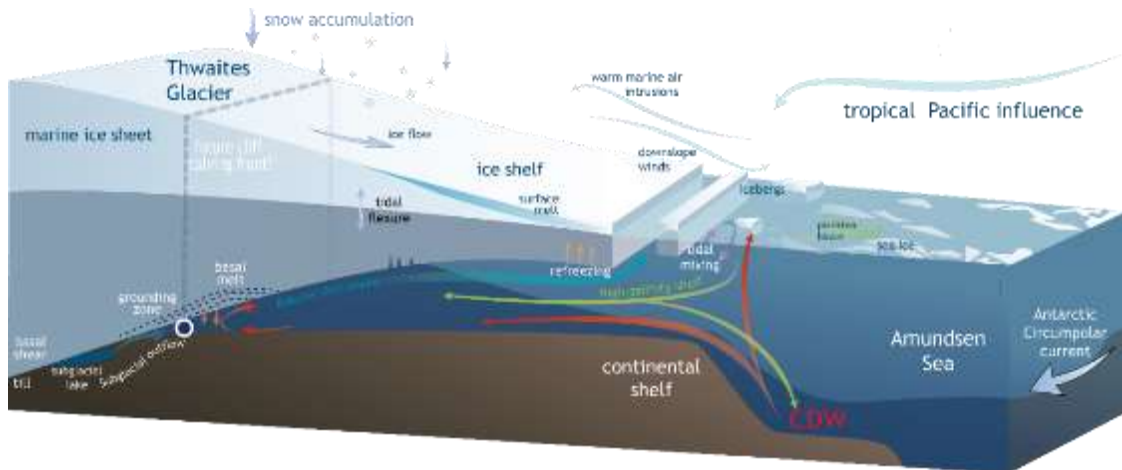


Figura 8: Flujo del glaciar y procesos que originan desprendimiento de plataforma de hielo (proceso de calving) en el glaciar Thwaites en Antártida occidental
Fuente: Adaptado de Scambos *et al.* (2017)

2.4. SENSORAMIENTO REMOTO

El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS por sus siglas en inglés) define el sensoramiento remoto como el proceso de detectar y monitorear las características físicas de un área mediante la medición de la radiación reflejada y emitida a una distancia (generalmente desde un satélite o un avión). Cámaras especiales recolectan imágenes satelitales. Algunos usos específicos de las imágenes satelitales de la Tierra son:

- Grandes incendios forestales se pueden mapear desde el espacio, lo que permite ver un área mucho más grande que desde el suelo.
- Seguimiento de nubes para ayudar a predecir el clima o observar erupción de volcanes y ayudar a detectar tormentas de polvo.
- Seguimiento del crecimiento de una ciudad y los cambios en las tierras agrícolas o forestales durante varios años o décadas.

2.4.1. Imágenes satelitales Landsat

El 21 de setiembre de 1966, el secretario del departamento del interior (DOI) de Estados Unidos, Stewart Udall mediante un comunicado de prensa anunció que el DOI iniciaba el Proyecto EROS (Satélites de Observación de Recursos de la Tierra)". La visión de Udall era observar la tierra en beneficio de todos. El Departamento del Interior, la NASA y el Departamento de Agricultura se embarcaron en el ambicioso esfuerzo para desarrollar y

lanzar el primer satélite de observación de la Tierra. Su objetivo se logró el 23 de julio de 1972, con el lanzamiento del Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres (ERTS-1), que luego pasó a llamarse Landsat 1. Los lanzamientos de Landsat 2, Landsat 3 y Landsat 4 siguieron en 1975, 1978 y 1982, respectivamente.

Cuando Landsat 5 se lanzó en 1984, nadie podría haber predicho que el satélite continuaría entregando datos globales de alta calidad de las superficies terrestres de la Tierra durante 28 años y 10 meses, estableciendo oficialmente un nuevo récord mundial Guinness para el "satélite de observación de la Tierra con el funcionamiento más largo". Landsat 6 no logró alcanzar la órbita en 1993.

Landsat 7 se lanzó con éxito en 1999, Landsat 8 en 2013, y ambos satélites continúan adquiriendo datos. El satélite Landsat 9 se lanzó el 27 de setiembre del 2021 (Figura 9).

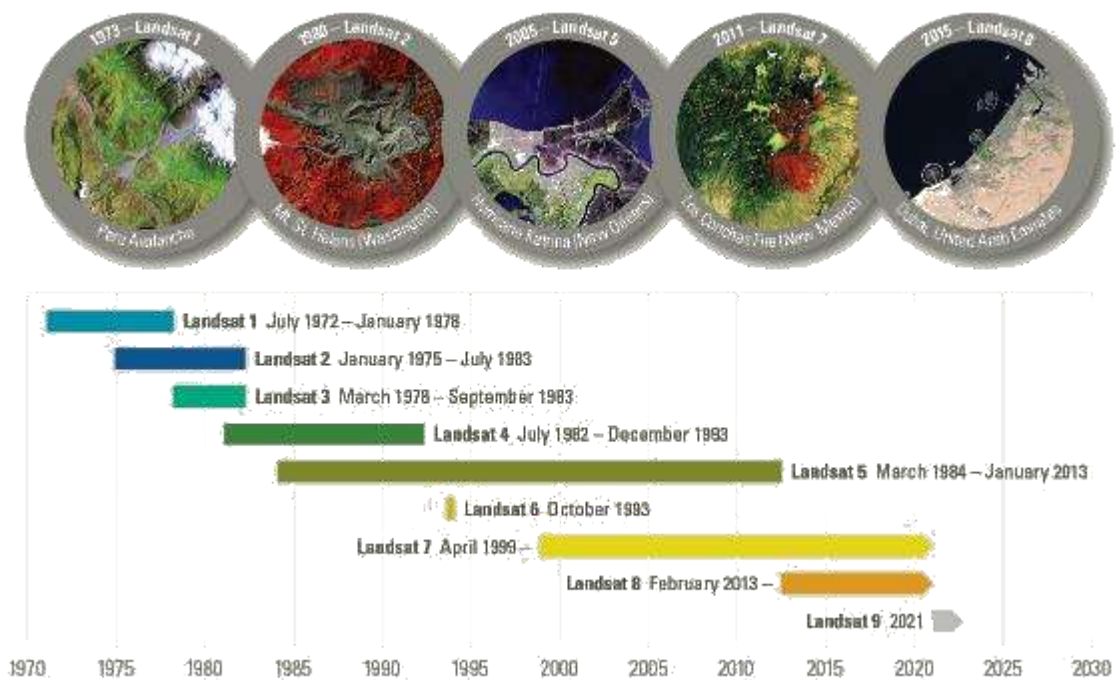


Figura 9: Misiones satelitales Landsat: Imágenes de la tierra desde 1972

Fuente: USGS (2016)

Los sensores a bordo de cada uno de los satélites Landsat fueron diseñados para adquirir datos en diferentes rangos de frecuencias a lo largo del espectro electromagnético (Figura 10). El sensor Multiespectral Scanner (MSS) transportado por Landsat 1, 2, 3, 4 y 5 recopiló datos en cuatro rangos (bandas); el sensor Thematic Mapper (TM) en Landsat 4 y Landsat 5 incluyó los encontrados en satélites anteriores y también introdujo una banda infrarroja

térmica y otra de onda corta. Se agregó una banda pancromática al sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) de Landsat 7. Mientras que los satélites anteriores llevaban solo un sensor, Landsat 8 adquiere datos en 11 bandas de dos sensores separados: el sensor Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS). Los instrumentos de Landsat 9 se están diseñando como copias mejoradas de Landsat 8 (Tabla 1).

Tabla 1: Longitud de onda de las imágenes Landsat

Designación de bandas	L8 OLI/TIRS		L7 ETM+		L4-5 TM		L4-5 MSS*	
	Bandas	Longitud de onda (µm)	Bandas	Longitud de onda (µm)	Bandas	Longitud de onda (µm)	Bandas	Longitud de onda (µm)
Coastal/Aerosol	Band 1	0.43–0.45	--	--	--	--	--	--
Blue	Band 2	0.45–0.51	Band 1	0.45–0.52	Band 1	0.45–0.52	--	--
Green	Band 3	0.53–0.59	Band 2	0.52–0.60	Band 2	0.52–0.60	Band 1	0.5–0.6 *
Panchromatic	Band 8**	0.50–0.68	Band 8**	0.52–0.90	--	--	--	--
Red	Band 4	0.64–0.67	Band 3	0.63–0.69	Band 3	0.63–0.69	Band 2	0.6–0.7 *
Near-Infrared	Band 5	0.85–0.88	Band 4	0.77–0.90	Band 4	0.76–0.90	Band 3	0.7–0.8 *
Near-Infrared	--	--	--	--	--	--	Band 4	0.8–1.1 *
Cirrus	Band 9	1.36–1.38	--	--	--	--	--	--
Shortwave Infrared-1	Band 6	1.57–1.65	Band 5	1.55–1.75	Band 5	1.55–1.75	--	--
Shortwave Infrared-2	Band 7	2.11–2.29	Band 7	2.09–2.35	Band 7	2.08–2.35	--	--
Thermal	Band 10 T1	10.60– 11.19	Band 6 T2	10.40– 12.50	Band 6 T2	10.40– 12.50	--	--
Thermal	Band 11 T1	11.50– 12.51	--	--	--	--	--	--

Fuente: USGS (2016)

Todas las bandas de resolución espacial 30 m. a menos que se indique lo contrario.

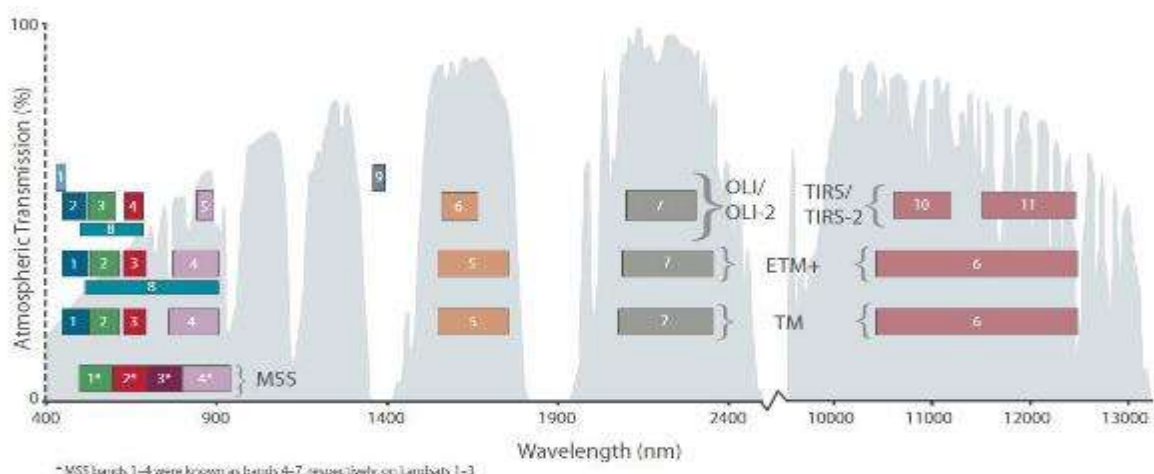


Figura 10: Comparación de versión de Landsat según longitud de onda y bandas

Fuente: www.usgs.gov/media/images/bandpass-wavelengths-all-landsat-sensors

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Descripción de las zonas de estudio

- **Isla Rey Jorge (IRJ):** Es la isla más larga de todas las Islas Shetland del Sur en la Península Antártica. Está situada entre $57^{\circ} 35' W$ y $59^{\circ} 02' W$, $61^{\circ} 54' S$ y $62^{\circ} 16' S$. Tiene una longitud aproximada de 79 km (de suroeste a noreste), con un ancho aproximado de 27 km (Simões *et al.* 1999). La altitud varía entre 0 a 700 m.s.n.m. Esta isla también es denominada como Isla 25 de Mayo e Isla de Waterloo (Figura 11).
- **Quebrada Shallap:** El glaciar Shallap ($9^{\circ} 20' S$, $77^{\circ} 20' W$) está localizada en la quebrada Shallap, el cual se constituye como uno de los glaciares de la Cordillera Blanca en los Andes peruanos. Este glaciar comprende altitudes que varían entre 4700–5800 m.s.n.m. De acuerdo con Dussillant *et al.* (2019), los glaciares estudiados corresponden a la clasificación de glaciares tropicales exteriores (Figura 12).

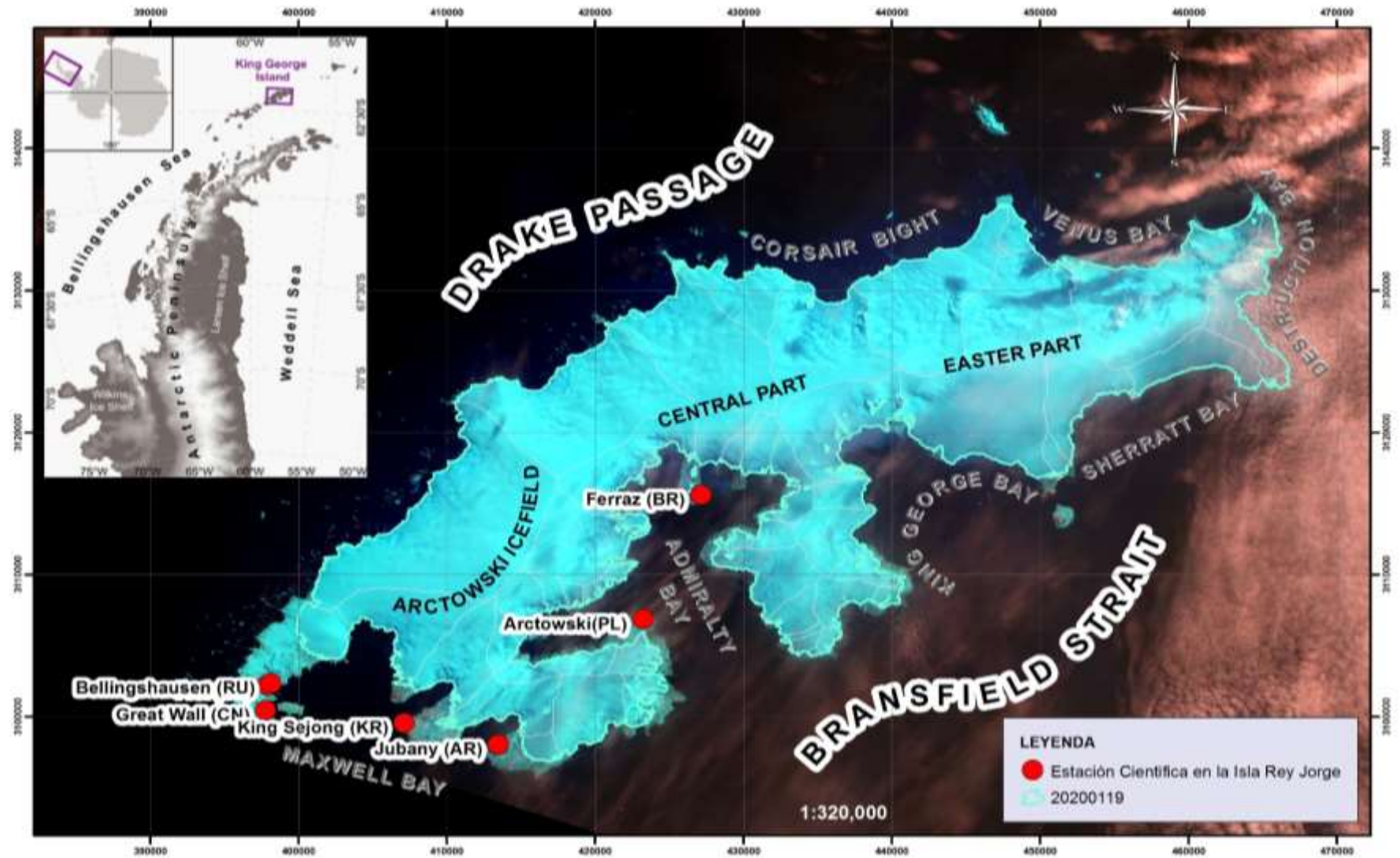


Figura 11: Ubicación la Isla Rey Jorge, Península Antártica

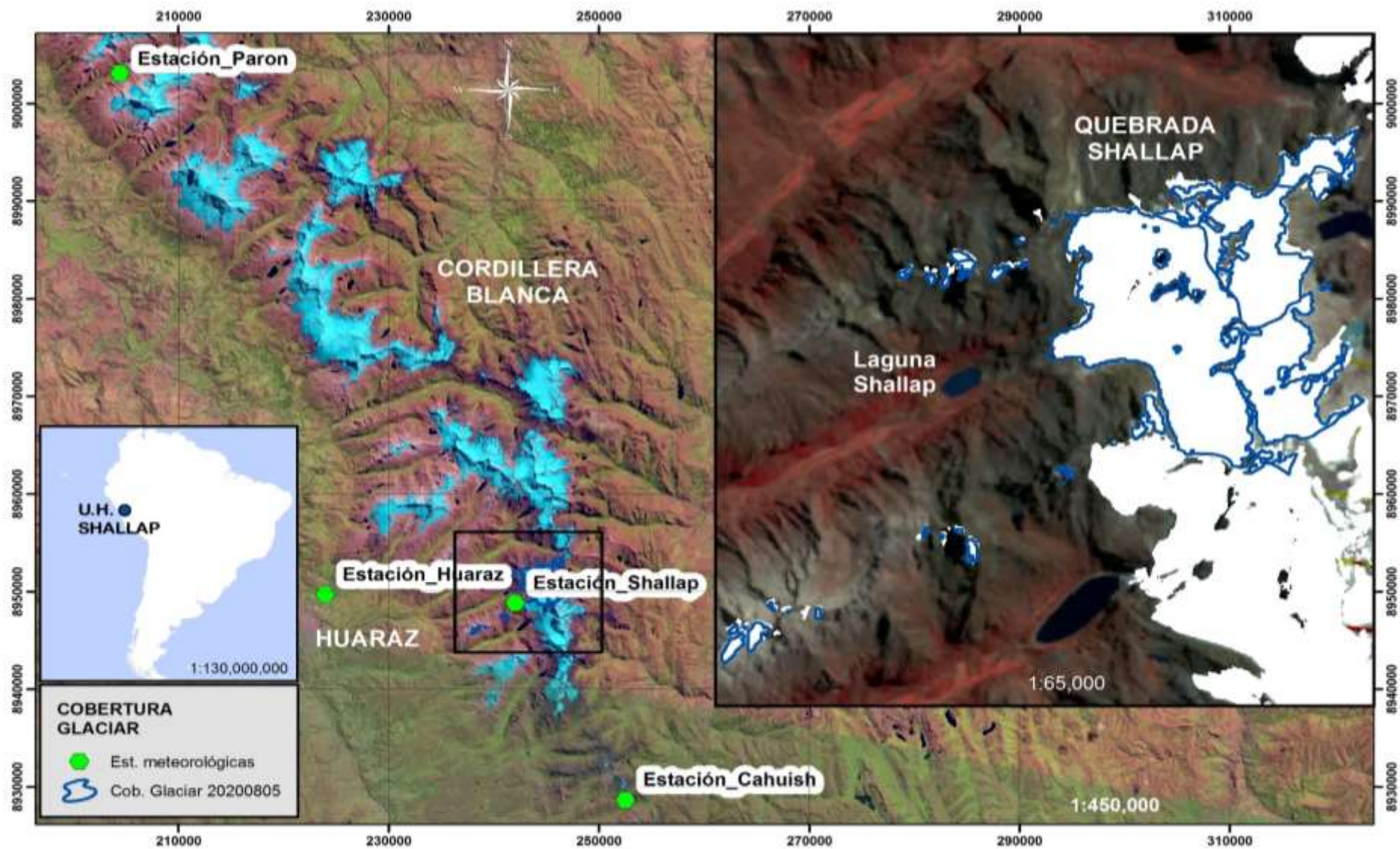


Figura 12: Ubicación de la quebrada Shallap, glaciar Shallap y glaciares circundantes, Cordillera Blanca

3.1.2. Datos utilizados

- **Información meteorológica**

- **Isla Rey Jorge**

La información meteorológica recopilada de la IRJ corresponde a data procedente de diferentes estaciones científicas (Figura 11), dicha información se detalla en el Tabla 2 y Anexo 1.

- **Quebrada Shallap**

La información meteorológica de la estación en la quebrada Shallap fue proporcionada por el Área de Evaluación de Glaciares y Lagunas de la Autoridad Nacional del Agua (ANA); para complementar la información meteorológica también se empleó datos proporcionados por el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM). En la quebrada Shallap solo se cuenta con una estación meteorológica y un periodo de medición de las variables meteorológicas de los años más reciente (el más antiguo desde el 2010), este hecho exigió recurrir a estaciones cercanas a la zona de estudio y datos de reanálisis para acceder a series históricas para el periodo 1980-2019 como el producto PISCO (García Rosales 2019 y Aybar *et al.* 2017), TerraClimate (Hammond *et al.* 2018), Merra 2 (Maussion *et al.* 2015), ERA5 (Trachte 2018) (Tabla 2 y Anexo 2).

Tabla 2: Estaciones y variables a estudiar

Zona de Estudio	Estación	Latitud (UTM)	Longitud (UTM)	Altitud (m.)	Temperatura Máxima	Temperatura Promedio	Temperatura Mínima	Precipitación
Isla Rey Jorge	Bellingshausen	3101819	397673	16	X	X	X	X
	Frei	3102862	396972	10	X	X	X	X
	Ferraz	3115373	427269	20	X	X	X	
	Jubany	3097988	413390	4		X		
	Great Wall	3099963	397730	10		X		
Cordillera Blanca	Terra Climate	8948793	242098	5016	X		X	
	Era 5	8948793	242098	5016	X	X		X
	Pisco v1.0	8948793	242098	5016	X		X	
	Merra 2	8948793	242098	5016		X		
	Huaraz	8949668	224019	3263				X
	Paron	9003079	204510	4199				X
	Cahuish	8928626	252598	4591				X
	Pisco v1.1	8948793	242098	5016				X

- **Índices Océano – Atmosféricos para la caracterización del ENSO**

Los indicadores que se emplearon para el estudio de eventos ENSO son el ONI y SOI, debido a que estos permiten abarcar el factor oceánico y atmosférico del ENSO. Se empleó la serie histórica mensual de estos índices desde enero de 1980 a diciembre del 2019 (Anexo 2).

El Índice de Niño Oceánico (ONI) se define como 5 períodos consecutivos de 3 meses de la Temperatura superficial del mar en o por encima de la anomalía de + 0.5° para eventos cálidos (El Niño) y por debajo de la anomalía de -0.5° para eventos fríos (La Niña). Los valores sobre/debajo del umbral se despliegan en eventos Débil (con una anomalía de SST de 0.5 a 0.9 / -0.5 a -0.9), Moderado (1.0 a 1.4 / -1.0 a -1.4), Fuerte (1.5 a 1.9 / -1.5 a -1.9) y Muy fuerte (≥ 2.0 / ≤ -2.0) (Golden Gate Weather Services 2021). Es en este marco que para el presente estudio se seleccionó los eventos ENSO muy fuerte para El Niño y fuerte para La Niña.

La clasificación de eventos ENSO de acuerdo al índice SOI se desarrolló según la Australia's National Weather Climate and Water Agency que clasifica el ENSO

según se detalla a continuación: los valores negativos sostenidos del SOI inferiores a -0.7 a menudo indican episodios de El Niño y los valores positivos sostenidos del SOI superiores a +0.7 son típicos de un episodio de La Niña.

Estos índices fueron seleccionados en base a los trabajos de investigación realizados acorde que se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Investigaciones realizadas relacionado a los índices ONI y SOI

Zona de Estudio	Oceanic Niño Index (ONI)	Southern Oscillation Index (SOI)
Isla Rey Jorge	Paolo <i>et al.</i> (2018) en el artículo titulado Respuesta de las plataformas de hielo de la Antártida del sector Pacífico a El Niño / Oscilación del Sur.	Santamaría-del-Ángel <i>et al.</i> (2021) en el artículo titulado Variabilidad climática interanual en la península antártica occidental en condiciones de verano austral. Donde eligieron el índice SOI (de entre ONI y MEI) como el proxy más apropiado del ENSO para explorar los posibles efectos sobre la variabilidad climática en estas latitudes debido a su larga serie de datos y simplicidad para representar la variabilidad atmosférica.
	Walker y Gardner (2017) en el artículo titulado Reducción rápida de los glaciares de la plataforma de hielo Wordie de la Antártida en respuesta al calentamiento impulsado por ENSO / Modo Anular Austral en el Océano Austral.	Clem <i>et al.</i> (2016) en el artículo titulado Relativa influencia del ENSO y SAM sobre el clima de la Península Antártica.
		Clem y Fogt (2013) en el artículo titulado Funciones variables de ENSO y SAM en el clima de la Península Antártica en la primavera austral SOI.
Cordillera Blanca	Veettil <i>et al.</i> (2017) en el artículo titulado Tendencias recientes en las variaciones anuales de la línea de nieve en los trópicos húmedos exteriores del norte: estudios de caso del sur de la Cordillera Blanca, Perú.	Lavado-Casimiro <i>et al.</i> (2013) en el artículo titulado Impacto del ENSO en la hidrología de Perú.
	Wagon <i>et al.</i> (2001) en el artículo titulado Anomalías en el balance de calor y masa del Glaciar Zongo, Bolivia, durante el año 1997/98 de El Niño.	

- **Sensoramiento remoto**

Las condiciones climáticas en la Isla Rey Jorge se caracterizan por la predominante presencia de nubosidad durante la mayor parte del año. En razón a este hecho, se priorizó imágenes con menor presencia de nubes, que cubran mayor área posible de la zona de estudio (estas se constituyeron como imágenes base). Además, se tuvieron en cuenta estos criterios de selección: imágenes multitemporales y de libre acceso. Se empleó imágenes Landsat 4-5, 7 y 8 con resolución espacial de 30 m. A fin de obtener mejores resultados en la delimitación de la cobertura glaciar se empleó imágenes auxiliares de la misma resolución y satélite, imágenes de años anteriores y posteriores a la imagen base. Las imágenes base seleccionadas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4: Imágenes satelitales base en la Isla Rey Jorge

MES/AÑO	SENSOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m.)	IMÁGEN SATELITAL
01/1989	TM (Landsat 4)	30	LT04_L1GS_217103_19890128_20170204_01_T2
12/2001	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07_L1GS_218103_20011206_20170202_01_T2
02/2005	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07_L1GS_217103_20050209_20170116_01_T2
01/2007	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07_L1GS_217103_20070114_20170105_01_T2
01/2008	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07_L1GS_217103_20080117_20161231_01_T2
01/2014	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08_L1GT_218103_20140116_20170426_01_T2
04/2015	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08_L1GT_218103_20150425_20170409_01_T2
10/2016	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08_L1GT_217103_20161029_20170319_01_T2
03/2017	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08_L1GT_217103_20170306_20170316_01_T2
01/2020	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08_L1GT_216104_20200119_20200128_01_T2

En la quebrada Shallap también se emplearon imágenes Landsat 4-5, 7 y 8 con una resolución espacial de 30 m (Tabla 5). Para delimitar la cobertura glaciar en la primera etapa se procedió a seleccionar la imagen más antigua, y aquella sin nieve y/o la menor cobertura de nieve; posterior a ello se seleccionó la mejor imagen para cada año en adelante. Concluida esta fase se prosiguió con la delimitación de la cobertura glaciar a través de Google Earth Engine Code (GGE), aplicando índices de nieve (NDSI).

Para precisar la geomorfología y/o corregir la delimitación se utilizó dos modelos digitales de elevación (DEM), un modelo para para la Isla Rey Jorge donde se

utilizó TanDEM-X de 90 m. (Huber *et al.* 2012) descargadas desde el portal <https://geoservice.dlr.de/web/dataguide/tdm90/> y un segundo modelo para la Quebrada Shallap donde se empleó Alos Pasar de 12.5 m. (Laurencelle *et al.* 2015) descargadas desde el portal <https://asf.alaska.edu/>. Los DEMs también fueron empleados para la determinar las características geomorfológicas de los glaciares, principalmente la altitud, pendiente y orientación.

En la etapa final se analizó los cambios multitemporales de la cobertura glaciaria en cada zona de estudio.

Tabla 5: Imágenes satelitales base en la quebrada Shallap

MES/AÑO	SENSOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL (m.)	IMÁGEN SATELITAL
08/1988	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19880805
12/1989	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19891230
08/1990	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19900811
10/1991	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19911001
07/1992	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19920731
07/1993	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19930702
10/1994	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19941009
08/1995	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19950825
08/1996	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19960811
07/1997	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19970729
09/1998	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19980902
08/1999	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_19990820
11/2000	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20001110
08/2001	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20010809
07/2002	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20020719
10/2003	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20031018
08/2004	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20040801
07/2005	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20050703
07/2006	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20060722
10/2007	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20071005
08/2008	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20080812
09/2009	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20090908
08/2010	TM (Landsat 5)	30	LT05/C01/T1_TOA/LT05_008067_20100818
08/2011	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20110813
08/2012	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20120831
09/2013	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20130903
08/2014	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20140821
09/2015	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08/C01/T1_TOA/LC08_008067_20150901
08/2016	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20160826
07/2017	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08/C01/T1_TOA/LC08_008066_20170720
09/2018	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08/C01/T1_TOA/LC08_008067_20180909
08/2019	OLI/TIRS (Landsat 8)	30	LC08/C01/T1_TOA/LC08_008067_20190827
08/2020	ETM+ (Landsat 7)	30	LE07/C01/T1_TOA/LE07_008067_20200805

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1. Análisis de la información de temperatura y precipitación

De toda la información de temperatura y precipitación recopilada para la investigación, se priorizó estaciones con la mayor cantidad de datos para el periodo de estudio, 1980-2019. Los datos faltantes se completaron, mediante regresiones lineales utilizando como indicador el coeficiente de determinación (R^2) (Martínez Rodríguez 2005):

$$R^2 = \frac{\sigma_{XY}^2}{\sigma_X^2 \sigma_Y^2}$$

Dónde: σ_{XY} es la covarianza de (X, Y), σ_X^2 es la varianza de la variable X, σ_Y^2 es la varianza de la variable Y.

En la Isla Rey Jorge se consideró solo estaciones donde el R^2 fuera superior a 0.70 para la temperatura y superior a 0.55 para la precipitación.

En la Tabla 2 se muestra las estaciones y sus respectivas variables (temperatura y precipitación) consideradas para el estudio a paso mensual en cada zona de estudio. Las series históricas mensuales completas comprenden el periodo enero de 1980 a diciembre del 2019.

La escala temporal utilizada para el análisis de los datos meteorológicos fue organizado en promedios anuales (Setiembre_(año n) – Agosto_(año n+1)) y periodo estacional para ambas zonas de estudio acorde a:

- Primavera: Setiembre_(año n), Octubre_(año n), Noviembre_(año n) (SON)
- Verano: Diciembre_(año n), Enero_(año n+1), Febrero_(año n+1) (DEF)
- Otoño: Marzo_(año n+1), Abril_(año n+1), Mayo_(año n+1) (MAM)
- Invierno: Junio_(año n+1), Julio_(año n+1), Agosto_(año n+1) (JJA)

3.2.2. Determinación de Teleconexiones

Las teleconexiones buscan determinar el grado de relación que existen entre los indicadores climáticos y las variables meteorológicas utilizadas. Las teleconexiones se determinaron a través del coeficiente R de Pearson que es la fuerza y la dirección de la relación lineal entre

dos variables (Hernández Lalinde *et al.* 2018) . Tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariado conjunto (Restrepo y Gonzáles 2007). El coeficiente de Pearson esta expresado en la siguiente formula.

$$\rho_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

Cov_{xy} : Covarianza entre el valor X e Y

σ_x : Desviación típica de X

σ_y : Desviación típica de Y

Cabe recordar que el coeficiente fluctúa entre $-1 \leq \rho \leq 1$.

Cuando $\rho = +$ la relación es directa entre las variables. Si $\rho = -$ la relación es inversa y si $\rho = 0$ son independientes. Es decir, si el coeficiente de correlación es nulo, únicamente se podría establecer que no hay asociación lineal entre las variables, aunque pueda existir otro tipo de vinculación.

En la investigación el análisis de teleconexiones está orientado a evaluar los posibles efectos de los índices océano – atmosféricos (ONI y SOI) sobre la temperatura y la precipitación, principalmente cuando éstos índices se intensifican (ante la presencia de eventos de El Niño y La Niña). En base a las teleconexiones (se empleó el coeficiente de correlación de Pearson al 95 por ciento de significancia para medir el grado de asociación de los índices océano – atmosféricos, la temperatura y la precipitación) determinadas se evaluó la relación existente entre los datos de precipitación y temperatura de cada estación meteorológica con sus indicadores climáticos. Considerando los índices océano – atmosféricos, la temperatura y precipitación fueron normalizados las variables meteorológicas para una mejor comparación:

$$Z = \frac{Xi - \bar{x}}{\sigma}$$

Donde:

Z: Valor normalizado

X_i : Valor inicial

\bar{x} : Promedio

σ : Desviación estándar

Los valores normalizados fueron agrupados en promedios anuales (Setiembre - Agosto) y periodo estacional para ambas zonas de estudio.

Con el fin de evaluar e identificar fácilmente los valores que alcanzaron la temperatura y la precipitación durante la intensificación de los índices ONI y SOI la información se organizó en función a valores extremos del ONI y SOI resumiendo estas respuestas en un cuadro y gráficos asignándoles la clasificación correspondiente (niveles de ENSO) (Figura 13).

La clasificación de la intensidad de los eventos ENSO de acuerdo a los índices ONI y SOI se realizaron según los Golden Gate Weather Services y Australia's National Weather Climate and Water Agency respectivamente.

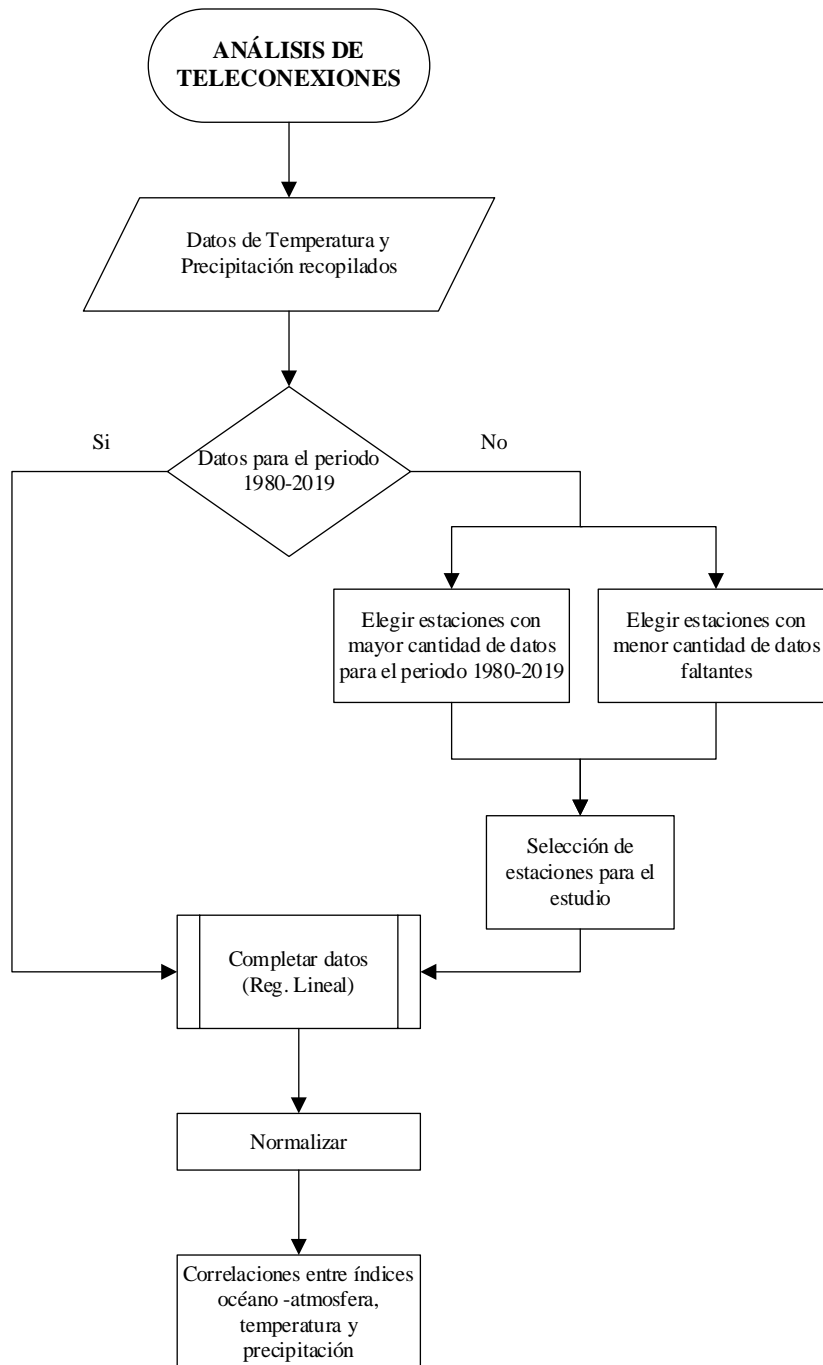


Figura 13: Esquema de la metodología empleada en el análisis de teleconexiones entre los índices océano – atmosféricos, temperatura y precipitación

3.2.3. Percepción remota y teledetección

Para la delimitación de la cobertura glaciar se emplearon imágenes satelitales del programa Landsat como imágenes patrón o base; las cuales son de libre acceso desde el portal web GLOVIS del USGS, web <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen=0>. Así mismo, se empleó imágenes obtenidas del visor Google Earth de mayor resolución como soporte para las inferencias de la geomorfología, mejorar la delimitación frentes glaciares, entre otros.

Un primer nivel de tratamiento de la información consistió en la selección de las imágenes que se consideraban útiles, su selección se basó en 4 criterios importantes:

- Sin cobertura nubosa y/o menor nubosidad sobre el glaciar.
- Sin cobertura nival que perturbara la identificación de la cobertura glaciar, se caracterizó nieve y hielo según las geoformas características de cada uno.
- Temporalmente que no sean del mismo año.
- En lo posible no requieran corrección geográfica (estén disponibles listas para su explotación).

Las imágenes que pasaron este nivel de control fueron presentadas en el capítulo referente a datos en la Tabla 4 y Tabla 5.

Un segundo nivel de tratamiento consistió en la delimitación y corrección de la cobertura glaciar en las dos zonas de estudio. En la IRJ, se empleó la Clasificación GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) versión 6 (RGI Consortium 2017) para segmentar la isla en unidades glaciares. Debido a la incongruencia en algunas zonas se procedió a corregir clasificación GLIMS en base a curvas de nivel (generadas a partir del DEM), sombras y la orientación de la superficie glaciar en la IRJ. En la quebrada Shallap se consideró la delimitación a través del índice NDSI para continuar con una corrección manual, la segmentación de las unidades glaciares en la zona y posteriormente se procedió de manera similar como en el caso de la IRJ. Seguidamente se procedió a caracterizar cada glaciar, dejándolas listas para su tratamiento y evaluación.

Un tercer nivel considera medir la cobertura de hielo para cada glaciar delimitado en el segundo nivel (Figura 14).

Índice Normalizado de Diferenciación de Nieve (NDSI)

El Sistema de Observación de la Tierra - EOS (programa de la NASA) define el índice NDSI como una medida de la magnitud relativa de la diferencia de reflectancia entre el rango visible del espectro (verde), infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR). Controla la varianza de dos bandas (una en el infrarrojo cercano - NIR o en el infrarrojo de onda corta - SWIR y otra en las partes visibles del espectro). La nieve no sólo es muy reflectante en las partes visibles del espectro electromagnético sino también muy absorbente en el infrarrojo cercano (NIR) o en la parte infrarroja de onda corta (SWIR) del espectro mientras que la mayor parte de la reflectancia de las nubes sigue siendo alta en las mismas partes del espectro, lo que permite una buena separación de la mayoría de las nubes y la nieve. Al identificar la presencia de nieve, las herramientas satelitales incluyen mediciones a 0.66 y 1.6 micrómetros.

$$NDSI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR}$$

Donde:

Green: Parte visible Verde del espectro, 0.53 – 0.61 micrómetros

NIR: Infrarrojo de Onda Corta, 1.55 – 1.75 micrómetros

Para las imágenes Landsat 4-5 TM y 7 ETM+ la banda *Green* está representado por la banda 2 y la banda *NIR*, por la banda 5. Mientras que para las imágenes Landsat 8 OLI/TIRS, la banda *Green* está representado por la banda 3 y la banda *NIR*, por la banda 6.

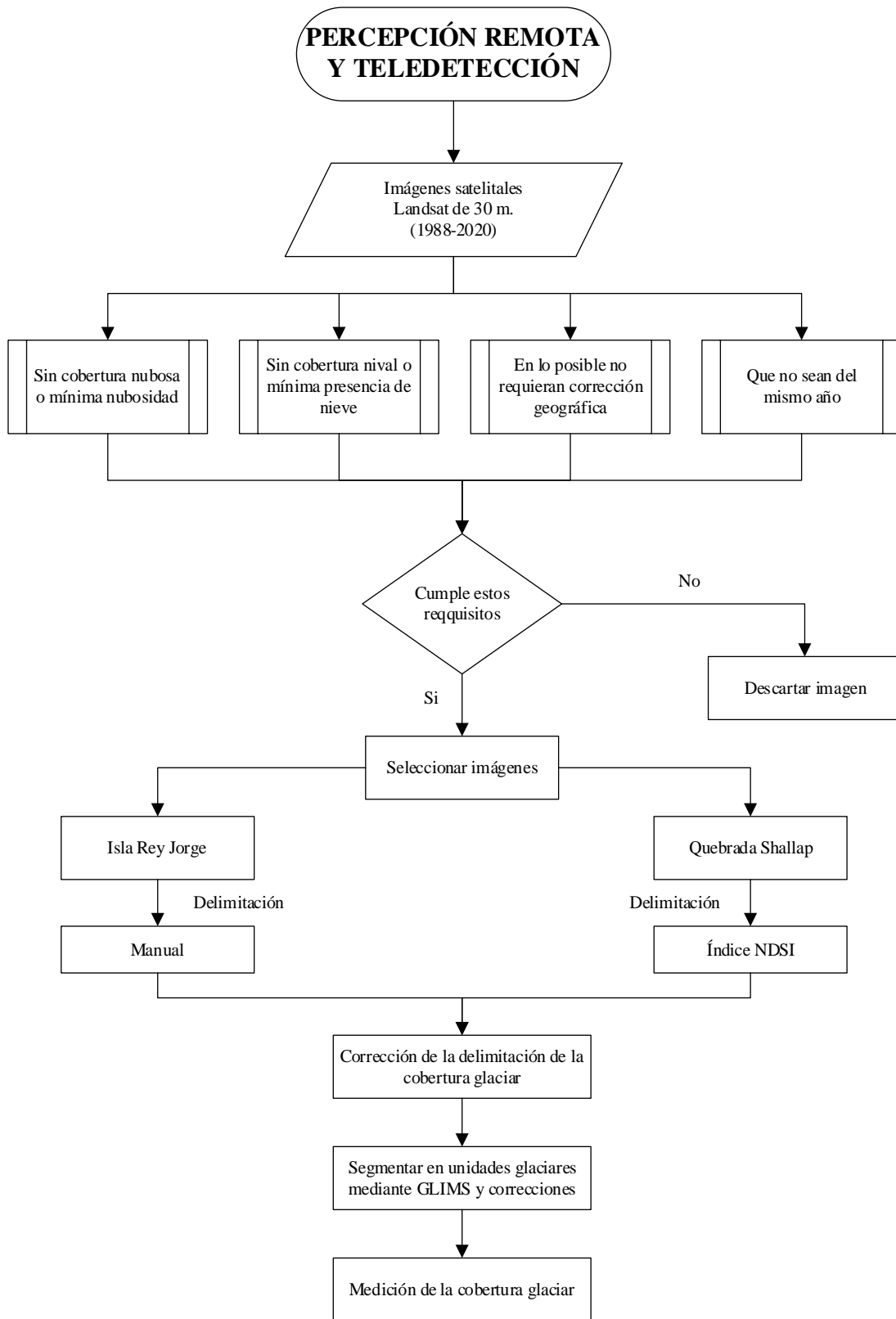


Figura 14: Esquema de la metodología empleada en la percepción remota y teledetección

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN FUNCIÓN DE EVENTOS ENSO

La selección de estos eventos ENSO se ha realizado en razón a los valores extremos que han presentado los índices ONI y SOI; a fin de encontrar una respuesta manifiesta sobre la cobertura glaciaria en las zonas de estudio.

De acuerdo a los índices ONI y SOI se ha determinado los eventos ENSO a tener en cuenta para el estudio se detalla en Tabla 6.

Tabla 6: Eventos ENSO priorizados

El Niño	La Niña
1982/1983	1988/1989
1997/1998	1999/2000
2015/2016	2010/2011

Ramos Alonzo (2018) para el análisis de interrelaciones entre el SOI y la temperatura empleó la categorización establecida por Western Regional Climate Center de la NOAA donde el umbral fuera de las condiciones normales es de ± 0.5 ; mientras el que se empleó para el presente trabajo es de ± 0.7 ; cuyas implicancias se expondrán en las secciones posteriores, como correlaciones más significativas con el ONI posiblemente.

4.2. TELECONEXIONES ENTRE ÍNDICES OCÉANO - ATMOSFÉRICOS Y LA TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

Los resultados obtenidos en el test de correlación de Pearson para un 95 por ciento de significancia entre los índices ONI, SOI, la temperatura máxima, promedio y mínima y la precipitación para el periodo 1980-2019 para ambas zonas de estudio se detallan a continuación:

En general, en la IRJ para la temperatura máxima, promedio y mínima durante SON, DEF y promedio anual se obtuvo los valores más altos de correlación y esta se encuentra alrededor ± 0.4 . Además, que los valores más altos de correlación se presentaron entre el índice ONI y la temperatura en el trimestre SON y anual, seguida por la temperatura mínima y finalmente por la temperatura máxima (Tabla 7) donde se muestra valores de correlación inversa entre el índice ONI y la temperatura en todas las estaciones, lo que indica que cuando el índice ONI se intensifica en el Pacífico 3.4, las temperaturas descienden y/o se hacen más negativas en la gran mayoría de las estaciones durante SON y en el promedio anual. Mientras que en el trimestre DEF los indicios de teleconexiones son más débiles.

Turner *et al.* (2019) explicaron que las correlaciones entre las temperaturas de las estaciones de la Península son mayores en invierno, primavera y de magnitud similar a los datos anuales. Durante estas estaciones, el hielo marino cercano a las estaciones tiene un efecto amortiguador sobre la variabilidad regional de la temperatura y, por lo tanto, aumenta la importancia de las influencias a nivel antártico. Sin embargo, las correlaciones en verano son mucho menores que los valores anuales, ya que la escasa y/o ausencia de hielo marino da lugar a una mayor influencia de los factores locales y, de hecho, existen débiles correlaciones negativas entre algunas estaciones meteorológicas de la Península en verano.

En la Cordillera Blanca, los trimestres en los que se ha podido encontrar valores significativos de correlación son diciembre, enero y febrero (DEF) y los promedios anuales.

Los datos de temperatura en la quebrada Shallap muestran correlaciones, con los índices ONI y SOI, sobre 0.6 en varias series de datos. Se presentó los mayores valores de correlación positiva entre la temperatura en DEF y el índice ONI sin dejar de lado que la correlaciones con índice SOI y la temperatura que también alcanzó valores significativos para algunas series. En la Tabla 7; se evidencia que mientras el índice ONI se acentúa/disminuye en el Pacífico 3.4, la temperatura del aire en la quebrada Shallap también se incrementa/reduce. Los valores de correlación más altos se alcanzaron en el trimestre DEF y la temperatura promedio anual. Los datos de temperatura máxima y mínima de Terra Climate y de temperatura promedio de ERA 5 presentan mejor correlación con el índice ONI y SOI.

Tabla 7: Correlación al 95 por ciento de significancia entre el índice ONI, SOI y la temperatura del aire en los periodos de SON, DEF, MAM, JJA y anual (los valores en **negrita y cursiva representan los valores significativos)**

VAR.	ESTACIÓN	ONI					SOI					
		SON	DEF	MAM	JJA	ANUAL	SON	DEF	MAM	JJA	ANUAL	
Temperatura máxima	IRJ	Frei	-0.17	-0.01	0.02	-0.04	0.02	0.08	-0.13	0.03	0.05	-0.19
		Bellingshausen	-0.39	-0.20	-0.27	-0.22	-0.43	0.30	0.05	0.34	0.15	0.33
		Ferraz	-0.21	-0.11	0.04	-0.27	-0.13	0.12	0.08	-0.20	0.26	0.03
	CB	TerraClimate	0.34	0.81	0.75	0.47	0.72	-0.17	-0.71	-0.67	-0.29	-0.60
		Era5	0.23	0.63	0.61	0.15	0.59	-0.11	-0.56	-0.41	0.03	-0.43
		Pisco v1.0	0.14	0.66	0.46	0.01	0.29	-0.04	-0.60	-0.38	-0.03	-0.28
Temperatura promedio	IRJ	Frei	-0.39	-0.14	-0.17	-0.23	-0.36	0.31	-0.03	0.22	0.11	0.23
		Bellingshausen	-0.40	-0.20	-0.20	-0.26	-0.40	0.35	0.08	0.27	0.16	0.32
		Ferraz	-0.46	-0.22	-0.17	-0.25	-0.41	0.37	0.14	0.22	0.14	0.31
		Jubany	-0.42	-0.27	-0.18	-0.24	-0.41	0.37	0.17	0.25	0.14	0.34
		GreatWall	-0.38	-0.25	-0.19	-0.24	-0.38	0.34	0.14	0.23	0.13	0.29
	CB	Merra	0.07	0.61	0.53	0.00	0.43	0.23	-0.46	-0.29	0.17	-0.16
Era5	0.46	0.86	0.82	0.22	0.75	-0.21	-0.75	-0.62	-0.05	-0.59		
Temperatura mínima	IRJ	Frei	-0.28	-0.10	-0.20	-0.34	-0.40	0.26	-0.01	0.11	0.19	0.28
		Bellingshausen	-0.42	-0.16	-0.17	-0.25	-0.37	0.38	0.08	0.23	0.10	0.28
		Ferraz	-0.24	-0.21	-0.20	-0.31	-0.41	0.20	0.13	0.21	0.18	0.34
	CB	TerraClimate	0.36	0.82	0.72	0.48	0.67	-0.18	-0.72	-0.63	-0.30	-0.56
		Pisco v1.0	0.36	0.29	0.08	-0.04	0.26	-0.24	-0.09	0.13	0.13	-0.10

Los valores de correlación de Pearson entre la temperatura (máxima, mínima y promedio) y los índices ONI y SOI más altos obtenidos son de alrededor ± 0.4 para las estaciones situadas en la IRJ; los que guardan relación con los resultados obtenido por Clem *et al.* (2016) donde emplearon los índices SOI, Niño 3.4 e índices antárticos con datos meteorológicos observados para el período 1979-2015.

La precipitación tanto en las estaciones de la IRJ y como en la quebrada Shallap y sus alrededores presentan correlaciones menos significativas en relación a la temperatura (Tabla 8).

Tabla 8: Correlación al 95 por ciento de significancia entre el índice ONI, SOI y la precipitación en los periodos de SON, DEF, MAM, JJA y anual (los valores en negrita y cursiva representan los valores significativos)

VAR.	ESTACIÓN	ONI					SOI					
		SON	DEF	MAM	JJA	ANUAL	SON	DEF	MAM	JJA	ANUAL	
Precipitación	IRJ	Frei	-0.09	-0.09	0.14	0.03	0.10	0.02	-0.07	0.23	0.18	-0.02
		Bellingshausen	-0.26	-0.05	0.05	-0.04	0.00	0.29	0.10	0.17	0.30	0.08
	CB	Hz	-0.04	-0.27	-0.18	-0.11	-0.28	0.08	0.28	0.19	0.18	0.29
		Paron	-0.04	-0.26	0.04	-0.08	-0.22	0.13	0.42	-0.05	0.19	0.33
		Cahuish	0.11	-0.12	0.03	0.07	-0.02	-0.13	0.25	-0.05	0.03	0.06
		Era5	0.24	0.23	-0.07	0.07	0.15	-0.20	-0.08	0.05	-0.09	-0.15
		Pisco v1.1	0.27	-0.09	-0.20	-0.05	-0.14	-0.28	0.20	0.14	-0.08	0.13

4.2.1. Relaciones entre el ONI y la temperatura

Los datos de temperatura y precipitación fueron organizados en función de los valores extremos del índice ONI, es así que en las Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14 y Tabla 15; los años en la parte superior de la tablas representan el periodo donde el ONI alcanzó los 5 valores extremos entre 1980-2019. Los valores que superan el umbral de 0.5 fueron clasificados en rangos que comprenden de 0.5 hasta 1.4 y mayores a 1.4. En tanto que los valores por debajo de -0.5 se organizaron las siguientes categorías de -0.5 hasta -1.4 y menores a -1.4 (Tabla 9).

La Tabla 10 muestra los años de eventos de La Niña más intensas, 1998/99, 1988/89, 1999/00, 2007/08 y 2010/11 en orden descendente para el periodo 1980-2019 a paso anual desarrollados en la zona 3.4 del Pacífico acorde al índice ONI; mientras que los eventos El Niño en orden descendente están constituidas por los años 1982/83, 2015/16, 1997/98, 1986/87 y 1991/92.

Tabla 9: Categorización de la temperatura y precipitación para el índice ONI

Código	Rango	Descripción
	>1.4	Incremento de temperatura/precipitación de fuerte a muy fuerte
	<0.5_1.4]	Incremento de temperatura/precipitación de débil a moderado
	[0_0.5]	Neutro
	[0_-0.5]	Neutro
	<-0.5_-1.4]	Disminución de temperatura/precipitación de débil a moderado
	<-1.4	Disminución de temperatura/precipitación de fuerte a muy fuerte

En los registros de temperatura promedio anual se encontró buenos resultados y congruente con varias publicaciones; sin embargo, es necesario hacer un análisis más detallado en los periodos donde los eventos de La Niña y el Niño manifiestan alcanzar los niveles más altos, índice ONI con los valores pico positivos y negativos; es en este sentido que en esta investigación se requiere evaluar los trimestres SON y DEF (periodos más cálidos en el hemisferio sur).

- **Isla Rey Jorge**

Para el análisis de las teleconexiones se tuvo en cuenta principalmente las estaciones de Bellingshausen y Ferraz debido a que la primera corresponde a la estación con la serie de datos más larga y más empleada en los estudios. La estación Ferraz se encuentra próxima a la base científica peruana Macchupicchu.

Periodo Anual

En la Isla Rey Jorge durante el evento de La Niña 1988/89 las temperaturas máximas, promedio y mínimas fueron más cálidas en casi todas las estaciones, manteniéndose cálidas también en los años Niña de 1998/99 y 1999/00; mientras que para el año 2010/11

se manifiestan temperaturas del aire moderadamente más frías al promedio, es decir, temperaturas más frías en relación a los años La Niña anteriormente mencionadas (Figura 15 y Figura 16).

El Niño 1997/98 y 1982/83 (ambos clasificados como El Niño muy fuerte) evidenciaron temperaturas promedio, máximas y mínimas ligeramente más cálidas; en contraste, El Niño 2015/16 muestra temperaturas máximas ligeramente más frías y las temperaturas promedio y mínima se mantienen neutras durante el desarrollo de este evento clasificado como uno de los años El Niño muy fuerte (Figura 15 y Figura 16).

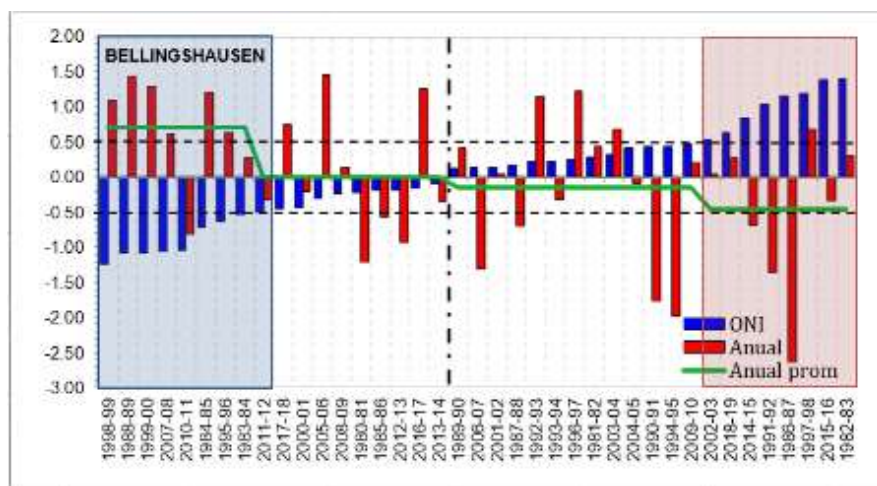


Figura 15: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI anual para el periodo 1980-2019

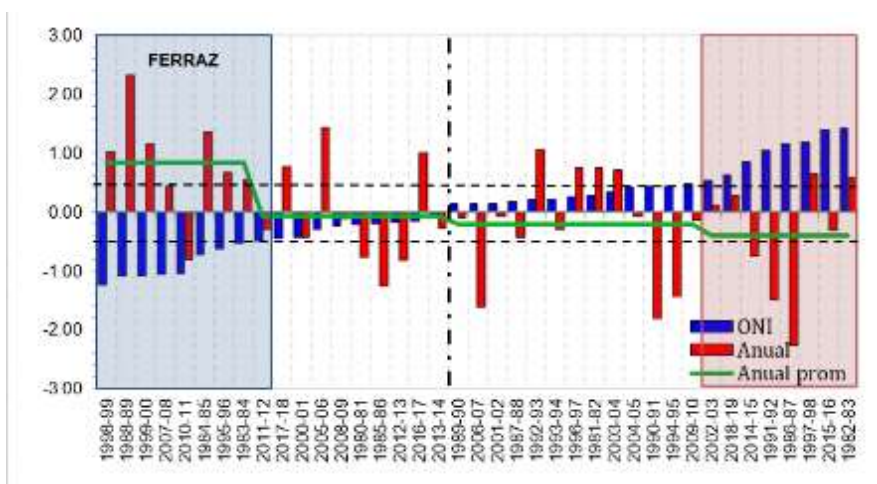


Figura 16: Temperatura promedio en la estación Ferraz e índice ONI anual para el periodo 1980-2019

Periodo SON

En el trimestre SON se revela un calentamiento para el año la Niña 2010/11, condiciones relativamente más frías para La Niña 1998-99 y 2007/08 y las temperaturas permanecen neutras durante los eventos de La Niña 1988/89 (a excepción de la temperatura máxima en la estación Frei, la temperatura media en la estación Jubany y la temperatura mínima en la estación Ferraz) y 1999/00 cuando el índice ONI presentaba sus valores más bajos para este trimestre. En tanto que, durante los eventos de El Niño 2015/16 y 1997/98 se muestra un significativo enfriamiento principalmente en el periodo 1997/98; sin embargo, durante El Niño 1982/83 se muestran temperaturas solamente desde condiciones neutras o normales a ligeramente más frías en algunas estaciones; se evidencian estos registros a pesar que estos 3 eventos de El Niño pertenecen a la misma clasificación de muy fuertes para este índice (Tabla 11, Figura 17 y Figura 18). En la Figura 17 se muestra gráficamente este comportamiento, con la precisión de que para la temperatura promedio en la estación Bellingshausen el año La Niña 2007/08 se encuentra muy próximo al límite de las condiciones de temperaturas normales, El Niño 1982/83 en la temperatura promedio en la estación Bellingshausen permanece unos puntos por encima de las condiciones normales o neutras y en la estación Ferraz la temperatura se encuentra entre de los valores neutros o normales (Figura 18).

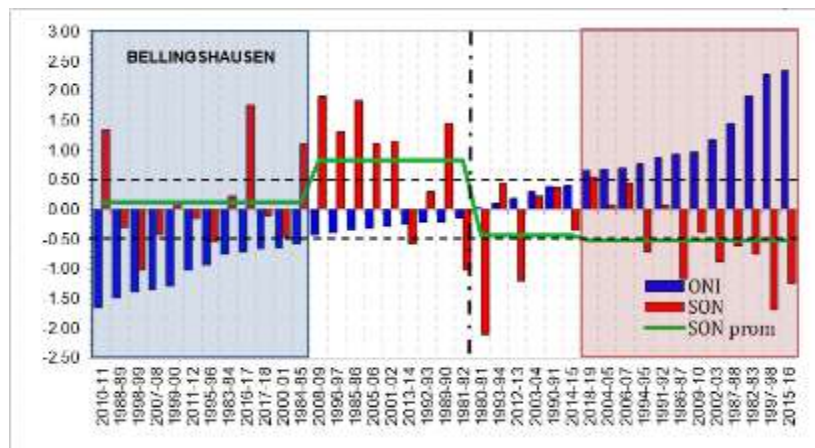


Figura 17: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019

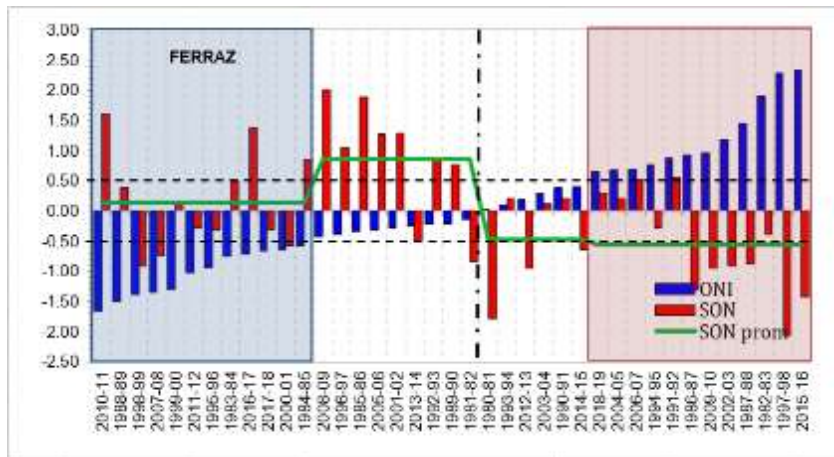


Figura 18: Temperatura promedio SON en la estación Ferraz e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019

Periodo DEF

En el trimestre DEF, la temperatura máxima, promedio y mínima en la estación Bellingshausen durante el evento de La Niña 1999/00 exhibe un ligero calentamiento; en tanto que, durante el año La Niña 1998/99, las estaciones Ferraz (temperatura máxima), Jubany (temperatura promedio), Bellingshausen (temperatura mínima), Frei (temperatura mínima) y Ferraz (temperatura mínima) manifiestan un calentamiento ligero. Los años La Niña 1988/89, 2007/08 y 2010/11 registran valores neutros o normales con ciertos picos durante la intensificación de anomalías negativas en el Pacífico zona 3.4 (Tabla 12).

El Niño 2015/16 muestra un enfriamiento evidente alcanzando los valores más bajos en este periodo en la mayoría de las estaciones. En contraste a este hecho, El Niño 1997/98 exhibe un incremento de la temperatura del aire (Figura 19 y Figura 20) a excepción de la estación Ferraz (en la temperatura mínima); y es en esta magnitud, pero de manera inversa, el año 2009/10 evidencia el reducción de la temperatura del aire y el año 1991/92 registra una disminución de la temperatura promedio (estación Ferraz, Jubany y Great Wall), temperatura mínima y máxima (estación Ferraz) en menor medida; El Niño 1982/83 registra un incremento de la temperatura (estación Frei-temperatura máxima, promedio y mínima,); sin embargo, durante este evento también existen estaciones que registran condiciones neutras (Tabla 12).

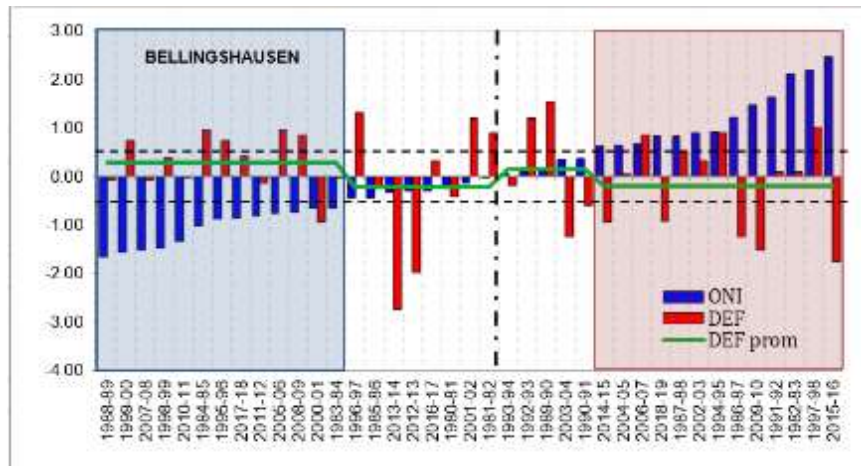


Figura 19: Temperatura promedio en la estación Bellingshausen e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019

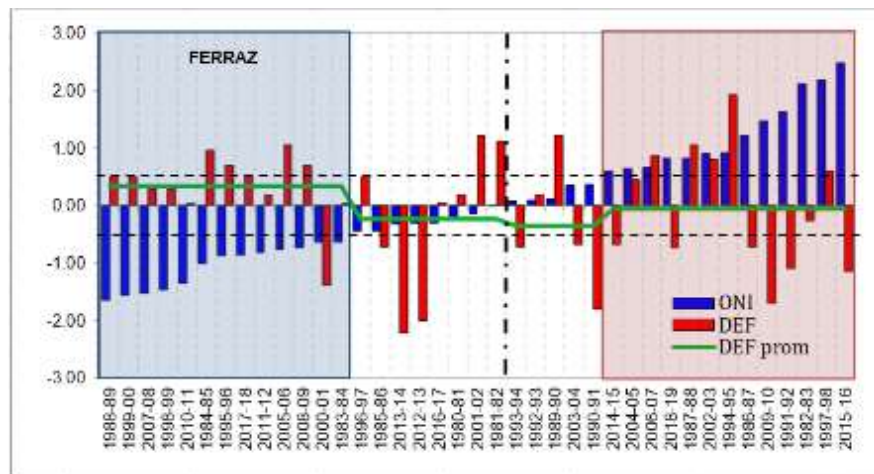


Figura 20: Temperatura promedio en la estación Ferraz e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019

- **Cordillera Blanca - Quebrada Shallap**

Periodo Anual

La influencia de las anomalías positivas y negativas fuera de los rangos normales son ciertamente relativamente más claras en la Cordillera Blanca. Es así que, en general, los eventos La Niña 1988/89 (temperaturas promedio y mínimas), 2007/08 (temperaturas mínimas) y 2010/11 (temperaturas máximas, medias y mínimas) revelaron valores más bajos al rango normal; cabe precisar que, existen estaciones que presentan valores fuera de esta afirmación (Tabla 10, Figura 21 y Figura 22).

Durante los años El Niño 1997/98, 2015/16 y 1982/83, las temperaturas máximas, promedio (en Era 5) y mínimas exponen los valores más altos en cada uno de estos eventos clasificados como muy fuertes (Tabla 10, Figura 21 y Figura 22).

En las Figura 21 y Figura 22 también se manifiestan las correlaciones directas descritas anteriormente entre el índice ONI y la temperatura durante eventos El Niño y La Niña a excepción del 2007/08 y 2010/11 en la temperatura promedio anual de Merra 2.

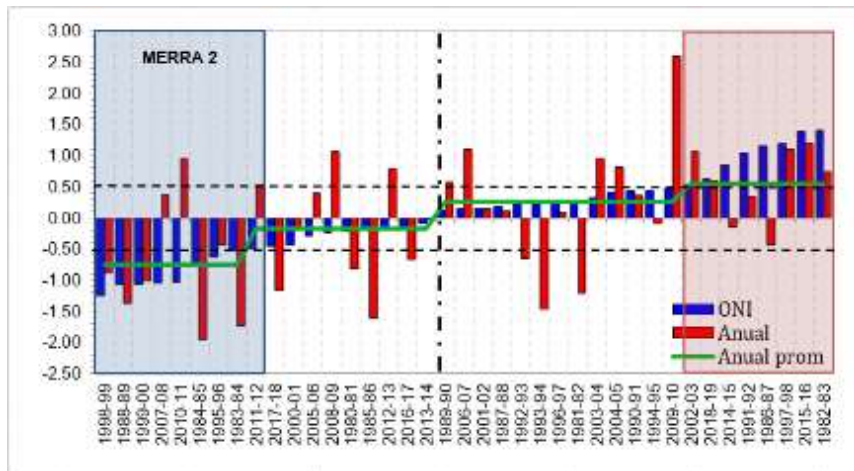


Figura 21: Temperatura promedio Merra 2 e índice ONI anual para el periodo 1980-2019

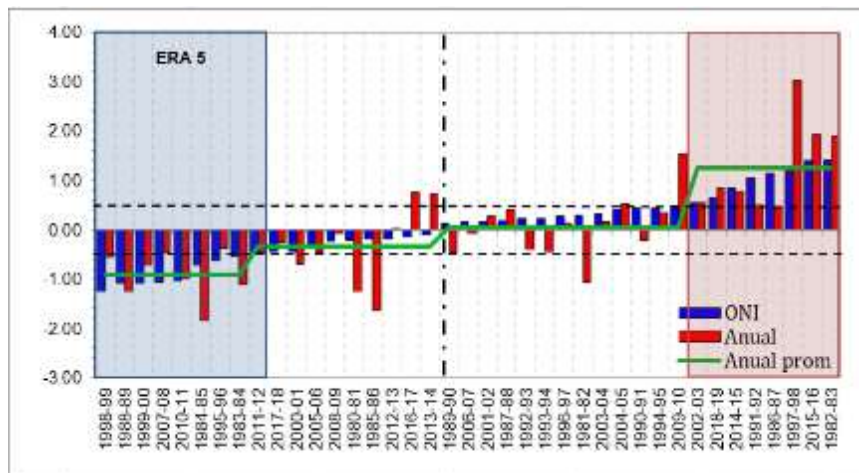


Figura 22: Temperatura promedio Era 5 e índice ONI anual para el periodo 1980-2019

Periodo SON

Durante La Niña 2010/11, el registro de temperatura máxima de Era 5 muestra una disminución significativa de la temperatura (Figura 23), y una menor disminución en el registro de Terra Climate (temperatura máxima y mínima). La temperatura promedio para

Era 5 (Figura 24), la temperatura mínima para Terra Climate y Pisco v1.0 también muestra un ligero enfriamiento durante este evento La Niña. Similar comportamiento se presenta durante el año 2007/08, denotando una disminución de la temperatura máxima (Terra Climate y Era 5), promedio (Era 5) y mínima (Terra Climate). Los eventos La Niña 1988/89, 1998/99 y 1999/00 presentan temperaturas dentro de límites de rango neutras o normales en su gran mayoría a excepción de registros como Era-5 (temperatura máxima y promedio en 1998/99) y Merra 2 (temperatura promedio en 2007/08) donde evidencian un calentamiento (Tabla 11).

Los eventos de El Niño 1997/98 y 2015/16 exponen un claro incremento de la temperatura promedio alcanzando los niveles máximos en varios de ellos; por su lado El Niño 1982/83 se mantiene en condiciones normales, a excepción de Merra 2 (se muestra una disminución de la temperatura promedio) y Pisco v1.0 (muestra incremento de la temperatura mínima) (Tabla 11, Figura 23 y Figura 24).

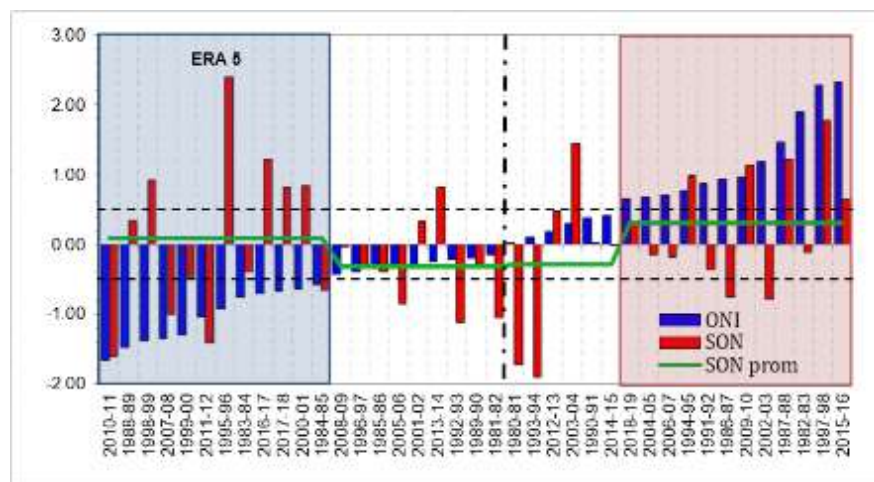


Figura 23: Temperatura máxima de Era 5 e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019

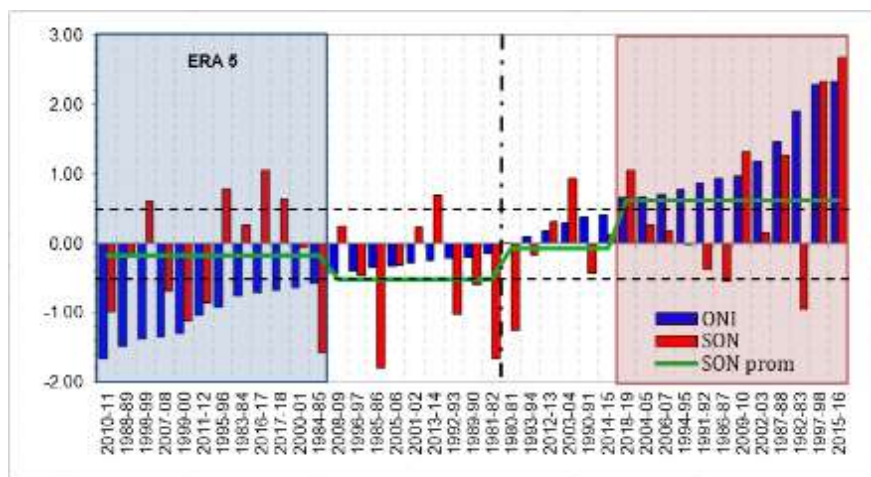


Figura 24: Temperatura promedio de Era 5 e índice ONI durante SON para el periodo 1980-2019

Periodo DEF

Los eventos de La Niña 1988/89, 1999/00, 2007/08, 1998/99 y 2010/11 muestran ligero enfriamiento alcanzando los máximos niveles en los registros de temperatura promedio en 1988/89 (Merra 2) y 2010/11 (Era 5) (Figura 25 y Figura 26). En tanto que los periodos El Niño 2015/16, 1997/98, 1982/83, 1991/92 y 2009/10 exponen un calentamiento hasta alcanzar valores más altos (Figura 25 y Figura 26) con excepción del registro Pisco v1.0 para la temperatura mínima en 1991/92 y 1982/83. En el trimestre DEF los eventos El Niño exhiben mayor intensificación en comparación a los eventos La Niña (Tabla 12).

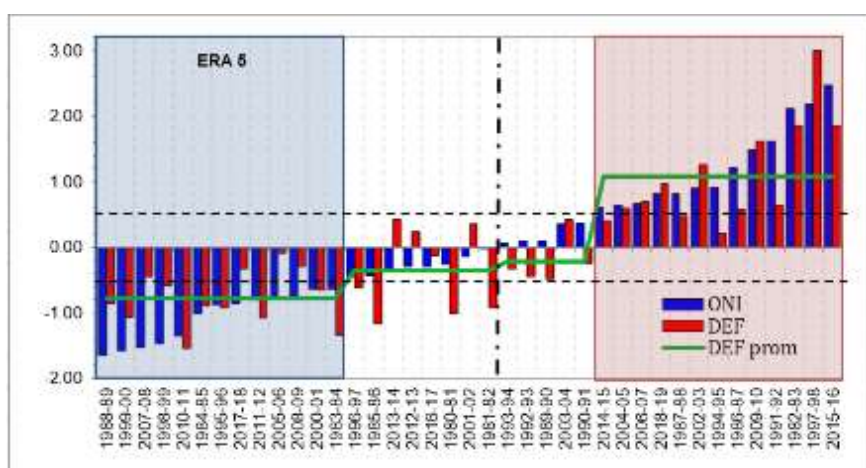


Figura 25: Temperatura promedio de Era 5 e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019

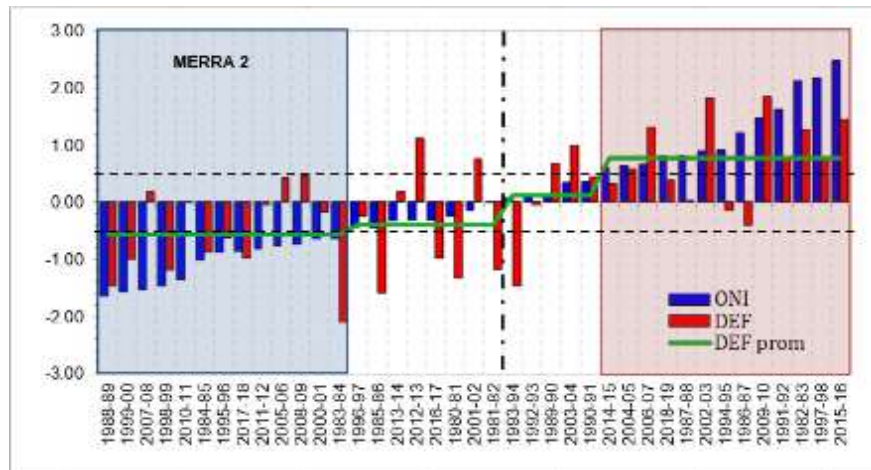


Figura 26: Temperatura promedio de Merra 2 e índice ONI durante DEF para el periodo 1980-2019

En la Isla Rey Jorge, del análisis de los registros de temperatura anual y los trimestres SON y DEF; se muestra una correlación inversa relativamente más clara en el registro de temperatura anual para los eventos de La Niña, haciendo más débil en el trimestre SON y prácticamente desapareciendo estas posibles respuestas en el trimestre DEF donde se muestra registros más heterogéneos en términos de temperatura. Por otro lado, de los eventos El Niño se asevera que El Niño 2015/2016 se caracteriza por un enfriamiento (registro anual y DEF, y más débil en SON); El Niño 1997/98 expone un incremento de la temperatura en el registro anual y DEF, contradictoriamente un enfriamiento en el trimestre SON y El Niño 1982/83 presenta un calentamiento en el registro anual, un débil enfriamiento en el trimestre SON y respuestas más heterogéneas en DEF. Las respuestas más dispersas explican los bajos valores correlación entre el índice ONI y la temperatura del aire esta zona de estudio, mostrando comportamientos totalmente opuestos para un evento incluso de la misma clasificación.

En la Cordillera Blanca se tienen respuestas más claras, donde las temperaturas disminuyen durante un evento de La Niña y se incrementan cuando se presenta un evento de El Niño; estos resultados son concordantes con investigaciones desarrollados por varios autores citados en la sección anterior.

Tabla 10: Relación entre el índice ONI y las temperaturas anuales

ANUAL	Estación	La Niña					El Niño									
		1998-99	1988-89	1999-00	2007-08	2010-11	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	1991-92	1986-87	1997-98	2015-16	1982-83	
Tmax	IRJ	Bellingshausen	0.87	1.55	0.98	0.50	-0.70	0.68	0.05	-0.06	-0.65	-1.26	-2.54	0.62	-0.73	0.34
		Frei	-0.87	1.90	-0.19	-0.40	-0.95	0.14	-0.31	0.15	0.14	0.10	0.27	0.82	-1.39	1.17
		Ferraz	1.13	0.07	0.29	-0.25	-0.10	0.49	-0.43	0.13	-0.17	-0.83	-0.63	1.90	-1.79	0.98
	CB	Terra Climate	-0.67	-1.13	0.02	-1.07	-0.92	-0.88	-0.51	0.18	1.21	0.46	0.49	3.06	1.45	1.81
		Era 5	-0.13	-0.46	-0.75	-0.40	-1.18	-0.66	-0.30	0.03	1.00	0.35	0.49	2.75	1.64	1.60
		Pisco v1.0	-0.11	-0.44	-0.24	0.23	0.13	-0.21	-0.53	0.42	0.19	0.53	0.55	1.25	-0.80	1.63
Tprom	IRJ	Bellingshausen	1.08	1.43	1.28	0.62	-0.81	0.71	0.00	-0.16	-0.46	-1.35	-2.63	0.69	-0.34	0.30
		Frei	0.65	1.81	1.26	0.40	-1.14	0.66	-0.05	-0.11	-0.42	-1.46	-2.22	0.44	-0.47	0.63
		Ferraz	1.02	2.33	1.16	0.42	-0.81	0.84	-0.08	-0.21	-0.40	-1.49	-2.27	0.64	-0.32	0.59
		Jubany	1.13	1.20	1.14	0.72	-0.76	0.69	0.14	-0.23	-0.49	-1.89	-2.39	0.33	0.10	0.53
		Great Wall	1.02	1.52	1.45	0.50	-1.18	0.69	0.07	-0.24	-0.40	-1.93	-2.34	0.50	-0.03	0.56
	CB	Era 5	-0.55	-1.26	-0.72	-0.47	-0.99	-0.92	-0.33	0.05	1.25	0.50	0.45	3.02	1.93	1.91
Merra 2	-0.88	-1.37	-1.01	0.38	0.95	-0.76	-0.17	0.25	0.55	0.34	-0.44	1.10	1.18	0.74		
Tmin	IRJ	Bellingshausen	1.27	1.43	1.46	0.74	-0.51	0.82	-0.23	-0.05	-0.45	-1.23	-2.55	0.71	-0.12	0.42
		Frei	1.43	1.77	1.73	-0.11	-0.74	0.78	-0.10	-0.20	-0.32	-1.81	-2.49	0.73	-0.41	1.15
		Ferraz	1.11	2.20	1.36	0.07	-0.36	0.78	0.00	-0.20	-0.45	-2.43	-1.99	-0.94	0.91	0.61
	CB	Terra Climate	-0.68	-1.12	-0.02	-1.07	-0.92	-0.88	-0.41	0.14	1.16	0.40	0.44	2.89	1.35	1.70
		Pisco v1.0	0.02	-0.73	-0.37	-0.79	-0.16	-0.45	0.12	-0.11	0.49	-1.20	-1.42	1.40	2.50	0.47

Tabla 11: Relación entre el índice ONI y las temperaturas en el trimestre SON

SON	Estación	La Niña					El Niño									
		2010-11	1988-89	1998-99	2007-08	1999-00	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	2002-03	1987-88	1982-83	1997-98	2015-16	
Tmax	IRJ	Bellingshausen	1.34	-0.12	-1.10	-0.29	-0.07	0.15	0.79	-0.48	-0.49	-1.02	-0.59	-0.42	-1.74	-1.36
		Frei	-0.70	1.39	-1.46	-0.34	-0.14	-0.14	0.72	-0.01	-0.40	0.83	-0.49	0.12	0.27	-2.22
		Ferraz	-0.27	0.12	1.99	-0.44	-0.29	0.23	0.43	-0.92	-0.16	0.63	-0.57	1.32	0.68	-2.08
	CB	Terra Climate	-0.93	0.01	0.28	-1.14	-0.19	0.04	-0.51	0.09	0.30	0.68	0.48	-0.33	2.37	1.76
		Era 5	-1.61	0.34	0.92	-1.01	-0.47	0.08	-0.33	-0.29	0.31	-0.79	1.22	-0.11	1.78	0.64
		Pisco v1.0	0.56	0.25	0.45	0.23	-0.15	-0.27	0.26	-0.21	0.18	0.26	0.59	-0.21	0.69	0.87
Tprom	IRJ	Bellingshausen	1.35	-0.29	-1.03	-0.43	0.12	0.13	0.83	-0.44	-0.53	-0.89	-0.61	-0.75	-1.69	-1.24
		Frei	1.32	-0.17	-1.23	-0.57	0.08	0.07	0.86	-0.38	-0.53	-0.94	-0.39	-0.57	-1.81	-1.45
		Ferraz	1.61	0.39	-0.91	-0.73	0.18	0.15	0.86	-0.48	-0.56	-0.91	-0.88	-0.39	-2.07	-1.42
		Jubany	1.66	-0.78	-0.98	-0.69	-0.01	0.14	0.82	-0.39	-0.56	-0.98	-0.56	-0.57	-2.04	-1.17
		Great Wall	1.28	-0.43	-1.38	-0.84	0.11	0.10	0.85	-0.34	-0.57	-1.09	-0.51	-0.39	-1.89	-1.09
	CB	Era 5	-0.98	-0.17	0.61	-0.69	-1.12	-0.18	-0.52	-0.08	0.61	0.15	1.27	-0.96	2.32	2.67
		Merra 2	1.49	0.01	-0.14	0.62	-0.10	0.07	-0.29	-0.19	0.24	0.20	0.43	-2.06	1.24	1.67
Tmin	IRJ	Bellingshausen	1.58	-0.17	-0.71	-0.49	0.37	0.17	0.82	-0.49	-0.54	-0.52	-0.47	-0.90	-1.67	-0.95
		Frei	1.41	-0.04	-0.81	-1.17	0.37	0.17	0.53	-0.69	-0.22	-0.24	-0.86	-0.79	-0.96	-0.68
		Ferraz	1.44	0.55	-0.90	-1.25	0.20	0.12	0.51	-0.53	-0.24	-0.02	-0.77	-0.49	-1.72	-0.08
	CB	Terra Climate	-0.96	-0.03	0.23	-1.16	-0.23	0.00	-0.55	0.06	0.39	0.63	0.43	-0.36	2.29	1.69
		Pisco v1.0	-0.90	-0.19	0.12	0.48	-0.68	-0.24	-0.20	-0.20	0.49	1.56	0.39	0.75	1.02	1.38

Tabla 12: Relación entre el índice ONI y las temperaturas en el trimestre DEF

DEF	Estación	La Niña					El Niño									
		1988-89	1999-00	2007-08	1998-99	2010-11	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	2009-10	1991-92	1982-83	1997-98	2015-16	
Tmax	IRJ	Bellingshausen	0.07	0.62	-0.16	0.25	-0.07	0.26	-0.09	0.10	-0.24	-1.45	0.20	0.34	0.99	-1.73
		Frei	0.83	-0.18	0.10	-0.36	-0.51	0.17	-0.37	-0.01	0.06	-1.54	-0.09	0.92	1.10	-1.15
		Ferraz	-0.79	0.35	0.11	1.33	-0.20	0.27	-0.21	-0.59	0.09	-0.55	-0.95	-0.55	1.54	-1.40
	CB	Terra Climate	-1.03	-0.42	-0.93	-0.62	-1.39	-0.69	-0.49	0.03	0.98	1.47	0.60	1.82	3.00	1.72
		Era 5	-0.45	-0.76	-1.13	-0.05	-0.71	-0.54	-0.37	0.05	0.75	0.76	1.03	0.96	2.46	1.74
		Pisco v1.0	-1.14	-1.25	0.03	-0.54	-0.74	-0.63	-0.24	0.15	0.72	0.75	0.59	3.10	1.51	0.83
Tprom	IRJ	Bellingshausen	-0.08	0.73	-0.08	0.38	-0.03	0.28	-0.21	0.14	-0.20	-1.53	0.09	0.09	1.01	-1.76
		Frei	0.27	0.26	-0.22	-0.34	-0.40	0.16	-0.19	0.53	-0.25	-2.02	-0.28	0.62	0.62	-1.54
		Ferraz	0.50	0.50	0.29	0.29	0.04	0.34	-0.24	-0.36	-0.05	-1.70	-1.09	-0.27	0.60	-1.16
		Jubany	-0.06	0.67	0.24	0.55	0.00	0.38	-0.12	-0.06	-0.28	-1.77	-1.59	-0.01	0.98	-1.10
		Great Wall	-0.13	1.07	-0.20	0.36	-0.34	0.27	0.03	-0.03	-0.27	-2.19	-1.55	-0.19	1.28	-0.84
	CB	Era 5	-0.87	-1.07	-0.45	-0.59	-1.55	-0.78	-0.36	-0.22	1.09	1.62	0.64	1.86	3.00	1.86
Merra 2	-1.46	-0.99	0.19	-1.19	-0.01	-0.57	-0.41	0.12	0.77	1.84	0.80	1.28	0.78	1.44		
Tmin	IRJ	Bellingshausen	-0.33	0.75	0.24	0.52	0.12	0.23	-0.22	0.15	-0.15	-1.12	0.12	0.07	1.03	-1.46
		Frei	-0.32	0.67	0.33	1.17	0.14	0.04	-0.21	0.65	-0.16	-1.55	-0.36	0.87	0.83	-1.32
		Ferraz	1.17	0.16	0.53	1.23	0.56	0.08	-0.01	0.08	-0.11	-1.75	-2.07	0.48	-1.29	-0.49
	CB	Terra Climate	-1.03	-0.41	-0.93	-0.62	-1.39	-0.70	-0.48	0.04	0.98	1.50	0.62	1.86	3.05	1.76
		Pisco v1.0	-0.69	-0.24	-0.34	-0.04	0.52	-0.20	0.03	-0.46	0.36	1.99	-1.71	0.07	2.75	0.86

4.2.2. Relaciones entre el ONI y la precipitación

Los valores obtenidos en el análisis de correlación entre la precipitación y el índice ONI no son significativos en ninguna de las zonas de estudio; por lo que no se podría realizar conclusiones categóricas.

- **Isla Rey Jorge**

En el análisis de la precipitación anual se tiene que durante La Niña 2007/08 y 2010/11 en la estación Bellingshausen se registró un incremento ligero de la precipitación. En esta estación, además se registró una reducción significativa de la precipitación en el año 1999/00 y un descenso menor en la estación Frei. Los años restantes evidencian condiciones normales. Mientras que durante El Niño 1982/83 se registra una reducción de las precipitaciones, los eventos El Niño 1997/98 y 2015/16 exhiben valores discordantes; es decir, mientras una estación, para el mismo periodo, registra un incremento de las precipitaciones, la otra estación muestra una reducción para el mismo periodo y viceversa (Tabla 13).

En el trimestre SON, el año 1998/99 presenta un incremento de las precipitaciones, y una disminución en 1999/00; un incremento en el 2007/08 (estación Bellingshausen); una reducción en 1988/89 (estación Frei) y condiciones neutras en 2010/11, este último periodo se presentó los valores más negativos del índice ONI. Durante los eventos El Niño 1982/83 y 1997/98 se evidencia un descenso de las precipitaciones y el año 2015/16 se mantuvo en condiciones neutras o normales (Tabla 14).

En el trimestre DEF, la estación Bellingshausen registra un incremento de la precipitación en los periodos La Niña 1988/89 y 2007/08 y una reducción en los años 1999/00 y 1998/99; mientras que el año 2010/11 se mantiene neutro. En la estación Frei, los años 1999/00 y 2010/11 evidencian una disminución de las precipitaciones. Por otro lado, El Niño 1982/83 registra una disminución de la precipitación; El Niño 1997/98 también registra una reducción en la estación Frei y El Niño 2015/16 presenta condiciones neutras (Tabla 15).

- **Cordillera Blanca - Quebrada Shallap**

En la Tabla 13, los eventos La Niña 1998/99 y 2010/11 presentan un incremento de la precipitación en las estaciones de Huaraz y Parón; así como La Niña 1999/00 en la

estación de Parón y en la data de Pisco v1.1. Sin embargo, también se registraron una disminución de la precipitación para los años La Niña 2007/08 (Era 5 y Pisco v1.1) y 1998/99 (Cahuish y Era 5); además, La Niña 1988/89 y 2007/08 en las estaciones Parón y Cahuish permanecieron como periodos neutros. Por otro lado, los años El Niño 1982/83 y 2015/16 permanecieron neutros a excepción de los registros de Era 5 y Pisco para el periodo 2015/16 donde en el primer registro muestra un incremento y el segundo una reducción para este mismo evento; El Niño 1991/92 registra una reducción; El Niño 1997/98 presenta un aumento de la precipitación para Era 5 y Pisco v1.1, una reducción en la estación de Huaraz y condiciones neutras en las estaciones de Parón y Cahuish, diversos comportamientos ante un mismo evento.

En el trimestre SON, La Niña 2010/11 registra un incremento de la precipitación (estación Huaraz, Parón y Cahuish); las estaciones Huaraz y Parón también evidencian un incremento de la precipitación, el primero en los años 2007/08 y 1999/00 y el segundo en los años 1988/89 y 1998/99. Por el contrario, las estaciones Huaraz y Cahuish muestran una disminución de la precipitación en los periodos 1988/89 y 1998/99; y la presencia de años neutros al margen los valores del índice alcanzados están representados por los años 2007/08 y 1999/00 en la mayoría de los registros. Respecto a los años de El Niño se tiene una reducción de las precipitaciones a condiciones neutras durante los 2015/16 y 1997/98 a excepción para el año 1997/98 en las estaciones Huaraz y Cahuish donde se muestra un descenso de la cantidad de la precipitación. El año 1982/83 presenta un incremento de las precipitaciones (Tabla 14).

En el trimestre DEF, el año 1988/89 registra una disminución de la precipitación, y los eventos 1999/00, 2007/08, 1998/99 y 2010/11 presentan al menos una estación donde se exhibe una reducción de la precipitación; el evento 1998/99 evidencia un incremento de la precipitación en 3 de los 5 registros y el 2010/11 presenta un incremento en las estaciones Parón y Cahuish. Por otro lado, los eventos 1982/83 y 1991/92 presentan una reducción de la precipitación; mientras que los años 1997/98 y 2009/10, un incremento de la precipitación; así mismo, el 2015/16 presenta condiciones neutras a excepción del registro de Era 5 (Tabla 15).

Tabla 13: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones anuales

ANUAL	Estación	La Niña									El Niño				
		1998-99	1988-89	1999-00	2007-08	2010-11	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	1991-92	1986-87	1997-98	2015-16	1982-83
Precipitación	IRJ														
	Bellingshausen	-0.46	-0.35	-1.98	0.92	0.90	-0.32	0.31	0.07	-0.18	0.31	0.21	1.67	-0.89	-1.06
	Frei	-0.04	-0.03	-1.05	-0.39	-0.12	-0.25	0.31	-0.25	0.28	0.54	-0.57	-0.65	2.13	-1.32
	CB														
	Huaraz	1.00	-0.92	-0.22	0.37	0.58	0.30	0.42	-0.29	-0.36	-1.62	-0.71	-1.02	-0.27	0.00
	Paron	0.55	-0.16	0.84	0.37	0.62	0.27	0.28	-0.33	-0.09	-1.37	-0.47	0.15	-0.35	-0.47
	Cahuish	-1.29	-0.16	-1.27	0.33	0.52	-0.15	0.20	0.07	-0.22	-1.48	0.18	-0.50	-0.25	-0.32
Era-5	-0.51	0.91	-0.09	-1.16	-2.01	-0.40	0.27	-0.16	0.33	-2.45	-0.60	1.78	1.05	0.16	
Pisco v1.1	0.42	-0.48	0.62	-0.75	-0.14	0.07	0.35	-0.30	-0.02	-2.07	-0.54	1.46	-0.83	-0.46	

Tabla 14: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones en el trimestre SON

SON	Estación	La Niña									El Niño				
		2010-11	1988-89	1998-99	2007-08	1999-00	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	2002-03	1987-88	1982-83	1997-98	2015-16
Precipitación	IRJ														
	Bellingshausen	0.35	-0.04	0.73	1.14	-0.98	0.35	0.12	-0.21	-0.33	-0.69	-0.22	-0.94	-0.70	-0.07
	Frei	-0.22	-0.70	0.78	-0.16	-0.73	0.10	0.01	0.24	-0.23	-0.44	-0.63	-1.05	-1.20	0.48
	CB														
	Huaraz	1.44	-0.59	-0.76	0.94	0.70	0.12	-0.36	0.22	0.04	-0.75	-0.70	1.07	-0.88	0.49
	Paron	0.93	0.98	0.59	0.49	0.44	0.08	-0.34	0.16	0.10	0.47	-1.17	1.08	0.10	0.10
	Cahuish	1.07	-1.14	-0.74	0.60	-0.34	-0.28	-0.16	0.68	0.06	-0.72	-0.14	0.85	-0.73	0.17
Era-5	-1.73	0.77	0.24	-0.31	0.10	-0.45	0.01	0.56	0.16	1.51	0.28	0.13	-0.07	0.73	
Pisco v1.1	0.11	-0.09	-0.59	-0.23	0.65	-0.32	-0.41	0.40	0.43	1.09	-0.13	1.79	0.12	-0.09	

Tabla 15: Relación entre el índice ONI y las precipitaciones en el trimestre DEF

DEF	Estación	La Niña									El Niño				
		1988-89	1999-00	2007-08	1998-99	2010-11	<-0.5	[-0.5_0]	[0_0.5]	>0.5	2009-10	1991-92	1982-83	1997-98	2015-16
Precipitación	IRJ														
	Bellingshausen	0.55	-1.84	1.29	-0.80	0.40	-0.04	0.01	0.59	-0.19	0.54	0.87	-1.17	0.11	-0.34
	Frei	0.18	-0.64	0.31	-0.35	-1.24	-0.22	0.28	0.73	-0.23	-0.88	0.57	-1.22	-1.10	-0.23
	CB														
	Huaraz	-0.84	-0.26	-0.17	1.22	0.44	0.23	0.57	-0.22	-0.49	0.70	-1.56	-0.08	-0.90	-0.18
	Paron	-0.09	0.55	-0.08	1.63	0.55	0.49	-0.17	-0.34	-0.25	0.81	-0.64	-2.03	0.87	-0.09
	Cahuish	-0.65	-1.34	0.08	-0.56	0.69	0.10	0.34	-0.19	-0.23	0.94	-1.86	-1.28	0.30	0.07
Era-5	0.08	-0.44	-0.72	-0.02	-0.56	-0.09	-0.02	-0.78	0.40	-0.12	-1.83	-0.71	2.83	1.12	
Pisco v1.1	-0.61	0.16	-0.42	0.82	-0.13	0.17	0.12	-0.31	-0.12	0.07	-2.33	-1.13	2.25	-0.30	

4.2.3. Relaciones entre el SOI y la temperatura

Para el análisis de la temperatura y la precipitación, la información fue organizada en función a los valores extremo del SOI, es así que en la Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 los años en la parte superior de la tablas representan el periodo donde el SOI alcanzó sus 5 valores extremos entre 1980-2019. Los valores que superan el umbral de 0.7 representan un incremento de los valores sobre los valores normales o neutros; en tanto que los valores por debajo de -0.7 simbolizan una disminución (Tabla 16).

Tabla 16: Categorización de la temperatura y precipitación para el índice SOI

Código	Rango	Descripción
	>0.7	Incremento de temperatura/precipitación
	[0_0.7]	Neutro
	[-0.7_0]	Neutro
	<-0.7	Disminución de temperatura/precipitación

- **Isla Rey Jorge**

Periodo Anual

En el registro de promedio anual, en los eventos de La Niña 1988/89 y 1998/99 se evidencia un predominante incremento de la temperatura, el evento 2010/11 registra un enfriamiento; mientras que los años 2007/08 y 2008/09 muestran condiciones neutras. En tanto, los eventos de Niño 1997/98 y 1982/83 presentan un calentamiento predominantemente en las temperaturas máximas y mínimas, pero condiciones neutras en los registros de temperaturas promedio; el año 1992/93 también registra un incremento de las temperaturas incluso en los registros de promedios anuales. Cabe mencionar que los años 1986/87 y 1991/92 exhiben una disminución de las temperaturas principalmente en la temperatura promedio y mínima (Tabla 17).

Periodo SON

Los eventos 2010/11 y 2008/09 registran un incremento de la temperatura principalmente en la temperatura promedio y mínima; en contraste al año 1998/99 donde se registra un descenso de las temperaturas. Los años 1988/89 y 2000/01 exponen en general

condiciones normales. En tanto, los eventos de El Niño 2015/16 y 1997/98 se caracterizan principalmente por un enfriamiento; El Niño 1982/83 expone una disminución solamente de la temperatura mínima (estaciones Bellingshausen y Frei) y promedio (estación Bellingshausen) (Tabla 18).

Periodo DEF

Los procesos de teleconexión en el trimestre DEF se tornan más débiles presentando una mayor variabilidad. Solamente durante el evento de La Niña 2008/09 en la mayoría de las estaciones se muestra un incremento en la temperatura promedio (estaciones Bellingshausen y Ferraz) y mínima; los años 2008/09 y 2011/12 muestran un descenso de la temperatura máxima en la estación Frei; el evento 1998/99 registra un incremento de la temperatura máxima (estación Ferraz) y mínima (estaciones Frei y Ferraz). El año 2007/2008 expone condiciones normales. En tanto, el evento de El Niño 1997/98 registra un incremento de las temperaturas, en contraste a El Niño 2015/16 donde predominan temperaturas más frías; mientras que El Niño 1982/83 presenta condiciones neutras a excepción de los registros en la estación Frei donde en la temperatura máxima y mínima muestra un incremento de la temperatura (Tabla 19).

- **Cordillera Blanca – Quebrada Shallap**

Periodo Anual

En el registro de promedio anual, la temperatura máxima y mínima en Terra Climate exhibe un enfriamiento durante los eventos 2010/2011, 1988/89, 2007/08 y 2008/09; Era 5, en 2010/11 (temperatura máxima y promedio) y 1988/89 (temperatura promedio); y Pisco v1.0, en los años 1988/89 y 2007/08 en la temperatura mínima. En relación a eventos de El Niño, los años 1982/83 y 1997/98 se caracterizan por un predominante calentamiento; los años 1986/87 y 1991/92 exteriorizan condiciones neutras a excepción en el registro Pisco v1.0 donde exhibe una disminución de la temperatura mínima; El evento 2015/16 se encuentra fuera del rango de los 5 valores más negativos del SOI (Tabla 17).

Periodo SON

El evento de La Niña 2010/11 muestra un predominante descenso de las temperaturas, el evento 2008/09 registra una disminución de la temperatura máxima y mínima (en Terra Climate); los años restantes, en general, muestran registro de condiciones neutras o normales a excepción del año 2000/01 en la temperatura máxima (Era 5 y Pisco v1.0) donde presenta un incremento de la temperatura. Por su parte en los eventos de El Niño 2015/16 y 1997/98 se muestran un predominante incremento de la temperatura. El Niño 1982/83 presenta registros heterogéneos; en las temperaturas máximas presenta condiciones neutras, en las temperaturas promedio exhibe registros de descenso de la temperatura y en la temperatura mínima evidencia condiciones neutras (Terra Climate) y calentamiento (Pisco v1.0) (Tabla 18).

Periodo DEF

Se presentan condiciones más frías en los años 2010/11, 2007/08 (temperatura máxima – Terra Climate y Era 5 y temperatura mínima – Terra Climate) y 2011/12 (Terra Climate y Era 5). En tanto, los eventos de El Niño 1982/83, 1997/98 y 2015/16 se caracterizan por un incremento de las temperaturas (Tabla 19).

En resumen, en la Isla Rey Jorge, durante La Niña 2010/11 la temperatura promedio anual muestra un descenso, contrariamente al registro en el trimestre SON donde muestra un incremento, mientras que en el trimestre DEF presenta condiciones neutras; La Niña 1988/89 exhibe solo en el registro anual un incremento de la temperatura; el año 2008/09 expone un calentamiento en SON y DEF; el año 1998/99 muestra una disminución de la temperatura durante SON y condiciones opuestas en la temperatura promedio anual. En tanto que El Niño 2015/16 muestra una reducción de la temperatura en los periodos de SON y DEF; El Niño 1997/98 expone un calentamiento en la temperatura promedio anual y el trimestre DEF y un descenso de las temperaturas en el trimestre SON; El Niño 1982/83 presenta repuestas heterogéneas.

En la quebrada Shallap, el evento La Niña 2010/11 presenta los valores positivos más altos del índice SOI en todos los periodos evaluados donde en general la mayoría de los registros evidencian condiciones más frías, ciertamente con estaciones que presentan valores dentro del rango de neutras y a su vez un incremento de las temperaturas en otros; La Niña 1988/89 en todo el periodo de estudio exhibe condiciones neutras en el periodo SON y un

enfriamiento en los registros de temperatura promedio anual, temperatura mínima y promedio; el evento de La Niña 1999/00 no se encuentra entre los cinco valores más altos del SOI. En tanto, El Niño 1982/83 alcanzó el valor más negativo del SOI en todos periodos evaluados; sin embargo, las temperaturas no registran valores tan concluyentes, debido a que presentan registros muy heterogéneos; El Niño 1997/98 y 2015/16 presentan un calentamiento predominante en los periodos analizados.

Tabla 17: Relación entre el índice SOI y las temperaturas anuales

ANUAL	Estación	La Niña									El Niño					
		2010-11	1988-89	2007-08	1998-99	2008-09	<-0.7	[-0.7_0]	[0_-0.7]	>0.7	1992-93	1997-98	1986-87	1991-92	1982-83	
Tmax	IRJ	Bellingshausen	-0.70	1.55	0.50	0.87	0.15	0.46	0.18	-0.31	-0.41	1.09	0.62	-2.54	-1.26	0.34
		Frei	-0.95	1.90	-0.40	-0.87	-1.20	-0.19	-0.08	0.23	0.11	1.81	0.82	0.27	0.10	1.17
		Ferraz	-0.10	0.07	-0.25	1.13	-0.43	0.10	-0.11	0.30	-0.25	-0.32	1.90	-0.63	-0.83	0.98
	CB	Terra Climate	-0.92	-1.13	-1.07	-0.67	-0.83	-0.51	-0.42	0.42	0.77	-0.33	3.06	0.49	0.46	1.81
		Era 5	-1.18	-0.46	-0.40	-0.13	-0.65	-0.38	-0.26	0.14	0.59	-0.55	2.75	0.49	0.35	1.60
		Pisco v1.0	0.13	-0.44	0.23	-0.11	0.29	-0.30	-0.46	0.07	0.50	0.06	1.25	0.55	0.53	1.63
Tprom	IRJ	Bellingshausen	-0.81	1.43	0.62	1.08	0.14	0.46	0.15	-0.26	-0.36	1.14	0.69	-2.63	-1.35	0.30
		Frei	-1.14	1.81	0.40	0.65	-0.25	0.32	0.16	-0.22	-0.27	1.56	0.44	-2.22	-1.46	0.63
		Ferraz	-0.81	2.33	0.42	1.02	-0.11	0.47	0.11	-0.26	-0.32	1.07	0.64	-2.27	-1.49	0.59
		Jubany	-0.76	1.20	0.72	1.13	0.11	0.49	0.21	-0.35	-0.36	1.20	0.33	-2.39	-1.89	0.53
		Great Wall	-1.18	1.52	0.50	1.02	0.01	0.42	0.20	-0.34	-0.31	1.09	0.50	-2.34	-1.93	0.56
	CB	U P 1 E	-0.99	-1.26	-0.47	-0.55	-0.07	-0.59	-0.30	0.10	0.92	-0.40	3.02	0.45	0.50	1.91
		Merra 2	0.95	-1.37	0.38	-0.88	1.07	-0.21	-0.29	0.33	0.16	-0.65	1.10	-0.44	0.34	0.74
Tmin	IRJ	Bellingshausen	-0.51	1.43	0.74	1.27	0.35	0.36	0.00	-0.30	-0.18	1.12	0.71	-2.55	-1.23	0.42
		Frei	-0.74	1.77	-0.11	1.43	-0.08	0.50	-0.01	-0.14	-0.32	0.94	0.73	-2.49	-1.81	1.15
		Ferraz	-0.36	2.20	0.07	1.11	-0.31	0.29	0.14	-0.31	-0.30	0.52	-0.94	-1.99	-2.43	0.61
	CB	Terra Climate	-0.92	-1.12	-1.07	-0.68	-0.83	-0.41	-0.35	0.40	0.70	-0.35	2.89	0.44	0.40	1.70
		Pisco v1.0	-0.16	-0.73	-0.79	0.02	0.20	-0.12	-0.02	0.12	0.20	-0.92	1.40	-1.42	-1.20	0.47

Tabla 18: Relación entre el índice SOI y las temperaturas en el trimestre SON

SON	Estación	La Niña								El Niño						
		2010-11	1988-89	2008-09	2000-01	1998-99	<-0.7	[-0.7_0]	[0_0.7]	>0.7	1991-92	1994-95	2015-16	1997-98	1982-83	
T _{max}	IRJ	Bellingshausen	1.34	-0.12	1.72	-0.42	-1.10	0.18	0.24	0.11	-0.42	0.10	-0.42	-1.36	-1.74	-0.42
		Frei	-0.70	1.39	0.63	-1.00	-1.46	0.04	0.00	0.24	-0.18	-0.04	-0.09	-2.22	0.27	0.12
		Ferraz	-0.27	0.12	0.95	-0.14	1.99	0.23	0.06	-0.02	-0.23	-0.57	-0.31	-2.08	0.68	1.32
		Terra Climate	-0.93	0.01	-0.93	0.41	0.28	-0.08	-0.15	-0.28	0.36	-0.60	0.21	1.76	2.37	-0.33
	CB	Era 5	-1.61	0.34	-0.04	0.83	0.92	-0.25	0.25	-0.18	0.10	-0.37	0.98	0.64	1.78	-0.11
		Pisco v1.0	0.56	0.25	0.58	0.79	0.45	0.10	-0.13	-0.62	0.39	0.30	0.38	0.87	0.69	-0.21
T _{prom}	IRJ	Bellingshausen	1.35	-0.29	1.91	-0.47	-1.03	0.20	0.37	-0.04	-0.45	0.06	-0.71	-1.24	-1.69	-0.75
		Frei	1.32	-0.17	1.61	-0.46	-1.23	0.12	0.35	0.12	-0.46	0.05	-0.50	-1.45	-1.81	-0.57
		Ferraz	1.61	0.39	2.01	-0.57	-0.91	0.26	0.32	-0.06	-0.45	0.55	-0.29	-1.42	-2.07	-0.39
		Jubany	1.66	-0.78	2.11	-0.46	-0.98	0.21	0.42	-0.04	-0.51	-0.33	-0.56	-1.17	-2.04	-0.57
		Great Wall	1.28	-0.43	2.01	-0.22	-1.38	0.16	0.47	-0.02	-0.51	-0.14	-0.65	-1.09	-1.89	-0.39
	CB	Era 5	-0.98	-0.17	0.24	-0.06	0.61	-0.27	-0.10	-0.25	0.46	-0.37	-0.02	2.67	2.32	-0.96
Merra 2	1.49	0.01	0.98	0.31	-0.14	0.41	-0.27	-0.29	0.05	-0.49	-0.72	1.67	1.24	-2.06		
T _{min}	IRJ	Bellingshausen	1.58	-0.17	2.03	-0.39	-0.71	0.23	0.42	-0.25	-0.40	-0.09	-0.65	-0.95	-1.67	-0.90
		Frei	1.41	-0.04	1.10	0.15	-0.81	0.25	0.12	-0.23	-0.17	0.37	0.40	-0.68	-0.96	-0.79
		Ferraz	1.44	0.55	0.54	0.30	-0.90	0.08	0.30	-0.45	-0.05	0.64	0.64	-0.08	-1.72	-0.49
	CB	Terra Climate	-0.96	-0.03	-0.96	0.37	0.23	-0.12	-0.19	-0.08	0.31	-0.63	0.17	1.69	2.29	-0.36
		Pisco v1.0	-0.90	-0.19	0.12	-1.17	0.12	-0.08	-0.10	-0.75	0.59	-0.73	-0.32	1.38	1.02	0.75

Tabla 19: Relación entre el índice SOI y las temperaturas en el trimestre DEF

DEF	Estación	La Niña								El Niño						
		2010-11	2007-08	2008-09	1998-99	2011-12	<-0.7	[-0.7_0]	[0_0.7]	>0.7	2004-05	2015-16	1991-92	1997-98	1982-83	
Tmax	IRJ	Bellingshausen	-0.07	-0.16	0.53	0.25	-0.21	0.11	0.11	-0.71	0.09	-0.03	-1.73	0.20	0.99	0.34
		Frei	-0.51	0.10	-1.27	-0.36	-0.94	-0.02	0.02	-0.54	0.29	1.28	-1.15	-0.09	1.10	0.92
		Ferraz	-0.20	0.11	-0.67	1.33	-0.27	0.07	0.10	-0.28	-0.03	1.48	-1.40	-0.95	1.54	-0.55
	CB	Terra Climate	-1.39	-0.93	-0.78	-0.62	-1.08	-0.73	-0.23	0.03	0.89	0.04	1.72	0.60	3.00	1.82
		Era 5	-0.71	-1.13	-0.62	-0.05	-0.45	-0.51	-0.37	-0.17	0.92	1.09	1.74	1.03	2.46	0.96
		Pisco v1.0	-0.74	0.03	-0.13	-0.54	-0.21	-0.23	-0.65	0.50	0.88	1.14	0.83	0.59	1.51	3.10
Tprom	IRJ	Bellingshausen	-0.03	-0.08	0.84	0.38	-0.14	0.09	0.08	-0.40	0.06	0.03	-1.76	0.09	1.01	0.09
		Frei	-0.40	-0.22	0.38	-0.34	-0.16	-0.15	0.33	-0.59	0.12	0.20	-1.54	-0.28	0.62	0.62
		Ferraz	0.04	0.29	0.70	0.29	0.19	0.13	-0.03	-0.19	0.02	0.45	-1.16	-1.09	0.60	-0.27
		Jubany	0.00	0.24	0.85	0.55	0.24	0.15	0.12	-0.21	-0.11	-0.43	-1.10	-1.59	0.98	-0.01
		Great Wall	-0.34	-0.20	0.86	0.36	0.08	0.18	0.03	-0.04	-0.11	-0.42	-0.84	-1.55	1.28	-0.19
	CB	Era 5	-1.55	-0.45	-0.29	-0.59	-1.08	-0.65	-0.51	0.45	0.97	0.59	1.86	0.64	3.00	1.86
Merra 2	-0.01	0.19	0.47	-1.19	-0.06	-0.34	-0.70	0.69	0.78	0.58	1.44	0.80	0.78	1.28		
Tmin	IRJ	Bellingshausen	0.12	0.24	1.03	0.52	0.01	0.12	-0.02	-0.40	0.15	0.35	-1.46	0.12	1.03	0.07
		Frei	0.14	0.33	0.71	1.17	-0.09	-0.13	0.15	-0.27	0.13	0.29	-1.32	-0.36	0.83	0.87
		Ferraz	0.56	0.53	0.88	1.23	-2.34	0.00	0.08	0.26	-0.07	0.97	-0.49	-2.07	-1.29	0.48
	CB	Terra Climate	-1.39	-0.93	-0.77	-0.62	-1.08	-0.73	-0.24	0.04	0.92	0.05	1.76	0.62	3.05	1.86
		Pisco v1.0	0.52	-0.34	0.52	-0.04	0.32	0.11	-0.35	0.61	0.11	0.52	0.86	-1.71	2.75	0.07

4.2.4. Relaciones entre el SOI y la precipitación

- **Isla Rey Jorge**

En el registro de la precipitación anual durante eventos de La Niña se evidencia condiciones normales o neutras a excepción de los años 2010/11 y 2007/08 en la estación Bellingshausen donde se registra un incremento de las precipitaciones. Durante eventos de El Niño, el año 1982/83 presenta una disminución de las precipitaciones; El Niño 1997/98 muestra un incremento de la precipitación en la estación Bellingshausen; los periodos 1986/87 y 1991/92 permanecieron bajo condiciones neutras o con precipitaciones dentro de rangos normales (Tabla 20).

En el trimestre SON, el año 2000/01 presenta una disminución de la precipitación, contradictoriamente al año 1998/99 donde se registra un ligero incremento; los años restantes muestran condiciones neutras. Durante los eventos de El Niño de 1997/98 (estación Bellingshausen) y 1982/83 (estaciones Bellingshausen y Frei) se evidencian una reducción de la precipitación, El Niño 2015/16 exhibe condiciones neutras (Tabla 21).

En el trimestre DEF se muestra registros más heterogéneos; los años que exhiben una reducción en la cantidad de precipitación son 2010/11, 2008/09, 1998/99 y 2011/12 en al menos una estación; el año 2007/08 muestra un incremento de la precipitación en la estación Bellingshausen. Por otro lado; a diferencia del año 2004/05, el año 1982/83 presenta una disminución de la precipitación, El Niño 1997/98 muestra una reducción en la estación Frei; mientras que El Niño 2015/16 exhibe condiciones normales (Tabla 22).

- **Cordillera Blanca - Quebrada Shallap**

El registro de la precipitación anual muestra un predominante incremento en el año 2008/09; los registros de los años 2010/11, 1988/89, 2007/08 y 1998/99 exhiben condiciones neutras a excepción de los registros en las estaciones de Huaraz, Cahuish y registros de Era 5 y Pisco 1.1 donde en al menos un periodo exhiben una disminución de las precipitaciones. Por otro lado, los eventos de El Niño 1982/1983 y 1986/87 exponen claramente condiciones neutras; El Niño 1997/98 presenta un incremento en los datos de reanálisis, y condiciones neutras

en datos observados; El Niño 2015/16 no alcanzó una posición entre los 5 valores altos del índice SOI (Tabla 20).

En el trimestre SON, los eventos de La Niña 2010/11 y 2008/09 registran un incremento de la precipitación en los datos observados; mientras que en el año 1988/89, además de la estación Parón se muestra un incremento en el registro de Era 5; el año 2000/01 se caracteriza por su ineludible disminución de la precipitación. En tanto, El Niño 1982/83 exhibe un incremento de la precipitación; El Niño 1997/98 presenta una reducción de la precipitación en las estaciones de Huaraz y Cahuish; los años 1991/92, 1994/95 y 2015/16 muestran condiciones neutras a excepción de al menos una estación en cada periodo donde se muestra un descenso o incremento en la cantidad de precipitación (Tabla 21).

En el trimestre DEF, los periodos 2011/12, 1998/99 y 2008/09 presentan un incremento de las precipitaciones; mientras que, los años 2010/11 y 2007/08 en general muestran condiciones normales. En tanto que, durante El Niño 1982/83 las precipitaciones tienen una visible reducción, similar a los años 2004/05 y 1991/92; en el Niño 1997/98 se registra un incremento de las precipitaciones a excepción de las estaciones Huaraz y Cahuish; El Niño 2015/16 presenta condiciones neutras a excepción del registro en Era 5 (Tabla 22).

Tabla 20: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones anuales

ANUAL	Estación	La Niña					El Niño								
		2010-11	1988-89	2007-08	1998-99	2008-09	<-0.7	[-0.7_0]	[0_0.7]	>0.7	1992-93	1997-98	1986-87	1991-92	1982-83
IRJ	Bellingshausen	0.90	-0.35	0.92	-0.46	0.62	0.01	0.12	-0.04	-0.12	0.90	1.67	0.21	0.31	-1.06
	Frei	-0.12	-0.03	-0.39	-0.04	-0.34	-0.50	0.56	-0.42	0.17	0.01	-0.65	-0.57	0.54	-1.32
Precipitación	Huaraz	0.58	-0.92	0.37	1.00	1.92	0.29	0.34	-0.25	-0.50	0.43	-1.02	-0.71	-1.62	0.00
	Parón	0.62	-0.16	0.37	0.55	2.14	0.65	-0.09	-0.18	-0.35	-1.78	0.15	-0.47	-1.37	-0.47
	Cahuish	0.52	-0.16	0.33	-1.29	1.72	0.00	0.15	-0.20	0.00	0.78	-0.50	0.18	-1.48	-0.32
	ERA-5	-2.01	0.91	-1.16	-0.51	0.41	-0.32	0.03	0.05	0.23	0.29	1.78	-0.60	-2.45	0.16
	Pisco v1.1	-0.14	-0.48	-0.75	0.42	0.92	0.29	0.00	-0.15	-0.13	-0.49	1.46	-0.54	-2.07	-0.46

Tabla 21: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones en el trimestre SON

SON	Estación	La Niña					El Niño								
		2010-11	1988-89	2008-09	2000-01	1998-99	<-0.7	[-0.7_0]	[0_0.7]	>0.7	1991-92	1994-95	2015-16	1997-98	1982-83
IRJ	Bellingshausen	0.35	-0.04	-0.19	-0.79	0.73	0.41	0.12	-0.21	-0.32	-0.45	-1.10	-0.07	-0.70	-0.94
	Frei	-0.22	-0.70	-0.30	-0.82	0.78	0.03	-0.11	0.01	0.06	-0.45	-0.19	0.48	-1.20	-1.05
Precipitación	Huaraz	1.44	-0.59	1.83	-0.79	-0.76	0.26	-0.17	-0.11	-0.01	-0.77	-0.25	0.49	-0.88	1.07
	Parón	0.93	0.98	1.27	-1.30	0.59	0.27	-0.10	-0.24	0.00	-0.68	-0.95	0.10	0.10	1.08
	Cahuish	1.07	-1.14	1.44	-1.27	-0.74	-	-0.27	0.16	0.24	-0.51	-0.33	0.17	-0.73	0.85
	ERA-5	-1.73	0.77	-0.49	-1.01	0.24	0.45	-0.07	0.58	0.09	-1.53	-0.18	0.73	-0.07	0.13
	Pisco v1.1	0.11	-0.09	-0.09	-1.65	-0.59	-	-0.29	0.70	0.14	-0.33	-0.37	-0.09	0.12	1.79

Tabla 22: Relación entre el índice SOI y las precipitaciones en el trimestre DEF

DEF	Estación	La Niña					El Niño								
		2010-11	2007-08	2008-09	1998-99	2011-12	<-0.7	[-0.7_0]	[0_0.7]	>0.7	2004-05	2015-16	1991-92	1997-98	1982-83
IRJ	Bellingshausen	0.40	1.29	-0.13	-0.80	0.14	0.03	0.31	-0.87	0.10	1.00	-0.34	0.87	0.11	-1.17
	Frei	-1.24	0.31	-1.44	-0.35	-1.65	-	0.82	-0.43	-0.06	1.03	-0.23	0.57	-1.10	-1.22
Precipitación	Huaraz	0.44	-0.17	0.73	1.22	1.33	0.28	0.25	-0.35	-0.48	-1.66	-0.18	-1.56	-0.90	-0.08
	Parón	0.55	-0.08	0.85	1.63	1.46	0.47	0.05	0.15	-0.68	-1.10	-0.09	-0.64	0.87	-2.03
	Cahuish	0.69	0.08	0.98	-0.56	1.57	0.06	0.34	0.23	-0.56	-1.55	0.07	-1.86	0.30	-1.28
	ERA-5	-0.56	-0.72	0.13	-0.02	0.91	-	-0.04	0.91	-0.20	-0.75	1.12	-1.83	2.83	-0.71
	Pisco v1.1	-0.13	-0.42	-0.11	0.82	0.96	0.12	0.30	0.15	-0.54	-0.74	-0.30	-2.33	2.25	-1.13

Del análisis de precipitación y el índice SOI en la Isla Rey Jorge, La Niña 2010/11 y 1988/89 en general presenta condiciones neutras o dentro de los rangos normales, los años 2000/01 y 1998/99 muestran condiciones opuestas para valores positivos del índice SOI en SON, es así que el primero (2000/01) muestra un descenso y el segundo (1998/99) registra un ligero incremento de la precipitación. Por otro lado, el evento 1982/83 presenta una clara reducción de la precipitación en todos los periodos de estudio; El Niño 1997/98 también presenta una reducción de la precipitación en la estación Frei en SON y DEF y El Niño 2015/16 exhibe condiciones normales en las dos estaciones.

En la quebrada Shallap, el año 2008/09 exhibe un incremento de la precipitación en la precipitación anual, SON y DEF, así como el 2010/11 en el trimestre SON, los años 1998/99 y 2011/12 también presentan un incremento de la precipitación en el trimestre DEF. Por su parte, el evento de El Niño 1982/83 presenta una reducción de la precipitación en DEF, incremento de precipitaciones en SON y condiciones neutras en la precipitación anual; El Niño 1997/98 presenta condiciones heterogéneas; condiciones neutras, incremento y descenso de las precipitaciones; en general El Niño 2015/16 presenta condiciones neutras o precipitaciones dentro de rangos normales.

En resumen, la relativa baja correlación entre los índices océano-atmosféricos, la temperatura y la precipitación en la Isla Rey Jorge quedan explicados en la variabilidad de las condiciones atmosféricas en términos de temperatura y precipitación; exhibiendo estaciones con registros de valores totalmente opuestos ante un mismo evento. Sin embargo, del análisis particular de eventos se puede aseverar que en los registros anuales y el trimestre SON se evidencia claramente una relativa correlación inversa, mientras que en el trimestre DEF estas señales se hacen mucho más débiles. El evento de La Niña 2010/11 muestra una disminución de la temperatura en el promedio anual pero, un incremento en el trimestre SON y precipitaciones dentro del rango de los valores normales; el año 1988/89 se caracterizó principalmente por mantener condiciones normales en términos de temperatura y precipitación a excepción de la temperatura promedio anual donde presenta un dominante incremento de la temperatura; El Niño 1982/83 presenta una disminución de las precipitaciones y valores heterogéneas para la temperatura (incremento en el promedio anual y condiciones neutras en SON y DEF); El Niño 1997/98 presenta un incremento de las temperaturas en el registro del promedio anual y DEF, condiciones más frías en SON y una gran variabilidad en los registros de precipitación a excepción del trimestre SON

(disminución de la precipitación); El Niño 2015/16 exhibe condiciones más frías y precipitaciones dentro de los rangos normales.

En la quebrada Shallap se presenta señales más claras, donde ante un evento de El Niño/La Niña la temperatura del aire se incrementa/disminuye (ciertamente no todos los registros evidencian este comportamiento) lo que también explicaría los valores de correlación directa obtenida. En tanto la precipitación si presenta cierta mayor variabilidad; El Niño 1982/83 exhibe valores de precipitaciones dentro los rangos normales en los registros anuales, un incremento en el trimestre SON y una reducción en el trimestre DEF; El Niño 1997/98 muestra múltiples valores de precipitación a excepción del trimestre DEF donde registra un incremento; El Niño 2015/16, en esencia, muestra precipitaciones dentro de los valores normales.

4.3. CAMBIOS EN LA COBERTURA GLACIAR

4.3.1. Isla Rey Jorge

- **Características de los glaciares**

Los glaciares alcanzan una altitud máxima de 720 m.s.n.m. en la zona de estudio; las cumbres más altas están localizadas alrededor del Glaciar Anna. La orientación predominante en la Isla Rey Jorge es Sur, Sureste, Norte y Este. La pendiente preponderante es de 6° a 15° y un segundo grupo dominante son los glaciares con inclinaciones de 3° a 6°. Mas de la mitad de cobertura glaciar del área estudiada está conformado solo por 9 de entre los 73 glaciares, donde 7 de ellos están localizados en el Norte y Oeste. El glaciar G301284E62099S (código GLIMS v6) es el más grande, con un área de 110.74 km² (representa el 11 por ciento de la cobertura glaciar del área estudiada) al 2020.

- **Cambios en la cobertura glaciar**

En el año 1989 se tenía una cobertura glaciar de 1098.42 km² distribuida entre los 73 glaciares en toda la isla acorde con la clasificación GLIMS v6; la cobertura glaciar se ha reducido hasta 989.45 km² al 2020, determinándose una pérdida de 10 por ciento de cobertura glaciar a una tasa de 3.5 km²*año⁻¹ (Tabla 23, Figura

27 y Figura 28a). Es importante mencionar que esta tasa de retroceso es referencial debido a que las pérdidas más importantes no son originadas de tasas continuas sobre la superficie terrestre sino de pérdida de hielo en contacto con el mar, en razón al efecto calving. En la Tabla 23 se muestra que la mayor tasa de retroceso se presentó durante 2005-2007, seguido por 2001-2005. La tasa más baja de retroceso glaciar se evidenció en el periodo 2015-2016 (periodo de un evento de El Niño muy fuerte).

El análisis del porcentaje de cobertura glaciar perdida determinó que los glaciares con áreas menores a 5 km² en relación a su área en 1989 son los que están siendo más afectados (Figura 27). Sin embargo, un análisis en función al área perdida, los glaciares con terminación marina son los que más área están perdiendo.

Tabla 23: Cobertura glaciar en la Isla Rey Jorge periodo 1989-2020

Año	Área (km ²)	Periodo (años)	Área pérdida (km ²)	Área pérdida (%)	Tasa de retroceso (km ² *año ⁻¹)	Área pérdida total (km ²)	Área pérdida total (%)	Tasa de retroceso general (km ² *año ⁻¹)
1989	1098.4							
2001	1054.9	12	43.54	3.96	3.63			
2005	1034.6	4	20.26	1.92	5.06			
2007	1018.8	2	15.86	1.53	7.93			
2008	1017.5	1	1.31	0.13	1.31			
2014	1003.8	6	13.62	1.34	2.27	108.97	9.92	3.52
2015	1000.3	1	3.57	0.36	3.57			
2016	999.44	1	0.82	0.08	0.82			
2017	997.57	1	1.87	0.19	1.87			
2020	989.45	3	8.12	0.81	2.71			

Los glaciares localizados al norte son más grandes y pierden menos cobertura glaciar, en contraste la mayoría de los glaciares localizados al sur se constituyen como los más pequeños y tienen tasas de recesión más altos. Sin embargo, existen glaciares localizados en el sur y con terminaciones continentales que están perdiendo tan poco como los glaciares más grandes del norte. Acorde al área perdida, cinco glaciares han perdido más de 5 km² de cobertura glaciar (Figura 28b). Glacier Anna (G-01) que desde 1989 tiene la perdida más importante, 12.5 km², seguido por Polonia Piedmont glacier (G-02) con 9.36 km², Arctowski Icefield (G-03) con 8.43 km², Hektor Isfall Ouest (G-04) con 8.0 km² y Domeyco glacier (G-05) con 5.17 km².

De los 73 glaciares en la Isla Rey Jorge, el 34 por ciento ha perdido por debajo del 10 por ciento de cobertura glaciar (esencialmente estos son los glaciares más grandes) y 32 por ciento de los glaciares entre 10 por ciento a 20 por ciento. Se muestra un mayor retroceso durante la primera mitad del periodo estudiado; mientras que el retroceso para la segunda mitad muestra una ligera desaceleración.

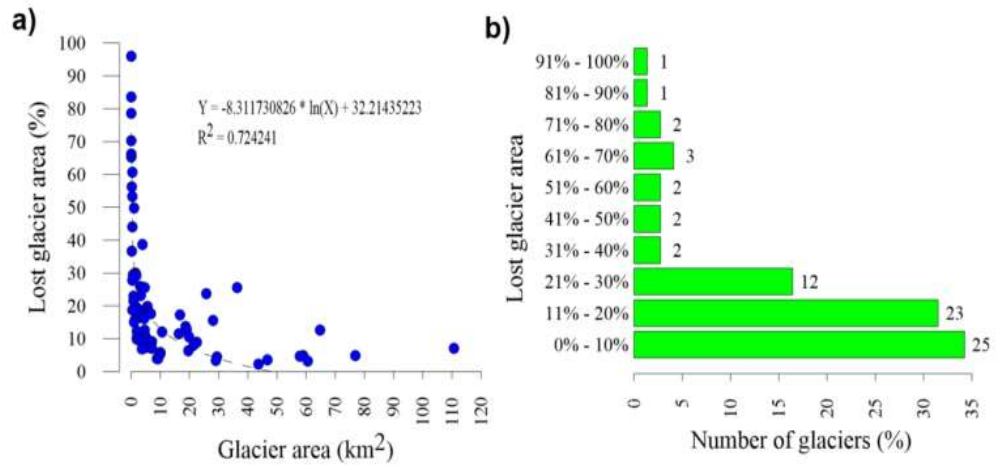


Figura 27: Distribución de pérdida de cobertura glaciar en la IRJ 1989-2020

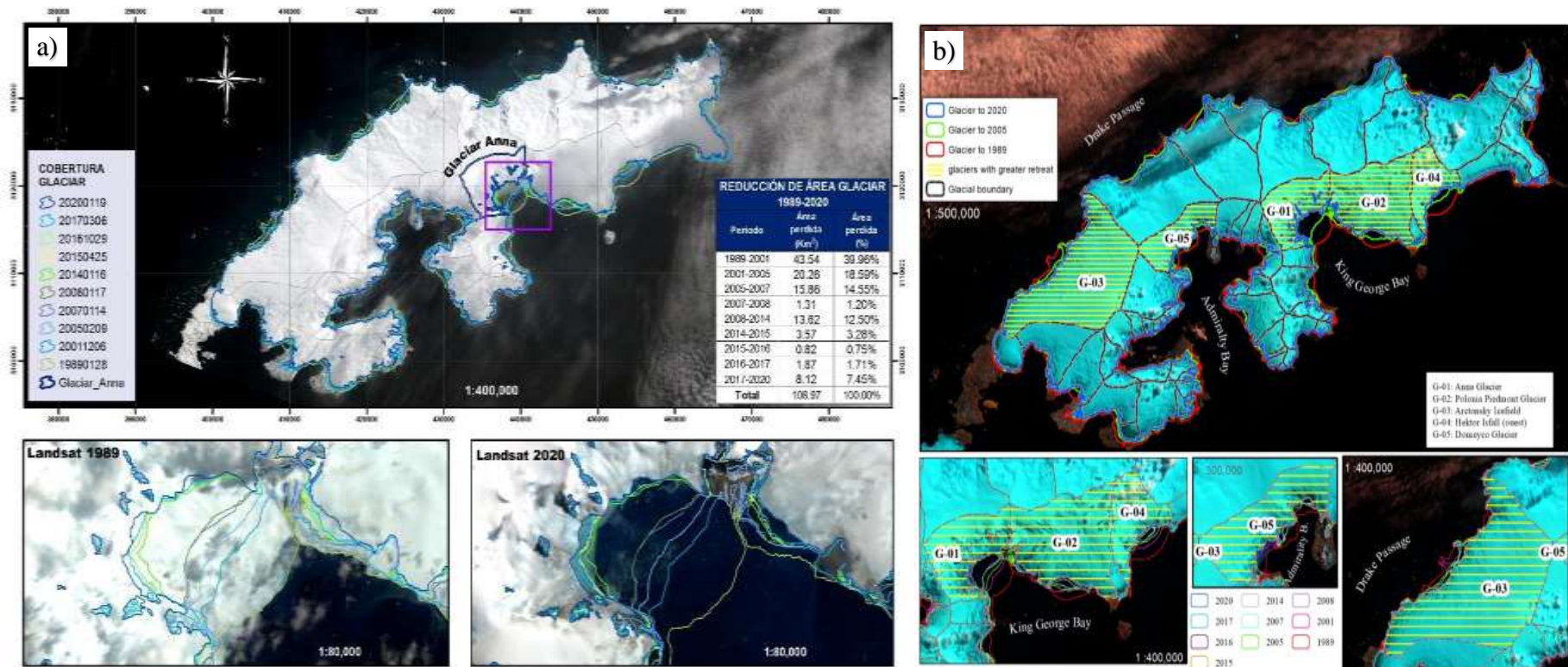


Figura 28: Dinámica de la cobertura glaciaria en la Isla Rey Jorge para el periodo 1989-2020 donde a) pérdida de cobertura glaciaria en la IRJ y el glaciar Anna y b) Glaciares que perdieron más de 5 km² para el periodo de estudio

Así mismo, de los 73 glaciares analizados, el 37 por ciento tiene terminación continental y marina; el 42 por ciento, terminación continental y solo el 21 por ciento, terminación marina (Tabla 24 y Figura 29). Sin embargo, este último grupo más pequeño de glaciares (en términos de unidades de glaciares) son los que han perdido mayor cobertura glaciar en comparación a los glaciares con terminaciones continentales. En efecto, se ha perdido en total 108.97 km² de cobertura glaciar en 31 años, de esta área perdida el 35 por ciento corresponde a glaciares con terminaciones en contacto con el mar, 16 por ciento a glaciares con frentes continentales y el 49 por ciento restante del área pedida corresponde a glaciares con terminaciones continentales y marinas, y de este último grupo de glaciares las secciones en contacto con el mar son los que se están contrayendo más (Tabla 25).

Osmanoğlu *et al.* (2013) en la Isla de Livingston (una de las islas Shetland del Sur) para el periodo 2007-2011 determinaron que la combinación del proceso de calving (desprendimiento) y la fusión submarina de los frentes glaciares son los procesos dominantes de la pérdida de masa.

Tabla 24: Terminación de frentes glaciares en la Isla Rey Jorge

Clasificación	Número de glaciares	Número de glaciares (%)
Glaciares con frentes marinas (S)	15	21
Glaciares con frentes continentales (C)	31	42
Glaciares con frentes marinas y continentales (SC)	27	37
Total	73	100

Tabla 25: Cambios de cobertura glaciar según terminación de frentes glaciar en la Isla Rey Jorge

Año	Periodo (años)	Glaciares con frentes continentales y marinas			Glaciares con frentes marinas			Glaciares con frentes continentales			Área total (km ²)
		Área (km ²)	Área perdida (km ²)	Tasa de retroceso (km ² *año ⁻¹)	Área (km ²)	Área perdida (km ²)	Tasa de retroceso (km ² *año ⁻¹)	Área (km ²)	Área perdida (km ²)	Tasa de retroceso (km ² *año ⁻¹)	
1989			425.74			590.14			82.54		1098.42
2001	12	402.96	22.78	1.90	574.73	15.41	1.28	77.18	5.36	0.45	1054.87
2005	4	393.80	9.16	2.29	570.28	4.45	1.11	70.54	6.64	1.66	1034.62
2007	2	386.68	7.12	3.56	564.12	6.16	3.08	67.96	2.58	1.29	1018.76
2008	1	386.12	0.56	0.56	563.48	0.64	0.64	67.86	0.10	0.10	1017.46
2014	6	379.31	6.81	1.14	557.32	6.16	1.03	67.19	0.67	0.11	1003.82
2015	1	377.79	1.52	1.52	555.46	1.86	1.86	67.01	0.18	0.18	1000.26
2016	1	377.39	0.40	0.40	555.32	0.14	0.14	66.73	0.28	0.28	999.44
2017	1	376.42	0.97	0.97	554.76	0.56	0.56	66.39	0.34	0.34	997.57
2020	3	372.51	3.91	1.30	552.42	2.34	0.78	64.52	1.87	0.62	989.45
Área perdida de:											
Glaciares con frentes continentales y marinas (km ²)							53.23				
Glaciares con frentes marinas (km ²)							37.72				
Glaciares con frentes continentales (km ²)							18.02				
Cobertura glaciar perdida (km ²) para el periodo 1989-2020							108.97				

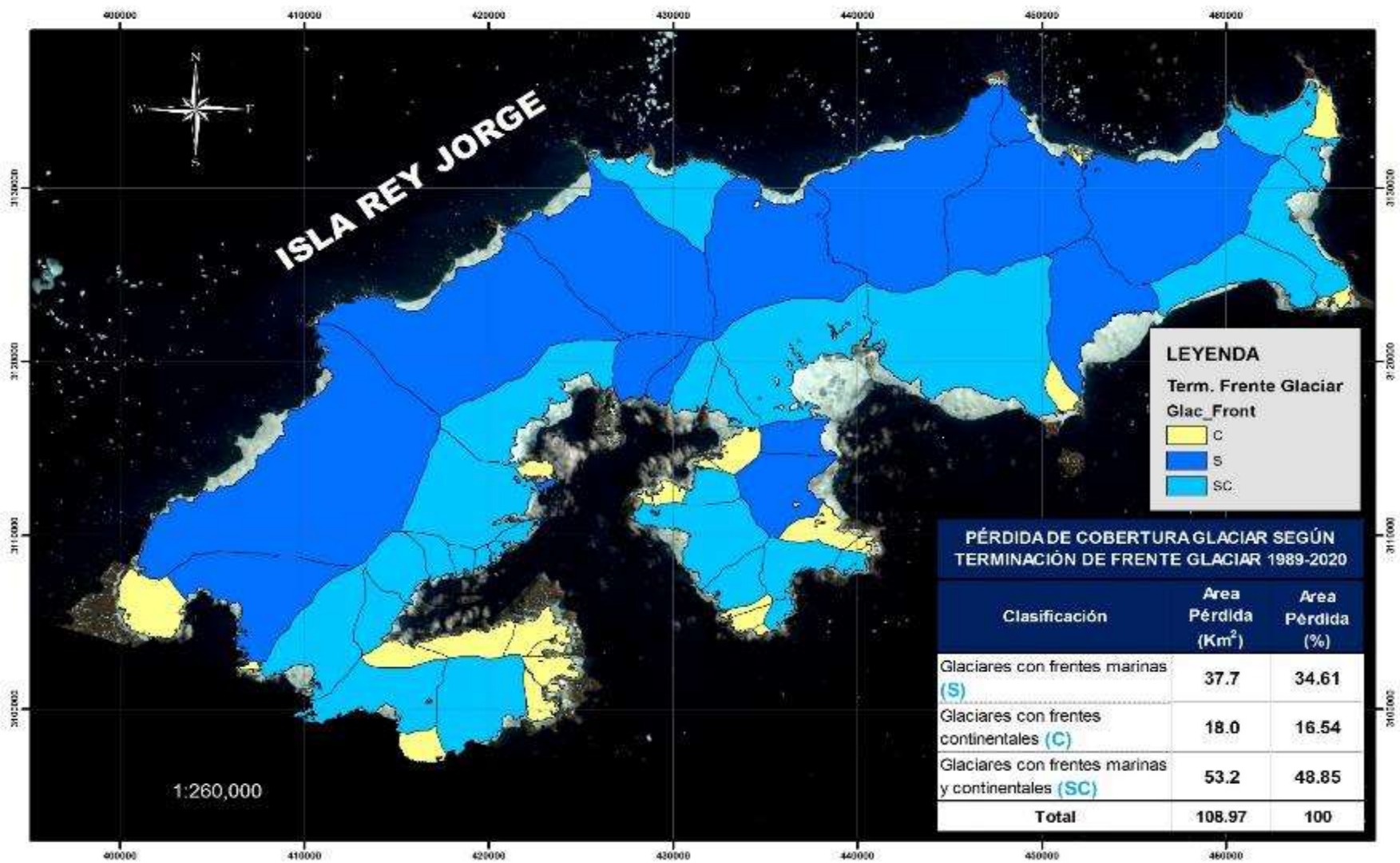


Figura 29: Distribución de la cobertura glaciar en la Isla Rey Jorge según terminación de frente glaciar tomando como referencia imagen Landsat 5 del año 1989.

En general, se ha determinado una orientación predominante Sur, Sureste, Norte y Este en razón a la evaluación predominante de orientación por cada glaciar en la Isla. El mayor número de glaciares se encuentra en el Sur y son precisamente éstos los de menor área, contrariamente a los glaciares en el Norte y Oeste. Es así, que solo 9 glaciares representan el 56 por ciento del total de la cobertura glaciar en la isla; estos glaciares tienen áreas superiores a 30 km² y 7 de ellos se encuentran en el Norte, Noroeste y Oeste. Por otro lado, en contraste a las pendientes preponderantes de 6° y 15° en la isla, las terminaciones de los glaciares principalmente en contacto con el mar podrían alcanzar pendientes fuertes, llegando a tener frentes totalmente verticales.

Se ha determinado una tasa de retroceso promedio de 3.5 km*año⁻¹ para los glaciares en la Isla Rey Jorge. Sin embargo, en base a los hallazgos en el estudio es importante tener en cuenta que siendo los glaciares con terminaciones en el mar, los que tienen mayor pérdida glaciar, un desprendido de gran magnitud podría incrementar la tasa de retroceso anual, no representando necesariamente pérdidas de gran magnitud para cada año.

4.3.2. Quebrada Shallap

- **Características de los glaciares**

El área de estudio abarca altitudes entre 4680 y 6040 m.s.n.m. En la zona se ha identificado 3 nevados, San Juan y áreas parciales de los nevados Huamasraju y Huantsan; siendo en este último donde se encuentra el pico más alto. La orientación predominante en la quebrada Shallap es Suroeste, Norte y Oeste. La pendiente preponderante es de 15° a 30° y un segundo grupo dominante son los glaciares con inclinaciones de 30° - 45°. El glaciar Shallap es el glaciar más grande en la quebrada (abarca aproximadamente el 56 por ciento del área estudiada).

- **Cambios en la cobertura glaciar**

En el año 1988 se tenía una cobertura glaciar de 16.26 km² en toda la zona de estudio, la cobertura glaciar se ha reducido a 10.53 km² al 2020 determinándose una pérdida de 35 por ciento de cobertura glaciar en la quebrada Shallap y los glaciares colindantes al glaciar Shallap a una tasa de 0.12 km²*año⁻¹. Sin embargo,

un análisis particular solamente del glaciar Shallap demostró sustantivas menores pérdidas, este glaciar en los últimos 32 años redujo su cobertura glaciar en un 17 por ciento a una tasa de $0.04 \text{ km}^2 \cdot \text{año}^{-1}$, esta disminución representa la mitad de la pérdida en toda la zona de estudio (que asciende al 35 por ciento de pérdida) (Tabla 26 y Figura 30 y Figura 31).

En la zona de estudio en el año 1988, se tenía 16 glaciares (Acorde a la clasificación GLIMS v2), mientras que en el año 2020 la cantidad de glaciares se redujo a 13 glaciares; indicando que se perdieron 3 glaciares y/o sus áreas fueron menores a 0.01 km^2 en los últimos 32 años.

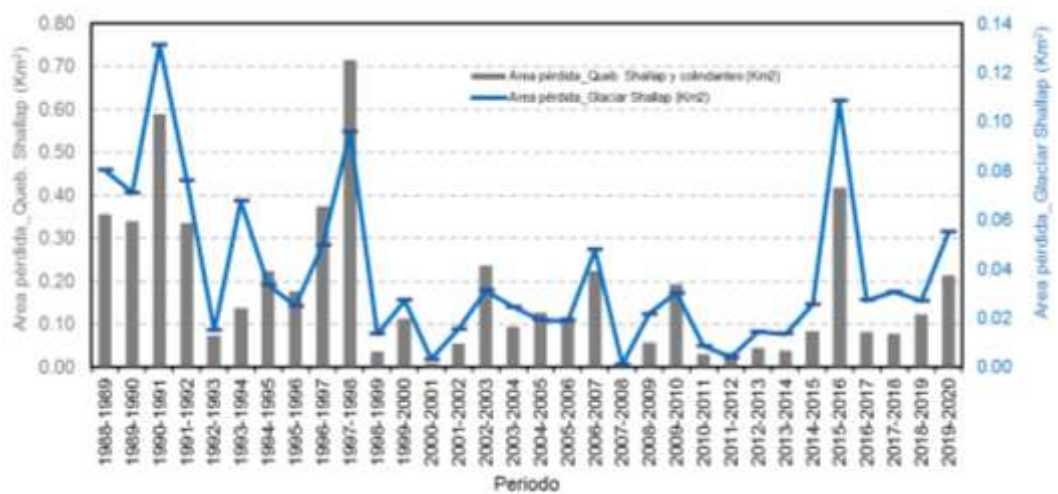


Figura 30: Distribución de pérdida de cobertura glaciar en la quebrada Shallap y sus alrededores y el Glaciar Shallap

Tabla 26: Cambios de cobertura glaciar en la quebrada Shallap

Año	Periodo	QUEBRADA SHALLAP			GLACIAR SHALLAP (G282667E09486S)		
		Área (km ²)	Área pérdida (km ²)	Área pérdida (%)	Área (km ²)	Área pérdida (km ²)	Área pérdida (%)
1988			16.26		7.09		
1989	1988-1989	15.91	0.36	2.19	7.01	0.08	1.13
1990	1989-1990	15.57	0.34	2.13	6.94	0.07	1.01
1991	1990-1991	14.98	0.59	3.78	6.81	0.13	1.89
1992	1991-1992	14.64	0.34	2.24	6.74	0.08	1.11
1993	1992-1993	14.57	0.07	0.50	6.72	0.01	0.22
1994	1993-1994	14.43	0.14	0.94	6.65	0.07	1.01
1995	1994-1995	14.21	0.22	1.55	6.62	0.03	0.50
1996	1995-1996	14.03	0.18	1.24	6.59	0.02	0.38
1997	1996-1997	13.66	0.37	2.67	6.55	0.05	0.75
1998	1997-1998	12.94	0.72	5.24	6.45	0.10	1.47
1999	1998-1999	12.91	0.04	0.27	6.44	0.01	0.21
2000	1999-2000	12.80	0.11	0.87	6.41	0.03	0.42
2001	2000-2001	12.79	0.01	0.07	6.41	0.00	0.05
2002	2001-2002	12.73	0.05	0.42	6.39	0.02	0.24
2003	2002-2003	12.50	0.24	1.86	6.36	0.03	0.49
2004	2003-2004	12.40	0.09	0.75	6.33	0.02	0.38
2005	2004-2005	12.28	0.13	1.02	6.32	0.02	0.30
2006	2005-2006	12.16	0.12	0.96	6.30	0.02	0.30
2007	2006-2007	11.93	0.22	1.85	6.25	0.05	0.76
2008	2007-2008	11.92	0.01	0.08	6.25	0.00	0.02
2009	2008-2009	11.87	0.06	0.47	6.23	0.02	0.35
2010	2009-2010	11.67	0.19	1.63	6.20	0.03	0.49
2011	2010-2011	11.64	0.03	0.25	6.19	0.01	0.14
2012	2011-2012	11.61	0.03	0.30	6.18	0.00	0.06
2013	2012-2013	11.56	0.05	0.39	6.17	0.01	0.23
2014	2013-2014	11.53	0.04	0.33	6.16	0.01	0.22
2015	2014-2015	11.44	0.08	0.72	6.13	0.03	0.42
2016	2015-2016	11.02	0.42	3.66	6.02	0.11	1.77
2017	2016-2017	10.94	0.08	0.74	5.99	0.03	0.45
2018	2017-2018	10.87	0.08	0.70	5.96	0.03	0.51
2019	2018-2019	10.74	0.12	1.13	5.94	0.03	0.45
2020	2019-2020	10.53	0.21	1.98	5.88	0.05	0.93
Área pérdida total (km²) para el periodo 1988-2020			5.73		1.21		

La menor reducción de la cobertura glaciar en el glaciar Shallap respecto de toda la zona de estudio podría explicarse en su orientación, puesto que este glaciar tiene una orientación principalmente Oeste, mientras que se ha verificado que los glaciares que viran hacia el Este vienen perdiendo mayor cobertura glaciar.

Vuille *et al.* (2007) respecto al retroceso glaciar en la Cordillera Blanca señalaron que el balance de masa de los glaciares en los trópicos exteriores refleja una variabilidad en la acumulación y ablación en la época húmeda. Durante los años de El Niño, los glaciares subtropicales (glaciares tropicales exteriores) presentan una baja acumulación, bajos valores de albedo combinado con un incremento de la radiación de onda corta entrante debido a la baja cobertura de nubes; conduciendo a una muy negativa balance de masa. Mientras que en los glaciares tropicales interiores durante un año de El Niño la temperatura del aire se incrementa favoreciendo las precipitaciones líquidas sobre la nieve; reducida la caída de nieve los valores del albedo son bajo, además de los débiles viento ocasionan que se limite la transferencia de energía de la fusión a la sublimación y limitan desarrollo de nubes incrementando la radiación de onda entrante corta.

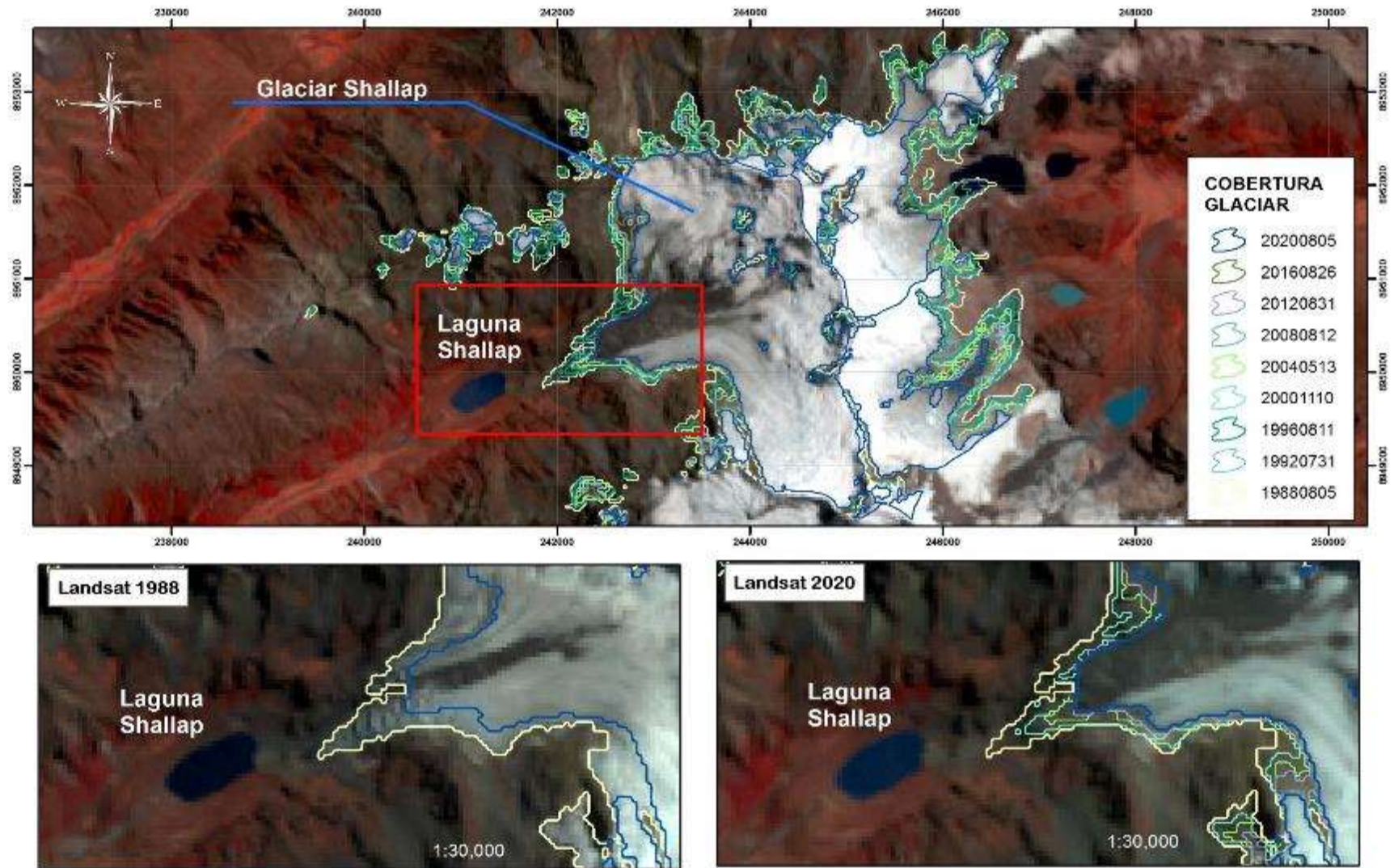


Figura 31: Dinámica de la cobertura glaciar en la Quebrada Shallap y áreas colindantes para el periodo 1988-2020

4.4. RELACIONES ENTRE ÍNDICES OCÉANO – ATMOSFÉRICO, INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y CAMBIOS EN LA COBERTURA GLACIAR

Este análisis se llevó cabo a través de la selección de una estación en cada zona de estudio.

- **Isla Rey Jorge**

En esta zona se optó por usar solo la estación Bellingshausen debido a que tiene la serie más larga de datos. Del análisis de los datos meteorológicos existe una perceptible fluctuación en la temperatura promedio anual para el periodo 1980-2006; sin embargo, para 2007-2015/2016 este patrón cambia a un periodo enfriamiento constante y precipitaciones sobre el promedio; que también fue explicada por Oliva *et al.* (2017) donde demostraron un reciente enfriamiento en el periodo 2006-2015 en las estaciones de Bellingshausen y King Senjong principalmente en otoño e invierno. Estos patrones podrían explicar la ligera desaceleración del retroceso glaciario para la segunda mitad del periodo estudiado (Tabla 25). Kim *et al.* (2021) estudiaron la dinámica glaciario en la Marian Cove (ubicada próximo a la estación King Senjong) denotando la particular desaceleración del retroceso glaciario durante el periodo que ellos denominan enfriamiento ($40 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$, con una temperatura media anual de $-1.91 \text{ }^\circ\text{C}$ en 2000-2015), en comparación con el periodo más cálido anterior ($64 \text{ m} \cdot \text{yr}^{-1}$ con $-1.61 \text{ }^\circ\text{C}$ en 1989-2000), similarmente a los hallazgos en el presente estudio.

A diferencia de los eventos el Niño 1982/1983 y 1997/1998, el Niño 2015/2016 estuvo caracterizada por ser más fría de lo habitual y una reducción de las precipitaciones anuales llegando a valores por debajo del promedio cuando en la primera mitad del periodo de estudio se mostraba precipitaciones anuales sostenidas sobre el promedio (Figura 32).

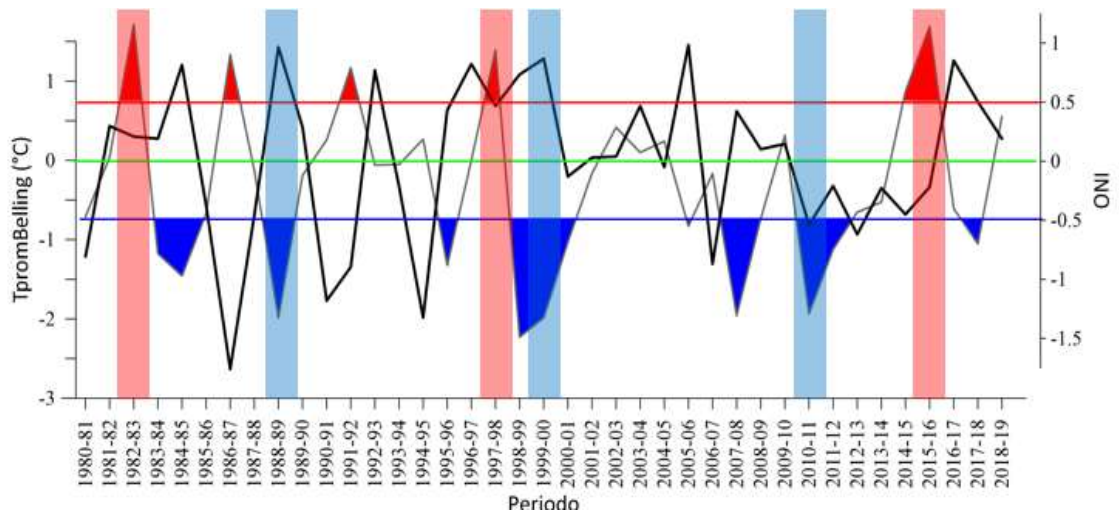


Figura 32: Interrelación entre el índice ONI y temperatura anual en la estación Bellingshausen

Por su parte Meredith y King (2005) aseveraron que el calentamiento del océano observado en verano contribuye de manera muy significativa a una reducción de la extensión del hielo marino en invierno y, a su vez, al rápido calentamiento atmosférico durante el invierno. Es en este contexto que Stuecker *et al.* (2017) expusieron la variabilidad de la temperatura superficial del mar durante los eventos El Niño 1982/83, 1997/98 y 2015/16, demostrando temperaturas de la superficie del mar claramente más frías durante El Niño 2015/16; en consecuencia, esta afirmación podría explicar la temperatura del aire más frías durante este evento en las estaciones de la Isla Rey Jorge (Figura 33).

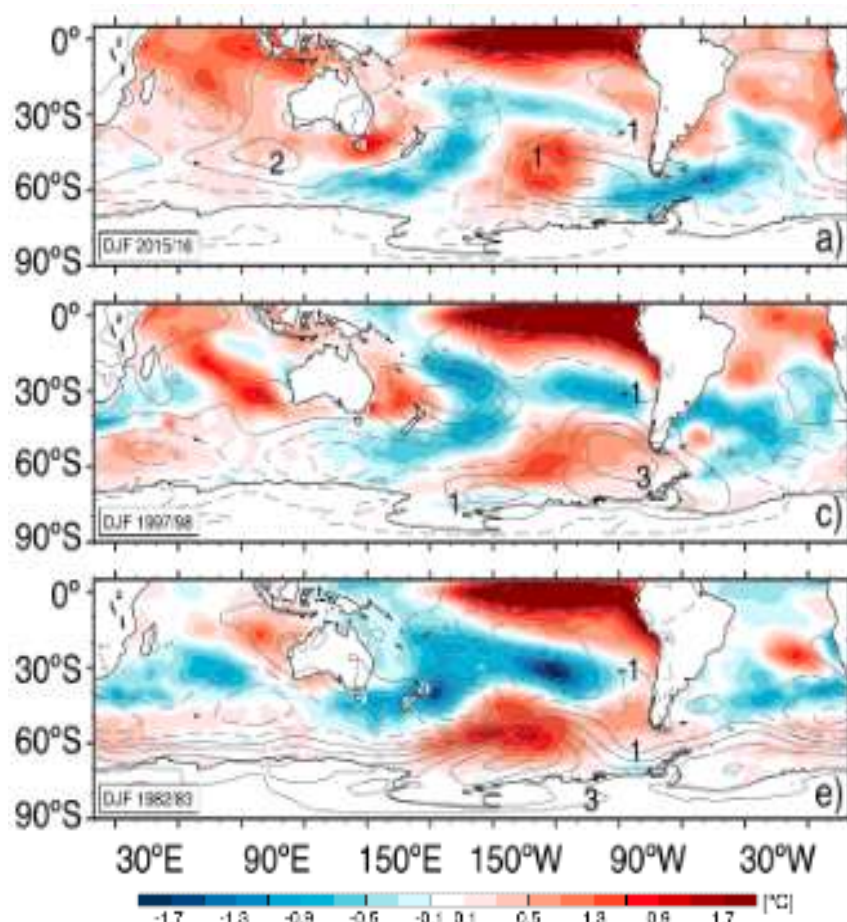


Figura 33: Temperatura superficial del mar (sombreado, °C)
Fuente: Stuecker *et al.* 2017

La información de cobertura glaciar obtenida de los años 2014, 2015, 2016 y 2017 permitió realizar un análisis de cambios de cobertura glaciar durante Niño 2015/2016, donde se obtuvo el valor más bajo de reducción de la cobertura glaciar e incluso el más bajo de todo el periodo estudiado (últimos 31 años); así mismo, se determinó que en el 2016 se tuvo una mayor pérdida glaciar en los glaciares con terminaciones continentales en comparación con los glaciares con terminaciones marinas; contraviniendo el hecho que los glaciares con frentes en contacto con el mar son los que han estado perdido mayor área glaciar que los glaciares con frentes continentales.

- **Quebrada Shallap**

Los datos meteorológicos de temperaturas promedio muestran un ligero calentamiento en los años recientes. Los picos más altos de temperatura se presentaron durante los periodos 1982/1983, 1997/1998 y 2015/2016 coincidiendo estos periodos con los eventos El Niño clasificados como muy fuerte y es así que, entre los periodos más fríos se encuentran 1988/1989, 1999/2000 y 2010/2011, los mismos que son clasificados

como eventos de La Niña. En respuesta a los periodos más cálidos, se ha manifestado las mayores pérdidas de cobertura glaciar.

En el Niño 1997/1998 se tuvo un ligero menor valor del índice ONI anual en comparación con los otros dos eventos El Niño; no obstante, durante este periodo se registró la mayor reducción de cobertura glaciar. Ciertamente los dos eventos El Niño restantes también presentan las pérdidas más grandes para todo el periodo de estudio. Además, a diferencia del evento La Niña 1988/1989, los eventos 1999/00 y 2010/2011 presenta valores entre los más bajos de reducción de cobertura glaciar (Figura 34).

Un análisis particular solamente del glaciar Shallap ante eventos ENSO nos muestra respuestas similares al que tuvo toda el área de estudio, lógicamente en menores magnitudes; es decir, durante eventos El Niño se registran mayores pérdidas de cobertura glaciar y todo lo contrario durante eventos La Niña.

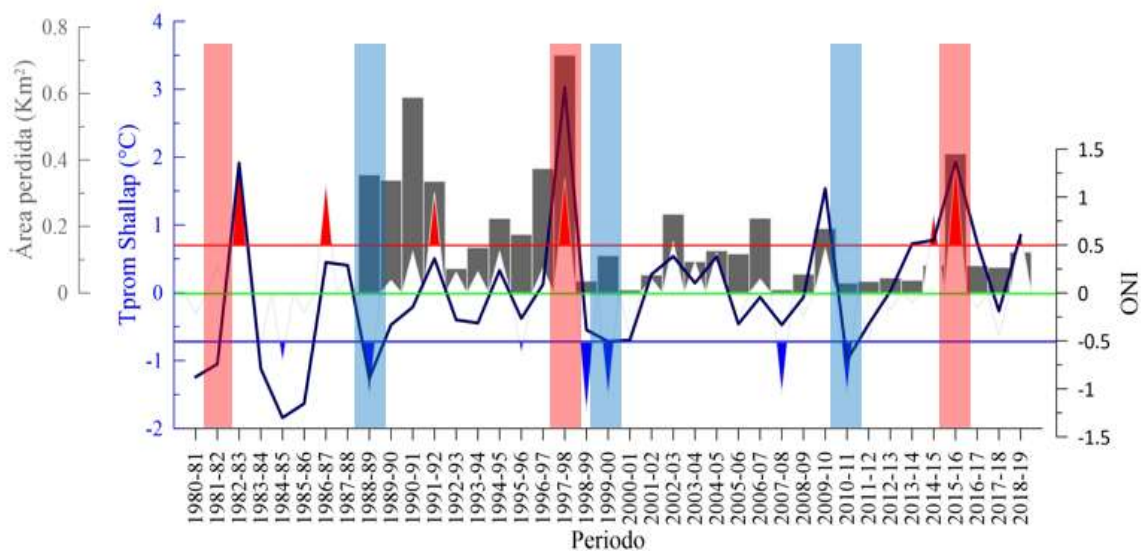


Figura 34: Relación entre el índice ONI, temperatura anual y área perdida en la quebrada Shallap

En la Isla Rey Jorge se determinó una menor reducción de cobertura glaciar durante El Niño 2015/2016; sin embargo, no necesariamente se debería deducir que en este evento se tuvo una mínima pérdida de cobertura glaciar. En este sentido, Paolo *et al.* (2018) demostraron que la altura de los glaciares podrían incrementarse durante eventos El Niño, pero el balance de masa puede alcanzar valores más negativos debido al derretimiento basal.

Por otro lado, los glaciares tropicales reaccionan rápidamente a los eventos de El Niño (Vuille *et al.* 2008), principalmente debido a un déficit de precipitación inducido en los trópicos exteriores y a un aumento de temperatura en los trópicos interiores (Favier *et al.* 2004); estas afirmaciones también fueron confirmadas en los resultados obtenidos en el presente estudio. Sin embargo; Vuille *et al.* (2007) indicaron que en la Cordillera Blanca, el balance de masa también depende de la fase del ENSO pero su influencia no es generalmente tan fuerte debido a que Cordillera Blanca está situada en una zona intermediada; esta afirmación también es validada por la investigación realizada por Kaser *et al.* (2003) donde explicaron que existe una significativa relación positiva entre el SOI y una serie reconstruida de balance de masa, pero resaltando que esta relación no se mantiene todos los años.

En la presente investigación, las mayores/menores pérdidas de cobertura glaciar durante evento El Niño/La Niña también son explicadas en la investigación de Maussion *et al.* (2015) donde demostraron a través de un balance de masa en el glaciar Shallap, mayores pérdidas durante los eventos de El Niño. Por su parte Wagnon *et al.* (2001) explicaron que la pérdida más grande de masa ocurrió durante El Niño 1997/1998 en los Andes tropicales exteriores debido principalmente a un déficit de precipitación, coincidiendo también con los resultados obtenidos por Francou *et al.* (2003) en el que detallaron que las fases cálidas del ENSO se caracterizan por precipitaciones menos abundantes y condiciones secas; así mismo, un incremento de la radiación solar entrante reduce la acumulación de nieve y una reducción del albedo sobre la superficie glaciar favoreciendo que el balance de masa alcance los valores más negativos contrariamente a condiciones La Niña. En esta misma línea, en el presente estudio se determinó una mayor pérdida glaciar durante El Niño 1997/98 (Figura 34).

V. CONCLUSIONES

- Se determinó una pérdida de cobertura glaciar del 10 por ciento en la Isla Rey Jorge respecto al área inicial en los últimos 31 años. En tanto que en la quebrada Shallap se registró una pérdida del 35 por ciento; sin embargo, un análisis solamente del glaciar Shallap (debido a su localización) mostró una pérdida del 17 por ciento en los últimos 32 años.
- De los 73 glaciares en la Isla Rey Jorge, el 37 por ciento tienen terminaciones continentales y marinas; el 42 por ciento, terminación continental y solo el 21 por ciento, terminación marina; y son precisamente este último grupo de glaciares, los que han perdido mayor cobertura glaciar en comparación con los glaciares con terminaciones continentales; es así que el 35 por ciento de cobertura glaciar perdida corresponde a los glaciares con frentes en contacto con el mar; indicando el importante papel que tiene el proceso de calving en el retroceso glaciar.
- En la Isla Rey Jorge, los registros de temperatura promedio anual y el trimestre SON evidencian señales relativamente más claras, mientras que en el trimestre DEF estas señales son mucho más heterogéneas.
- El análisis de las teleconexiones entre los índices océanos atmosféricos (ONI y SOI) y las variables de temperatura y precipitación en la Isla Rey Jorge muestra que existe gran una heterogeneidad en las respuestas durante eventos ENSO que no permite realizar aseveraciones generales concluyentes. Sin embargo, en la quebrada Shallap se reafirma los resultados obtenidos en varias investigaciones donde se sostiene que, durante un evento de El Niño, las temperaturas se incrementan y durante un evento de La Niña las temperaturas disminuyen; en tanto que las precipitaciones presentan registros más heterogéneos.

- En la Isla Rey Jorge, el periodo 1980-2006 se caracteriza por una variabilidad perceptible principalmente en términos de temperatura; cambiando a un periodo de enfriamiento durante 2007-2015/16; lo que en cierta medida podría explicar la ligera desaceleración en la reducción glaciaria para los años recientes.
- El análisis focalizado de las interrelaciones entre los eventos ENSO y las variables de temperatura y precipitación indican que durante El Niño 1997/98 se caracterizó por un preponderante incremento de la temperatura del aire y el evento de El Niño 2015/16 presentó condiciones más frías ciertamente con estaciones que registraron valores diferentes a estas inferencias en la IRJ.
- La disponibilidad de las imágenes satelitales y las respuestas tan heterogéneas en términos de temperatura durante eventos ENSO limita la posibilidad de realizar aseveraciones concluyentes respecto al retroceso glaciario durante evento ENSO en la Isla Rey Jorge, donde se ha encontrado que mientras que para un evento de El Niño podría presentar condiciones más frías, para el siguiente evento de El Niño con la misma clasificación se podría presentar condiciones más cálidas.
- En la quebrada Shallap se evidencia mayor pérdida glaciaria durante eventos El Niño; siendo El Niño 1997/98 en el que se registró la mayor pérdida glaciaria.

VI. RECOMENDACIONES

Un gran número de investigaciones explican el proceso de retroceso glaciar como resultado del calentamiento climático; sin embargo, en regiones altamente sensibles a la variabilidad climática tener un marco tan general no permite advertir esta variabilidad a corto plazo donde los procesos de retroalimentación (por ejemplo, en la Isla Rey Jorge la extensión y duración de la capa de hielo y nieve) podrían influir fuertemente en el retroceso glaciar.

Realizar estudios relacionados con los procesos de socavamiento (calving) y los efectos sobre los frentes glaciares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Australia's National Weather Climate and Water Agency. 2020. Southern Oscillation Index (SOI) since 1876 (en línea, sitio web). Consultado 3 ago. 2020. Disponible en <http://www.bom.gov.au/climate/current/soi2.shtml>.

Aybar, C.; Lavado-Casimiro, W.; Huerta, A.; Fernández, C.; Vega, F.; Sabino, E. & Felipe-Obando, O. 2017. Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Lima-Perú, s.e.

Benn, DI; Åström, JA. 2018. Calving glaciers and ice shelves (en línea). *Advances in Physics: X* 3(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/23746149.2018.1513819>.

Benn, DI; Warren, CR; Mottram, RH. 2007. Calving processes and the dynamics of calving glaciers. *Earth-Science Reviews* 82(3-4):143-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2007.02.002>.

CAN (Climate Action Network). 2014. Glaciares Andinos: La necesidad de una agenda transversal. *Climate Action Network* :27.

Candaş, A. 2017. Reconstruction of the Paleoclimate on Dedegöl Mountain with Paleoglacial Records and Numerical Ice Flowmodels. s.l., Istanbul Technical University - Eurasia Institute of Earth Sciences. .

Cape, MR; Vernet, M; Skvarca, P; Marinsek, S; Scambos, T; Domack, E. 2015. Foehn winds link climate-driven warming to ice shelf evolution in Antarctica. *Journal of Geophysical Research* 120(21):11,037-11,057. DOI: <https://doi.org/10.1002/2015JD023465>.

Cifuentes, J; Torres, M del P; Frias, M. 1997. El Oceano y sus Recursos II. Las Ciencias del Mar: Oceanografía Geológica y Oceanografía Química (en línea, sitio web). Consultado 23 abr. 2019. Disponible en

<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/oceano2.html>.

Clem, KR; Fogt, RL. 2013. Varying roles of ENSO and SAM on the Antarctic Peninsula climate in austral spring. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 118(20):11,481-11,492. DOI: <https://doi.org/10.1002/jgrd.50860>.

Clem, KR; Renwick, JA; McGregor, J; Fogt, RL. 2016. The relative influence of ENSO and SAM on antarctic Peninsula climate. *Journal of Geophysical Research* 121(16):9324-9341. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016JD025305>.

Coleman, JSM; Zimmermann, PA. 2012. Southern Oscillation Index (en línea). 2455 Teller Road, Thousand Oaks California 91320 United States, SAGE Publications, Inc. p. 1-2 DOI: <https://doi.org/10.4135/9781452218564.n647>.

Cook, AJ; Vaughan, DG; Luckman, AJ; Murray, T. 2014. A new Antarctic Peninsula glacier basin inventory and observed area changes since the 1940s. *Antarctic Science* 26(6):614-624. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954102014000200>.

Dahlman, L. 2016. Climate Variability: Oceanic Niño Index (en línea, sitio web). Consultado 16 dic. 2020. Disponible en <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-oceanic-niño-index>.

Dussailant, I; Berthier, E; Brun, F; Masiokas, M; Hugonnet, R; Favier, V; Rabatel, A; Pitte, P; Ruiz, L. 2019. Two decades of glacier mass loss along the Andes (en línea). *Nature Geoscience* 12(10):802-808. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0432-5>.

Falk, U; López, DA; Silva-Busso, A. 2018. Multi-year analysis of distributed glacier mass balance modelling and equilibrium line altitude on King George Island, Antarctic Peninsula. *Cryosphere* 12(4):1211-1232. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-12-1211-2018>.

Favier, V; Wagnon, P; Ribstein, P. 2004. Glaciers of the outer and inner tropics: A different behaviour but a common response to climatic forcing (en línea). *Geophysical Research Letters* 31(16):L16403. DOI: <https://doi.org/10.1029/2004GL020654>.

Francou, B. 2013. El rápido retroceso de los glaciares en los Andes tropicales: Un desafío para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de alta montaña. s.l., s.e., vol.48. p. 69-71.

Francou, B; Vuille, M; Wagnon, P; Mendoza, J; Sicart, JE. 2003. Tropical climate change

recorded by a glacier in the central Andes during the last decades of the twentieth century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 108(5):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1029/2002jd002959>.

García Rosales, AJ. 2019. Valley-mountain circulation associated with precipitation formation in the tropical Andes (Rio Santa Basin). s.l., University of São Paulo. .

Golden Gate Weather Services. 2021. El Niño and La Niña years and Intensities (en línea, sitio web). Consultado 30 ene. 2021. Disponible en <https://ggweather.com/enso/oni.htm>.

Hammond, JC; Saavedra, FA; Kampf, SK. 2018. Global snow zone maps and trends in snow persistence 2001–2016. *International Journal of Climatology* 38(12):4369-4383. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5674>.

Hernández Lalinde, JD; Espinosa Castro, JF; Peñaloza Tarazona, ME; Rodriguez, J; Chancón Rangel, JG; Toloza Sierra, CA; Arenas Torrado, MK; Carillo Sierra, SM; Pire, Bermúdezla, VJ. 2018. Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica* 37(5):587-595.

Huber, M; Gruber, A; Wendleder, A; Wessel, B; Roth, A; Schmitt, A. 2012. the Global Tandem-X Dem: Production Status and First Validation Results. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XXXIX-B7(September):45-50*. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxix-b7-45-2012>.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). 2012. Glossary of Terms. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* :555-564. DOI: <https://doi.org/10.1177/1403494813515131>.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático). 2013. Resumen para responsables de políticas. En: *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América, IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático).

Kaser, G; Juen, I; Georges, C; Gómez, J; Tamayo, W. 2003. The impact of glaciers on the runoff and the reconstruction of mass balance history from hydrological data in the tropical Cordillera Bianca, Perú. *Journal of Hydrology* 282(1-4):130-144. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00259-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00259-2).

Kim, DU; Khim, JS; Ahn, IY. 2021. Patterns, drivers and implications of ascidian distributions in a rapidly deglaciating fjord, King George Island, West Antarctic Peninsula (en línea). *Ecological Indicators* 125(January):107467. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107467>.

Laurencelle, J; Logan, T; Gens, R. 2015. ASF Radiometrically Terrain Corrected ALOS PALSAR products. Product guide, revision 1.2 (en línea). 1. s.l., s.e. Disponible en https://asf.alaska.edu/wp-content/uploads/2019/10/rtc_product_guide_v1.2.pdf.

Lavado-Casimiro, WS; Felipe, O; Silvestre, E; Bourrel, L. 2013. ENSO impact on hydrology in Peru. *Advances in Geosciences* 33:33-39. DOI: <https://doi.org/10.5194/adgeo-33-33-2013>.

Martínez Rodríguez, E. 2005. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario Juridico y Economico Escorialense* (38):315-331.

Maussion, F; Gurgiser, W; Großhauser, M; Kaser, G; Marzeion, B. 2015. ENSO influence on surface energy and mass balance at Shallap Glacier, Cordillera Blanca, Peru (en línea). *The Cryosphere* 9(4):1663-1683. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-9-1663-2015>.

Meredith, M; Sommerkorn, M; Cassotta, S; Derksen, C; Ekaykin, A; Hollowed, A; Kofinas, G; Mackintosh, A; Melbourne-Thomas, J; Muelbert, MMC; Ottersen, G; Pritchard, H; Schuur, EAG. 2019. Polar Regions. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. 3(Polar Regions):S129-S131.

Meredith, MP; King, JC. 2005. Rapid climate change in the ocean west of the Antarctic Peninsula during the second half of the 20th century (en línea). *Geophysical Research Letters* 32(19):n/a-n/a. DOI: <https://doi.org/10.1029/2005GL024042>.

MODIS-Terra. 2003. Herramientas para la Evaluación y Desti3n del Riesgo Climatico en el sector Agropecuario. :44-54.

Oliva, M; Navarro, F; Hrbáček, F; Hernández, A; Nývlt, D; Pereira, P; Ruiz-Fernández, J; Trigo, R. 2017. Recent regional climate cooling on the Antarctic Peninsula and associated impacts on the cryosphere (en línea). *Science of The Total Environment* 580:210-223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.030>.

Osmanoğlu, B; Braun, M; Hock, R; Navarro, FJ. 2013. Surface velocity and ice discharge of the ice cap on King George Island, Antarctica (en línea). *Annals of Glaciology* 54(63):111-119. DOI: <https://doi.org/10.3189/2013AoG63A517>.

Paolo, FS; Padman, L; Fricker, HA; Adusumilli, S; Howard, S; Siegfried, MR. 2018. Response of Pacific-sector Antarctic ice shelves to the El Niño/Southern Oscillation (en línea). *Nature Geoscience* 11(2):121-126. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-017-0033-0>.

Rabatel, A; Francou, B; Soruco, A; Gomez, J; Cáceres, B; Ceballos, JL; Basantes, R; Vuille, M; Sicart, JE; Huggel, C; Scheel, M; Lejeune, Y; Arnaud, Y; Collet, M; Condom, T; Consoli, G; Favier, V; Jomelli, V; Galarraga, R; Ginot, P; Maisincho, L; Mendoza, J; Ménégoz, M; Ramirez, E; Ribstein, P; Suarez, W; Villacis, M; Wagnon, P. 2013. Current state of glaciers in the tropical Andes: A multi-century perspective on glacier evolution and climate change. *Cryosphere* 7(1):81-102. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-7-81-2013>.

Ramos Alonzo, BR. 2018. Evolución de la Cobertura Glaciar del Nevado Coropuna y su Relación con el entorno Climático. s.l., Universidad Nacional Agraria La Molina. .

Restrepo, L; Gonzáles, J. 2007. From Pearson to Spearman (en línea). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(2):183-192. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902007000200010.

RGI Consortium. 2017. Randolph Glacier Inventory – A Dataset of Global Glacier Outlines: Version 6.0 GLIMS Technical Report RGI. Global Land Ice Measurements from Space, Colorado, USA. *Digital Media* 4(July):71.

Da Rosa, KK; Perondi, C; Veettil, BK; Auger, JD; Simões, JC. 2020. Contrasting responses of land-terminating glaciers to recent climate variations in King George Island, Antarctica (en línea). *Antarctic Science* 32(5):398-407. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954102020000279>.

Rückamp, M; Braun, M; Suckro, S; Blindow, N. 2011. Observed glacial changes on the King

George Island ice cap, Antarctica, in the last decade (en línea). *Global and Planetary Change* 79(1-2):99-109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2011.06.009>.

Santamaría-del-Ángel, E; Cañon-Páez, M-L; Sebastiá-Frasquet, M-T; González-Silvera, A; Gutierrez, A-L; Aguilar-Maldonado, J-A; López-Calderón, J; Camacho-Ibar, V; Franco-Herrera, A; Castillo-Ramírez, A. 2021. Interannual Climate Variability in the West Antarctic Peninsula under Austral Summer Conditions (en línea). *Remote Sensing* 13(6):1122. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13061122>.

Scambos, TA; Bell, RE; Alley, RB; Anandkrishnan, S; Bromwich, DH; Brunt, K; Christianson, K; Creyts, T; Das, SB; DeConto, R; Dutrieux, P; Fricker, HA; Holland, D; Macgregor, J; Medley, B; Nicolas, JP; Pollard, D; Siegfried, MR; Smith, AM; Steig, EJ; Trusel, LD; Vaughan, DG; Yager, PL. 2017. How much , how fast ? : A science review and outlook for research on the instability of Antarctica ' s Thwaites Glacier in the 21st century (en línea). *Global and Planetary Change* 153(November 2016):16-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.04.008>.

Schneider, T; Hampel, H; Mosquera, P V.; Tylmann, W; Grosjean, M. 2018. Paleo-ENSO revisited: Ecuadorian Lake Pallacocha does not reveal a conclusive El Niño signal. *Global and Planetary Change* 168:54-66. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2018.06.004>.

Seidel, J; Trachte, K; Orellana-Alvear, J; Figueroa, R; Célleri, R; Bendix, J; Fernandez, C; Huggel, C. 2019. Precipitation Characteristics at Two Locations in the Tropical Andes by Means of Vertically Pointing Micro-Rain Radar Observations (en línea). *Remote Sensing* 11(24). DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11242985>.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2009. Escenarios Climáticos en la Cuenca del Río Santa para el año 2030. :1-139.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). 2014. El fenómeno El Niño en el Perú. Lima, s.e.

Simões, JC; Bremer, UF; Aquino, FE; Ferron, FA. 1999. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island ice field, Antarctica. *Annals of Glaciology* 29:220-224. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756499781821085>.

Stuecker, MF; Bitz, CM; Armour, KC. 2017. Conditions leading to the unprecedented low

Antarctic sea ice extent during the 2016 austral spring season. *Geophysical Research Letters* 44(17):9008-9019. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017GL074691>.

Trachte, K. 2018. Atmospheric moisture pathways to the highlands of the tropical Andes: Analyzing the effects of spectral nudging on different driving fields for regional climate modeling. *Atmosphere* 9(11):1-24. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos9110456>.

Turner, J; Marshall, GJ; Clem, K; Colwell, S; Phillips, T; Lu, H. 2019. Antarctic temperature variability and change from station data. *International Journal of Climatology* 40(6):2986-3007. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.6378>.

USGS (United States Geological Survey). (2016). Landsat — Earth Observation Satellites (en línea). s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.3133/fs20153081>.

Veettil, BK; Wang, S; Bremer, UF; de Souza, SF; Simões, JC. 2017. Recent trends in annual snowline variations in the northern wet outer tropics: case studies from southern Cordillera Blanca, Peru. *Theoretical and Applied Climatology* 129(1-2):213-227. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1775-0>.

Vuille, M. 2013. El cambio climático y los recursos hídricos en los andes tropicales (en línea). Banco Interamericano de Desarrollo :21. Disponible en http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/5826/SR2012_VUILLE_FINAL_ESP.pdf?sequence=1.

Vuille, M; Kaser, G; Juen, I. 2008. Glacier mass balance variability in the Cordillera Blanca, Peru and its relationship with climate and the large-scale circulation. *Global and Planetary Change* 62(1-2):14-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.11.003>.

Vuille, M; Raymond S, B; Bernard, F; Georg, K; Mark, BG. 2007. Climate Change in the tropical Andes - Impacts and Consequences for Glaciation and Water Resources. *Water Resources I*:5.

Wagnon, P; Ribstein, P; Francou, B; Sicart, JE. 2001. Anomalous heat and mass budget of Glaciar Zongo, Bolivia, during the 1997/98 El Niño year (en línea). *Journal of Glaciology* 47(156):21-28. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756501781832593>.

Walker, CC; Gardner, AS. 2017. Rapid drawdown of Antarctica's Wordie Ice Shelf glaciers

in response to ENSO/Southern Annular Mode-driven warming in the Southern Ocean (en línea). *Earth and Planetary Science Letters* 476(November):100-110. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2017.08.005>.

Yao-Jun, L; Yong-Jian, D; Dong-Hui, S; Rong-Jun, W. 2019. Regional differences in global glacier retreat from 1980 to 2015 (en línea). *Advances in Climate Change Research* 10(4):203-213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.03.003>.

Yuan, X. 2004. ENSO-related impacts on Antarctic sea ice: A synthesis of phenomenon and mechanisms. *Antarctic Science* 16(4):415-425. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954102004002238>.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Información meteorológica en la Isla Rey Jorge

ID Estación	Nombre de estación	Precipitación (mm.)	Temperatura Promedio (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
89252	FERRAZ		Fecha inicio: 01-1944 Fecha fin: 12-2013 Fuente: http://antartica.cptec.inpe.br/	Fecha inicio: 03-1948 Fecha fin: 12-2011	Fecha inicio: 03-1948 Fecha fin: 12-2011
89052	ARCTOWSKI	Fecha inicio: 04 - 1977 Fecha fin: 12 - 1998 Fuente: Edit A. Marszi y A. Styszyńska, 2000	Fecha inicio: 04 - 1977 Fecha fin: 12 - 1998	Fecha inicio: 04 - 1977 Fecha fin: 12 - 1998	Fecha inicio: 04 - 1977 Fecha fin: 12 - 1998
89053	TENIENTE JUBANY		Fecha inicio: 05 - 1985 Fecha fin: 12 - 2019 Fuente: https://legacy.bas.ac.uk/met/READER/data.html		
89251	KING SEJONG		Fecha inicio: 05 - 1988 Fecha fin: 12 - 2019 Fuente: https://legacy.bas.ac.uk/met/READER/data.html		
89050	BELLINGSHAUSEN	Fecha inicio: 01-1968 Fecha fin: 06-2017 Fuente: http://www.aari.aq/data/data.php?lang=1&station=0	Fecha inicio: 01-1968 Fecha fin: 06-2017	Fecha inicio: 01-1968 Fecha fin: 06-2017	Fecha inicio: 01-1968 Fecha fin: 06-2017
89058	GREAT WALL		Fecha inicio: 01-1985 Fecha fin: 12-2019 Fuente: https://legacy.bas.ac.uk/met/READER/data.html		
89056	FREI	Fecha inicio: 01-1970 Fecha fin: 12-2019 Fuente: https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/historicos/datosDescarga/950001	Fecha inicio: 01-1970 Fecha fin: 12-2019	Fecha inicio: 01-1970 Fecha fin: 12-2019	Fecha inicio: 01-1970 Fecha fin: 12-2019

Fuente: Elaboración propia, 2020

Anexo 2: Disponibilidad de información meteorológica e índices Océano – atmosférico

Temperatura máxima (°C) – Estación Bellingshausen, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-4.3	-0.8	-1.0	1.5	2.5	3.7	1.5	0.6	-1.8	-2.9	-2.1	-6.5
1981-82	-2.3	-2.3	0.3	2.0	4.7	3.9	2.3	1.6	0.5	-1.5	-4.4	-3.6
1982-83	-2.1	-1.3	-0.2	2.7	3.4	3.0	1.9	0.8	-1.3	-2.4	-3.2	-1.6
1983-84	-2.3	-1.1	1.1	2.4	2.6	3.5	2.5	-0.4	-4.0	-2.4	-2.3	-1.5
1984-85	-0.1	-1.1	1.2	3.2	4.3	3.5	1.1	0.8	-2.2	-2.0	-0.9	-1.4
1985-86	0.4	0.5	1.6	2.6	2.9	2.9	2.9	0.1	-4.6	-4.2	-3.9	-3.2
1986-87	-3.3	-0.7	-1.1	1.2	2.3	2.8	1.8	-1.2	-3.4	-4.7	-9.7	-2.6
1987-88	-3.8	-1.0	0.8	2.3	3.2	3.9	1.6	0.2	-0.6	-4.5	-2.2	-6.1
1988-89	-1.6	-1.3	0.0	1.5	3.0	4.0	3.6	-2.0	0.7	-0.2	0.3	-0.6
1989-90	-1.3	0.6	1.7	2.5	4.1	4.3	2.6	-1.9	-2.7	-2.0	-2.7	-2.4
1990-91	-0.8	-0.8	0.4	1.8	3.2	2.2	0.8	-1.1	-4.7	-6.1	-2.9	-3.6
1991-92	-1.2	-1.6	0.4	1.2	4.4	3.2	1.2	1.1	-6.3	-6.1	-4.6	-2.2
1992-93	-1.3	-1.2	0.3	3.6	3.4	3.9	1.6	0.5	-0.6	-1.8	-1.8	-2.1
1993-94	-1.6	-0.6	0.8	1.8	3.5	2.9	2.4	0.1	-2.0	-2.0	-7.7	-1.6
1994-95	-1.9	-3.5	1.8	2.6	4.2	3.7	1.4	0.7	-0.7	-4.6	-10.0	-8.6
1995-96	-3.8	-0.2	0.2	2.5	3.3	4.2	2.8	0.3	-0.7	-2.4	-1.6	-2.3
1996-97	-0.4	-0.4	0.9	2.4	4.9	3.8	3.2	0.4	-0.1	-2.3	-3.8	-2.6
1997-98	-4.2	-1.4	-1.1	2.2	4.2	4.1	2.6	1.9	-0.3	0.3	-2.4	-4.4
1998-99	-5.1	-0.6	0.5	1.6	3.6	3.7	3.1	2.0	0.5	-1.9	-1.4	-2.9
1999-00	-3.4	-0.5	1.1	2.6	3.6	3.5	2.0	1.1	-0.2	-0.6	-1.3	-4.1
2000-01	-3.4	-0.5	0.3	1.4	3.1	2.1	1.8	-0.9	0.3	-2.9	-4.8	-1.3
2001-02	-1.4	-0.1	0.8	2.6	3.8	4.0	1.3	1.8	-3.2	-5.5	-3.5	-3.0
2002-03	-1.2	-3.7	-0.1	1.8	3.5	3.7	1.1	0.8	-0.4	-4.9	-3.7	-0.3
2003-04	-0.9	-0.9	-0.3	0.0	2.6	3.1	2.6	-0.3	-0.5	-1.1	-1.5	-1.9
2004-05	-1.8	-1.0	0.7	1.9	3.0	3.4	1.6	0.5	-1.6	-4.6	-3.4	-1.6
2005-06	-0.8	-0.4	0.7	1.7	4.7	4.6	4.3	1.3	0.8	-2.4	-1.8	-5.4
2006-07	-3.1	-0.2	0.7	3.1	4.0	3.5	0.9	-1.8	-2.4	-4.4	-7.5	-2.4
2007-08	-1.5	-1.5	-0.3	1.8	2.6	3.6	2.3	-0.3	0.0	-1.4	-1.8	-2.8
2008-09	0.0	0.3	1.1	2.8	3.8	2.9	3.4	0.1	-1.1	-3.9	-4.9	-6.0
2009-10	-1.3	-0.9	0.3	1.5	2.1	1.6	1.6	-0.3	-0.4	-0.6	-1.9	-2.4
2010-11	-1.6	0.4	1.7	1.4	2.9	3.9	2.6	-1.9	-0.7	-4.2	-6.3	-5.1
2011-12	-3.0	-0.3	1.0	2.2	3.2	2.5	2.5	3.1	-0.8	-3.8	-3.0	-2.0
2012-13	-3.3	-3.8	-0.6	0.4	1.9	2.3	2.3	1.8	-1.7	-1.7	-2.9	-5.4
2013-14	-2.8	-1.2	-0.4	0.3	1.6	1.3	0.9	0.1	-0.4	-2.4	-1.2	-3.1
2014-15	-2.3	-0.9	-0.8	1.1	2.1	3.0	2.1	0.5	-1.3	-4.3	-4.3	-3.2
2015-16	-4.2	-1.0	-0.6	0.7	1.7	2.2	2.1	-1.1	0.4	-0.5	-2.8	-4.0
2016-17	0.1	0.6	0.8	2.2	3.4	3.7	2.6	0.1	0.0	-3.1	-1.4	-2.2
2017-18	-1.7	-0.5	-1.0	1.9	1.3	5.0	1.8	0.4	-0.6	-2.6	-2.6	-2.2
2018-19	-2.2	-0.1	-0.3	1.1	0.8	1.4	0.4	0.2	-1.2	-2.7	-2.7	-0.6

Temperatura máxima (°C) – Estación Frei, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	2.0	1.9	2.1	3.8	5.1	6.2	4.2	5.6	2.4	2.4	3.4	1.2
1981-82	1.8	2.8	3.1	4.9	11.0	7.8	5.2	3.5	3.0	3.5	0.1	1.6
1982-83	0.3	2.7	3.9	7.2	6.8	5.8	6.4	3.4	2.4	2.8	2.0	1.1
1983-84	0.4	1.4	5.2	5.8	5.0	9.1	5.4	3.8	1.4	-0.1	0.9	1.0
1984-85	1.2	2.3	3.2	5.3	9.8	9.2	5.4	3.8	2.4	1.4	1.6	2.4
1985-86	3.9	4.4	2.6	4.2	6.2	5.6	5.4	3.7	0.4	1.3	2.6	2.7
1986-87	1.0	1.6	2.1	6.8	7.0	5.8	7.8	2.5	3.8	0.3	0.0	1.2
1987-88	1.1	1.7	2.9	6.9	5.8	5.8	6.9	2.8	3.5	1.7	0.7	0.0
1988-89	0.8	4.2	4.4	6.6	6.7	6.2	5.8	3.6	2.5	3.1	1.6	3.3
1989-90	2.5	1.7	5.4	5.4	6.1	5.4	4.5	1.5	2.1	0.6	1.6	1.3
1990-91	3.2	4.9	2.9	4.1	5.9	4.7	5.6	3.6	3.2	1.8	0.5	1.6
1991-92	2.5	0.7	3.4	3.5	8.0	5.0	6.4	3.3	1.4	0.5	1.3	3.0
1992-93	3.2	3.8	2.5	8.2	6.1	6.9	5.3	3.8	4.3	0.4	1.7	2.1
1993-94	0.4	1.2	3.6	3.4	6.4	5.7	4.0	3.0	1.7	1.2	0.4	1.5
1994-95	2.5	0.0	4.0	5.4	7.6	5.4	4.4	4.1	2.6	2.0	-0.8	0.7
1995-96	1.5	2.0	1.4	3.6	5.0	7.1	4.8	3.7	3.4	2.2	2.3	0.1
1996-97	1.7	2.7	3.4	6.5	7.3	5.2	5.6	5.2	2.4	4.2	0.9	1.1
1997-98	3.2	1.2	2.8	3.9	8.7	7.8	4.2	4.8	2.0	2.1	1.2	1.0
1998-99	1.1	1.1	1.6	4.3	6.5	4.8	5.6	3.4	1.8	2.0	1.2	0.3
1999-00	1.6	1.2	3.6	5.5	5.6	5.1	4.6	3.0	2.4	2.0	2.0	0.8
2000-01	1.1	2.3	1.3	3.6	5.9	8.5	4.5	2.8	3.8	1.6	-0.5	0.5
2001-02	0.8	3.4	2.4	4.4	6.0	6.5	3.6	4.1	2.3	0.1	0.1	0.7
2002-03	3.4	2.2	2.7	4.1	5.8	6.6	4.3	4.9	2.4	0.1	1.9	2.6
2003-04	1.5	2.0	0.8	4.3	7.1	4.0	6.0	4.5	3.2	2.3	2.5	0.6
2004-05	1.9	1.6	2.1	7.8	6.3	6.9	3.2	3.4	2.0	0.9	0.0	2.0
2005-06	2.8	0.6	3.6	6.2	6.6	6.4	6.7	3.9	3.6	1.5	1.1	0.1
2006-07	0.4	1.6	2.6	7.3	5.7	4.9	4.2	1.9	1.2	1.7	0.9	1.6
2007-08	0.5	1.8	3.7	6.9	3.8	6.4	4.0	4.1	3.9	0.6	0.3	0.3
2008-09	2.3	2.7	2.9	3.7	5.0	3.9	5.2	1.9	4.9	0.4	-0.3	-0.7
2009-10	0.2	1.9	2.7	2.6	6.3	2.8	4.9	2.9	2.1	2.3	1.4	1.7
2010-11	0.7	1.3	3.3	4.4	4.9	5.8	7.5	3.3	2.2	0.9	-1.1	0.1
2011-12	2.5	3.3	4.4	3.9	5.3	4.5	8.4	3.1	3.2	-0.2	0.8	1.7
2012-13	0.8	2.2	2.1	1.8	4.0	3.8	5.5	3.4	2.1	1.3	-0.2	-0.3
2013-14	1.3	1.9	2.5	3.4	4.0	3.4	3.6	3.5	3.6	0.3	1.2	0.8
2014-15	1.1	4.0	3.2	3.3	3.7	7.0	3.8	3.3	3.9	1.0	0.0	0.6
2015-16	0.2	1.4	0.7	3.1	4.9	5.0	5.8	3.5	4.4	1.5	0.2	0.2
2016-17	1.5	2.5	1.6	3.4	4.9	5.2	6.0	3.7	4.2	1.3	1.9	1.1
2017-18	1.6	2.9	2.3	5.3	4.7	8.5	5.2	3.8	2.8	0.7	0.7	1.1
2018-19	1.1	3.3	3.1	4.5	4.2	4.8	3.8	3.6	2.1	0.6	0.6	2.8

Temperatura máxima (°C) – Estación Ferraz, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	5.6	4.1	8.4	8.4	11.0	7.5	8.4	10.0	4.8	6.0	8.8	3.9
1981-82	9.2	7.4	5.7	5.7	13.5	7.5	7.6	7.9	6.4	5.7	2.6	4.6
1982-83	6.0	7.4	8.4	8.4	7.0	5.0	8.4	8.4	7.0	7.0	3.8	4.1
1983-84	6.7	9.8	7.6	7.6	8.1	8.4	7.3	6.7	5.7	1.7	2.9	5.8
1984-85	4.4	5.9	8.4	8.4	10.4	8.6	7.5	6.2	4.9	5.1	5.0	4.5
1985-86	8.9	6.6	7.8	7.8	6.7	6.0	5.9	5.0	0.0	1.0	4.5	2.0
1986-87	1.0	4.0	5.2	9.6	5.4	6.4	9.3	5.5	6.0	2.5	0.5	3.0
1987-88	3.0	4.0	6.0	12.0	6.6	7.8	9.8	7.3	6.6	4.3	4.5	4.0
1988-89	4.2	6.0	6.0	6.8	6.2	6.2	6.2	3.7	6.1	5.0	6.3	5.5
1989-90	5.5	4.0	5.7	7.4	7.5	7.5	7.0	1.5	3.6	0.5	2.8	1.1
1990-91	4.2	2.5	2.7	5.5	3.8	3.9	7.0	6.5	4.0	1.5	0.5	1.5
1991-92	3.0	5.0	5.0	3.9	9.0	5.5	8.8	3.8	3.0	2.0	2.7	4.0
1992-93	4.0	5.0	7.3	8.0	4.9	4.1	6.9	5.7	5.5	3.7	2.9	4.7
1993-94	1.4	4.2	4.5	6.0	7.9	5.9	9.4	7.2	3.9	2.5	2.0	3.6
1994-95	4.2	1.5	8.5	9.1	9.4	10.3	8.0	6.9	4.4	4.9	0.3	1.6
1995-96	3.9	5.7	8.2	9.3	8.6	10.7	7.3	8.8	4.5	3.7	4.4	7.8
1996-97	6.2	7.1	5.7	10.3	10.3	8.0	11.2	7.0	7.0	7.3	6.0	3.2
1997-98	3.2	5.0	10.6	7.9	12.7	10.0	9.1	10.9	6.1	9.5	4.2	4.4
1998-99	6.1	4.4	14.4	5.5	14.9	9.2	7.2	7.1	6.0	3.9	3.7	0.5
1999-00	4.1	4.5	5.7	9.0	6.2	9.6	11.7	4.9	4.9	3.8	4.2	2.7
2000-01	3.3	4.1	7.6	4.8	6.4	9.1	7.1	4.9	6.2	4.6	0.9	2.5
2001-02	6.3	5.3	4.9	7.2	10.1	8.5	6.0	7.6	3.1	1.7	2.7	2.9
2002-03	7.7	5.5	5.4	9.0	8.7	8.3	10.3	8.3	4.5	1.3	5.1	5.6
2003-04	4.9	4.7	5.0	6.6	12.9	9.1	8.1	6.7	7.5	5.7	3.7	1.2
2004-05	5.7	4.9	7.7	9.1	10.4	10.8	7.5	6.2	5.5	2.4	4.4	2.9
2005-06	4.7	5.3	8.1	10.4	10.4	9.2	7.6	6.6	5.9	4.8	1.7	2.1
2006-07	3.1	10.1	6.9	9.4	10.9	8.1	7.0	4.1	4.8	1.8	2.4	2.3
2007-08	4.9	4.5	4.2	7.6	8.5	7.5	7.5	5.3	4.9	4.4	3.9	0.6
2008-09	5.6	5.4	9.1	5.3	8.0	6.5	6.6	3.9	3.7	2.3	3.1	1.7
2009-10	3.5	4.6	5.3	7.0	6.6	6.8	9.1	5.8	5.8	5.7	7.5	2.0
2010-11	3.9	4.2	6.3	6.6	8.9	6.6	7.2	4.5	6.9	2.0	4.5	4.2
2011-12	3.6	5.4	7.4	9.1	6.7	6.0	7.9	5.6	3.7	0.6	1.5	2.4
2012-13	1.3	1.8	3.3	3.6	5.4	5.5	6.4	5.1	2.8	2.4	1.0	-0.2
2013-14	1.8	2.9	3.6	4.4	5.3	4.8	4.7	4.3	4.1	1.5	2.6	1.4
2014-15	2.0	4.1	3.7	4.7	5.4	7.4	5.4	4.4	3.8	1.0	0.5	1.3
2015-16	0.6	2.8	2.6	4.4	5.8	6.1	6.4	3.7	4.9	3.0	1.3	0.7
2016-17	3.3	4.1	3.7	5.3	6.6	6.9	6.7	4.4	4.6	1.7	4.4	3.6
2017-18	4.1	5.4	4.8	7.7	7.1	10.8	7.6	6.3	5.3	3.2	3.2	3.6
2018-19	3.6	5.8	5.6	6.9	6.6	7.2	6.3	6.1	4.6	3.1	3.1	5.3

Temperatura promedio (°C) – Estación Bellingshausen, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-7.9	-3.5	-2.8	0.0	0.9	1.8	-0.2	-1.0	-4.0	-4.4	-4.4	-9.5
1981-82	-5.1	-4.6	-1.4	0.5	2.4	2.1	0.9	-0.1	-1.2	-3.0	-7.1	-6.0
1982-83	-4.9	-3.4	-2.0	0.9	1.5	1.2	0.5	-0.7	-3.4	-4.9	-5.3	-3.1
1983-84	-4.3	-2.7	-0.5	0.8	1.0	1.6	0.8	-1.8	-6.2	-4.7	-4.3	-3.5
1984-85	-1.4	-3.1	-0.5	1.1	2.2	1.8	-0.7	-0.9	-4.1	-4.4	-3.1	-3.7
1985-86	-1.5	-1.5	0.1	0.9	1.1	1.0	1.2	-1.9	-7.7	-7.3	-7.2	-7.3
1986-87	-5.8	-2.8	-2.9	-0.5	0.8	1.0	0.1	-3.2	-5.6	-7.8	-13.8	-5.2
1987-88	-6.7	-2.8	-0.4	0.7	1.3	2.3	-0.2	-1.4	-2.2	-7.2	-5.6	-8.9
1988-89	-3.8	-3.3	-1.9	-0.2	1.3	2.2	2.1	-4.8	-1.3	-2.1	-1.1	-2.2
1989-90	-3.1	-0.8	-0.1	1.1	2.3	2.7	1.0	-4.7	-5.2	-4.8	-5.6	-5.5
1990-91	-3.6	-2.4	-1.1	0.2	1.6	0.6	-0.8	-2.8	-7.4	-9.6	-6.6	-7.3
1991-92	-3.3	-3.7	-1.0	-0.2	2.4	1.4	-0.8	-0.6	-8.7	-8.6	-8.0	-4.9
1992-93	-2.9	-3.4	-1.0	1.8	1.6	2.1	0.1	-1.3	-2.4	-4.2	-3.5	-4.2
1993-94	-3.8	-2.4	-0.7	0.1	1.7	1.3	0.6	-1.4	-4.2	-4.2	-10.9	-4.4
1994-95	-3.9	-6.0	-0.3	0.7	2.3	2.0	-0.1	-1.5	-2.6	-6.8	-13.1	-11.5
1995-96	-6.5	-1.9	-1.3	0.7	1.6	2.4	1.2	-1.5	-2.6	-5.1	-3.8	-4.3
1996-97	-2.0	-1.9	-0.5	0.8	2.8	2.1	1.7	-1.4	-1.7	-4.6	-6.5	-5.5
1997-98	-7.3	-3.2	-2.5	0.5	2.4	2.3	1.1	0.9	-1.8	-1.2	-5.1	-6.8
1998-99	-8.1	-2.3	-0.7	0.3	1.9	1.9	1.7	0.8	-0.8	-3.7	-3.4	-5.3
1999-00	-5.6	-2.0	-0.2	1.0	1.8	1.9	0.8	0.0	-1.5	-2.4	-3.5	-6.5
2000-01	-6.0	-2.0	-1.5	0.1	1.3	0.4	-0.1	-3.0	-1.3	-5.2	-7.0	-3.1
2001-02	-3.0	-1.3	-0.6	1.0	2.1	2.4	-0.1	0.0	-5.7	-8.9	-6.8	-4.7
2002-03	-3.2	-5.8	-1.7	0.3	1.6	2.1	-0.3	-0.7	-2.6	-7.3	-5.8	-2.1
2003-04	-2.9	-2.5	-2.1	-1.3	1.1	1.5	0.7	-1.9	-2.4	-2.8	-3.6	-4.5
2004-05	-4.4	-2.9	-0.7	0.3	1.3	1.9	0.0	-1.2	-3.3	-7.6	-6.1	-3.8
2005-06	-2.4	-1.8	-0.8	0.0	2.7	2.4	2.6	-0.5	-0.8	-4.0	-4.2	-8.1
2006-07	-4.7	-1.5	-0.7	1.1	2.0	1.8	-0.9	-3.8	-4.6	-7.2	-11.7	-5.5
2007-08	-3.4	-4.0	-2.0	0.3	1.2	1.8	0.7	-1.7	-1.9	-3.4	-3.7	-5.1
2008-09	-1.3	-1.3	-0.1	1.2	2.1	1.6	1.5	-1.8	-2.9	-6.9	-8.5	-8.4
2009-10	-4.5	-2.7	-2.1	0.1	0.5	0.2	0.0	-2.2	-2.4	-2.4	-4.3	-4.5
2010-11	-3.2	-0.8	-0.3	-0.1	1.2	2.3	0.6	-4.2	-2.8	-7.1	-9.8	-7.8
2011-12	-6.1	-1.8	-0.7	0.9	1.5	0.8	0.9	-4.2	-2.9	-6.7	-5.4	-4.6
2012-13	-5.7	-3.8	-2.1	-1.2	0.5	0.7	0.5	0.5	-3.7	-4.2	-6.3	-8.1
2013-14	-5.0	-2.7	-2.1	-1.4	0.2	-0.1	-0.9	-1.3	-2.4	-4.3	-3.1	-5.4
2014-15	-4.5	-2.5	-2.2	-0.3	0.7	1.4	0.8	-0.8	-3.0	-7.1	-7.5	-6.0
2015-16	-7.3	-2.6	-1.8	-0.4	0.3	0.5	0.6	-3.0	-2.1	-1.9	-4.3	-6.4
2016-17	-1.3	-1.1	-0.7	0.5	1.6	1.9	1.3	-1.5	-2.0	-5.3	-4.3	-5.5
2017-18	-4.2	-3.0	-1.3	0.4	1.4	2.3	0.5	-1.0	-2.5	-4.3	-3.8	-4.9
2018-19	-3.6	-2.4	-0.5	0.8	0.9	0.2	0.2	-1.3	-3.7	-4.3	-4.8	-5.2

Temperatura promedio (°C) – Estación Frei, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-7.7	-2.9	-2.7	0.6	1.1	1.8	-0.2	-0.9	-3.9	-4.4	-4.6	-9.6
1981-82	-5.3	-4.2	-1.4	0.7	2.7	2.2	1.0	-0.2	-1.0	-2.8	-7.3	-5.8
1982-83	-4.8	-3.3	-1.8	1.2	1.6	1.3	0.7	-0.6	-3.4	-5.1	-5.2	-3.0
1983-84	-4.2	-2.5	-0.3	1.0	1.2	1.9	1.0	-1.9	-6.3	-4.8	-4.3	-3.9
1984-85	-1.7	-3.0	-0.4	1.2	2.5	2.0	-0.8	-0.9	-4.0	-4.4	-3.0	-3.7
1985-86	-1.5	-1.4	0.1	1.1	1.4	1.1	1.2	-1.8	-7.7	-7.2	-7.3	-6.8
1986-87	-5.7	-2.6	-2.5	-0.2	1.1	1.2	0.3	-2.9	-5.3	-7.6	-13.2	-4.8
1987-88	-6.6	-2.5	-0.3	0.8	1.0	2.3	0.0	-1.4	-2.2	-7.1	-5.3	-8.6
1988-89	-4.0	-3.3	-1.5	-0.2	1.3	2.4	2.1	-4.3	-1.1	-2.3	-1.1	-2.2
1989-90	-3.1	-0.9	-0.2	1.2	2.1	2.5	0.9	-5.1	-5.6	-4.7	-5.8	-5.7
1990-91	-3.6	-2.5	-1.2	0.0	2.0	1.0	-0.1	-2.3	-7.2	-9.4	-6.4	-7.2
1991-92	-3.5	-3.7	-1.0	-0.3	1.9	1.0	-1.2	-1.1	-8.3	-8.3	-7.6	-4.8
1992-93	-2.8	-3.1	-0.6	2.1	1.9	2.1	-0.3	-1.4	-2.7	-4.1	-3.3	-3.7
1993-94	-3.7	-2.2	-0.5	0.4	1.7	1.3	0.5	-1.5	-3.8	-4.0	-10.5	-3.8
1994-95	-3.7	-5.6	-0.4	0.4	1.6	1.7	-0.1	-1.5	-2.5	-6.8	-12.6	-10.8
1995-96	-6.6	-2.0	-1.4	0.5	1.3	1.8	0.5	-1.8	-2.8	-5.3	-4.2	-4.7
1996-97	-2.7	-2.4	-1.1	0.1	1.7	1.5	1.1	-1.6	-1.6	-4.8	-6.4	-5.5
1997-98	-7.1	-3.4	-2.8	0.3	1.9	1.9	0.7	0.6	-1.9	-1.6	-5.3	-7.0
1998-99	-8.1	-2.6	-1.0	0.0	1.3	1.2	1.0	0.3	-1.2	-3.9	-3.8	-5.4
1999-00	-5.6	-2.1	-0.4	0.6	1.4	1.5	0.5	-0.2	-1.6	-2.3	-3.3	-6.5
2000-01	-5.9	-2.2	-1.5	0.0	1.1	0.3	-0.3	-3.2	-1.3	-5.3	-6.5	-2.8
2001-02	-2.8	-1.0	-0.4	1.0	1.8	2.1	-0.3	0.0	-5.9	-8.7	-6.7	-4.7
2002-03	-3.3	-5.9	-1.7	0.3	1.6	1.9	-0.3	-0.7	-2.6	-7.4	-5.7	-2.0
2003-04	-3.0	-2.4	-2.1	-1.2	1.3	1.4	0.6	-2.1	-2.4	-2.9	-3.7	-4.2
2004-05	-4.2	-2.8	-0.7	0.3	1.3	1.8	-0.3	-1.4	-3.5	-7.6	-6.2	-3.8
2005-06	-2.5	-1.8	-0.6	-0.2	2.1	2.0	2.2	-0.7	-1.1	-4.3	-4.3	-8.5
2006-07	-5.1	-1.8	-0.9	0.6	1.6	1.3	-1.3	-4.1	-4.7	-7.2	-11.6	-5.7
2007-08	-3.7	-4.1	-2.1	0.2	1.0	1.5	0.3	-2.2	-2.1	-3.7	-3.9	-5.2
2008-09	-1.6	-1.7	-0.6	0.7	1.8	1.2	1.1	-2.0	-3.2	-7.1	-8.3	-8.8
2009-10	-4.9	-3.1	-2.6	-0.3	0.2	-0.2	-0.4	-2.7	-2.8	-2.7	-4.6	-4.9
2010-11	-3.6	-1.1	0.0	-0.4	0.9	1.9	0.3	-4.5	-3.0	-7.4	-10.0	-7.8
2011-12	-6.5	-2.0	-0.9	0.8	1.3	0.7	0.7	-4.3	-2.9	-7.0	-5.6	-4.8
2012-13	-5.8	-3.8	-2.2	-1.3	0.4	0.7	0.5	0.6	-3.9	-4.1	-6.3	-8.0
2013-14	-5.2	-2.8	-2.0	-1.4	0.0	-0.2	-0.9	-1.3	-3.2	-4.6	-3.3	-5.7
2014-15	-4.7	-2.7	-2.6	-0.6	0.4	1.1	0.4	-0.7	-2.8	-7.3	-7.5	-6.2
2015-16	-7.6	-2.8	-1.9	-0.5	0.4	0.6	0.7	-3.1	-2.3	-2.3	-4.5	-6.7
2016-17	-1.6	-1.5	-1.1	0.1	1.2	1.6	0.9	-1.9	-2.3	-5.9	-4.2	-5.6
2017-18	-4.4	-3.1	-1.6	0.1	1.3	2.1	0.5	-1.0	-2.4	-4.4	-3.2	-4.6
2018-19	-3.6	-2.4	-0.7	0.7	0.9	0.3	0.3	-1.1	-3.7	-4.1	-4.7	-4.9

Temperatura promedio (°C) – Estación Ferraz, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-7.5	-2.2	-2.2	1.5	1.7	2.5	0.4	0.0	-3.5	-3.6	-4.2	-9.3
1981-82	-4.7	-3.7	-0.5	1.3	3.6	2.6	1.5	0.7	-0.4	-2.2	-7.3	-5.4
1982-83	-3.4	-2.7	-1.3	1.5	2.0	1.3	1.1	0.3	-3.1	-4.8	-4.5	-2.1
1983-84	-3.7	-1.6	0.7	1.8	1.2	2.4	1.8	-1.4	-6.3	-4.5	-3.7	-2.7
1984-85	-0.4	-2.6	-0.4	2.0	2.9	2.3	-0.4	-0.3	-3.8	-4.0	-2.1	-2.9
1985-86	-0.7	-0.4	1.0	1.8	1.1	1.0	1.7	-2.4	-8.7	-8.5	-8.6	-7.5
1986-87	-6.1	-2.6	-1.7	0.8	1.5	1.6	1.3	-2.5	-5.0	-7.5	-13.5	-4.5
1987-88	-6.5	-2.5	0.0	2.1	1.9	3.4	0.8	-0.7	-1.4	-7.1	-5.4	-8.3
1988-89	-3.1	-2.8	1.0	1.2	1.6	3.5	3.7	-4.7	0.1	-1.5	0.5	-1.5
1989-90	-2.4	0.0	-1.3	1.5	2.9	3.3	1.7	-5.3	-5.2	-4.7	-5.8	-5.8
1990-91	-2.6	-2.0	-0.9	0.3	1.3	0.2	0.7	-2.0	-6.9	-9.0	-6.5	-7.2
1991-92	-2.6	-2.9	1.1	0.6	2.3	0.3	-1.9	-0.9	-8.3	-8.7	-7.3	-3.8
1992-93	-2.0	-2.4	1.0	2.6	1.5	1.6	0.4	-1.1	-2.2	-3.9	-3.6	-3.8
1993-94	-3.9	-1.8	0.2	0.6	2.0	1.3	1.2	-0.8	-4.0	-4.0	-10.2	-3.3
1994-95	-3.3	-5.6	1.8	2.5	3.5	3.1	0.4	-1.2	-2.1	-6.4	-13.1	-11.3
1995-96	-5.9	-1.1	-0.2	1.5	2.0	3.2	1.8	-1.5	-2.6	-5.2	-3.5	-3.6
1996-97	-1.4	-1.4	0.0	1.4	2.9	2.0	1.6	-1.8	-1.6	-4.6	-7.2	-4.4
1997-98	-7.2	-3.1	-2.5	0.9	2.9	2.7	1.9	1.9	-0.6	0.7	-5.6	-7.3
1998-99	-7.8	-1.6	0.3	0.9	2.8	2.2	2.0	1.5	-0.2	-3.6	-3.4	-5.4
1999-00	-5.3	-1.2	0.9	1.6	2.1	2.6	1.3	0.2	-1.2	-2.2	-3.2	-6.8
2000-01	-6.1	-1.5	-0.4	0.4	1.7	0.5	0.2	-3.0	-0.5	-5.5	-7.0	-2.5
2001-02	-1.9	-0.3	0.2	1.8	2.8	3.1	0.1	0.7	-6.0	-9.3	-7.8	-4.4
2002-03	-2.4	-5.6	-1.1	1.5	2.5	2.9	0.4	-0.1	-2.5	-8.0	-5.4	-1.6
2003-04	-2.4	-1.9	-1.5	-0.9	2.2	2.7	1.1	-1.6	-2.0	-2.5	-3.6	-4.3
2004-05	-3.8	-2.2	0.5	1.2	2.2	2.8	0.6	-1.0	-3.6	-8.0	-6.4	-3.2
2005-06	-2.0	-0.5	0.4	0.5	3.7	3.2	3.3	-0.4	-0.3	-3.8	-4.2	-8.9
2006-07	-4.7	0.0	0.2	1.8	3.0	2.2	-0.9	-4.2	-4.8	-7.8	-12.6	-5.2
2007-08	-3.0	-3.8	-1.7	1.3	2.1	2.5	1.2	-1.7	-1.6	-3.3	-3.9	-5.1
2008-09	0.1	-0.3	0.5	1.7	2.9	2.1	2.1	-1.7	-3.1	-7.3	-9.2	-9.0
2009-10	-4.4	-2.6	-2.2	0.8	1.0	0.2	0.4	-2.1	-2.3	-2.0	-4.1	-4.2
2010-11	-2.5	0.2	1.3	0.4	1.8	3.2	0.7	-4.6	-2.3	-7.5	-9.9	-7.5
2011-12	-6.3	-0.9	0.1	2.4	2.1	1.2	1.4	-3.9	-2.3	-7.1	-5.4	-4.0
2012-13	-5.0	-3.2	-1.0	-0.4	0.9	0.9	1.0	0.8	-3.2	-3.9	-6.1	-7.7
2013-14	-4.6	-2.1	-1.1	-0.5	0.9	0.5	-0.3	-0.6	-2.5	-4.4	-2.6	-5.3
2014-15	-4.2	-2.2	-1.8	0.5	1.4	2.2	1.1	0.0	-2.5	-7.1	-7.6	-5.8
2015-16	-7.5	-2.0	-1.3	0.5	1.3	1.3	1.4	-2.8	-1.7	-1.6	-4.1	-6.4
2016-17	-0.8	-0.7	-0.2	0.9	2.1	2.4	1.7	-1.3	-1.7	-5.4	-4.0	-5.3
2017-18	-3.9	-2.6	-0.7	1.1	2.2	3.1	1.2	-0.5	-2.0	-4.0	-3.5	-4.6
2018-19	-3.3	-2.0	0.0	1.5	1.6	0.8	0.9	-0.8	-3.4	-4.0	-4.6	-5.0

Temperatura promedio (°C) – Estación Jubany, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-7.7	-2.5	-2.2	1.3	1.6	2.5	0.3	-0.3	-3.6	-3.9	-4.3	-9.5
1981-82	-4.9	-3.9	-0.7	1.2	3.4	2.7	1.5	0.5	-0.5	-2.4	-7.3	-5.6
1982-83	-4.0	-2.9	-1.4	1.6	2.1	1.6	1.1	0.1	-3.1	-4.8	-4.8	-2.4
1983-84	-3.9	-1.9	0.4	1.6	1.4	2.4	1.6	-1.4	-6.2	-4.5	-3.9	-3.1
1984-85	-0.8	-2.7	-0.2	1.9	2.9	2.3	-0.4	-0.5	-4.5	-4.8	-2.9	-3.3
1985-86	-1.3	-0.8	0.1	1.4	1.4	1.1	1.2	-1.7	-9.0	-7.5	-7.3	-6.5
1986-87	-5.3	-2.4	-2.3	0.5	1.8	1.6	0.5	-3.3	-5.9	-7.5	-13.0	-4.6
1987-88	-6.2	-2.3	0.2	2.8	1.2	2.6	0.2	-1.4	-2.1	-7.4	-4.7	-8.7
1988-89	-4.2	-3.3	-1.5	0.2	2.1	2.8	2.5	-5.2	-0.7	-2.0	-0.5	-2.1
1989-90	-3.1	-0.5	0.3	1.5	2.6	3.0	1.1	-5.2	-5.8	-4.1	-5.6	-5.4
1990-91	-3.5	-2.2	-0.6	0.7	2.2	0.8	-0.3	-2.7	-8.0	-9.6	-6.5	-7.0
1991-92	-3.0	-3.7	-0.9	-0.1	2.0	0.7	-1.5	-1.2	-8.7	-8.4	-7.2	-4.0
1992-93	-2.6	-2.9	-0.3	3.1	1.9	1.9	0.2	-1.1	-2.0	-3.6	-3.1	-3.4
1993-94	-3.3	-1.7	0.3	0.7	2.0	1.5	0.7	-1.4	-4.0	-3.7	-11.4	-3.1
1994-95	-4.0	-5.5	1.2	1.7	2.8	2.4	0.3	-1.4	-2.3	-7.1	-13.1	-11.1
1995-96	-6.3	-0.9	-0.5	1.6	2.2	2.7	1.6	-1.7	-1.9	-5.3	-4.0	-4.4
1996-97	-1.8	-1.9	0.2	1.3	3.4	2.0	1.8	-1.1	-1.0	-4.3	-6.8	-5.6
1997-98	-7.4	-3.3	-2.2	1.2	3.1	2.5	1.2	1.1	-1.4	-0.8	-5.6	-7.1
1998-99	-7.8	-2.0	0.2	1.0	2.7	2.4	2.2	1.2	-0.1	-3.7	-3.5	-5.1
1999-00	-5.4	-1.7	0.5	1.7	2.2	2.4	1.0	0.2	-1.5	-1.9	-3.1	-6.8
2000-01	-6.0	-1.5	-0.5	0.6	1.7	0.3	0.3	-3.0	-0.4	-5.3	-6.5	-2.5
2001-02	-2.0	-0.2	0.2	1.7	2.7	3.0	-0.2	0.5	-5.9	-8.8	-7.6	-4.3
2002-03	-2.8	-5.5	-1.3	0.9	2.4	2.3	-0.9	-1.0	-2.6	-8.0	-6.0	-1.5
2003-04	-2.0	-2.0	-1.4	-0.8	2.1	2.3	0.8	-1.6	-2.6	-2.3	-3.5	-4.1
2004-05	-3.6	-2.3	0.0	0.8	1.7	2.0	0.5	-0.8	-3.8	-8.0	-6.8	-3.4
2005-06	-2.0	-1.0	0.1	0.5	3.5	2.8	2.7	-0.7	-0.7	-4.3	-3.8	-8.6
2006-07	-4.9	-0.7	0.2	1.6	2.9	1.7	-0.9	-4.2	-5.0	-7.6	-12.4	-5.1
2007-08	-3.1	-3.7	-1.9	1.3	1.9	2.4	1.1	-1.5	-1.3	-3.3	-3.2	-4.4
2008-09	-0.3	-0.3	0.6	2.0	2.6	2.0	1.8	-1.7	-3.3	-7.8	-8.2	-7.8
2009-10	-4.4	-2.1	-2.0	1.0	1.0	0.3	0.1	-2.2	-2.4	-1.9	-4.4	-4.1
2010-11	-2.8	0.1	1.3	0.6	1.7	2.9	0.6	-4.8	-2.4	-7.3	-9.5	-7.6
2011-12	-5.8	-0.8	0.2	2.3	2.1	1.2	1.4	-4.3	-2.2	-6.8	-5.0	-4.2
2012-13	-5.0	-3.1	-1.7	-0.3	1.2	1.5	1.1	1.6	-3.4	-3.7	-5.6	-7.1
2013-14	-4.5	-1.6	-0.9	-0.3	1.1	0.7	-0.1	-0.4	-2.5	-4.6	-2.3	-5.0
2014-15	-4.1	-2.1	-1.8	0.6	1.2	2.4	1.0	0.1	-2.4	-7.1	-7.6	-5.4
2015-16	-7.4	-1.7	-1.1	0.5	1.5	1.4	1.6	-2.6	-1.5	-1.3	-4.0	-5.9
2016-17	-0.5	-0.3	0.1	1.0	2.1	2.4	1.5	-1.3	-1.6	-5.2	-3.9	-5.0
2017-18	-3.4	-2.5	-0.5	1.3	2.2	3.2	1.3	-0.3	-2.0	-4.0	-3.5	-4.3
2018-19	-3.3	-1.7	0.3	1.5	1.3	0.6	0.7	-0.9	-3.5	-4.0	-4.9	-5.2

Temperatura promedio (°C) – Estación Great Wall, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-7.8	-2.8	-2.5	0.8	1.2	2.0	-0.1	-0.6	-3.9	-4.1	-4.5	-9.5
1981-82	-5.1	-4.2	-1.1	0.8	2.9	2.2	1.1	0.1	-0.9	-2.7	-7.4	-5.8
1982-83	-4.3	-3.2	-1.8	1.1	1.6	1.1	0.7	-0.3	-3.4	-5.0	-5.0	-2.7
1983-84	-4.1	-2.3	0.0	1.2	1.0	1.9	1.2	-1.8	-6.4	-4.8	-4.1	-3.3
1984-85	-1.1	-3.0	-0.6	1.4	2.3	1.8	-0.8	-1.0	-4.1	-4.6	-3.4	-3.8
1985-86	-2.0	-1.5	0.0	1.1	1.7	1.3	1.3	-1.7	-7.7	-7.4	-7.7	-6.8
1986-87	-4.9	-3.2	-2.5	-0.2	1.1	1.2	0.3	-3.0	-5.9	-7.3	-12.8	-4.7
1987-88	-6.2	-2.8	-0.5	0.7	1.2	2.5	0.2	-1.3	-2.2	-6.6	-5.2	-9.0
1988-89	-4.3	-3.2	-1.8	-0.3	1.5	2.7	2.2	-4.5	-1.1	-2.2	-1.1	-2.2
1989-90	-3.1	-1.0	-0.4	1.1	2.5	2.8	1.2	-4.5	-5.4	-4.3	-5.5	-5.7
1990-91	-4.1	-2.7	-1.0	0.2	1.8	0.9	-0.3	-2.5	-7.2	-9.5	-6.4	-7.3
1991-92	-3.3	-3.9	-1.3	-0.3	1.5	0.7	-1.5	-1.3	-8.4	-8.6	-7.8	-4.8
1992-93	-3.4	-3.4	-1.1	1.7	1.6	2.0	0.0	-1.2	-2.3	-3.7	-3.5	-4.1
1993-94	-4.0	-2.5	-0.7	0.2	2.0	1.7	0.8	-1.1	-3.3	-4.0	-11.0	-3.7
1994-95	-4.1	-5.7	-0.1	0.9	2.7	2.3	0.3	-1.2	-2.4	-6.6	-12.9	-11.4
1995-96	-7.0	-2.0	-1.4	0.9	1.6	2.5	1.3	-1.7	-2.4	-4.8	-3.9	-4.5
1996-97	-2.3	-2.4	-0.6	0.7	3.0	2.0	1.4	-1.3	-1.7	-4.5	-6.7	-5.7
1997-98	-7.5	-3.3	-2.5	1.2	2.4	2.3	0.8	0.7	-1.9	-1.4	-5.3	-7.1
1998-99	-8.1	-2.7	-1.1	0.4	2.1	2.1	1.7	0.7	-0.6	-3.6	-3.6	-5.2
1999-00	-5.4	-2.3	-0.1	1.3	2.2	2.1	0.9	0.0	-1.7	-2.2	-3.2	-6.4
2000-01	-5.8	-1.8	-1.1	0.3	1.6	0.4	0.0	-3.0	-1.2	-5.1	-6.6	-2.9
2001-02	-2.7	-0.8	-0.2	1.5	2.1	2.3	-0.5	-0.1	-5.9	-8.9	-7.3	-5.1
2002-03	-3.3	-6.0	-1.8	0.4	2.0	2.1	-0.4	-0.8	-2.7	-7.1	-6.4	-2.2
2003-04	-3.0	-2.5	-2.1	-1.2	1.1	1.8	0.6	-2.0	-2.8	-2.8	-3.7	-4.2
2004-05	-4.7	-2.8	-0.7	0.3	1.3	1.9	-0.2	-1.1	-3.7	-7.4	-6.6	-4.1
2005-06	-2.6	-1.6	-0.5	0.1	2.7	2.6	2.2	-0.8	-1.0	-4.2	-4.2	-8.4
2006-07	-5.3	-1.9	-0.7	1.1	2.2	1.7	-1.1	-4.0	-4.9	-7.3	-12.4	-6.3
2007-08	-3.8	-4.1	-2.5	0.3	1.4	2.1	0.6	-1.7	-1.8	-3.4	-3.9	-4.8
2008-09	-1.4	-1.1	-0.1	1.3	2.3	1.7	1.3	-1.9	-3.1	-7.2	-8.5	-8.4
2009-10	-5.2	-2.9	-2.3	0.3	0.5	0.2	-0.4	-2.4	-2.7	-2.6	-4.8	-4.7
2010-11	-3.8	-1.0	0.2	0.1	1.3	2.2	0.4	-4.7	-3.2	-7.2	-9.6	-8.3
2011-12	-6.2	-1.7	-0.5	1.1	1.9	1.2	0.9	-4.5	-2.8	-6.9	-5.8	-4.9
2012-13	-5.6	-3.1	-1.7	-0.2	1.1	1.1	0.6	0.7	-3.6	-4.5	-6.1	-7.7
2013-14	-5.5	-2.4	-1.4	0.1	1.1	0.6	-0.3	-0.9	-2.7	-4.6	-2.8	-5.6
2014-15	-4.3	-2.3	-1.6	1.1	1.6	2.0	0.8	-0.3	-2.6	-6.9	-8.1	-5.9
2015-16	-7.7	-2.1	-1.3	0.6	1.3	1.0	0.9	-3.1	-2.1	-2.0	-4.4	-6.5
2016-17	-1.3	-1.1	-0.7	0.4	1.5	1.8	1.1	-1.9	-2.3	-5.4	-4.2	-5.6
2017-18	-4.3	-2.9	-1.0	0.5	1.7	2.5	0.5	-1.0	-2.4	-4.1	-4.1	-5.3
2018-19	-3.3	-2.6	-0.5	1.0	1.3	0.3	0.4	-1.2	-3.5	-4.2	-4.4	-5.5

Temperatura mínima (°C) – Estación Bellingshausen, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-12.1	-6.2	-5.0	-1.2	-0.4	0.4	-2.0	-2.9	-6.3	-6.8	-7.3	-13.2
1981-82	-7.7	-6.9	-3.0	-0.7	0.8	0.6	-0.6	-2.2	-2.6	-4.8	-10.4	-9.0
1982-83	-8.2	-5.8	-3.8	-0.4	0.0	-0.2	-0.9	-2.2	-5.7	-7.5	-7.4	-5.6
1983-84	-6.7	-4.6	-1.7	-0.3	-0.5	0.2	-0.7	-3.9	-9.1	-8.2	-6.8	-6.2
1984-85	-3.4	-4.8	-2.1	-0.3	0.6	0.2	-2.4	-2.8	-6.5	-7.3	-5.8	-6.5
1985-86	-3.6	-3.4	-1.7	-0.6	-0.2	-0.7	-0.2	-3.7	-11.4	-10.1	-11.3	-11.1
1986-87	-9.4	-5.4	-5.2	-1.9	-0.5	-0.6	-1.6	-5.1	-8.4	-11.4	-18.1	-7.7
1987-88	-9.9	-4.6	-1.7	-0.6	0.0	0.9	-1.8	-3.3	-4.2	-9.8	-9.2	-12.1
1988-89	-6.7	-4.9	-3.5	-1.7	-0.3	0.7	0.6	-7.4	-3.4	-4.7	-2.9	-4.1
1989-90	-5.1	-2.4	-2.0	-0.2	0.9	1.3	-0.7	-7.3	-7.8	-7.9	-9.2	-9.3
1990-91	-6.7	-4.5	-2.8	-1.3	0.3	-0.9	-2.5	-4.6	-10.6	-13.6	-10.0	-11.4
1991-92	-5.9	-6.3	-2.6	-1.4	1.1	-0.2	-2.9	-2.6	-11.4	-11.4	-11.4	-8.0
1992-93	-5.2	-5.8	-2.4	0.3	0.3	0.7	-1.6	-3.4	-4.7	-7.1	-5.6	-6.7
1993-94	-6.3	-4.3	-2.2	-1.3	0.2	0.1	-1.1	-3.1	-7.0	-0.9	-14.6	-7.1
1994-95	-6.6	-8.3	-2.0	-0.6	0.7	0.6	-1.8	-4.1	-4.7	-9.8	-16.8	-14.7
1995-96	-9.4	-4.1	-2.7	-0.5	0.3	0.9	-0.5	-3.3	-4.4	-8.1	-6.6	-6.7
1996-97	-3.9	-3.8	-1.7	-0.4	1.2	1.0	0.1	-3.1	-3.8	-7.3	-9.7	-8.8
1997-98	-11.4	-5.2	-4.1	-0.9	1.0	1.0	-0.3	-0.4	-3.8	-3.5	-8.0	-9.4
1998-99	-10.8	-4.5	-1.8	-0.9	0.5	0.6	0.2	-0.5	-2.6	-5.9	-6.1	-8.0
1999-00	-7.6	-4.0	-1.5	-0.3	0.3	0.6	-0.4	-1.3	-3.4	-4.4	-6.6	-9.4
2000-01	-9.1	-3.5	-3.3	-0.9	0.0	-1.4	-2.1	-5.5	-3.2	-7.9	-9.8	-5.7
2001-02	-5.5	-2.8	-1.9	-0.3	0.8	1.1	-1.9	-1.4	-8.7	-12.4	-9.9	-7.5
2002-03	-5.0	-8.4	-3.0	-0.9	0.2	0.7	-1.6	-2.2	-5.3	-9.5	-8.8	-4.1
2003-04	-5.0	-4.3	-4.2	-2.6	-0.3	0.2	-1.1	-3.9	-5.0	-4.8	-5.9	-7.2
2004-05	-7.1	-5.0	-2.2	-0.8	0.1	0.6	-1.6	-2.9	-4.9	-10.9	-9.5	-6.3
2005-06	-4.9	-3.6	-2.1	-1.7	1.1	1.1	1.2	-2.5	-2.5	-5.8	-6.7	-11.4
2006-07	-7.0	-3.1	-1.9	-0.4	0.5	0.4	-2.9	-6.3	-7.1	-10.9	-17.1	-9.5
2007-08	-6.0	-6.3	-4.0	-0.8	0.1	0.4	-1.1	-3.1	-4.0	-5.7	-6.3	-7.9
2008-09	-2.6	-2.8	-1.5	-0.1	0.9	0.3	-0.1	-3.8	-5.1	-10.1	-12.3	-11.1
2009-10	-7.4	-4.7	-4.5	-1.1	-0.7	-0.9	-1.5	-4.1	-4.5	-4.3	-7.0	-7.4
2010-11	-5.3	-2.3	-1.0	-1.3	-0.2	1.0	-0.9	-6.5	-5.0	-9.9	-13.5	-11.4
2011-12	-9.7	-3.3	-2.2	-0.1	0.3	-0.9	-0.5	-13.3	-5.3	-9.8	-8.5	-7.2
2012-13	-8.3	-6.4	-3.7	-3.2	-0.5	-0.6	-1.3	-0.9	-6.0	-7.5	-10.0	-11.0
2013-14	-8.2	-4.4	-3.9	-3.2	-1.1	-1.5	-2.4	-2.6	-4.5	-6.7	-5.7	-8.4
2014-15	-7.5	-4.4	-3.8	-1.6	-0.5	-0.1	-0.7	-2.5	-5.1	-10.2	-11.1	-9.0
2015-16	-10.7	-4.2	-3.1	-1.5	-0.9	-0.9	-0.9	-5.0	-4.7	-3.9	-7.2	-9.7
2016-17	-3.0	-2.7	-2.3	-0.8	0.2	0.5	0.0	-3.4	-4.2	-7.6	-12.2	-10.7
2017-18	-8.4	-4.6	-4.3	-1.9	-0.3	0.1	-3.9	-2.9	-4.4	-8.6	-11.3	-8.3
2018-19	-7.0	-4.5	-2.3	-0.5	0.1	-2.6	-2.5	-5.7	-8.4	-7.0	-8.0	-9.8

Temperatura mínima (°C) – Estación Frei, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-23.0	-15.8	-9.1	-4.2	-2.4	-3.0	-6.2	-8.4	-11.4	-13.0	-12.6	-19.6
1981-82	-17.0	-15.8	-9.8	-3.0	-2.4	-1.6	-5.0	-8.7	-7.0	-10.6	-18.6	-20.2
1982-83	-17.2	-10.6	-8.4	-2.5	-1.7	-2.2	-3.1	-6.2	-11.4	-13.8	-16.4	-10.2
1983-84	-10.8	-9.9	-3.8	-2.0	-3.6	-5.6	-4.4	-11.8	-15.9	-14.6	-15.0	-13.6
1984-85	-9.4	-13.0	-4.0	-2.5	-3.8	-2.6	-5.6	-7.9	-13.5	-16.5	-12.4	-10.9
1985-86	-8.4	-8.9	-2.6	-1.4	-1.6	-3.1	-2.8	-9.8	-23.6	-20.6	-21.9	-18.4
1986-87	-17.6	-13.4	-10.7	-5.5	-2.5	-2.9	-5.7	-10.8	-15.4	-18.3	-26.3	-18.9
1987-88	-18.8	-12.7	-5.1	-3.3	-1.6	-0.9	-5.9	-7.3	-8.2	-17.8	-18.0	-21.1
1988-89	-15.2	-9.6	-6.8	-4.8	-3.2	-1.5	-3.0	-12.5	-13.2	-8.9	-8.5	-8.9
1989-90	-10.7	-5.8	-8.9	-3.3	-1.4	-1.0	-2.8	-16.9	-15.4	-14.1	-19.1	-19.5
1990-91	-19.6	-9.4	-6.2	-3.8	-1.5	-4.0	-5.8	-10.3	-17.6	-22.6	-18.6	-28.7
1991-92	-11.8	-11.4	-5.9	-4.0	-1.7	-3.9	-9.9	-8.7	-20.0	-18.6	-26.2	-17.6
1992-93	-9.5	-13.0	-6.2	-0.6	-2.1	-1.1	-6.7	-11.4	-10.9	-16.7	-12.2	-15.8
1993-94	-13.0	-9.7	-7.4	-2.8	-1.0	-2.9	-5.1	-9.2	-12.8	-12.3	-26.0	-14.4
1994-95	-10.5	-14.0	-4.4	-3.9	-1.7	-0.7	-5.1	-12.0	-10.9	-17.8	-25.8	-21.8
1995-96	-18.6	-7.5	-7.9	-2.7	-2.0	-2.5	-8.7	-9.0	-12.0	-15.3	-15.3	-12.4
1996-97	-13.3	-8.6	-7.4	-3.9	-4.1	-1.9	-4.8	-8.9	-7.9	-17.1	-19.7	-18.0
1997-98	-17.1	-10.6	-9.5	-3.4	-1.8	-1.3	-4.2	-4.0	-10.7	-11.4	-17.1	-17.7
1998-99	-21.6	-10.2	-4.5	-2.3	-1.1	-2.2	-4.2	-3.7	-6.5	-12.7	-14.7	-16.6
1999-00	-16.1	-8.9	-4.1	-2.3	-2.3	-2.3	-4.6	-8.1	-9.1	-9.8	-10.6	-18.4
2000-01	-17.8	-5.7	-6.9	-3.4	-3.4	-5.2	-6.5	-12.6	-10.0	-13.7	-16.6	-10.9
2001-02	-9.9	-6.9	-6.0	-1.8	-0.9	-0.8	-6.9	-5.7	-16.8	-21.4	-17.4	-13.7
2002-03	-11.0	-16.0	-5.8	-5.2	-2.4	-2.0	-5.1	-8.1	-11.1	-14.8	-17.3	-15.2
2003-04	-13.0	-8.6	-7.2	-6.8	-1.4	-1.1	-7.8	-12.4	-9.9	-10.8	-15.6	-14.4
2004-05	-14.9	-10.7	-4.1	-2.5	-2.4	-3.0	-8.0	-10.9	-8.9	-22.2	-21.1	-13.6
2005-06	-9.5	-6.9	-5.6	-6.4	-1.4	-1.7	-1.6	-6.9	-11.0	-16.1	-13.3	-20.6
2006-07	-12.6	-7.6	-4.8	-3.6	-1.3	-2.3	-7.6	-13.3	-13.7	-14.3	-24.3	-16.9
2007-08	-18.4	-10.6	-9.5	-3.1	-2.3	-2.4	-7.7	-9.3	-11.6	-14.5	-16.4	-13.2
2008-09	-8.9	-10.8	-4.9	-2.9	-0.9	-3.0	-5.3	-9.1	-9.9	-18.7	-20.8	-23.5
2009-10	-15.7	-8.6	-9.0	-4.1	-3.1	-5.5	-8.4	-15.3	-13.3	-9.6	-15.6	-17.0
2010-11	-14.4	-5.3	-3.0	-4.6	-2.7	-1.0	-6.2	-13.1	-12.3	-17.7	-25.3	-21.1
2011-12	-17.4	-8.5	-5.6	-1.4	-1.5	-6.0	-4.5	-13.7	-13.0	-17.8	-16.5	-16.4
2012-13	-16.8	-11.8	-7.5	-4.6	-2.2	-4.5	-5.7	-3.9	-12.4	-12.7	-19.8	-17.1
2013-14	-18.9	-9.6	-8.9	-5.2	-4.1	-6.5	-8.9	-8.4	-12.2	-13.9	-11.8	-17.4
2014-15	-16.0	-11.8	-7.6	-4.4	-3.8	-5.0	-3.7	-5.8	-13.6	-17.6	-17.5	-19.6
2015-16	-16.6	-11.2	-7.7	-3.3	-3.7	-5.1	-3.6	-15.5	-12.5	-11.4	-12.5	-19.6
2016-17	-13.9	-8.0	-5.7	-4.0	-1.9	-4.6	-6.7	-13.7	-12.1	-19.4	-20.1	-17.9
2017-18	-14.4	-8.7	-8.3	-4.7	-2.2	-1.6	-7.6	-6.2	-8.4	-14.8	-18.8	-14.3
2018-19	-12.4	-8.6	-5.3	-2.5	-1.7	-5.7	-5.6	-10.4	-14.5	-12.3	-13.8	-16.5

Temperatura mínima (°C) – Estación Ferraz, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-29.0	-16.4	-8.2	-4.3	-3.4	-2.5	-8.4	-8.7	-12.4	-12.5	-12.5	-19.9
1981-82	-18.2	-15.0	-11.0	-3.2	-1.1	-2.4	-6.6	-9.7	-7.8	-12.1	-19.5	-19.2
1982-83	-16.3	-11.3	-7.9	-2.2	-2.7	-2.8	-6.0	-6.0	-13.0	-16.0	-18.0	-10.7
1983-84	-12.4	-9.6	-5.3	-1.5	-3.0	-3.1	-4.7	-11.3	-19.8	-15.2	-16.1	-12.2
1984-85	-7.3	-12.0	-3.6	-2.6	-2.6	-2.4	-5.0	-9.0	-14.2	-18.2	-14.8	-11.0
1985-86	-9.3	-9.8	-3.0	-2.0	-2.5	-3.7	-2.9	-10.0	-23.5	-21.0	-25.0	-20.0
1986-87	-20.0	-13.5	-8.1	-1.2	-2.4	-2.1	-6.4	-11.0	-18.5	-20.0	-27.0	-19.5
1987-88	-18.5	-14.0	-5.0	-2.2	-1.7	-0.8	-6.1	-7.7	-9.0	-18.2	-25.9	-18.7
1988-89	-12.4	-9.5	-6.2	-2.2	-2.5	-0.6	-0.5	-13.4	-15.3	-9.4	-7.5	-10.8
1989-90	-11.9	-6.3	-8.4	-2.3	-0.8	-1.5	-2.8	-18.6	-14.5	-13.4	-18.5	-19.0
1990-91	-22.2	-8.8	-6.0	-3.4	-1.5	-3.5	-5.0	-13.0	-19.2	-23.8	-16.5	-28.5
1991-92	-9.5	-10.5	-7.5	-6.5	-3.0	-7.0	-10.2	-10.2	-21.6	-21.0	-27.0	-22.0
1992-93	-10.0	-11.0	-6.5	-3.4	-5.2	-2.0	-6.1	-11.3	-11.0	-16.5	-15.9	-15.3
1993-94	-13.4	-10.1	-8.0	-2.7	-1.4	-6.5	-5.6	-9.0	-12.0	-14.1	-23.5	-14.8
1994-95	-10.4	-13.1	-4.0	-2.7	-1.3	-1.5	-5.2	-11.9	-11.7	-17.2	-27.7	-24.2
1995-96	-19.6	-7.7	-10.8	-2.9	-5.2	-3.7	-7.4	-9.7	-11.1	-15.6	-15.5	-12.0
1996-97	-13.7	-9.4	-6.3	-2.8	-4.9	-4.4	-7.6	-11.4	-9.1	-20.2	-23.1	-19.6
1997-98	-18.2	-14.0	-12.0	-6.4	-4.1	-3.3	-3.0	-8.6	-10.8	-11.1	-25.0	-18.4
1998-99	-21.1	-12.7	-4.6	-2.4	-1.2	-1.5	-4.8	-4.5	-6.9	-14.3	-15.5	-16.3
1999-00	-15.9	-8.7	-6.0	-2.9	-3.4	-2.5	-4.1	-9.2	-10.1	-9.5	-11.1	-18.9
2000-01	-17.3	-5.7	-6.9	-3.3	-3.5	-5.7	-8.0	-14.1	-9.9	-14.2	-17.9	-11.5
2001-02	-11.4	-6.5	-4.2	-1.8	-0.3	-1.8	-6.4	-5.6	-17.3	-20.6	-17.8	-13.9
2002-03	-10.7	-16.1	-5.4	-5.1	-1.4	-2.1	-5.0	-9.4	-11.3	-16.8	-17.6	-15.0
2003-04	-12.5	-8.4	-7.2	-7.4	-2.0	-1.7	-7.7	-11.9	-10.7	-11.8	-15.9	-14.1
2004-05	-15.7	-10.9	-5.5	-2.6	-1.9	-1.5	-7.3	-10.1	-9.4	-21.0	-23.1	-12.8
2005-06	-9.3	-7.8	-5.5	-6.7	-0.3	-1.4	-1.4	-6.6	-11.0	-15.8	-12.6	-22.0
2006-07	-14.1	-7.7	-4.3	-1.8	-2.2	-2.9	-7.7	-13.3	-13.8	-15.7	-24.7	-16.6
2007-08	-20.4	-10.5	-10.0	-2.7	-2.0	-2.8	-7.4	-8.9	-11.4	-15.5	-15.4	-13.6
2008-09	-13.0	-10.0	-5.2	-2.5	-0.8	-3.0	-5.2	-8.8	-10.3	-18.0	-23.6	-25.6
2009-10	-17.6	-9.3	-8.5	-6.7	-2.9	-5.8	-8.0	-14.9	-13.3	-9.1	-16.3	-17.0
2010-11	-14.1	-4.8	-2.9	-4.3	-2.4	-0.7	-6.2	-15.4	-13.2	-18.8	-21.1	-22.7
2011-12	-18.3	-10.9	-6.9	-11.3	-1.4	-4.7	-3.6	-16.1	-11.1	-16.4	-14.9	-14.1
2012-13	-15.0	-11.1	-7.1	-5.2	-2.3	-3.7	-4.7	-3.5	-11.2	-12.2	-17.6	-16.7
2013-14	-16.1	-8.7	-8.0	-5.5	-3.7	-5.3	-7.2	-7.0	-10.2	-12.4	-10.7	-15.4
2014-15	-14.1	-9.9	-7.2	-4.2	-3.2	-3.7	-3.3	-5.5	-11.4	-16.5	-17.0	-17.0
2015-16	-16.2	-9.5	-6.9	-3.5	-3.4	-4.2	-3.3	-12.4	-10.5	-9.4	-11.9	-17.4
2016-17	-10.3	-6.8	-5.3	-3.5	-1.7	-3.1	-4.6	-10.5	-10.0	-16.1	-23.5	-21.0
2017-18	-17.1	-10.6	-10.2	-6.1	-3.3	-2.6	-9.4	-7.8	-10.3	-17.5	-22.1	-17.0
2018-19	-14.8	-10.5	-6.8	-3.6	-2.7	-7.2	-7.1	-12.6	-17.2	-14.7	-16.4	-19.5

Precipitación (mm.) – Estación Bellingshausen, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	75.8	36.5	44.4	46.1	38.4	55.5	44.8	69.2	54.9	34.5	42.5	133.0
1981-82	62.7	50.0	73.0	58.2	43.8	78.0	122.9	71.1	78.4	25.8	37.0	41.1
1982-83	33.9	47.4	33.5	43.4	62.0	22.7	101.2	25.1	52.3	33.2	101.3	34.2
1983-84	70.0	37.6	58.3	40.1	25.4	60.9	73.6	52.7	40.3	30.3	26.0	55.2
1984-85	51.7	45.3	49.7	36.9	48.4	89.6	54.1	75.6	49.9	42.6	59.9	54.3
1985-86	97.2	48.8	33.3	71.7	65.6	57.4	67.0	80.4	59.6	80.3	97.4	92.2
1986-87	66.7	60.3	64.1	41.4	54.4	65.2	95.9	69.5	89.2	40.7	31.2	49.3
1987-88	45.2	53.1	56.8	62.9	13.5	67.0	85.6	59.4	54.1	86.9	51.6	13.8
1988-89	62.6	42.3	60.4	49.4	40.6	97.1	109.3	43.4	57.2	36.8	34.0	34.2
1989-90	49.2	42.2	65.4	54.7	60.4	76.2	85.9	44.1	61.4	59.0	60.2	79.5
1990-91	36.5	73.8	43.0	38.9	113.8	84.0	48.2	62.4	61.0	61.9	85.8	74.7
1991-92	61.4	36.1	44.8	18.6	133.8	45.9	53.8	134.9	49.9	59.8	55.6	44.2
1992-93	56.0	100.9	38.3	79.1	54.2	52.3	66.4	77.3	102.0	65.6	47.2	62.7
1993-94	50.5	31.6	75.6	51.8	68.3	82.2	57.8	36.4	12.6	42.1	38.6	32.4
1994-95	38.8	24.5	42.4	26.4	72.0	48.2	72.5	59.1	49.2	76.1	173.0	96.0
1995-96	55.3	47.4	55.7	49.8	65.7	65.0	75.5	32.4	69.3	63.8	84.2	53.6
1996-97	86.4	41.2	37.7	54.3	94.8	81.8	48.8	43.5	34.7	97.3	65.5	82.4
1997-98	24.7	63.7	39.6	21.6	97.9	52.5	93.6	80.0	41.1	133.9	140.4	96.9
1998-99	82.4	69.0	56.5	47.4	31.8	61.6	82.9	60.3	37.1	48.1	37.7	39.8
1999-00	34.7	23.1	54.7	28.9	35.5	40.9	63.6	53.0	36.8	20.7	48.5	49.9
2000-01	51.8	43.9	27.5	63.7	73.3	60.2	58.0	41.5	52.4	47.4	29.5	56.2
2001-02	105.4	103.5	63.4	57.6	94.6	81.2	56.8	59.2	41.0	30.7	76.6	25.8
2002-03	50.6	51.3	27.0	36.6	35.7	87.4	20.9	41.8	41.2	33.2	42.0	44.2
2003-04	35.4	42.8	25.4	21.8	66.4	38.0	67.0	33.7	35.1	31.8	26.8	37.8
2004-05	30.6	29.7	55.3	67.4	55.5	79.8	86.8	65.4	36.3	35.8	50.5	34.9
2005-06	52.9	31.8	24.3	23.3	35.2	80.0	112.7	94.4	74.8	23.0	44.8	42.6
2006-07	40.5	51.8	40.0	42.3	60.7	51.1	69.7	94.7	49.7	29.3	89.9	85.8
2007-08	83.8	116.3	30.9	35.4	85.6	91.5	101.6	55.8	92.9	52.6	30.8	27.0
2008-09	49.1	79.2	28.2	35.9	73.6	54.3	67.3	52.0	92.8	71.8	109.7	58.2
2009-10	81.5	80.5	52.3	61.1	59.1	66.8	71.9	86.5	78.3	46.5	68.7	72.9
2010-11	56.9	48.5	81.6	53.4	48.6	80.2	113.4	74.4	74.6	55.9	87.8	27.4
2011-12	84.5	63.5	38.2	72.7	38.8	61.7	68.2	100.8	82.3	70.6	68.7	85.4
2012-13	91.5	66.8	49.6	14.3	45.2	49.5	48.3	85.6	82.5	59.0	48.6	94.6
2013-14	26.5	88.4	30.3	30.3	20.3	46.6	99.5	44.0	78.3	50.5	42.3	37.7
2014-15	53.4	56.9	43.3	26.1	68.1	52.7	103.9	40.7	61.9	91.8	30.8	34.6
2015-16	71.3	44.4	47.9	63.1	38.3	55.1	122.6	39.4	26.9	40.1	22.0	37.6
2016-17	53.8	39.0	42.2	25.5	62.3	75.7	38.4	88.7	31.6	39.2	124.3	117.5
2017-18	95.9	233.5	94.7	71.7	49.8	67.9	81.1	34.6	45.8	49.4	17.1	89.7
2018-19	76.4	45.8	68.5	47.3	61.6	37.3	57.2	61.3	62.8	78.5	74.0	85.4

Precipitación (mm.) – Estación Frei, Isla Rey Jorge

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	28.5	33.2	35.6	39.3	33.3	45.2	53.4	56.9	35.4	20.9	25.4	31.6
1981-82	31.4	51.9	63.1	42.0	34.3	71.0	112.3	53.0	49.7	7.4	5.0	6.1
1982-83	22.2	10.0	18.7	24.3	48.2	14.0	99.1	17.7	3.8	10.7	17.4	8.6
1983-84	13.8	10.8	28.4	35.0	29.7	71.0	62.2	39.9	38.6	43.3	32.3	85.1
1984-85	44.4	65.7	91.1	56.6	58.9	111.9	52.6	80.1	37.9	38.5	40.5	43.5
1985-86	82.8	58.8	37.0	98.7	55.2	59.2	76.6	81.0	13.0	16.7	39.7	30.8
1986-87	32.8	60.7	58.2	33.0	46.9	54.9	72.1	48.1	14.1	8.4	3.0	15.0
1987-88	17.5	20.1	52.7	44.4	6.2	52.5	52.1	44.4	35.2	73.4	38.0	7.5
1988-89	25.5	23.4	34.8	32.9	26.2	78.4	107.4	34.1	46.5	48.6	52.8	45.0
1989-90	63.5	56.8	102.7	32.0	67.2	78.2	111.5	64.4	87.2	102.0	70.9	93.5
1990-91	60.1	121.4	80.4	36.2	101.2	61.6	32.2	39.5	33.4	38.9	26.4	33.5
1991-92	35.5	30.9	40.8	18.9	71.5	61.1	62.8	134.0	51.9	43.8	62.7	56.9
1992-93	103.3	151.5	51.9	56.0	30.5	45.6	29.1	19.2	38.4	8.8	22.2	7.1
1993-94	5.3	6.4	49.2	46.2	55.5	67.5	47.6	31.5	15.0	19.2	35.0	41.8
1994-95	32.6	56.3	43.0	21.0	65.3	34.0	32.8	30.6	6.6	8.5	0.0	1.0
1995-96	7.0	29.2	21.6	25.8	47.6	51.6	53.2	27.8	50.8	30.7	39.7	15.3
1996-97	38.9	34.5	15.0	21.4	48.6	53.5	28.8	7.6	11.8	10.2	21.1	16.2
1997-98	4.8	24.6	7.7	11.9	60.4	18.7	56.3	47.4	8.8	40.0	62.8	86.6
1998-99	138.3	36.0	48.2	22.0	30.6	65.7	89.4	64.2	25.7	21.9	11.6	1.0
1999-00	6.1	9.1	65.8	27.8	36.9	42.8	32.2	44.5	21.6	17.9	20.3	24.0
2000-01	19.8	28.9	23.8	42.2	32.6	39.1	46.7	40.3	17.9	8.4	8.7	28.5
2001-02	15.7	23.8	30.5	50.9	66.2	54.2	60.7	51.5	37.4	31.7	57.1	24.1
2002-03	33.8	46.6	28.4	26.2	35.2	72.0	14.2	25.2	30.3	11.0	38.8	29.5
2003-04	29.2	20.3	14.9	12.8	62.3	34.2	51.5	27.3	32.5	32.9	34.4	42.6
2004-05	46.1	37.9	48.7	35.2	54.4	78.4	71.4	34.6	14.8	24.0	34.0	27.4
2005-06	31.2	9.0	10.0	10.7	23.8	50.2	88.6	96.3	79.1	47.3	27.4	25.1
2006-07	47.0	46.6	59.2	38.8	43.6	31.7	47.0	33.6	18.2	13.8	86.2	35.8
2007-08	60.0	53.2	21.9	25.2	50.2	66.7	58.5	23.2	44.7	26.4	25.8	27.9
2008-09	53.2	44.3	24.4	21.8	34.8	22.2	39.0	19.0	37.7	39.8	100.5	56.4
2009-10	79.6	77.4	50.0	31.8	30.8	36.5	47.5	40.6	43.6	8.2	31.9	65.7
2010-11	56.0	34.8	38.5	23.1	22.0	40.8	50.1	85.1	48.4	63.0	33.0	43.4
2011-12	64.4	77.5	29.2	33.1	11.8	26.3	38.0	16.4	23.2	18.4	40.4	57.6
2012-13	33.3	62.8	40.1	19.8	34.9	37.7	43.6	37.0	93.6	171.0	42.4	36.5
2013-14	46.5	86.2	36.7	42.8	21.6	68.9	88.4	42.5	39.6	89.7	90.6	92.7
2014-15	126.4	183.3	104.3	61.4	57.0	33.6	64.1	21.4	61.7	203.2	81.4	45.0
2015-16	31.5	83.6	79.7	37.3	26.5	58.8	125.5	93.2	125.6	101.3	55.2	174.0
2016-17	137.1	60.4	51.7	26.3	33.6	68.4	57.1	87.4	145.5	174.3	130.8	122.5
2017-18	96.2	264.2	94.7	66.7	39.9	62.0	78.1	21.4	35.0	39.4	0.0	88.6
2018-19	72.4	35.0	62.7	36.8	54.3	24.6	49.0	54.0	55.8	75.0	69.4	83.4

Temperatura máxima (°C) – Terra Climate, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	9.6	9.0	9.3	9.6	8.7	8.1	8.7	9.2	9.0	9.6	9.7	9.3
1981-82	9.1	9.1	9.2	9.5	8.8	8.2	8.6	8.8	8.9	9.6	10.4	9.5
1982-83	9.4	9.1	9.9	11.0	10.9	10.1	10.4	10.5	10.5	11.0	11.4	10.3
1983-84	9.8	9.5	10.1	10.1	8.6	7.8	8.3	8.8	8.6	9.2	9.6	9.1
1984-85	9.1	8.9	8.9	9.6	8.8	8.0	8.4	8.7	8.3	8.6	9.4	9.0
1985-86	9.0	9.0	8.7	9.4	9.1	7.8	7.8	8.8	8.8	9.2	9.8	9.7
1986-87	9.4	9.3	9.8	10.1	9.5	9.3	9.6	9.7	9.4	10.1	11.1	10.3
1987-88	10.0	9.7	9.9	10.6	9.8	9.0	9.2	9.1	9.2	9.3	9.7	9.5
1988-89	9.7	9.4	9.8	9.4	8.7	8.3	8.1	8.7	8.1	9.1	10.1	9.7
1989-90	9.5	9.2	9.4	10.2	9.7	9.0	9.0	9.5	9.8	10.5	10.7	10.0
1990-91	10.1	10.0	10.4	10.6	9.5	8.6	9.4	9.6	9.4	10.2	10.5	9.2
1991-92	9.5	9.1	9.4	10.4	10.1	9.1	10.0	10.0	10.1	10.2	10.0	9.5
1992-93	9.5	9.1	9.4	9.8	8.7	8.6	8.7	9.4	9.6	10.1	10.9	9.5
1993-94	9.5	9.8	9.6	10.0	9.2	8.9	9.0	9.3	9.5	9.6	10.4	9.4
1994-95	9.8	9.6	9.8	10.4	9.7	8.5	8.8	9.6	9.2	10.4	11.0	10.3
1995-96	9.7	9.5	9.8	10.0	8.8	8.2	8.9	9.0	9.1	9.7	10.5	9.8
1996-97	9.6	9.6	9.2	9.9	8.9	8.5	9.4	9.7	10.0	10.9	11.6	11.0
1997-98	10.7	10.6	11.1	11.9	11.6	10.8	11.2	11.0	10.5	10.4	10.9	10.3
1998-99	9.7	9.6	10.0	9.8	8.9	8.5	8.7	8.8	8.8	9.9	9.6	9.2
1999-00	9.5	9.2	9.9	10.2	8.7	8.7	9.0	9.2	9.5	10.4	10.6	10.2
2000-01	9.9	9.9	9.7	10.2	9.3	9.3	9.6	9.6	9.4	9.7	10.8	9.9
2001-02	9.9	10.4	10.4	10.8	9.9	9.6	10.2	9.9	9.9	10.2	11.1	10.3
2002-03	10.1	9.8	10.0	11.0	10.4	9.5	9.5	9.6	9.5	9.8	10.3	9.8
2003-04	9.5	9.8	10.3	10.6	9.6	9.4	9.5	9.5	8.7	9.1	9.9	9.1
2004-05	9.0	9.2	9.5	10.0	9.2	9.3	9.2	9.5	8.8	9.8	10.4	9.9
2005-06	9.1	9.2	9.2	9.3	8.8	9.1	9.0	8.9	8.3	9.7	10.6	10.0
2006-07	9.4	9.5	9.7	10.2	10.3	8.9	9.3	9.4	8.5	9.1	10.0	9.5
2007-08	9.1	8.7	9.4	9.3	8.9	8.4	8.7	8.9	8.5	9.2	10.3	10.0
2008-09	9.3	9.2	9.0	9.5	8.7	8.7	8.6	8.8	8.8	9.5	10.7	9.9
2009-10	10.3	9.5	10.0	10.7	10.6	10.0	10.3	10.2	9.7	9.7	10.3	9.6
2010-11	9.4	9.0	9.1	9.2	8.8	7.7	8.2	8.8	9.1	10.3	10.4	10.2
2011-12	9.3	8.4	9.8	9.5	8.9	7.9	8.7	9.1	8.6	9.3	10.4	9.7
2012-13	9.4	9.4	9.7	9.4	9.2	7.9	9.0	9.0	8.9	9.6	9.6	9.6
2013-14	9.6	9.7	9.5	10.1	8.8	8.5	8.5	9.0	9.4	10.5	10.5	9.6
2014-15	9.7	9.4	9.6	10.4	9.4	8.8	9.4	9.1	9.6	10.1	10.9	10.6
2015-16	10.8	10.1	10.6	11.2	10.6	10.0	10.4	9.5	9.0	9.7	10.6	10.1
2016-17	9.9	9.8	9.7	10.2	9.2	9.6	9.7	8.6	8.3	9.4	10.6	10.9
2017-18	11.2	11.5	11.4	11.2	9.4	8.7	8.9	9.1	8.6	9.2	10.1	8.4
2018-19	9.7	8.8	9.9	10.8	10.3	10.1	10.0	10.3	10.3	10.4	10.9	9.9

Temperatura máxima (°C) – Era 5, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	12.5	11.6	12.1	13.3	12.2	12.2	12.7	11.7	12.2	12.8	12.4	12.5
1981-82	11.6	12.3	13.5	12.9	12.7	12.2	12.2	13.0	13.2	12.5	12.6	11.6
1982-83	14.5	12.1	12.6	13.6	13.8	14.6	15.3	14.7	14.9	13.7	13.7	13.3
1983-84	12.2	13.4	13.0	11.8	10.6	11.9	12.0	12.2	13.0	12.3	11.3	11.6
1984-85	12.4	11.9	13.8	14.6	13.4	12.1	13.4	13.5	11.8	10.6	10.5	12.9
1985-86	12.9	12.6	13.1	14.1	12.5	10.6	11.5	11.9	13.0	12.6	11.0	12.4
1986-87	12.0	12.9	13.1	14.1	14.0	13.4	14.4	13.0	12.7	13.4	13.2	13.6
1987-88	13.4	13.7	14.4	14.1	13.9	13.7	13.1	12.4	12.4	13.2	12.6	14.6
1988-89	13.0	14.1	12.8	12.3	12.6	14.0	12.4	12.3	12.4	11.3	13.6	12.6
1989-90	11.9	12.4	14.4	13.7	13.2	14.4	13.3	13.7	14.0	10.9	11.4	11.5
1990-91	12.4	12.1	14.8	13.0	14.6	13.5	12.3	12.3	12.6	13.3	11.9	14.4
1991-92	13.1	12.7	12.8	14.5	13.5	14.1	13.3	13.6	14.3	12.4	11.9	12.3
1992-93	11.3	12.0	14.0	13.6	12.5	13.3	12.1	12.1	13.6	13.0	12.6	12.9
1993-94	11.6	12.1	12.2	12.8	11.9	12.4	12.1	12.7	11.9	12.0	12.0	13.3
1994-95	14.2	12.9	14.0	13.2	13.6	13.3	13.4	13.9	13.5	13.4	12.7	14.7
1995-96	13.4	15.7	14.4	12.5	12.2	12.8	13.1	13.6	12.9	12.4	12.9	12.2
1996-97	12.6	13.5	12.7	14.4	14.0	12.5	13.6	13.6	13.2	14.0	14.2	12.8
1997-98	14.8	13.6	14.0	14.5	14.8	16.0	15.8	15.0	14.6	13.5	13.9	13.4
1998-99	13.4	13.5	14.0	14.7	12.9	12.2	12.8	12.6	12.8	11.5	11.9	13.4
1999-00	12.5	12.7	13.2	13.3	12.9	12.0	12.5	11.8	13.1	12.1	12.9	12.6
2000-01	12.7	13.1	15.0	15.0	13.1	13.7	12.9	12.8	12.5	11.9	12.5	12.1
2001-02	12.2	14.2	13.6	13.6	13.5	13.6	14.0	12.5	13.6	12.4	12.4	12.6
2002-03	12.7	12.5	12.7	14.5	13.8	13.5	13.3	12.7	12.0	13.6	12.2	12.2
2003-04	12.5	13.8	15.6	14.8	13.6	12.5	14.2	12.7	13.3	11.1	11.3	12.2
2004-05	11.9	12.5	14.6	14.0	13.4	14.9	13.3	12.5	12.5	12.6	13.1	13.2
2005-06	11.9	12.9	13.0	11.9	12.4	12.7	12.0	10.8	12.1	11.7	11.9	11.8
2006-07	13.4	12.4	13.2	12.4	13.5	12.3	12.5	11.8	11.7	11.4	12.0	13.5
2007-08	11.5	12.3	13.6	12.4	12.5	12.4	12.8	13.6	13.1	13.2	12.8	13.6
2008-09	13.6	12.5	13.1	13.0	12.2	13.3	12.1	12.8	11.2	12.5	12.6	13.5
2009-10	13.2	13.9	14.3	14.2	13.7	13.7	14.1	14.1	13.3	12.9	12.5	14.6
2010-11	12.6	11.7	12.1	13.7	13.5	11.1	10.4	13.0	13.3	12.8	12.9	11.9
2011-12	11.1	12.1	13.6	13.3	12.9	12.7	12.3	12.4	12.7	12.6	14.5	14.8
2012-13	13.7	13.4	13.1	13.0	13.6	13.1	13.9	13.4	13.9	12.2	12.3	13.2
2013-14	12.6	14.8	13.4	12.4	12.9	12.2	12.5	11.9	14.0	14.4	13.1	13.4
2014-15	12.8	12.3	14.2	12.9	12.6	12.7	12.9	12.9	12.9	13.4	14.1	13.9
2015-16	13.2	13.8	13.4	13.9	15.1	14.7	14.0	13.9	13.5	13.1	14.1	14.1
2016-17	14.1	13.1	14.3	12.7	14.0	14.0	13.3	14.1	12.4	13.5	14.3	14.5
2017-18	13.9	13.5	13.4	15.3	12.7	14.2	12.6	13.1	12.0	13.0	13.2	12.0
2018-19	13.3	12.9	13.7	14.1	14.0	13.2	13.4	13.8	13.3	13.2	14.5	13.9

Temperatura máxima (°C) – Pisco v1.0, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	12.6	12.0	12.3	12.6	12.8	12.9	13.1	13.7	15.1	16.0	17.4	18.2
1981-82	18.2	16.2	16.1	15.6	15.7	16.4	15.1	16.4	15.5	14.8	15.7	15.3
1982-83	16.6	15.5	16.5	16.9	18.0	17.7	19.2	18.0	16.8	18.1	16.4	16.2
1983-84	16.1	15.5	13.1	14.2	11.6	11.7	12.5	12.7	14.6	15.6	15.9	17.4
1984-85	17.6	16.4	15.0	14.0	12.4	12.4	13.1	13.2	14.8	15.4	16.1	17.5
1985-86	17.4	16.8	15.6	13.5	13.0	11.6	12.0	13.9	14.2	16.1	16.3	17.4
1986-87	18.2	16.9	16.5	14.5	13.7	14.7	13.8	14.5	15.0	16.4	17.6	18.8
1987-88	18.9	17.4	16.2	15.2	13.8	14.1	13.3	13.6	14.8	16.3	17.1	18.5
1988-89	17.9	17.2	15.6	13.4	12.5	11.7	11.4	13.1	14.7	15.5	16.2	17.4
1989-90	17.7	16.1	16.1	15.3	13.4	13.8	14.3	14.6	15.2	15.2	16.5	17.8
1990-91	18.0	16.3	15.6	14.3	14.4	14.3	12.7	14.2	15.5	16.9	17.4	18.4
1991-92	18.4	16.6	16.0	15.3	14.2	14.2	14.5	15.2	15.9	16.0	16.8	17.4
1992-93	17.9	16.1	15.8	15.5	13.0	13.2	12.6	13.5	14.7	16.6	17.1	17.9
1993-94	17.7	16.2	15.0	13.6	12.6	12.6	12.5	13.5	14.9	15.9	17.2	18.3
1994-95	18.5	17.4	15.5	14.8	14.2	13.6	12.7	14.5	15.4	16.5	17.6	18.9
1995-96	18.3	17.6	15.9	14.2	12.2	12.8	12.6	13.7	14.7	16.0	16.8	17.7
1996-97	18.5	17.0	15.5	14.2	12.1	12.8	13.1	13.4	15.0	16.5	18.1	18.2
1997-98	18.5	17.6	16.8	16.2	15.7	15.0	15.2	16.1	16.7	16.4	18.0	18.4
1998-99	18.6	17.2	15.9	14.6	13.2	11.8	11.5	13.4	14.7	16.1	16.5	17.9
1999-00	17.1	16.2	15.7	13.8	11.8	11.5	12.1	14.4	15.4	16.1	16.7	18.6
2000-01	18.3	17.6	17.3	14.4	12.6	12.8	12.5	14.1	14.7	16.2	16.7	18.1
2001-02	17.6	17.8	16.2	14.7	14.2	12.8	13.5	14.4	14.9	16.1	16.1	17.9
2002-03	17.7	16.9	16.3	15.2	14.6	14.3	13.0	13.6	14.7	16.6	17.1	17.6
2003-04	17.7	17.5	17.4	15.3	15.1	13.9	14.2	14.6	15.7	16.4	16.4	17.4
2004-05	18.1	16.4	16.9	15.7	15.6	14.3	13.9	15.2	15.8	17.0	18.0	18.4
2005-06	17.2	16.4	17.2	15.1	14.0	13.8	13.3	13.7	15.0	16.3	17.9	18.5
2006-07	18.8	17.8	16.6	15.6	15.0	14.1	13.0	13.8	14.9	16.7	16.5	17.9
2007-08	17.4	17.2	16.1	15.0	13.2	13.4	12.6	13.9	14.7	16.7	17.3	18.5
2008-09	18.6	16.7	17.0	14.6	13.8	12.7	12.9	13.8	14.4	16.7	17.2	18.6
2009-10	19.2	17.8	16.5	14.5	14.6	15.1	15.1	15.8	16.1	17.5	18.1	18.8
2010-11	18.3	17.3	16.5	13.6	13.5	11.8	12.3	13.6	15.3	17.1	17.1	18.1
2011-12	17.7	17.2	16.6	14.4	13.6	12.8	13.7	13.6	15.1	16.3	18.1	18.6
2012-13	18.9	16.8	16.9	14.0	14.8	13.4	13.6	15.0	15.3	15.6	16.6	17.7
2013-14	18.6	16.5	16.7	14.7	14.0	13.7	13.6	14.5	14.9	17.6	17.2	17.9
2014-15	17.6	17.0	16.7	15.3	14.1	13.9	13.7	13.8	14.9	17.5	17.9	19.0
2015-16	19.2	17.4	17.1	15.8	15.0	13.7	13.4	13.4	12.6	11.4	11.7	11.0
2016-17	11.5	12.7	13.5	11.6	12.3	11.8	11.5	11.6	12.3	12.3	10.9	12.5
2017-18	12.2	13.7	12.8	12.2	12.4	11.8	11.1	10.6	10.1	9.9	9.4	9.5
2018-19	10.5	12.6	12.0	11.6	11.3	12.5	12.4	12.5	13.0	12.5	13.4	11.8

Temperatura promedio (°C) – Era 5, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	4.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.1	4.2	4.4	4.2	3.7	3.9
1981-82	3.7	4.2	4.5	4.7	4.5	4.3	4.7	4.8	4.7	4.4	3.8	3.9
1982-83	4.0	4.2	5.1	6.0	7.1	7.1	7.2	7.1	7.4	6.1	5.2	5.2
1983-84	4.8	4.8	5.3	4.7	3.7	4.1	4.3	4.4	4.2	4.1	3.3	3.8
1984-85	4.0	4.5	4.0	4.9	4.4	4.4	4.5	4.2	3.6	3.1	2.5	2.9
1985-86	3.8	4.1	4.2	4.6	4.9	3.6	3.4	4.8	4.1	3.9	3.1	3.9
1986-87	4.3	4.6	5.0	5.5	5.5	6.2	5.9	5.8	4.9	4.7	4.9	4.7
1987-88	5.4	5.2	5.7	5.8	5.5	5.6	4.9	4.8	5.2	4.4	4.1	5.0
1988-89	4.7	4.6	5.0	4.5	4.6	4.6	3.2	4.1	4.0	4.0	3.5	3.8
1989-90	4.3	4.6	4.9	5.0	5.1	4.6	5.3	5.2	5.4	4.2	3.5	3.8
1990-91	4.2	4.6	5.1	4.7	5.2	5.3	5.2	5.1	5.1	4.8	3.7	4.6
1991-92	4.6	4.6	4.9	5.4	6.0	5.9	6.4	6.7	5.9	4.9	3.4	3.6
1992-93	4.2	4.2	4.8	5.1	4.4	5.2	4.4	4.9	5.0	5.0	4.7	4.5
1993-94	4.7	4.8	4.9	5.3	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9	4.1	3.8	4.2
1994-95	4.8	4.6	5.2	5.7	5.5	5.2	5.1	5.5	4.9	4.7	4.7	5.5
1995-96	5.0	5.1	5.5	4.7	4.2	4.6	4.8	5.1	4.7	4.2	4.1	4.5
1996-97	4.7	4.9	4.4	4.8	4.5	5.0	5.0	5.2	5.3	5.3	5.7	5.1
1997-98	5.6	5.8	6.2	7.2	7.8	7.9	7.8	7.7	6.4	5.5	5.3	5.4
1998-99	4.9	5.4	5.1	5.1	4.5	4.7	4.3	4.9	4.5	4.1	3.6	4.2
1999-00	4.1	4.4	4.6	5.0	4.2	4.0	4.2	4.8	5.2	5.0	4.1	4.7
2000-01	4.6	4.7	5.2	4.8	4.6	4.9	4.9	4.9	4.5	3.7	3.9	3.8
2001-02	4.4	5.2	5.3	5.6	5.5	5.5	5.8	5.6	5.2	4.4	4.1	4.2
2002-03	4.6	5.0	5.2	6.2	6.5	6.1	5.4	5.4	4.8	4.7	4.3	4.4
2003-04	4.5	5.4	5.9	5.6	5.7	5.5	5.8	5.4	4.8	3.4	4.0	3.8
2004-05	4.3	5.0	5.6	5.4	5.6	6.2	5.9	5.6	4.9	4.7	4.7	4.7
2005-06	4.6	4.6	4.9	4.9	4.9	5.8	5.0	4.2	3.9	4.2	4.4	4.5
2006-07	4.4	5.0	5.4	5.4	6.6	5.5	5.0	4.8	4.5	3.6	3.8	4.7
2007-08	4.3	4.3	5.1	4.7	5.2	4.9	4.5	4.3	4.0	4.7	4.9	5.1
2008-09	4.6	4.8	5.5	5.0	5.3	4.8	4.9	5.0	4.1	5.0	4.7	4.9
2009-10	5.3	5.1	6.0	6.1	6.7	6.9	6.7	6.4	5.7	4.9	4.7	4.6
2010-11	4.4	4.4	4.4	4.1	4.2	3.7	3.3	4.3	5.2	5.4	4.4	4.5
2011-12	4.0	4.3	5.1	4.3	4.7	4.2	4.9	4.7	5.0	4.7	5.2	4.8
2012-13	4.6	5.1	5.3	5.0	6.0	5.3	5.3	5.1	5.2	4.5	3.5	4.2
2013-14	4.9	5.1	5.6	5.9	5.7	5.2	4.9	5.2	6.0	6.4	4.6	4.3
2014-15	4.6	4.9	5.3	5.6	5.5	5.6	5.5	5.3	6.0	5.6	4.8	5.3
2015-16	6.1	5.8	6.3	6.2	7.0	7.1	6.6	6.1	5.9	4.8	4.9	5.0
2016-17	5.0	5.4	5.6	5.2	5.0	5.3	5.7	5.7	5.6	5.3	4.9	5.1
2017-18	4.9	4.9	5.6	5.5	4.4	5.1	4.9	4.3	4.8	4.3	4.4	4.1
2018-19	4.8	5.1	6.1	5.9	6.0	6.2	5.6	5.7	5.6	4.7	4.4	4.6

Temperatura promedio (°C) –Merra 2, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	8.1	7.7	7.2	7.0	7.3	6.9	7.3	8.1	7.8	7.6	6.7	7.3
1981-82	7.6	7.6	7.2	7.5	7.3	6.7	7.5	7.1	7.5	7.1	6.3	7.4
1982-83	7.7	7.1	7.3	8.4	8.9	9.2	9.1	8.4	8.5	7.7	7.8	7.9
1983-84	8.4	8.7	8.4	7.2	6.6	5.9	6.2	6.6	6.7	6.5	5.7	6.8
1984-85	7.3	7.8	7.1	7.5	7.4	7.2	7.0	6.9	6.8	5.4	5.6	6.6
1985-86	7.3	8.0	7.9	7.3	7.1	6.3	6.9	6.9	7.2	6.6	6.0	7.1
1986-87	8.2	8.2	8.3	7.7	7.4	7.9	7.6	7.7	7.2	6.6	7.1	7.2
1987-88	8.5	9.1	8.4	8.6	7.4	7.9	8.1	7.3	7.9	7.0	6.4	7.6
1988-89	8.4	8.5	8.5	7.4	6.8	6.7	6.1	6.9	6.7	6.7	6.0	7.1
1989-90	8.0	8.2	8.9	9.2	7.9	8.2	8.3	8.2	8.0	7.5	6.9	7.7
1990-91	8.2	7.8	8.9	8.2	8.1	8.4	7.7	8.0	8.1	8.0	7.1	7.3
1991-92	7.9	8.4	8.2	8.9	8.4	8.2	8.7	8.5	8.4	7.0	6.0	6.9
1992-93	7.5	7.9	8.3	8.9	7.7	7.2	7.1	7.0	8.0	6.9	6.8	6.7
1993-94	7.7	7.8	7.1	7.6	7.0	6.4	6.9	7.2	7.7	6.7	6.3	6.9
1994-95	8.3	7.7	8.2	8.3	7.7	7.6	7.3	8.0	7.2	7.5	7.3	8.0
1995-96	8.5	8.3	8.4	7.9	7.2	7.6	7.3	7.3	7.3	7.0	6.6	7.8
1996-97	8.6	8.3	8.3	8.4	7.4	7.5	7.8	7.8	7.7	7.7	6.9	7.8
1997-98	9.3	9.3	8.7	8.2	8.6	8.7	9.1	9.0	8.2	6.8	6.4	7.8
1998-99	8.7	8.6	7.7	7.7	7.4	6.4	6.9	7.4	7.3	7.2	6.1	7.0
1999-00	8.0	8.3	8.8	8.0	7.0	6.9	6.8	7.1	7.1	6.8	6.2	6.9
2000-01	8.1	8.7	9.1	8.5	7.4	7.6	7.4	7.9	8.0	6.5	6.7	6.7
2001-02	8.4	9.0	8.5	8.5	8.9	8.0	7.8	8.2	7.8	6.3	6.6	6.6
2002-03	8.1	8.8	8.8	9.1	9.5	9.0	8.7	8.6	8.1	7.4	6.4	7.5
2003-04	8.3	9.7	9.3	8.7	8.7	8.5	8.4	8.3	8.2	6.7	7.3	7.0
2004-05	8.5	9.4	8.7	8.3	8.3	8.5	8.2	8.6	8.3	7.7	6.6	7.5
2005-06	8.7	8.5	9.1	8.0	8.2	8.5	7.8	7.8	7.7	7.2	6.7	7.8
2006-07	8.8	9.0	8.9	8.5	9.4	8.7	7.9	8.1	8.3	7.0	7.5	8.0
2007-08	8.8	8.7	8.9	8.5	8.0	7.8	7.5	7.8	7.8	7.1	7.0	8.3
2008-09	8.3	8.8	9.7	8.7	7.9	8.2	7.7	8.3	8.0	7.8	7.6	8.8
2009-10	9.6	9.4	9.6	8.4	9.5	9.8	9.2	9.6	9.4	8.1	8.2	7.8
2010-11	9.3	9.3	9.0	8.1	8.0	7.8	7.8	8.4	8.2	7.9	7.2	8.2
2011-12	8.5	8.6	9.2	8.2	7.8	7.7	8.5	7.8	8.3	7.3	6.8	7.7
2012-13	8.6	9.0	8.9	8.6	9.0	8.5	8.3	8.1	8.4	7.4	6.0	7.4
2013-14	8.3	8.3	8.6	8.4	7.9	8.0	7.5	8.1	7.6	7.0	6.9	7.1
2014-15	8.2	8.5	8.8	8.6	7.9	8.0	7.4	7.4	7.5	6.5	6.4	7.6
2015-16	9.0	9.4	9.5	9.1	9.2	8.4	8.7	8.5	8.3	6.3	6.1	7.7
2016-17	8.2	8.4	9.1	8.0	7.1	6.9	6.9	7.9	7.7	7.0	5.7	7.0
2017-18	8.2	8.6	8.0	7.6	7.0	7.3	7.5	7.3	7.5	6.0	5.6	6.5
2018-19	7.5	8.1	8.6	8.6	8.2	7.9	8.1	8.8	9.0	7.6	7.3	7.4

Temperatura mínima (°C) – Terra Climate, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-6.2	-5.3	-4.3	-3.9	-2.7	-2.0	-2.0	-3.1	-5.8	-8.2	-9.0	-8.6
1981-82	-6.7	-5.2	-4.5	-4.0	-2.6	-1.9	-2.1	-3.5	-5.9	-8.2	-8.3	-8.4
1982-83	-6.4	-5.2	-3.8	-2.5	-0.5	0.0	-0.3	-1.8	-4.3	-6.8	-7.3	-7.6
1983-84	-6.0	-4.8	-3.6	-3.4	-2.8	-2.3	-2.4	-3.5	-6.2	-8.6	-9.1	-8.8
1984-85	-6.7	-5.4	-4.8	-3.9	-2.6	-2.1	-2.3	-3.6	-6.5	-9.2	-9.3	-8.9
1985-86	-6.8	-5.3	-5.0	-4.1	-2.3	-2.3	-2.9	-3.5	-6.0	-8.6	-8.9	-8.2
1986-87	-6.4	-5.0	-3.9	-3.4	-1.9	-0.8	-1.1	-2.6	-5.4	-7.7	-7.6	-7.6
1987-88	-5.8	-4.6	-3.8	-2.9	-1.6	-1.1	-1.5	-3.2	-5.6	-8.5	-9.0	-8.4
1988-89	-6.1	-4.9	-3.9	-4.1	-2.7	-1.8	-2.6	-3.6	-6.7	-8.7	-8.6	-8.2
1989-90	-6.3	-5.1	-4.3	-3.3	-1.7	-1.1	-1.7	-2.8	-5.0	-7.3	-8.0	-7.9
1990-91	-5.7	-4.3	-3.3	-2.9	-1.9	-1.5	-1.3	-2.7	-5.4	-7.6	-8.2	-8.7
1991-92	-6.3	-5.2	-4.3	-3.1	-1.3	-1.0	-0.7	-2.3	-4.7	-7.6	-8.7	-8.4
1992-93	-6.3	-5.2	-4.3	-3.7	-2.7	-1.5	-2.0	-2.9	-5.2	-7.7	-7.8	-8.4
1993-94	-6.3	-4.5	-4.1	-3.5	-2.2	-1.2	-1.7	-3.0	-5.3	-8.2	-8.3	-8.5
1994-95	-6.0	-4.7	-3.9	-3.1	-1.7	-1.6	-1.9	-2.7	-5.6	-7.4	-7.7	-7.6
1995-96	-6.1	-4.8	-3.9	-3.5	-2.6	-1.9	-1.8	-3.3	-5.7	-8.1	-8.2	-8.1
1996-97	-6.2	-4.7	-4.5	-3.6	-2.5	-1.6	-1.3	-2.6	-4.8	-6.9	-7.1	-6.9
1997-98	-5.1	-3.7	-2.6	-1.6	0.2	0.7	0.5	-1.3	-4.3	-7.4	-7.8	-7.6
1998-99	-6.1	-4.7	-3.7	-3.7	-2.5	-1.6	-2.0	-3.5	-6.0	-7.9	-9.1	-8.7
1999-00	-6.3	-5.1	-3.8	-3.3	-2.7	-1.4	-1.7	-3.1	-5.3	-7.4	-8.1	-7.7
2000-01	-5.9	-4.4	-4.0	-3.3	-2.1	-0.8	-1.1	-2.7	-5.4	-8.1	-7.9	-8.0
2001-02	-5.9	-3.9	-3.3	-2.7	-1.5	-0.5	-0.5	-2.4	-4.9	-7.6	-7.6	-7.6
2002-03	-5.7	-4.5	-3.7	-2.5	-1.0	-0.6	-1.2	-2.7	-5.3	-8.0	-8.4	-8.1
2003-04	-6.3	-4.5	-3.4	-2.9	-1.8	-0.7	-1.2	-2.8	-6.1	-8.7	-8.8	-8.8
2004-05	-6.8	-5.1	-4.2	-3.5	-2.2	-0.8	-1.5	-2.8	-6.0	-8.0	-8.3	-8.0
2005-06	-6.7	-5.1	-4.5	-4.2	-2.6	-1.0	-1.7	-3.4	-6.5	-8.1	-8.1	-7.9
2006-07	-6.4	-4.8	-4.0	-3.3	-1.1	-1.2	-1.4	-2.9	-6.3	-8.7	-8.7	-8.4
2007-08	-6.7	-5.6	-4.3	-4.2	-2.5	-1.7	-2.0	-3.4	-6.3	-8.6	-8.4	-7.9
2008-09	-6.5	-5.1	-4.7	-4.0	-2.7	-1.4	-2.1	-3.5	-6.0	-8.3	-8.0	-8.0
2009-10	-5.5	-4.8	-3.7	-2.8	-0.8	-0.1	-0.4	-2.1	-5.1	-8.1	-8.4	-8.3
2010-11	-6.4	-5.3	-4.6	-4.3	-2.6	-2.4	-2.5	-3.5	-5.7	-7.5	-8.3	-7.7
2011-12	-6.5	-5.9	-3.9	-4.0	-2.5	-2.2	-2.0	-3.2	-6.2	-8.5	-8.3	-8.2
2012-13	-6.4	-4.9	-4.0	-4.1	-2.2	-2.2	-1.7	-3.3	-5.9	-8.2	-9.1	-8.3
2013-14	-6.2	-4.6	-4.2	-3.4	-2.6	-1.6	-2.2	-3.3	-5.4	-7.3	-8.2	-8.3
2014-15	-6.1	-4.9	-4.1	-3.1	-2.0	-1.3	-1.3	-3.2	-5.2	-7.7	-7.8	-7.3
2015-16	-5.0	-4.2	-3.1	-2.3	-0.8	-0.1	-0.3	-2.8	-5.8	-8.1	-8.1	-7.8
2016-17	-5.9	-4.5	-4.0	-3.3	-2.2	-0.5	-1.0	-3.7	-6.5	-8.4	-8.1	-7.0
2017-18	-4.6	-2.8	-2.3	-2.3	-2.5	-1.3	-1.4	-3.1	-4.2	-7.3	-7.6	-7.8
2018-19	-5.7	-4.3	-3.0	-3.3	-1.1	0.0	-0.7	-2.0	-4.5	-7.4	-7.8	-8.0

Temperatura mínima (°C) – Pisco v1.0, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-5.0	-4.1	-3.0	-2.6	0.1	0.9	0.1	-1.4	-4.5	-6.6	-6.0	-4.8
1981-82	-3.3	-0.8	-0.4	0.6	0.1	0.6	0.3	-1.4	-5.3	-5.6	-6.3	-4.7
1982-83	-2.5	-0.5	0.4	0.0	1.1	0.1	0.8	-0.5	-3.0	-5.2	-5.5	-3.2
1983-84	-2.1	-1.9	-2.0	-0.3	-0.2	0.8	0.8	-0.6	-3.4	-4.2	-6.1	-5.6
1984-85	-4.3	-0.4	-1.0	-0.5	-0.4	0.2	-0.1	-0.6	-3.4	-5.5	-7.4	-5.1
1985-86	-2.5	-3.2	-1.8	0.0	0.6	0.0	0.2	-0.6	-5.6	-6.1	-6.9	-5.0
1986-87	-3.1	-2.8	-1.5	0.3	1.2	-0.2	-1.2	-1.8	-4.7	-6.3	-6.4	-5.2
1987-88	-2.5	-1.3	0.4	-0.2	1.2	0.1	0.4	-0.3	-2.8	-6.5	-6.2	-5.5
1988-89	-1.9	-1.6	-1.2	-0.4	0.1	0.0	0.1	-0.8	-3.8	-5.0	-6.9	-5.3
1989-90	-3.1	-0.9	-3.0	-2.3	0.2	-1.6	-1.1	-1.6	-3.8	-3.9	-6.1	-5.3
1990-91	-3.4	-0.6	1.0	0.2	0.4	0.2	0.9	-1.2	-3.8	-6.2	-6.7	-5.0
1991-92	-3.3	-1.1	-1.5	-1.0	-0.3	-1.0	-0.7	-1.8	-3.9	-4.3	-6.2	-5.0
1992-93	-3.1	-1.1	-1.7	-1.0	0.0	-0.5	0.0	-0.3	-3.1	-6.2	-5.6	-5.5
1993-94	-2.6	-0.5	0.6	1.5	0.9	1.0	0.4	-0.2	-3.4	-6.0	-6.0	-5.3
1994-95	-2.0	-2.3	-0.7	0.4	0.1	-0.5	0.5	-1.5	-4.2	-5.4	-5.4	-4.4
1995-96	-2.2	-1.7	-0.4	-0.9	0.0	0.7	0.4	0.0	-2.8	-5.5	-6.3	-3.9
1996-97	-2.5	-1.3	-1.8	0.0	0.3	0.4	-0.9	-2.2	-3.5	-7.0	-6.4	-3.5
1997-98	-1.8	-0.6	0.4	1.6	2.8	2.1	1.6	0.1	-4.0	-4.0	-5.6	-3.9
1998-99	-2.8	-0.2	-1.0	-0.4	0.4	1.0	0.7	-0.2	-2.6	-5.3	-5.6	-5.3
1999-00	-2.7	-1.3	-1.8	-0.3	0.4	0.5	0.4	-1.1	-3.1	-4.9	-6.0	-4.2
2000-01	-3.0	-0.9	-3.0	-0.4	0.4	0.4	0.5	-1.8	-2.7	-4.6	-5.2	-4.9
2001-02	-1.3	-0.2	0.2	0.1	0.0	1.3	0.9	-0.1	-2.1	-4.0	-4.0	-4.2
2002-03	-1.7	0.4	0.5	1.0	1.2	0.5	0.5	-0.3	-2.1	-5.4	-5.5	-4.4
2003-04	-3.0	-1.5	-1.2	0.7	0.3	0.8	0.7	-1.3	-3.6	-5.1	-4.7	-4.0
2004-05	-1.7	-0.7	-0.3	0.4	0.2	1.5	1.1	-0.1	-3.8	-5.9	-5.6	-5.7
2005-06	-2.2	-0.6	-0.5	0.8	0.6	1.4	1.5	0.1	-4.4	-4.4	-6.2	-3.4
2006-07	-2.4	-0.8	0.8	0.6	1.6	0.6	1.4	0.3	-2.2	-4.8	-4.6	-4.3
2007-08	-1.5	-1.3	-0.4	-0.8	0.9	0.3	-0.8	-1.8	-4.6	-5.5	-6.5	-5.1
2008-09	-3.4	-0.4	-0.2	0.1	0.8	1.2	0.4	-0.4	-3.0	-5.5	-4.7	-4.9
2009-10	-2.0	-0.6	1.0	1.3	1.7	2.0	1.6	0.1	-2.1	-4.3	-5.6	-4.8
2010-11	-2.8	-2.0	-1.5	0.4	0.8	0.9	0.4	-0.6	-3.2	-5.2	-5.5	-4.3
2011-12	-1.9	-2.3	0.0	0.4	0.7	0.6	0.4	0.2	-3.3	-5.5	-5.8	-5.5
2012-13	-2.5	-0.6	0.4	1.5	1.3	1.3	1.2	-1.2	-2.1	-3.7	-4.4	-3.9
2013-14	-3.0	-0.1	-0.3	1.2	1.0	0.5	0.0	-0.9	-3.1	-4.9	-4.3	-4.3
2014-15	-1.1	-0.3	-0.9	0.5	0.3	0.3	0.6	0.1	-2.1	-4.5	-5.8	-4.4
2015-16	-1.6	0.3	0.1	0.7	0.1	1.9	1.5	0.7	-0.5	-2.0	-2.4	-2.3
2016-17	-2.0	-1.0	-1.6	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.7	-0.8	-1.8	-2.8	-1.8
2017-18	-1.1	-0.8	-0.2	-0.2	-0.8	-0.3	0.8	-0.4	-1.1	-2.5	-2.5	-2.1
2018-19	-1.8	-1.2	-0.2	-0.9	-1.4	1.1	0.9	0.0	-1.8	-3.4	-3.8	-3.9

Precipitación (mm.) – Estación Huaraz, Cordillera Blanca

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	9.1	118.5	103.3	127.6	240.0	246.0	213.9	57.1	25.5	0.0	0.0	18.8
1981-82	7.9	21.3	57.7	150.7	204.5	262.3	275.7	144.0	59.1	7.8	2.6	8.4
1982-83	35.3	93.2	110.9	142.1	101.3	130.0	136.7	71.4	29.3	3.9	1.3	4.2
1983-84	17.5	46.2	54.9	70.4	200.6	257.2	270.4	141.2	57.9	7.7	2.6	8.3
1984-85	34.6	91.4	108.7	139.3	129.1	165.5	174.0	90.9	37.3	5.0	1.6	5.3
1985-86	22.3	58.8	70.0	89.7	118.4	151.8	159.6	83.3	34.2	4.5	1.5	4.9
1986-87	20.4	54.0	64.2	82.2	105.7	135.6	142.5	74.4	30.5	4.1	1.3	4.4
1987-88	18.2	48.2	57.3	73.4	111.4	142.9	150.2	78.4	32.2	4.3	1.4	4.6
1988-89	19.2	50.8	60.4	77.4	99.9	128.1	134.7	70.3	28.9	3.8	1.3	4.1
1989-90	17.2	45.5	54.2	69.4	122.3	156.9	164.9	86.1	35.3	4.7	1.6	5.1
1990-91	21.1	55.7	66.3	85.0	101.7	130.4	137.1	71.6	29.4	3.9	1.3	4.2
1991-92	17.6	46.4	55.1	70.7	74.5	95.6	100.5	52.5	21.5	2.9	1.0	3.1
1992-93	12.9	34.0	40.4	51.8	170.8	219.1	230.3	120.3	49.3	6.6	2.2	7.1
1993-94	29.5	77.9	92.6	118.7	130.7	167.6	176.2	92.0	37.7	5.0	1.7	5.4
1994-95	22.6	59.5	70.8	90.8	128.6	165.0	173.4	90.6	37.2	4.9	1.6	5.3
1995-96	22.2	58.6	69.7	89.4	113.8	145.9	153.4	80.1	32.9	4.4	1.5	4.7
1996-97	19.6	51.8	61.7	79.0	95.6	122.6	128.9	67.3	27.6	3.7	1.2	3.9
1997-98	16.5	43.6	51.8	66.4	102.1	131.0	137.7	71.9	29.5	3.9	1.3	4.2
1998-99	17.6	46.6	55.4	71.0	183.6	235.5	247.6	129.3	53.0	7.0	2.3	7.6
1999-00	31.7	83.7	99.6	127.6	100.4	128.8	135.4	70.7	29.0	3.9	1.3	4.1
2000-01	17.3	45.8	54.4	69.8	108.4	139.0	146.1	76.3	31.3	4.2	1.4	4.5
2001-02	18.7	49.4	58.8	75.3	102.7	131.6	138.4	72.3	29.7	3.9	1.3	4.2
2002-03	17.7	46.8	55.7	71.3	111.7	75.2	109.0	76.3	23.3	3.0	6.6	0.0
2003-04	3.5	39.8	32.4	95.3	80.9	103.8	109.1	57.0	23.4	3.1	1.0	3.3
2004-05	14.0	36.9	43.9	56.2	76.9	98.7	103.8	54.2	22.2	3.0	1.0	3.2
2005-06	13.3	35.1	41.7	53.5	119.0	152.6	160.5	83.8	34.4	4.6	1.5	4.9
2006-07	20.5	54.2	64.5	82.7	114.1	94.5	174.3	127.2	33.3	0.0	20.9	7.6
2007-08	36.5	113.8	80.8	70.3	141.2	153.3	130.0	110.1	43.3	29.2	6.2	17.3
2008-09	61.8	118.0	109.4	104.3	162.2	179.6	224.4	126.9	55.6	34.1	23.0	38.0
2009-10	53.9	135.3	131.7	188.4	135.8	118.4	190.9	78.5	49.2	12.4	9.4	4.4
2010-11	44.9	94.9	124.0	174.8	123.3	121.6	152.3	113.5	10.7	2.8	3.4	7.9
2011-12	47.3	48.3	121.2	201.1	132.9	165.8	134.5	166.5	61.5	0.0	0.0	0.0
2012-13	39.3	88.4	120.8	139.0	90.0	150.4	189.7	81.3	50.5	3.9	0.0	29.9
2013-14	22.2	127.5	80.2	152.8	106.7	161.5	154.7	67.8	47.7	0.0	1.4	2.0
2014-15	58.5	71.2	75.4	172.8	148.6	75.5	131.4	70.8	72.8	0.0	0.0	0.0
2015-16	33.4	79.3	89.0	121.8	56.7	185.5	146.5	78.7	6.9	0.0	0.0	9.6
2016-17	44.6	78.4	13.9	154.3	155.0	140.6	210.3	82.7	44.3	0.7	0.0	4.0
2017-18	40.0	77.2	71.4	140.7	137.9	95.9	171.7	83.5	50.4	9.2	0.0	28.1
2018-19	62.1	120.6	120.2	74.1	165.5	194.8	281.2	150.3	48.7	16.7	15.7	0.0

Precipitación (mm.) – Estación Parón, Cordillera Blanca

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	0.0	133.0	141.8	74.7	80.8	168.2	146.5	4.2	0.7	3.6	0.0	21.9
1981-82	21.9	0.0	91.9	173.4	90.8	181.4	26.7	92.0	184.6	5.5	0.0	0.0
1982-83	0.0	29.2	245.8	69.3	118.3	6.6	44.5	175.5	70.0	25.8	1.8	0.0
1983-84	45.0	55.8	93.1	171.4	100.7	174.2	202.4	102.1	59.2	16.4	1.0	6.7
1984-85	28.1	99.5	45.4	104.1	62.2	96.4	137.0	39.2	37.8	0.7	3.6	13.9
1985-86	92.2	33.7	7.8	73.9	118.6	137.6	102.7	92.9	0.0	0.0	0.0	18.9
1986-87	12.9	15.0	85.1	20.4	162.0	138.7	120.0	128.6	83.5	1.0	0.0	19.0
1987-88	3.8	60.8	41.6	112.4	92.5	213.6	96.3	102.8	85.0	11.2	0.4	0.0
1988-89	109.7	75.5	82.8	106.5	104.3	153.0	136.5	18.8	30.6	0.0	0.0	22.0
1989-90	39.3	122.7	72.0	15.0	14.9	120.1	113.3	58.0	51.0	0.0	24.7	0.0
1990-91	0.0	3.8	21.3	46.5	162.3	181.5	203.4	124.8	214.5	0.0	0.0	0.0
1991-92	0.0	91.2	52.3	61.2	124.2	130.0	91.0	80.9	0.0	0.0	0.0	0.0
1992-93	0.0	20.0	1.8	25.0	96.1	206.5	48.8	125.6	0.0	37.1	0.0	0.0
1993-94	82.6	67.8	165.1	204.9	139.7	185.5	167.7	146.4	50.2	0.0	0.0	0.0
1994-95	0.0	46.4	76.4	58.3	114.5	108.6	167.3	104.5	44.0	0.0	0.0	0.0
1995-96	33.6	35.5	97.8	99.8	186.9	185.9	122.6	72.9	39.3	0.0	0.0	28.8
1996-97	37.6	29.8	27.9	63.1	102.6	92.7	56.5	52.1	35.6	16.8	7.4	0.7
1997-98	46.0	65.4	90.1	180.8	130.5	136.6	127.4	92.0	7.9	10.2	0.0	6.0
1998-99	25.1	133.0	80.4	81.1	168.6	264.8	112.0	54.2	26.5	13.1	4.0	0.0
1999-00	94.9	50.6	82.0	124.0	90.2	206.3	213.9	84.8	49.0	0.0	3.1	13.4
2000-01	37.5	25.0	34.3	151.3	227.1	100.8	235.7	37.0	22.7	1.6	11.1	0.0
2001-02	41.0	92.0	141.1	75.1	83.6	88.3	237.2	72.1	11.7	2.6	1.9	0.0
2002-03	46.6	83.4	99.7	126.4	95.2	92.8	118.0	75.0	33.5	4.1	0.0	9.7
2003-04	35.3	60.8	71.6	126.8	65.5	119.4	103.3	51.7	29.2	10.1	9.9	0.0
2004-05	50.7	74.7	88.7	93.7	84.2	97.2	140.8	55.9	23.2	0.0	0.0	3.5
2005-06	23.6	62.4	41.2	96.5	106.8	119.6	174.2	97.9	19.5	13.5	0.0	14.3
2006-07	33.4	73.4	80.1	135.5	114.1	94.6	174.4	127.3	33.3	0.0	20.8	7.6
2007-08	36.5	113.8	80.9	70.4	141.3	153.4	130.1	110.1	43.3	29.2	6.2	17.3
2008-09	61.8	118.1	109.5	104.4	162.3	179.7	224.6	127.0	55.6	34.1	23.0	38.0
2009-10	53.9	135.4	131.8	188.6	135.9	118.5	191.1	78.5	49.2	12.4	9.4	4.4
2010-11	44.9	95.0	124.1	174.9	123.3	121.7	152.5	113.5	10.7	2.7	3.3	7.8
2011-12	47.3	48.3	121.3	201.3	133.0	166.0	134.6	166.6	61.5	0.0	0.0	0.0
2012-13	39.3	88.5	120.9	139.1	90.1	150.5	189.8	81.3	50.6	3.8	0.0	29.9
2013-14	22.2	127.6	80.3	152.9	106.8	161.6	154.8	67.8	47.7	0.0	1.4	2.0
2014-15	58.5	71.3	75.4	172.9	148.7	75.5	131.5	70.8	72.8	0.0	0.0	0.0
2015-16	33.3	79.3	89.1	121.9	56.7	185.6	146.6	78.8	6.9	0.0	0.0	9.6
2016-17	44.6	78.4	13.9	154.5	155.1	140.7	210.5	82.7	44.3	0.7	0.0	4.0
2017-18	40.0	77.3	71.4	140.8	138.0	96.0	171.9	83.6	50.5	9.2	0.0	28.1
2018-19	62.2	120.7	120.3	74.1	165.6	194.9	281.4	150.4	48.7	16.6	15.7	0.0

Precipitación (mm.) – Estación Cahuish, Cordillera Blanca

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	7.7	145.5	87.4	72.4	197.2	242.4	152.4	42.4	0.0	4.8	0.0	64.1
1981-82	43.3	91.5	156.3	171.6	67.1	228.7	175.2	118.7	55.3	6.6	12.5	4.2
1982-83	0.0	58.2	241.8	127.7	46.9	117.6	213.8	104.5	41.6	0.0	0.0	6.5
1983-84	75.4	25.5	54.7	244.1	116.5	236.0	178.4	143.7	81.0	34.1	36.8	0.0
1984-85	52.3	83.0	87.4	103.3	116.0	166.5	175.8	57.0	119.1	0.0	0.0	20.8
1985-86	140.2	29.7	104.2	115.3	106.3	194.3	155.0	68.3	87.3	0.0	0.0	1.8
1986-87	30.9	117.6	88.8	118.8	193.1	244.1	161.6	33.9	81.4	5.4	10.7	2.4
1987-88	0.0	110.5	109.9	29.1	178.0	304.9	128.9	163.9	128.9	28.5	0.0	5.4
1988-89	6.0	83.8	49.3	70.1	69.5	219.2	226.9	133.7	121.2	1.2	3.0	16.6
1989-90	14.3	95.0	89.7	120.3	175.2	84.9	119.4	58.2	11.9	93.3	0.0	0.0
1990-91	60.0	158.0	92.7	148.5	92.7	160.6	307.1	113.7	162.8	27.3	17.2	1.2
1991-92	30.3	71.3	88.8	65.4	77.2	87.3	66.0	76.6	3.6	66.6	4.8	23.2
1992-93	35.1	81.4	77.8	27.4	158.8	108.9	354.1	256.0	83.8	15.4	12.5	32.1
1993-94	78.4	197.2	198.4	279.3	207.7	191.7	230.9	389.9	33.9	11.9	6.2	11.9
1994-95	33.9	30.9	139.9	130.4	125.0	48.8	298.8	80.4	19.0	7.1	7.1	3.6
1995-96	68.5	65.7	89.3	112.0	163.7	225.0	192.2	119.0	37.5	13.1	0.0	4.8
1996-97	10.7	34.5	28.0	287.3	80.9	107.2	76.7	54.7	42.3	10.7	0.0	44.0
1997-98	29.5	38.7	104.2	104.2	128.0	227.4	138.1	107.7	28.5	6.0	0.0	0.0
1998-99	15.5	97.0	59.5	17.9	167.3	182.7	95.8	58.9	0.0	6.6	0.0	7.1
1999-00	38.1	60.8	105.4	105.9	78.2	101.0	107.4	65.9	30.9	10.3	3.1	8.3
2000-01	23.4	48.5	56.8	75.2	111.1	143.5	152.7	93.6	43.9	14.7	4.5	11.9
2001-02	33.3	68.9	80.7	106.8	105.3	136.0	144.6	88.7	41.6	13.9	4.2	11.2
2002-03	31.5	65.3	76.5	101.2	87.6	113.1	120.3	73.8	34.6	11.6	3.5	9.3
2003-04	26.2	54.3	63.6	84.2	85.2	110.0	117.0	71.8	33.7	11.3	3.4	9.1
2004-05	25.5	52.8	61.9	81.9	78.9	101.9	108.4	66.5	31.2	10.4	3.2	8.4
2005-06	23.6	48.9	57.3	75.9	122.0	157.6	167.7	102.8	48.3	16.1	4.9	13.0
2006-07	36.6	75.7	88.7	117.3	136.6	113.7	207.2	152.0	41.9	0.0	27.4	11.9
2007-08	45.7	136.3	97.6	85.4	168.4	182.6	155.3	131.9	53.7	37.2	10.2	23.2
2008-09	75.4	141.2	131.2	125.2	193.0	213.4	265.9	151.7	68.1	42.9	29.9	47.4
2009-10	66.1	161.5	157.3	223.8	162.1	141.7	226.7	94.9	60.5	17.5	14.0	8.1
2010-11	55.5	114.2	148.3	207.8	147.4	145.5	181.5	135.9	15.4	6.1	6.8	12.1
2011-12	58.3	59.5	145.0	238.6	158.7	197.3	160.6	198.1	75.0	0.3	0.0	2.5
2012-13	48.9	106.6	144.5	165.9	108.4	179.2	225.2	98.2	62.2	7.4	0.9	38.0
2013-14	29.0	152.4	97.0	182.0	128.0	192.2	184.2	82.4	58.8	0.1	4.6	5.3
2014-15	71.5	86.4	91.3	205.4	177.1	91.4	157.0	85.9	88.2	0.0	0.0	1.9
2015-16	42.0	95.8	107.3	145.7	69.4	220.3	174.6	95.2	11.0	1.2	0.0	14.2
2016-17	55.1	94.8	19.3	183.8	184.6	167.7	249.5	99.8	54.8	3.8	0.0	7.6
2017-18	49.8	93.4	86.6	167.9	164.5	115.3	204.2	100.8	62.0	13.7	0.0	35.8
2018-19	75.7	144.3	143.8	89.7	196.9	231.2	332.5	179.1	60.0	22.4	21.4	0.0

Precipitación (mm.) – Era 5, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	197.0	271.0	236.0	157.0	174.0	290.0	231.0	195.0	133.0	50.0	66.0	110.0
1981-82	211.0	288.0	194.0	235.0	184.0	208.0	217.0	176.0	118.0	102.0	54.0	91.0
1982-83	179.0	237.0	203.0	167.0	279.0	160.0	256.0	206.0	107.0	144.0	64.0	92.0
1983-84	213.0	214.0	206.0	205.0	167.0	290.0	237.0	169.0	154.0	110.0	79.0	109.0
1984-85	193.0	200.0	170.0	197.0	175.0	217.0	230.0	192.0	152.0	84.0	90.0	109.0
1985-86	231.0	179.0	134.0	184.0	260.0	188.0	247.0	246.0	126.0	66.0	74.0	140.0
1986-87	147.0	169.0	197.0	237.0	295.0	254.0	185.0	176.0	88.0	72.0	79.0	93.0
1987-88	173.0	199.0	257.0	294.0	296.0	211.0	220.0	209.0	141.0	51.0	35.0	51.0
1988-89	204.0	234.0	225.0	196.0	274.0	212.0	261.0	203.0	67.0	95.0	41.0	183.0
1989-90	214.0	282.0	148.0	66.0	223.0	151.0	148.0	132.0	103.0	159.0	117.0	68.0
1990-91	217.0	229.0	264.0	179.0	203.0	190.0	251.0	164.0	91.0	61.0	80.0	42.0
1991-92	138.0	200.0	166.0	169.0	148.0	181.0	206.0	155.0	61.0	106.0	50.0	163.0
1992-93	194.0	289.0	158.0	135.0	217.0	198.0	274.0	223.0	152.0	71.0	108.0	92.0
1993-94	234.0	265.0	177.0	280.0	259.0	263.0	269.0	196.0	141.0	73.0	62.0	55.0
1994-95	198.0	182.0	217.0	228.0	179.0	216.0	259.0	193.0	115.0	107.0	96.0	63.0
1995-96	164.0	216.0	149.0	200.0	221.0	238.0	245.0	188.0	130.0	80.0	48.0	128.0
1996-97	229.0	226.0	195.0	158.0	194.0	227.0	140.0	162.0	99.0	50.0	24.0	138.0
1997-98	113.0	218.0	274.0	307.0	317.0	324.0	271.0	201.0	118.0	60.0	21.0	88.0
1998-99	195.0	267.0	164.0	183.0	211.0	279.0	217.0	151.0	101.0	95.0	66.0	75.0
1999-00	212.0	185.0	220.0	192.0	210.0	230.0	250.0	153.0	118.0	108.0	82.0	100.0
2000-01	180.0	224.0	136.0	247.0	275.0	208.0	294.0	146.0	177.0	48.0	94.0	100.0
2001-02	206.0	256.0	227.0	275.0	191.0	246.0	319.0	162.0	94.0	38.0	90.0	77.0
2002-03	213.0	256.0	245.0	291.0	218.0	200.0	231.0	171.0	138.0	74.0	52.0	110.0
2003-04	195.0	226.0	244.0	226.0	154.0	254.0	219.0	125.0	132.0	100.0	116.0	59.0
2004-05	209.0	246.0	253.0	196.0	208.0	198.0	291.0	148.0	120.0	62.0	32.0	78.0
2005-06	140.0	238.0	132.0	189.0	214.0	188.0	306.0	165.0	104.0	86.0	51.0	134.0
2006-07	153.0	210.0	185.0	243.0	271.0	187.0	303.0	203.0	140.0	19.0	128.0	68.0
2007-08	138.0	211.0	239.0	163.0	233.0	209.0	206.0	185.0	126.0	87.0	47.0	72.0
2008-09	149.0	211.0	216.0	165.0	243.0	279.0	247.0	177.0	137.0	98.0	88.0	117.0
2009-10	154.0	256.0	234.0	246.0	236.0	181.0	293.0	132.0	109.0	58.0	59.0	45.0
2010-11	108.0	212.0	170.0	224.0	223.0	174.0	236.0	182.0	78.0	64.0	50.0	82.0
2011-12	161.0	121.0	215.0	303.0	240.0	220.0	262.0	231.0	116.0	51.0	36.0	65.0
2012-13	133.0	235.0	211.0	251.0	259.0	246.0	321.0	190.0	158.0	89.0	49.0	145.0
2013-14	106.0	273.0	170.0	220.0	234.0	267.0	271.0	182.0	140.0	40.0	79.0	98.0
2014-15	192.0	177.0	188.0	296.0	278.0	218.0	253.0	191.0	174.0	48.0	59.0	79.0
2015-16	172.0	260.0	228.0	314.0	172.0	297.0	271.0	191.0	86.0	66.0	43.0	113.0
2016-17	157.0	242.0	124.0	258.0	254.0	225.0	281.0	192.0	137.0	55.0	24.0	79.0
2017-18	183.0	273.0	221.0	285.0	224.0	252.0	313.0	173.0	101.0	69.0	45.0	140.0
2018-19	208.0	260.0	238.0	213.0	248.0	302.0	328.0	185.0	101.0	60.0	67.0	18.0

Precipitación (mm.) – Pisco v1.1, quebrada Shallap

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	30.9	147.5	122.0	86.8	107.7	226.2	191.5	63.4	5.1	1.8	0.8	11.4
1981-82	11.2	36.7	139.2	126.1	117.5	185.9	87.2	66.1	6.7	2.0	7.0	10.6
1982-83	17.2	118.0	146.6	151.5	105.6	60.7	110.2	94.5	16.7	35.9	3.2	1.0
1983-84	13.4	51.5	94.2	94.9	85.7	289.3	218.8	94.3	44.6	27.2	17.6	1.0
1984-85	39.1	97.1	76.7	135.6	42.9	146.9	117.4	119.4	70.8	6.0	17.9	1.1
1985-86	92.3	28.4	48.3	153.6	171.5	179.7	77.8	162.1	18.2	3.4	3.8	7.5
1986-87	34.1	34.7	80.2	197.3	136.7	160.0	89.6	81.5	15.3	5.4	4.0	9.5
1987-88	46.2	26.8	105.1	172.0	147.6	174.2	110.0	194.3	41.9	3.5	0.7	3.3
1988-89	38.0	55.2	87.1	111.9	107.0	146.7	158.4	106.1	20.0	10.5	2.2	15.1
1989-90	52.0	73.9	56.0	39.3	82.1	98.6	104.7	60.1	37.3	15.1	2.9	1.6
1990-91	28.6	113.4	129.6	153.3	78.8	120.8	254.6	88.3	43.1	3.4	4.9	0.6
1991-92	12.7	62.9	91.6	75.1	27.2	104.3	134.9	60.4	9.8	11.4	1.9	20.2
1992-93	34.3	34.0	64.2	67.0	94.5	158.5	218.9	132.2	34.2	4.7	8.7	6.1
1993-94	56.2	84.2	104.5	269.0	147.1	243.0	208.6	130.1	41.9	10.4	0.9	1.6
1994-95	47.7	43.7	73.5	145.5	79.5	150.1	181.7	119.9	45.8	8.2	2.1	1.7
1995-96	29.6	42.1	93.0	242.4	107.2	202.7	184.1	80.2	37.0	3.7	0.8	11.8
1996-97	25.7	46.3	53.3	109.4	78.7	183.6	71.4	49.4	25.1	4.2	1.6	7.1
1997-98	36.3	49.0	106.2	220.7	174.7	235.0	177.2	129.6	21.7	3.9	0.8	2.3
1998-99	15.0	79.5	58.4	81.1	115.7	300.9	153.5	114.4	56.2	17.0	2.6	2.8
1999-00	68.8	36.2	115.1	171.2	59.1	206.7	153.5	130.2	58.3	5.5	2.9	20.8
2000-01	26.6	19.7	49.5	212.3	167.7	144.1	223.7	74.4	41.7	8.4	2.4	4.0
2001-02	42.6	52.0	137.3	110.1	64.1	158.9	196.6	100.9	25.0	3.6	4.8	1.8
2002-03	24.0	79.2	141.1	171.6	81.7	100.2	138.1	89.6	33.3	12.2	2.8	5.8
2003-04	12.5	28.4	55.5	231.3	48.7	136.6	88.7	54.8	21.4	12.7	5.9	2.6
2004-05	56.1	73.5	111.6	157.8	87.0	108.8	194.6	58.4	10.9	2.6	1.1	8.8
2005-06	9.0	50.2	37.3	156.9	91.8	138.9	217.6	139.7	12.4	27.0	4.9	8.6
2006-07	27.2	52.4	108.6	198.4	102.6	82.4	177.2	179.3	19.5	3.2	2.5	5.6
2007-08	13.8	75.8	82.8	99.0	117.0	167.5	119.6	97.0	10.1	18.2	8.0	7.2
2008-09	27.5	88.3	64.6	104.4	152.9	154.9	284.9	141.9	26.0	17.9	3.6	7.4
2009-10	5.3	81.2	95.3	207.3	102.2	119.2	165.7	81.0	39.9	10.6	3.0	6.1
2010-11	31.5	43.6	115.7	190.8	102.7	116.2	151.9	140.6	6.0	1.6	7.3	2.9
2011-12	22.9	29.2	109.7	215.3	111.6	184.3	157.9	225.0	24.1	15.7	0.5	2.7
2012-13	32.7	45.9	94.7	179.7	83.2	170.2	179.9	68.1	34.1	3.0	4.1	19.5
2013-14	12.8	68.7	80.3	169.5	93.1	209.5	199.2	101.7	61.2	8.6	1.2	3.1
2014-15	37.3	49.9	66.6	213.0	123.5	95.5	150.4	90.9	63.3	6.2	0.6	2.7
2015-16	28.5	36.1	115.7	154.0	45.5	194.7	129.2	75.8	17.3	4.4	1.4	1.3
2016-17	39.6	44.7	11.9	171.5	171.2	155.0	233.3	90.1	47.0	0.0	0.0	1.8
2017-18	42.2	83.9	77.4	155.2	152.0	104.9	190.0	91.0	53.9	7.6	0.0	28.8
2018-19	67.0	132.6	132.2	80.4	183.0	215.9	312.8	166.0	51.9	16.0	14.9	0.0

Southern Oscillation Index (SOI)

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-0.8	0.0	-0.6	-0.1	0.6	-0.3	-2.1	-0.2	1.3	2.0	1.4	1.2
1981-82	0.5	-0.6	0.3	0.8	2.0	0.4	1.0	0.1	-0.6	-1.7	-2.5	-2.9
1982-83	-2.9	-2.8	-4.3	-3.7	-5.8	-6.0	-4.0	-1.5	1.0	0.1	-1.0	0.2
1983-84	1.4	0.7	-0.2	0.0	0.3	1.4	-0.4	0.6	0.3	-0.6	0.3	0.7
1984-85	0.2	-0.5	0.4	-0.2	-0.5	2.0	1.3	1.9	0.7	-0.6	-0.2	1.6
1985-86	0.0	-0.6	-0.3	0.4	1.6	-1.7	0.8	0.5	-0.4	1.6	0.5	-0.6
1986-87	-0.8	1.1	-2.0	-2.4	-1.1	-2.1	-2.1	-2.3	-2.1	-1.8	-2.2	-1.5
1987-88	-1.7	-0.6	0.0	-0.8	-0.2	-0.6	1.1	0.2	1.5	0.1	1.7	2.5
1988-89	3.0	2.3	2.8	2.0	2.5	2.0	1.8	2.7	2.0	1.2	1.5	-0.5
1989-90	0.8	1.3	-0.4	-0.9	-0.1	-3.0	-0.7	0.3	2.0	0.5	0.9	-0.3
1990-91	-1.2	0.4	-0.8	-0.4	1.0	0.4	-1.1	-1.0	-1.7	-0.2	0.0	-0.7
1991-92	-2.5	-1.7	-1.1	-2.9	-4.7	-1.5	-3.3	-1.7	0.4	-1.0	-1.0	0.6
1992-93	0.1	-2.3	-1.1	-0.9	-1.5	-1.2	-0.8	-1.9	-0.6	-1.4	-1.3	-1.6
1993-94	-1.2	-1.8	-0.1	0.3	-0.2	0.4	-1.1	-2.1	-1.1	-0.7	-2.2	-2.0
1994-95	-2.6	-1.9	-0.9	-2.0	-0.7	-0.2	1.2	-1.1	-0.6	0.2	0.7	0.5
1995-96	0.4	0.0	0.1	-0.8	1.6	0.4	1.9	1.3	0.5	1.9	1.1	1.2
1996-97	1.0	1.0	-0.1	1.5	0.8	2.9	-0.7	-1.0	-2.2	-2.3	-1.2	-2.4
1997-98	-2.4	-2.4	-2.0	-1.6	-4.4	-3.4	-4.0	-2.4	0.4	1.6	2.0	1.9
1998-99	1.7	1.8	1.7	2.3	3.0	1.6	2.1	2.3	0.4	0.4	0.9	0.6
1999-00	-0.1	1.6	1.7	2.4	1.1	2.7	2.2	2.0	0.6	-0.3	-0.3	1.2
2000-01	1.4	1.8	3.0	1.3	1.6	2.8	1.5	0.3	-0.8	0.5	-0.3	-0.7
2001-02	0.3	-0.1	1.1	-1.4	0.7	1.8	-0.4	-0.1	-1.4	-0.4	-0.8	-1.6
2002-03	-1.0	-0.6	-0.7	-1.8	-0.3	-1.1	-0.5	-0.2	-0.5	-1.0	0.5	0.2
2003-04	-0.2	0.0	-0.5	1.8	-2.2	2.0	0.7	-1.5	1.7	-1.4	-0.8	-0.5
2004-05	-0.6	-0.1	-1.1	-1.3	0.6	-5.2	0.5	-1.0	-1.3	0.7	0.3	-0.6
2005-06	0.6	2.0	-0.3	0.0	2.7	0.2	2.9	1.8	-0.8	-0.4	-1.0	-1.7
2006-07	-1.0	-2.1	0.1	-0.5	-1.3	-0.1	0.3	-0.2	-0.2	0.9	-0.5	0.7
2007-08	0.3	1.2	1.4	2.7	2.9	4.4	2.4	1.1	-0.1	1.0	0.5	1.7
2008-09	2.0	2.1	2.2	2.4	1.8	3.1	0.7	1.3	-0.2	0.2	0.4	-0.3
2009-10	0.5	-2.0	-1.0	-1.2	-1.8	-2.4	-1.1	2.0	1.5	0.6	3.0	3.0
2010-11	3.7	2.9	2.1	4.8	3.8	4.5	4.2	3.1	0.6	0.4	1.6	0.7
2011-12	1.7	1.2	1.8	4.1	1.8	0.8	1.2	-0.4	0.1	-0.7	-0.1	-0.3
2012-13	0.4	0.5	0.4	-1.0	-0.1	-0.4	2.5	0.4	1.3	2.0	1.3	0.3
2013-14	0.5	-0.1	1.2	0.1	2.4	0.1	-1.5	1.3	0.9	0.3	-0.3	-1.2
2014-15	-1.2	-1.0	-1.5	-0.9	-1.4	0.4	-1.2	-0.1	-1.2	-0.9	-1.9	-2.4
2015-16	-2.7	-2.8	-0.8	-0.9	-3.6	-3.2	-0.1	-2.0	0.7	1.1	0.7	1.2
2016-17	2.0	-0.4	-0.2	0.5	0.3	-0.1	1.5	-0.3	0.4	-0.7	1.3	0.9
2017-18	1.0	1.5	1.5	-0.2	1.8	-0.8	2.4	0.8	0.6	-0.2	0.4	-0.5
2018-19	-1.5	0.6	-0.1	1.7	-0.1	-2.3	-0.5	0.2	-0.7	-0.7	-0.6	-0.2

Oceanic Niño Index (ONI)

	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago
1980-81	-0.1	0.0	0.1	0.0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
1981-82	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.2	0.5	0.7	0.7	0.8	1.1
1982-83	1.6	2.0	2.2	2.2	2.2	1.9	1.5	1.3	1.1	0.7	0.3	-0.1
1983-84	-0.5	-0.8	-1.0	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2
1984-85	-0.2	-0.6	-0.9	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8	-0.8	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5
1985-86	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	0.0	0.2	0.4
1986-87	0.7	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.5	1.7
1987-88	1.7	1.5	1.3	1.1	0.8	0.5	0.1	-0.3	-0.9	-1.3	-1.3	-1.1
1988-89	-1.2	-1.5	-1.8	-1.9	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3
1989-90	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4
1990-91	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.5	0.6	0.7	0.6
1991-92	0.6	0.8	1.2	1.5	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.7	0.4	0.1
1992-93	-0.1	-0.3	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	0.6	0.3	0.3
1993-94	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
1994-95	0.6	0.7	1.0	1.1	1.0	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0	-0.2	-0.5
1995-96	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
1996-97	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.1	0.3	0.8	1.2	1.6	1.9
1997-98	2.1	2.3	2.4	2.4	2.2	1.9	1.4	1.0	0.5	-0.1	-0.8	-1.1
1998-99	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6	-1.6	-1.3	-1.1	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1
1999-00	-1.2	-1.3	-1.5	-1.7	-1.7	-1.4	-1.1	-0.8	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5
2000-01	-0.6	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1
2001-02	-0.2	-0.3	-0.4	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.2	0.4	0.7	0.8	0.9
2002-03	1.0	1.2	1.3	1.1	0.9	0.6	0.4	0.0	-0.3	-0.2	0.1	0.2
2003-04	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3	0.5	0.6
2004-05	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	-0.1	-0.1
2005-06	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.3
2006-07	0.5	0.7	0.9	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.8
2007-08	-1.1	-1.4	-1.5	-1.6	-1.6	-1.4	-1.2	-0.9	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3
2008-09	-0.3	-0.4	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5
2009-10	0.7	1.0	1.3	1.6	1.6	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4
2010-11	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7
2011-12	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3
2012-13	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4
2013-14	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0
2014-15	0.2	0.4	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.3	1.5	1.8
2015-16	2.1	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6
2016-17	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.3	-0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1
2017-18	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2
2018-19	0.4	0.7	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.3	0.1